



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNA RAMPA DE EMERGENCIA CON  
BASE EN LA NORMA N-PRY-CAR-10-04-007/13**

**T E S I N A**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**ESPECIALISTA EN VÍAS TERRESTRES**

PRESENTA:

**ING. JOSÉ EDUARDO HERNÁNDEZ CRISÓSTOMO**

DIRECTOR DE TESINA: **M.I. FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLAFUERTE**

MÉXICO, D.F.

OCTUBRE 2016

# INDICE

|  |    |
|--|----|
| <b>1- Objetivo</b> .....   | 1  |
| <b>2- Introducción</b> .....   | 2  |
| <b>3- Marco Teórico: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13</b> .....  | 3  |
| <b>3.1 Contenido</b> .....   | 3  |
| <b>3.2 Definición y Clasificación</b> .....  | 3  |
| <b>3.3 Referencias</b> .....   | 8  |
| <b>3.4 Requisitos</b> .....  | 9  |
| <b>3.5 Diseño de Rampas para Frenado de Emergencia</b> .....   | 9  |
| <b>3.6 Proyecto Ejecutivo</b> .....  | 34 |
| <b>4- Generalidades de la Carretera México – La Marquesa</b> .....   | 36 |
| <b>4.1 Estimación del Nivel de Servicio</b> .....  | 43 |
| <b>4.2 Análisis de accidentes en el tramo de estudio</b> .....   | 44 |
| <b>5- Identificación de los parámetros de diseño de la rampa existente y su<br/>evaluación en base a la norma N-PRY-CAR-10-04-007-07</b> ..... | 47 |
| <b>5.1 Revisión y conclusiones sobre la Rampa existente.</b> .....   | 55 |
| <b>6- Diseño de la Rampa de Frenado de Emergencia</b> .....  | 60 |
| <b>6.1 Longitud y ancho de la cama de frenado</b> .....  | 60 |
| <b>6.2 Camino de servicio y macizos de anclaje</b> .....   | 64 |
| <b>6.3 Drenaje y subdrenaje</b> .....  | 65 |
| <b>6.4 Señalamiento</b> .....  | 66 |
| <b>7- Conclusiones</b> .....   | 68 |
| <b>8- Bibliografía</b> .....   | 69 |

## 1- Objetivo

El objetivo de este trabajo será identificar y comparar los parámetros o características que contempla la norma N-PRY-CAR-10-04-007/13 con el caso de la rampa para frenado de emergencia ubicada en el kilómetro 25+600 de la carretera de cuota México-Toluca, en el sentido de la Marquesa hacia la Ciudad de México. Posteriormente de la identificación se determinara con cuales parámetros cumple y se procederá a rediseñar la rampa para que esta cumpla con dicha norma. En la figura 1 se muestra la ubicación de la Rampa actual y la carretera.



Figura 1: Ubicación de la Rampa de Emergencia en la Carretera de Cuota Marquesa-México/ Fuente: Imagen Satelital de Google Earth

## 2- Introducción

Una rampa de frenado es un dispositivo destinado a salvar vidas. Tomando en cuenta que el conductor de un vehículo fuera de control por falla en su sistema de frenos no se encuentra apto para tomar decisiones o realizar acciones complejas es de suma importancia considerar el diseño de una rampa de frenado, incluyendo su señalización, de tal forma que brinde las condiciones necesarias para que el conductor conozca su existencia, entienda las maniobras que debe realizar, y sienta la confianza y la seguridad de ingresar en ella y no continuar en el flujo vehicular.

Las rampas de frenado tienen su origen en la observación de la forma de reaccionar de los conductores ante la falla de su sistema de frenos: los conductores de camiones que experimentaban este problema preferían realizar una maniobra controlada para salirse del camino, o bien impactarse contra el talud de corte para generar fricción y disminuir la velocidad, a perder totalmente el control del vehículo.

Por características propias de la orografía, en México es frecuente que los vehículos de carga circulen por pendientes de longitud considerable e inclinación elevada; tales particularidades crean condiciones inseguras, debido a que exponen a los conductores a efectuar constantes cambios de velocidad y a utilizar permanente los frenos (lo que causa los denominados “frenos humeantes”), así como a buscar la acción retardante de los motores al llevarlos embragados o enganchados constantemente a velocidades bajas; sin embargo, esta última medida no siempre es suficiente para mantener los vehículos bajo control ni, por ende, para impedir accidentes con graves daños humanos y materiales.

En la medida que ha crecido el interés por la construcción de rampas de frenado, también ha aumentado la necesidad de saber cómo diseñar estos dispositivos para que su uso sea eficaz; por ejemplo: en qué lugares son necesarias, qué longitud e inclinación deben tener, qué materiales son los que mejor funcionan en la cama de frenado y qué procedimientos de mantenimiento son necesarios.

### **3- Marco Teórico: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13**

#### **3.1 Contenido**

Esta Norma contiene los criterios generales para el diseño de las rampas para frenado de emergencia (RE), a que se refiere la Norma N-PRY-CAR-10-04-001, *Ejecución de Proyectos de Dispositivos de Seguridad*, en concordancia con la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT2-2009, *Rampas de emergencia para frenado en carreteras*.

#### **3.2 Definición y Clasificación**

Las rampas para frenado de emergencia o también conocidas como rampa de escape o de emergencia son franjas auxiliares que se conecta a las calzadas de las carreteras que están especialmente acondicionadas con el fin de disipar la energía cinética de los vehículos que queden fuera de control por fallas mecánicas como lo son principalmente sus sistemas de frenos provocando su desaceleración en forma controlada y segura usando diferentes tipos de materiales granulares sueltos, aprovechando además de la fricción del material contra el vehículo, la acción de la gravedad.

En el caso de que por la topografía del terreno o por las limitaciones físicas, como la longitud o la pendiente, que afecten o eviten la adecuada construcción de la rampa de emergencia para que logre detener completamente a un vehículo fuera de control, se implementaran en la rampa algún dispositivo atenuador aceptable para impedir que el vehículo salga de los límites de la rampa. Las rampas de frenado de emergencia están compuesta de tres elementos generalmente, un acceso, una cama de frenado y un camino de servicio. A continuación se explicaran cada uno de ellos.

### 3.2.1.1 Acceso

Es la única parte pavimentada de la rampa de frenado de emergencia que conecta la calzada de la carretera con la cama de frenado, como se muestra en la Figura 2.

### 3.2.1.2 Cama de Frenado

Es la parte de la rampa de frenado de emergencia que propiamente detiene el vehículo con el material granular suelto que se coloca en su superficie. La configuración de la cama de frenado determina los cuatro tipos de rampas que existen y que se explicara posteriormente, como se muestra en la Figura 2.

### 3.2.1.3 Camino de Servicio

Es la franja pavimentada aledaña a la cama de frenado, acondicionada para retirar los vehículos que entren a la rampa para frenado de emergencia y poder dar mantenimiento a la cama de frenado como se muestra a continuación en la Figura 2.

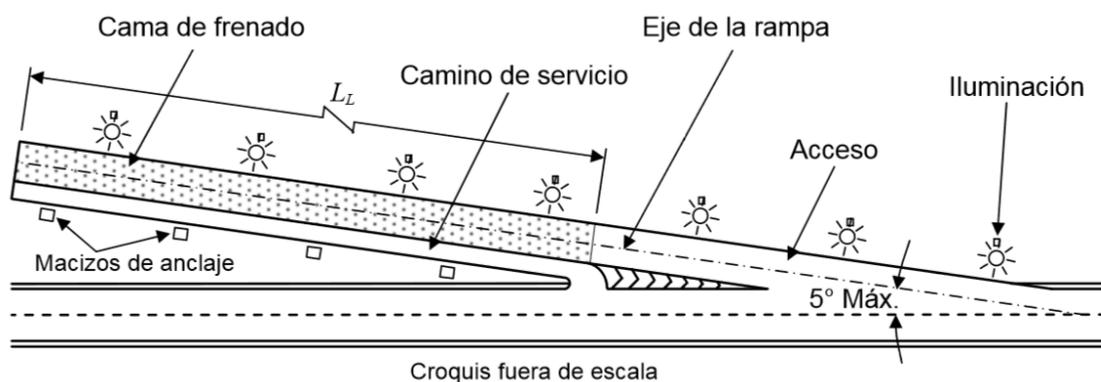


Figura 2: Partes de la Rampa de Frenado de Emergencia/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

### 3.2.2 Tipos de Rampas de Frenado de Emergencia

Actualmente existen 4 tipos de Rampas de Frenado de Emergencia que a continuación se mencionan.

#### 3.2.2.1 Rampas con montículo (RE-1)

Son las que tienen una cama de frenado formada por un montículo de material granular suelto y seco con pendiente ascendente y espesor creciente, que funciona como disipador de energía para disminuir y detener la carrera de los vehículos sin frenos por la resistencia a la rodadura de las llantas, la acción de la gravedad por la pendiente longitudinal ascendente del montículo y eventualmente por la fricción entre la arena y algunas partes del vehículo. Solo se utilizará este tipo de rampas cuando se tengan limitaciones de espacio y su conveniencia esté sustentada con el análisis correspondiente. A continuación se muestra en la Ilustración 1.

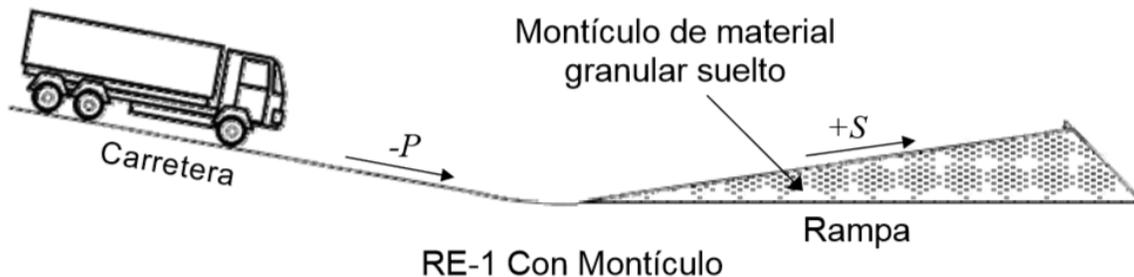


Figura 3: Rampa de Frenado de Emergencia RE-1/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

### 3.2.2.2 Rampas descendentes (RE-2)

Son las que tienen una cama de frenado de espesor uniforme con pendiente longitudinal descendente. La acción de detención se limita al aumento de la resistencia a la rodadura, y debido a que la acción de la gravedad tiene un efecto acelerador, estas rampas suelen ser las de mayor longitud dependiendo de la magnitud de su pendiente descendente, de las características del material granular y de la velocidad de vehículo de diseño. Se muestra a continuación en la Ilustración 2.

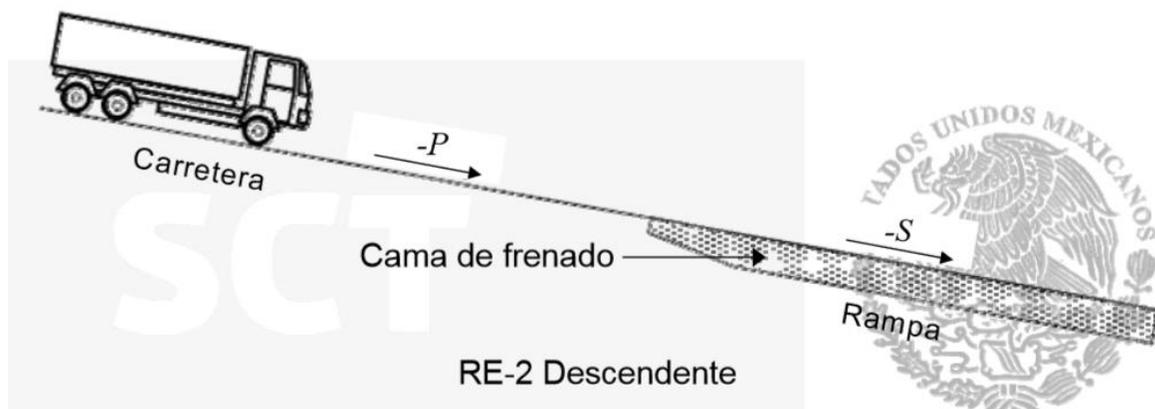


Figura 4: Rampa de Frenado de Emergencia RE-2/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

### 3.2.2.3 Rampas horizontales (RE-3)

Son las que tienen una cama de frenado horizontal de espesor uniforme sin pendiente longitudinal. La detención se limita al aumento de la resistencia a la rodadura. Como el efecto de la gravedad en la detención es nulo, estas rampas suelen ser largas dependiendo de las características del material granular y de la velocidad del vehículo de diseño. Se muestra este tipo a continuación en la Ilustración 3.

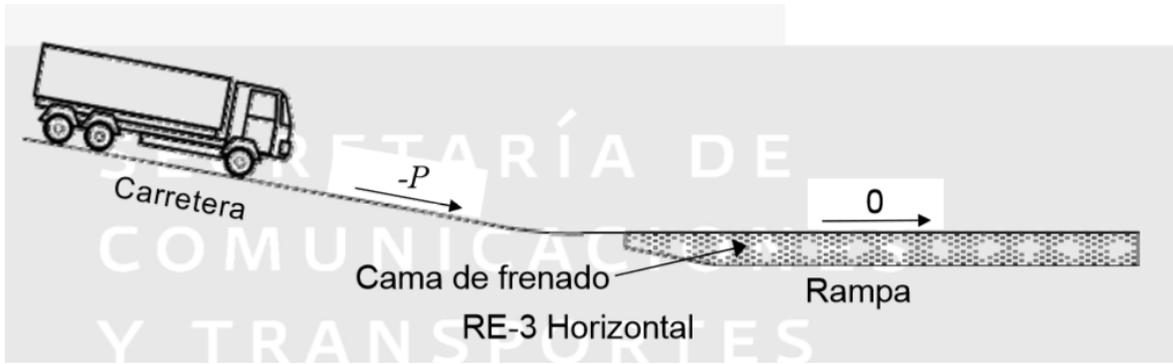


Figura 5: Rampa de Frenado de Emergencia RE-3/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

### 3.2.2.5 Rampas ascendentes (RE-4)

Son las que tienen una cama de frenado con espesor uniforme y pendiente longitudinal ascendente. Como la detención se aprovecha la resistencia a la rodadura y la acción de la gravedad por la pendiente longitudinal ascendente, estas rampas suelen ser menos largas que las rampas descendentes y horizontales, se muestra a continuación en la Ilustración 4.

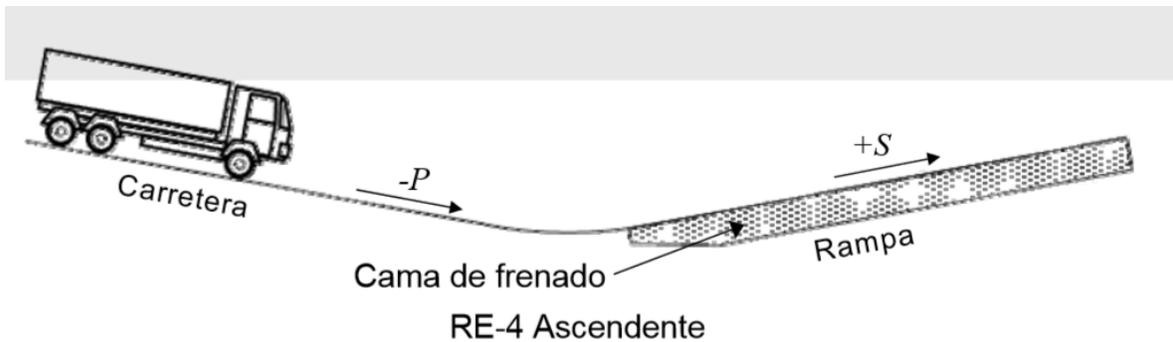


Figura 6: Rampa de Frenado de Emergencia RE-4/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

### 3.3 Referencias

Esta Norma se complementa con las siguientes:

Para el diseño de la rampa se requiere el manejo de las siguientes normas y manuales:

- N-LEG-2 “Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías”
- N-PRY-CAR-1-01-001 “Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras”.
- N-PRY-CAR-1-02-001 “Ejecución de Estudios Geotécnicos”.
- N-PRY-CAR-10-01-001 “Ejecución de Proyectos de Señalamiento”.
- N-PRY-CAR-10-01-002 “Diseño de Señalamiento Horizontal”.
- N-PRY-CAR-10-01-004 “Diseño de Señales Restrictivas”.
- N-PRY-CAR-10-01-005 “Diseño de Señales Informativas”
- N-PRY-CAR-10-01-007 “Diseño de Señales Diversas”
- N-PRY-CAR-10-04-001 “Ejecución de Proyectos de Dispositivos de Seguridad”
- N-PRY-CAR-10-04-010 “Presentación del Proyecto”
- N-CMT-1-01 “Materiales para Terraplén”
- N-CMT-1-02 “Materiales para Subyacente”
- N-CMT-1-03 “Materiales para Subrasante”
- N-CMT-3-04-001 “Filtros”
- N-CMT-3-04-002 “Tubos de Concreto para Subdrenes”
- N-CMT-3-04-003 “Tubos de Policloruro de Vinilo (PVC) para Sistemas de Subdrenaje”
- N-CMT-5-01-001 “Pinturas para Señalamiento Horizontal”
- N-CMT-5-03-001 “Calidad de Películas Reflejantes”
- N-CMT-5-04 “Botones y Botones Reflejantes”
- M-MMP-4-01-003 “Granulometría”
- M-MMP-4-01-009 “Desgaste Los Ángeles”
- M-MMP-4-01-016 “Partículas Alargadas y Lajeadas”

### **3.4 Requisitos**

Para el diseño de la rampa se requiere contar con la información detallada del proyecto geométrico de la carretera en el tramo donde se ubicara la rampa, con el correspondiente estudio topográfico para proyecto definitivo, y con el estudio geotécnico del área donde se alojará la rampa o, en su defecto, del tramo de la carretera más próxima a dicha área, las Normas del tramo carretero donde se construirá la rampa para consultar estos requisitos son las siguientes:

- N-PRY-CAR-10-04-001 “Ejecución de Dispositivos de Seguridad”
- N-PRY-CAR-1-01-001 “Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras”
- N-PRY-CAR-1-02-001 “Ejecución de Estudios Geotécnicos”

### **3.5 Diseño de Rampas para Frenado de Emergencia**

El diseño de cada rampa para frenado de emergencia comprende la determinación de su ubicación, tipo y geometría, la selección de los materiales para su construcción y la definición de sus sistemas de drenaje, subdrenaje y señalamiento complementario, según su compatibilidad con la topografía y las características del lugar de su emplazamiento.

Después de realizar la revisión y análisis de acuerdo a la cláusula D de la norma N-PRY-CAR-10-04-001, *Ejecución de Proyectos de Dispositivos de Seguridad*, y el reconocimiento de campo señalado en la Fracción E.1 de la misma Norma, se realizara el diseño considerando lo siguiente:

#### **3.5.1 Consideraciones de Diseño**

En el diseño de las rampas para frenado de emergencia se hará de forma tal que se generen las condiciones necesarias para que los conductores de vehículos fuera de control conozcan su existencia, se entiendan las maniobras que deben realizar, que sientan la confianza suficiente para ingresar a las rampas en forma segura y no continúen por la ruta principal, para ello se deberá tomar en cuenta lo siguiente.

- 1- Las rampas deberán ser claramente visibles para evitar la percepción de discontinuidades que desalienten la entrada a las mismas.
- 2- El acceso a la rampa deberá ser amplio y suficiente para alojar la cama de frenado y el camino de servicio, con suficiente espacio adicional para poder realizar los trabajos de conservación del área.
- 3- El ángulo de entrada a cada rampa respecto al eje de la carretera, será de cinco grados como máximo, con el fin de asegurar la estabilidad del vehículo durante la maniobra de ingreso a la rampa y su alineamiento horizontal sea recto, de manera que los vehículos que ingresen lo hagan de una forma segura.
- 4- La longitud de la cama de frenado ( $L_L$ ) de cada rampa se determinará como se indica en el inciso 3.5.3.2 de esta Norma de forma que sea suficiente para disipar la energía cinética del vehículo que utilice la rampa.
- 5- Cada rampa contara con un camino de servicio paralelo que permita ejecutar su mantenimiento y remover los vehículos que ingresan a ella.
- 6- Salvo que lo indique la Secretaria, los caminos de servicio se complementaran con macizos de anclaje, de concreto hidráulico, distribuidos convenientemente para que sirvan de apoyo en las maniobras de rescate de los vehículos averiados.
- 7- El pavimento de la carretera se extenderá por el acceso hasta el sitio donde inicie la cama de cada rampa, con el fin de que los vehículos puedan entrar de manera expedita.
- 8- Cada rampa contará con un adecuado sistema de drenaje y subdrenaje que evite el deterioro de las características del material que forme la cama de frenado.
- 9- El señalamiento de cada rampa y del tramo de la carretera que le anteceda se determinará de acuerdo con lo indicado en esta Norma, N-PRY-CAR-10-04-007-13
- 10- Las rampas se iluminaran para facilitar su uso en condiciones de conducción nocturna.

### 3.5.2 Ubicación

Las rampas para frenado de emergencia se ubicarán en aquellos tramos en los que exista una alta probabilidad de que, por efecto de un alineamiento vertical continuamente descendente, los vehículos con los frenos dañados puedan acelerarse a velocidades mayores que las toleradas por el alineamiento horizontal o hasta ciento cuarenta kilómetros por hora y en aquellos tramos en los que se haya presentado anualmente un accidente fatal causado por vehículos sin frenos puedan resultar en colisiones con otros vehículos o con instalaciones ocupadas por otras personas, como en la entrada de las poblaciones o en zonas en donde puede haber vehículos detenidos por situaciones debidas a la operación de tránsito, como en plazas de cobro.

Para determinar la ubicación de las rampas para frenado de emergencia, se tomara en cuenta que:

- No se emplazarán rampas para frenado de emergencia al costado izquierdo del tramo de la carretera con pendiente descendente, para evitar que los vehículos fuera de control crucen el o los carriles de sentido de circulación opuesto, salvo cuando se trate de carreteras de cuerpos separados en las que las rampas puedan alojarse dentro de la franja separadora central, donde no exista el riesgo de que esos vehículos invadan el otro cuerpo de la carretera.
- Las rampas para frenado de emergencia se ubicarán antes de los sitios que, por sus características geométricas, pudieran poner en riesgo al vehículo fuera de control.
- La velocidad d entrada a una rampa para frenado de emergencia, se determinara mediante la siguiente expresión, con un límite máximo de ciento cuarenta kilómetros por hora:

$$Ve = \left( Vp^2 - 254 \sum_{i=1}^n Lp_i (R + P_i) \right)^{1/2}$$

Donde:

$V_e$  =Velocidad de entrada a la rampa (km/h)

$V_p$  =Velocidad de operación media o estimada de la carretera, en el sitio donde inicie el tramo con pendientes descendentes continuas o en el sitio de entrada a la rampa cuando se proyecte otra subsecuente (km/h).

$n$  =Número de subtramos con pendientes descendentes diferentes, que integran el tramo para el que se proyecta la rampa, (es adimensional).

$Lp_i$  = Longitud del subtramo  $i$  con pendiente descendente  $P_i$ , (m).

$R$  = Resistencia a la rodadura de la superficie del pavimento, 0.010 cuando la carpeta sea de concreto hidráulico o doce milésimos (0.012) cuando sea asfáltica, (adimensional, expresada en términos de pendiente equivalente).

$P_i$  = Pendiente descendente (negativa) del subtramo  $i$  de longitud  $Lp_i$ , en metro/metro, (adimensional).

### 3.5.3 Geometría

La geometría de las rampas para frenado de emergencia se determinará considerando lo siguiente:

- **Ancho**

El ancho de las rampas para frenado de emergencia será el adecuado para permitir el libre ingreso de los vehículos para facilitar las maniobras para removerlos. Comprenderá el ancho de la cama de frenado que podrá ser de diez a doce metros, así como el ancho del camino de servicio, que puede ser de tres a cinco metros.

- **Longitud**

La longitud de una rampa para frenado de emergencia desde la orilla de la corona de la carretera hasta el término de la rampa, comprenderá la longitud del acceso pavimentado, que será la necesaria para alojar la curva vertical que permita pasar de la pendiente de la carretera a la pendiente inicial de la

cama de frenado y la longitud de esta última, que será la necesaria para detener completamente a los vehículos, calculada de acuerdo con lo que se indica a continuación:

Para la determinación de la longitud efectiva de la cama de frenado, si su pendiente es uniforme, se aplicará la siguiente expresión:

$$Le = \frac{Ve^2}{254 (R + SI)}$$

Donde:

$Le$  = Longitud efectiva de la cama de frenado, (m).

$Ve$  = Velocidad de entrada a la rampa, calculada con la expresión antes mencionada, (km/h).

$R$  = Resistencia a la rodadura del material con que se formará la cama de frenado de acuerdo con la Tabla 1 (adimensional, expresada en términos de pendiente equivalente). En el análisis de las rampas RE-1, a partir de los sesenta centímetros de espesor del montículo, la resistencia indicada en la Tabla 1 se incrementará en seis decimos para considerar el efecto de la fricción entre el material de la cama y el chasis del vehículo.

$SI$  = Pendiente de la cama de frenado, positiva si es ascendente o negativa si es descendente, en metro/metro, (adimensional).

| Material de la cama de frenado | Resistencia a la rodadura $R$ |
|--------------------------------|-------------------------------|
| Grava triturada suelta         | 0,050                         |
| Grava de río suelta            | 0,100                         |
| Arena suelta                   | 0,150                         |
| Gravilla uniforme suelta       | 0,250                         |

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (AASHTO, 2001)

Tabla 1: Resistencia a la Rodadura, expresada en Términos de pendiente equivalente/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

Para determinar la longitud efectiva de la cama de frenado, si su pendiente es variable, se determinara la velocidad del vehículo en cada cambio de pendiente, hasta una longitud suficiente para detener el vehículo fuera de control. La velocidad final al término de la primera pendiente será calculada y utilizada como la velocidad inicial en la segunda pendiente y así sucesivamente hasta que la velocidad final resulte igual que cero, mediante las siguientes expresiones:

$$VF_j^2 = VI_j^2 - 254L_j(R \pm S_j)$$

$$Le = \sum_{j=1}^k L_j$$

Donde:

$VF_j$  = Velocidad final al término del subtramo j que se analiza de la cama de frenado, (km/h).

$VI_j$  = Velocidad inicial en el subtramo j que se analiza de la cama de frenado, que corresponde, para el primer subtramo, a la velocidad de entrada ( $V_e$ ) calculada como se mencionó antes, y para los subtramos subsecuentes, a la velocidad final calculada para el subtramo j-1 ( $VF_{j-1}$ ) inmediato anterior, (km/h).

$L_j$  = Longitud efectiva del subtramo j que se analiza de la cama de frenado, (m).

$R$  = Resistencia a la rodadura del material con que se formará la cama de frenado, de acuerdo con la tabla 1. En el análisis de las rampas RE-1, a partir de los sesenta centímetros de espesor del montículo, la resistencia indicada en la tabla 1 se incrementara en seis decimos para considerar el efecto de la fricción entre el material de la cama y el chasis del vehículo.

$S_j$  = Pendiente del subtramo j que se analiza de la cama de frenado, positiva si es ascendente o negativa si es descendente, en metro/metro, (adimensional).

$L_e$  = Longitud efectiva de la cama de frenado, (m).

$k$  = Numero de subtramos de la cama de frenado con pendientes diferentes, (adimensional)

La longitud total de la cama de frenado ( $L_L$ ) será veinticinco por ciento mayor que su longitud efectiva ( $L_e$ ) calculada de acuerdo con lo antes mencionado.

Si por la topografía o características del proyecto que restrinjan la construcción de la rampa y no es posible proveerla de una cama de frenado con la longitud a que se refiere el párrafo anterior, para impedir que los vehículos salgan de la rampa, la cama de frenado se complementara con un dispositivo atenuador aceptable y aprobado por la Secretaria como por ejemplo:

- a) Dispositivos que, mediante pruebas a escala real, hayan mostrado su efectividad para detener los vehículos sin dañar a sus ocupantes, formados con tambores de plástico rellenos hasta la altura y con el material especificado por el fabricante, ubicados en un punto de la cama en la cual el impacto que se produzca sea a una velocidad menor de veinte kilómetros por hora.
- b) Montículos del mismo material utilizado en la cama de frenado, de setenta centímetros de altura y tres metros de base, con taludes de dos a uno (2:1), ubicados en un punto de la cama en el cual el impacto que se produzca sea a una velocidad menor a cuarenta kilómetros por hora.
- c) Otros dispositivos que, mediante pruebas a escala real, hayan mostrado su efectividad para detener los vehículos sin dañar a sus ocupantes.

### 3.5.3.1 Espesor de la Cama de Frenado

Para el diseño de la cama de frenado se deben hacer ciertas consideraciones que a continuación se mencionaran:

- La cama de frenado para rampas con montículo (RE-1), se formará colocando el material a volteo, sobre una terracería horizontal, de forma que la pendiente ascendente del montículo sea menor que dos coma cinco (2,5) por ciento y una longitud total ( $L_L$ ) calculada como se describió con anterioridad, que sus taludes laterales y final sean como mínimo de tres a uno (3:1) y, para evitar que el material se desplace, que su espesor en el punto de entrada sea cuando menos de diez centímetros. Lo anterior se puede apreciar en la Figura 7.
- La cama de frenado para rampas descendente (RE-2), horizontales (RE-3) y ascendentes (RE-4), tendrá un espesor mínimo de sesenta centímetros a un metro y estará colocada a volteo en una caja en la terracería de la rampa, con taludes de dos tercios a uno, y profundidad igual que el espesor de la cama. Para evitar desaceleraciones excesivas en el vehículo, la cama se construirá con un espesor de cuando menos diez centímetros en el punto de entrada, que aumentara uniformemente hasta alcanzar su espesor de diseño. Cuando la cama de frenado se construya con grava triturada, el espesor de diseño será de un metro como mínimo. Lo anterior se puede apreciar en la Figura 8.

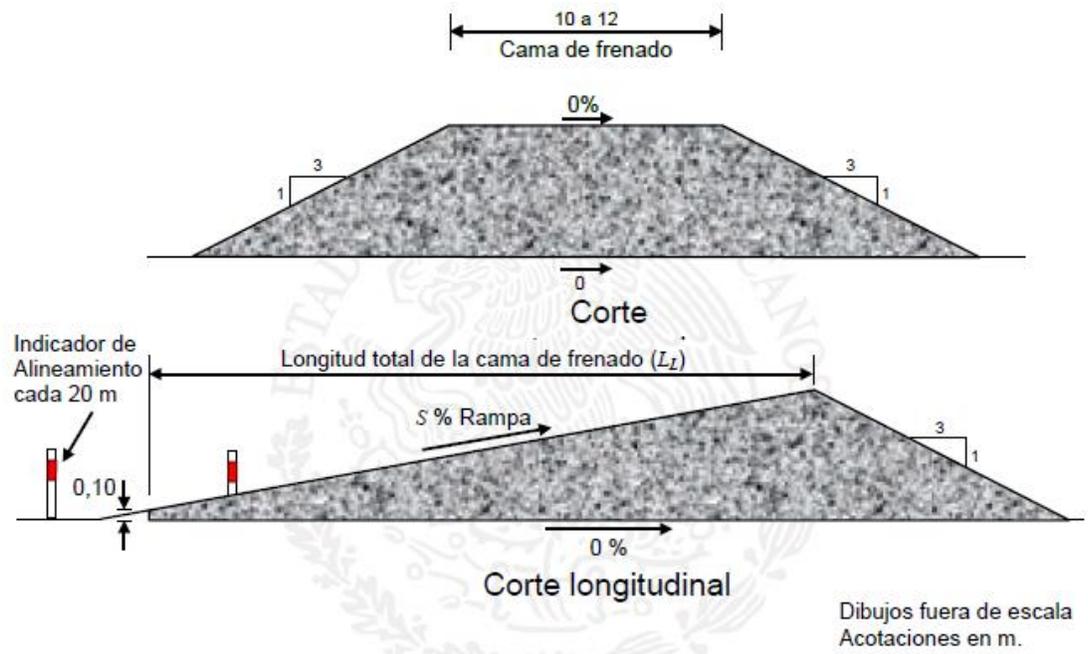


Figura 7: Disposición en corte de las rampas para frenado de emergencia tipo RE-1/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

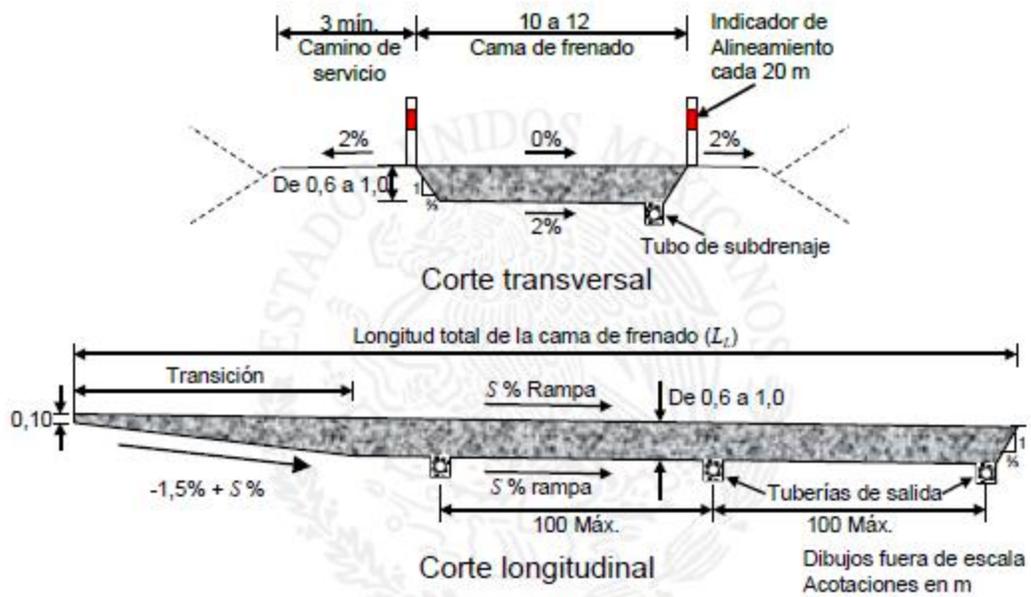


Figura 8: Disposición en corte de la cama de frenado de rampas para frenado de emergencia tipos RE-2, RE-3 y RE-4/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

### 3.5.4 Materiales

En el diseño de las rampas para frenado de emergencia se hará considerando que los materiales con que se construyan han de seleccionarse tomando en cuenta:

- En su caso y salvo que la Secretaria apruebe otra cosa, los materiales para formar las terracerías de las rampas para frenado de emergencia, cumplirán con los requisitos que se establecen en las Normas:  
N-CMT-1-01 “Materiales para Terraplén”  
N-CMT-1-02 “Materiales para subyacente”  
N-CMT-1-03 “Materiales para subrasante”
- El acceso de las rampas para frenado de emergencia, desde la orilla de la corona de la carretera hasta el inicio de la cama de frenado, se pavimentara igual que los acotamientos de la carretera. El camino de servicio se puede pavimentar de la misma forma o mediante un tratamiento superficial que permita la operación segura y eficiente de los equipos para el rescate de los vehículos averiados y para el mantenimiento de la cama de frenado.
- Los materiales que conformaran la cama de frenado serán preferentemente friccionantes, de difícil compactación y estarán limpios de partículas contaminantes. Pueden ser grava triturada o grava de rio, arena o gravilla uniforme, que cumplan con los requisitos de calidad que se muestra en la Tabla 2.

| Granulometría <sup>[1]</sup>                              |             |                     |          |        |
|---|-------------|---------------------|----------|--------|
| Malla   |             | Porcentaje que pasa |          |        |
| Abertura mm   | Designación | Grava               | Gravilla | Arena  |
| 37,5  | 1½"         | 100                 | ---      | ---    |
| 25  | 1"          | 95 mín              | ---      | ---    |
| 12,5  | ½"          | 35 máx              | 100      | ---    |
| 9,5   | ¾"          | ---                 | 95 mín   | 100    |
| 6,3   | ¼"          | ---                 | ---      | 95 mín |
| 4,75  | Nº 4        | 5 máx               | 5 máx    | ---    |
| 2   | Nº 10       | ---                 | ---      | 5 máx  |
| 0,075   | Nº 200      | 2 máx               | 2 máx    | 2 máx  |
| Característica  |             | Valor               |          |        |
| Desgaste Los Ángeles <sup>[2]</sup> , % máximo            |             | 30                  | 30       | 30     |
| Partículas alargadas y lajeadas <sup>[3]</sup> , % máximo |             | 25                  | 25       | 25     |

[1] Determinado de acuerdo con el Manual M-MMP-4-01-003, *Granulometría*.

[2] Determinado de acuerdo con el Manual M-MMP-4-01-009, *Desgaste Los Ángeles*.

[3] Determinado de acuerdo con el Manual M-MMP-4-01-016, *Partículas Alargadas y Lajeadas*.

Tabla 2: Requisitos de los materiales que formen la cama de frenado/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

### 3.5.5 Drenaje y Subdrenaje

El sistema de drenaje y subdrenaje de las rampas para frenado de emergencia se diseñará con el propósito de captar el agua de lluvia, los escurrimientos superficiales y, principalmente, el agua que se infiltre en la cama de frenado, para desalojarla oportunamente, a fin de evitar la acumulación de partículas en suspensión que llenen los huecos del material de la cama y su posible densificación o compactación, así como el eventual congelamiento del agua, que anule la eficiencia de la cama considerando que:

- Las rampas para frenado de emergencia descendentes (RE-2), horizontales (RE-3) y ascendentes (RE-4) se diseñarán con una pendiente transversal de dos por ciento como mínimo, en el fondo de la caja que alojará la cama de frenado, para interceptar y recolectar el agua que se infiltre. Como se observa en la figura 8.
- En el lado más bajo de la caja que alojará la cama de frenado se diseñará un subdren con una pendiente longitudinal mínima de uno coma cinco (1,5) por ciento, como se describe a continuación:
  - El subdren consiste en tubos perforados de concreto o de policloruro de vinilo (PVC), con diámetro interno mínimo de quince centímetros, que cumpla con los requisitos de calidad establecidos en las normas.

N-CMT-3-04-002 “Tubos de Concreto para Subdrenes”

N-CMT-3-04-003 “Tubos de Policloruro de Vinilo (PVC) para Sistemas de Subdrenaje”

Dentro de una zanja con las dimensiones que se muestra en la Figura 9, y sobre una cama de quince centímetros de espesor como mínimo, formada con el material de filtro que se utilice para el relleno de la zanja y que cumpla con los requisitos de calidad establecidos en la Norma N-CMT-3-04-001 “Filtros”.

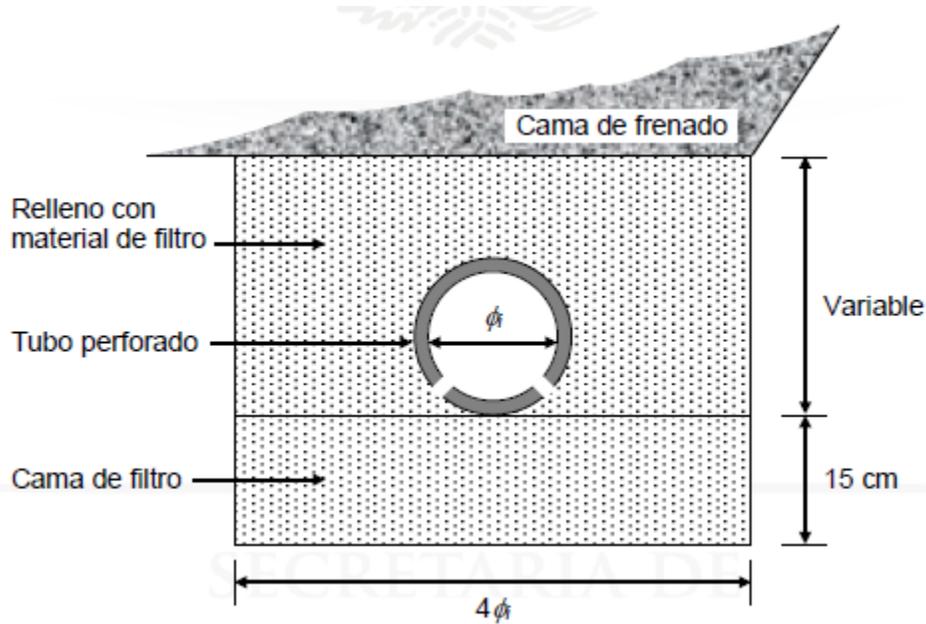


Figura 9: Subdrén típico para la cama de frenado/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

- Las salidas para el agua captada por el subdrén, se harán con tubos del mismo tipo utilizados en el subdrén, pero sin perforaciones, colocados en una zanja como se indicó anteriormente. Se ubicara una tubería de salida en la parte más baja de subdrén y otras a lo largo del mismo, a cada cien metros como máximo, de forma que no queden sumergidas en agua, ni se regrese ésta al interior del subdrén. Las bocas de las salidas se protegerán con rejillas o pantallas pesadas que prevengan actos de vandalismo y la entrada de roedores.
- Podrán diseñarse otros sistemas de subdrenes, como geodrenes, siempre que así lo apruebe la Secretaría.

### **3.5.6 Camino de Servicio y Macizos de Anclaje**

Para facilitar el rescate de los vehículos detenidos se diseñara el camino de servicio de la rampa para frenado de emergencia y, en su caso, los macizos de anclaje que permitan el apoyo adecuado de las grúas de rescate u otros equipos de servicio, de manera que, en conjunto, formen un sistema integral y que los conductores que utilicen la rampa al quedar fuera de control no los confundan con la cama de frenado, particularmente durante condiciones de conducción nocturna, por lo que se debe considerar que:

- El camino de servicio debe ser adyacente a la cama de frenado, preferentemente en el lado más próximo a la carretera, con un ancho mínimo de tres metros y pavimentado igual que los acotamientos de la carretera o mediante un tratamiento superficial que provea una superficie firme para los equipos de rescate, alejada de la ruta principal y hacia el cual se puedan arrastrar los vehículos atrapados.
- En los lugares que sea posible, será conveniente que el camino de servicio retorne a la carretera permitiendo, tanto a la grúa como al vehículo rescatado, un reingreso más fácil a la carretera.
- Los macizos de anclaje serán de concreto hidráulico, con las dimensiones y la resistencia que permitan el anclaje o apoyo firme de los equipos de rescate y estarán alojados en el lado del camino de servicio opuesto a la cama de frenado, separados entre sí, en forma equidistante, a no menos de cincuenta, ni más de cien metros. El primero se ubicara lo más próximo posible del sitio donde inicie la cama de frenado, para facilitar el rescate de los vehículos que solo hayan entrado en una corta distancia en ella, como se ve en la Figura 2.

### **3.5.7 Señalamiento**

El diseño del señalamiento de una rampa para frenado de emergencia, comprenderá tanto el señalamiento horizontal como el señalamiento vertical, previos a la rampa y en ella, adicionales a los señalamientos normales de la carretera a la que se refiere la N-PRY-CAR-10-01-001, “Ejecución de Proyectos de Señalamiento” tomando en cuenta:

### **3.5.7.1 Señalamiento horizontal**

El señalamiento horizontal de rampas para frenado de emergencia se hará mediante marcas especiales pintadas o colocadas en el pavimento, tanto en tangentes como en curvas, estas serán llamadas o denominadas “Rayas para frenado de emergencia” (M-14), de quince centímetros de ancho y color rojo reflejante, que este dentro del área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas presentadas en la Tabla 4 de la Norma N-CMT-5-01-001 “Pinturas para Señalamiento Horizontal”, y que cumpla con los coeficientes de reflexión mínimos indicados en la Tabla 5 de la misma Norma. En la entrada a la rampa y diferenciando claramente su camino de servicio para evitar que los vehículos fuera de control entren en él, se utilizaran rayas canalizadoras (M-5) conforme a lo indicado en la N-PRY-CAR-10-01-002 “Diseño de Señalamiento Horizontal”, como se muestra en la Figura 10. Las distintas rayas para frenado son las siguientes:

#### **1- Raya para frenado de emergencia discontinua (M-14.1)**

Se utiliza para guiar a los vehículos que pudieran estar fuera de control, desde el sitio donde inicia la pendiente descendiente continua y prolongada para la que se diseña la rampa, hasta mil metros antes de su entrada, lugar donde los conductores han de tomar la decisión de entrar a ella. Se situará al centro del carril descendente de la carretera o si esta es de dos o más carriles por sentido de circulación, al centro del carril de alta velocidad y consiste en segmentos de cinco metros separados entre sí diez metros, como se muestra en la Figura 10.

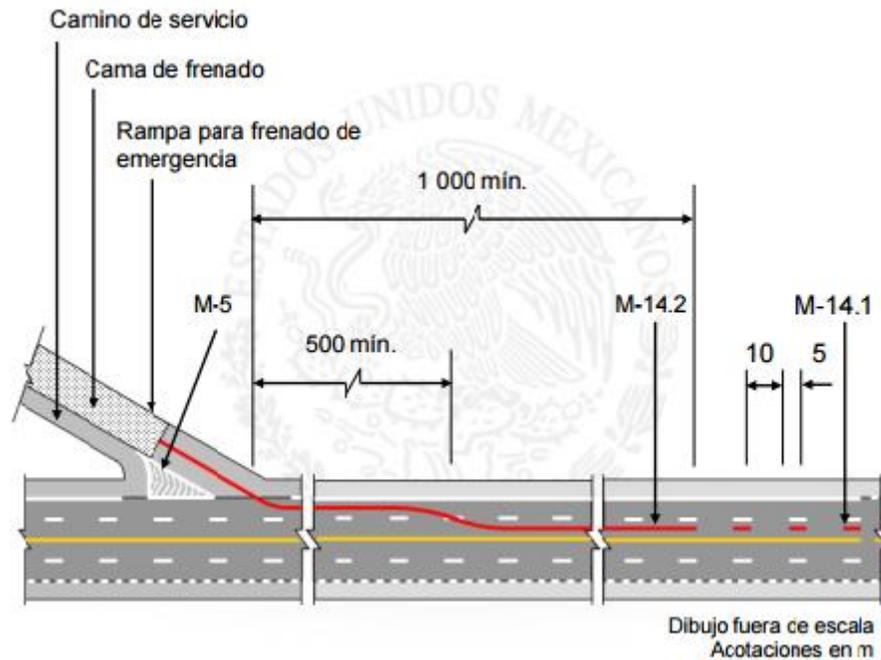


Figura 10: Señalamiento Horizontal de Rampas para Frenado de Emergencia/ Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-04-007/13

## 2- Raya para frenado de emergencia continua (M-14.2)

Se utiliza para guiar en forma continua a los vehículos que estén fuera de control, desde el sitio donde concluya la raya para frenado de emergencia discontinua (M-14.1), hasta el lugar donde inicie la cama de frenado de la rampa. Se situará al centro del carril descendente de la carretera o si esta es de dos o más carriles por sentido de circulación, al centro del carril de alta velocidad y, si la rampa se ubica a la derecha del camino, en una tangente ubicada a no menos de quinientos metros antes de la entrada a la rampa, esta raya continua se pasará suavemente del carril de alta velocidad al de baja, como se ve en la Figura 10.

**TABLA 4.- Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores que se utilicen en las marcas para señalamiento horizontal**

| Color    | Punto N° | Coordenadas <sup>[1]</sup> |       |
|----------|----------|----------------------------|-------|
|          |          | x                          | y     |
| Blanco   | 1        | 0,303                      | 0,287 |
|          | 2        | 0,368                      | 0,353 |
|          | 3        | 0,340                      | 0,380 |
|          | 4        | 0,274                      | 0,316 |
| Amarillo | 1        | 0,498                      | 0,412 |
|          | 2        | 0,557                      | 0,442 |
|          | 3        | 0,479                      | 0,520 |
|          | 4        | 0,438                      | 0,472 |
| Rojo     | 1        | 0,613                      | 0,297 |
|          | 2        | 0,708                      | 0,292 |
|          | 3        | 0,636                      | 0,364 |
|          | 4        | 0,558                      | 0,352 |
| Verde    | 1        | 0,164                      | 0,537 |
|          | 2        | 0,239                      | 0,501 |
|          | 3        | 0,223                      | 0,454 |
|          | 4        | 0,145                      | 0,488 |

[1] De acuerdo con el sistema estandarizado de la Comisión Internacional de Iluminación (*Commission Internationale de l'Éclairage*, CIE) para determinar el color (1931), medido con una fuente luminosa estándar tipo "C".

Tabla 3: Tabla de la Norma N-CMT-5-01-001-13

**TABLA 5.- Coeficientes mínimos de reflexión de las pinturas para señalamiento horizontal**

| Color    | Coeficiente mínimo de reflexión<br>(mcd / lx) / m <sup>2</sup> |            |                  |                       |            |                  |
|----------|--|------------|------------------|-----------------------|------------|------------------|
|          | Pintura base agua  |            |                  | Pintura termoplástica |            |                  |
|          | Inicial  | A 180 días | Vida de proyecto | Inicial               | A 180 días | Vida de proyecto |
| Blanco   | 250  | 150        | 100              | 300                   | 250        | 150              |
| Amarillo | 200  | 150        | 50               | 250                   | 175        | 100              |
| Rojo     | 35   | 24         | 11               | 51                    | 39         | 23               |
| Verde    | 24   | 16         | 8                | 37                    | 28         | 17               |

Tabla 4: Tabla de la Norma N-CMT-5-01-001-13

### 3- Botones reflejantes

Las rayas para frenado de emergencia, discontinuas (M-14.1) y continuas (M-14.2), se pueden complementar con botones reflejantes que tengan en una cara un reflejante del color rojo que este dentro del área cromática definida por las coordenadas de los puntos correspondientes que se muestran en la Tabla 2 de la Norma N-CMT-5-04 “Botones y Botones Reflejantes” y cumpla con los coeficientes de intensidad luminosa inicial mínimos indicados en la Tabla 1 de la misma Norma, ubicados a cada quince metros en curvas y treinta metros en tangentes, al centro del espacio entre segmentos marcados cuando la raya sea discontinua o sobre la raya continua a partir del sitio donde se inicie.

**TABLA 1.- Coeficientes de intensidad luminosa inicial mínimos para botones reflejantes sobre el pavimento (DH-1)**

| Ángulo de observación<br>° | Ángulo de entrada horizontal<br>° | Coeficiente de intensidad luminosa<br>mcd/lx (cd/ftc) <sup>[1]</sup> |           |           |
|----------------------------|-----------------------------------|--|-----------|-----------|
|                            |                                   | Blanco   | Amarillo  | Rojo      |
| 0,2                        | 0                                 | 279 (3)  | 167 (1,8) | 70 (0,75) |
| 0,2                        | 20                                | 112 (1,2)  | 67 (0,72) | 28 (0,30) |

[1] candelas/pie candela

Tabla 5: Tabla de la Norma N-CMT-5-04-13 de Coeficientes de Intensidad Luminosa

**TABLA 2.- Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores de los elementos reflejantes de los botones reflejantes y delimitadores sobre el pavimento (DH-1)**

| Color    | Punto N° | Coordenadas <sup>[1]</sup> |       |
|----------|----------|----------------------------|-------|
|          |          | x                          | y     |
| Blanco   | 1        | 0,300                      | 0,286 |
|          | 2        | 0,365                      | 0,352 |
|          | 3        | 0,337                      | 0,379 |
|          | 4        | 0,271                      | 0,315 |
| Amarillo | 1        | 0,497                      | 0,410 |
|          | 2        | 0,556                      | 0,440 |
|          | 3        | 0,478                      | 0,518 |
|          | 4        | 0,437                      | 0,470 |
| Rojo     | 1        | 0,648                      | 0,350 |
|          | 2        | 0,735                      | 0,264 |
|          | 3        | 0,629                      | 0,280 |
|          | 4        | 0,565                      | 0,345 |

[1] De acuerdo con el sistema estandarizado de la Comisión Internacional de Iluminación (*Commission Internationale de l'Éclairage, CIE*) para determinar el color (1931), medidas con una fuente luminosa estándar tipo "C".

*Tabla 6: Tabla de la Norma N-CMT-5-04-13 de Coordenadas de Áreas Cromáticas*

### 3.5.7.2 Señalamiento Vertical

El señalamiento vertical de rampas para frenado de emergencia se integrara mediante las señales restrictivas (SR), señales informativas de destino (SID), señales informativas de recomendación (SIR), señales de información general (SIG) y señales diversas (OD), que se indican a continuación y que cumplen en forma, dimensiones y características con lo establecido con las Normas N-PRY-CAR-10-01-004, "Diseño de Señales Restrictivas", N-PRY-CAR-10-01-005, "Diseño de Señales Informativas, y N-PRY-CAR-10-01-007, "Diseño de Señales Diversas", respectivamente, excepto en lo que se refiere a los colores del fondo, de los caracteres, de las flechas y de los filetes de las señales especiales que se mostraran en cada tipo a continuación, en las que el fondo será de color amarillo reflejante y negros los caracteres, flechas y filetes, considerando que solo serán aplicables para el diseño del señalamiento vertical en rampas para frenado de emergencia.

Todos los colores que se utilicen en el señalamiento vertical de rampas para frenado de emergencia, a excepción del negro, estarán dentro del área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas presentadas en la Tabla 2 (Tabla 8 a continuación) de la Norma N-CMT-5-03-001 “Calidad de Películas Reflejantes”, de acuerdo con los factores de luminancia que se indican en la misma Tabla, según el tipo de película reflejante que se utilice y cumplirán con los coeficientes mínimos de reflexión inicial indicados en la Tabla 1 de la misma Norma (Tabla 7 mostrada a continuación).

**TABLA 1.- Coeficientes mínimos de reflexión inicial para películas reflejantes**

| Color    | Ángulo de observación <sup>[1]</sup><br>grados (°) | Tipo A (De Alta Intensidad)  |     | Tipo B (De Muy Alta Intensidad) |     |
|----------|--|--|-----|---------------------------------|-----|
|          |  | Ángulo de entrada <sup>[2]</sup><br>grados (°)                       |     |                                 |     |
|          |  | -4   | 30  | -4                              | 30  |
|          |  | Coeficiente de reflexión <sup>[3]</sup><br>(cd/lux) / m <sup>2</sup> |     |                                 |     |
| Blanco   | 0,2  | 250  | 150 | 380                             | 215 |
|          | 0,5  | 95   | 65  | 240                             | 135 |
|          | 1  | ---  | --- | 80                              | 45  |
| Amarillo | 0,2  | 170  | 100 | 285                             | 162 |
|          | 0,5  | 62   | 45  | 180                             | 100 |
|          | 1  | ---  | --- | 60                              | 34  |
| Naranja  | 0,2  | 100  | 60  | 145                             | 82  |
|          | 0,5  | 30   | 25  | 90                              | 50  |
|          | 1  | ---  | --- | 30                              | 17  |
| Rojo     | 0,2  | 45   | 25  | 76                              | 43  |
|          | 0,5  | 15   | 10  | 48                              | 27  |
|          | 1  | ---  | --- | 16                              | 9   |
| Verde    | 0,2  | 45   | 25  | 38                              | 22  |
|          | 0,5  | 15   | 10  | 24                              | 14  |
|          | 1  | ---  | --- | 8                               | 4,5 |
| Azul     | 0,2  | 20   | 11  | 17                              | 10  |
|          | 0,5  | 7,5  | 5   | 11                              | 6   |
|          | 1  | ---  | --- | 3,6                             | 2   |

[1] Ángulo relativo que existe entre el haz de luz incidente de una fuente luminosa y el haz de luz reflejado al centro del receptor como se muestra en la Figura 3. Mientras menor sea el ángulo de observación, mayor será la intensidad luminosa o reflexión.

[2] Ángulo formado entre un haz de luz incidente y una perpendicular imaginaria a la superficie del elemento reflejante, como se muestra en la Figura 4. Mientras menor sea el ángulo de entrada, mayor será la intensidad luminosa o reflexión.

Tabla 7: Tabla de la Norma N-CMT-5-03-001 de los Coeficientes Mínimos de Reflexión

**TABLA 2.- Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores de películas reflejantes**

| Color    | Punto N° | Coordenadas <sup>[1]</sup> |       | Factor de luminiscencia (Y)<br>% |     |                                     |     |
|----------|----------|----------------------------|-------|----------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
|          |          |                            |       | Tipo A<br>(De Alta Intensidad)   |     | Tipos B<br>(De Muy Alta Intensidad) |     |
|          |          | x                          | y     | Min                              | Máx | Min                                 | Máx |
| Blanco   | 1        | 0,300                      | 0,286 | 27                               | --- | 40                                  | --- |
|          | 2        | 0,365                      | 0,352 |                                  |     |                                     |     |
|          | 3        | 0,337                      | 0,379 |                                  |     |                                     |     |
|          | 4        | 0,271                      | 0,315 |                                  |     |                                     |     |
| Amarillo | 1        | 0,497                      | 0,410 | 15                               | 45  | 24                                  | 45  |
|          | 2        | 0,556                      | 0,440 |                                  |     |                                     |     |
|          | 3        | 0,478                      | 0,518 |                                  |     |                                     |     |
|          | 4        | 0,437                      | 0,470 |                                  |     |                                     |     |
| Naranja  | 1        | 0,557                      | 0,351 | 14                               | 30  | 12                                  | 30  |
|          | 2        | 0,635                      | 0,363 |                                  |     |                                     |     |
|          | 3        | 0,569                      | 0,428 |                                  |     |                                     |     |
|          | 4        | 0,505                      | 0,403 |                                  |     |                                     |     |
| Rojo     | 1        | 0,648                      | 0,350 | 3                                | 12  | 3                                   | 15  |
|          | 2        | 0,735                      | 0,264 |                                  |     |                                     |     |
|          | 3        | 0,629                      | 0,280 |                                  |     |                                     |     |
|          | 4        | 0,565                      | 0,345 |                                  |     |                                     |     |
| Verde    | 1        | 0,026                      | 0,380 | 3                                | 9   | 3                                   | 12  |
|          | 2        | 0,166                      | 0,345 |                                  |     |                                     |     |
|          | 3        | 0,286                      | 0,427 |                                  |     |                                     |     |
|          | 4        | 0,207                      | 0,752 |                                  |     |                                     |     |
| Azul     | 1        | 0,141                      | 0,027 | 1                                | 10  | 1                                   | 10  |
|          | 2        | 0,245                      | 0,202 |                                  |     |                                     |     |
|          | 3        | 0,191                      | 0,247 |                                  |     |                                     |     |
|          | 4        | 0,066                      | 0,208 |                                  |     |                                     |     |

[1] De acuerdo con el sistema estandarizado de la Comisión Internacional de Iluminación (*Commission Internationale de l'Éclairage, CIE*) para determinar el color (1931), medido con una fuente luminosa estándar tipo "C".

Tabla 8: Tabla de la Norma N-CMT-5-03-001 de los Coordenadas que definen las Áreas Cromáticas

## 1- Señales Restrictivas (SR)

Se instalarán en la carretera las señales restrictivas SR-22 "Prohibido Estacionarse", como se muestra a continuación, una en el acceso a la rampa para frenado de emergencia, otra en el inicio de la cama de frenado y en la carretera las necesarias hasta quinientos metros antes del acceso a la rampa de emergencia, con una separación máxima entre ellas de ciento cincuenta metros.



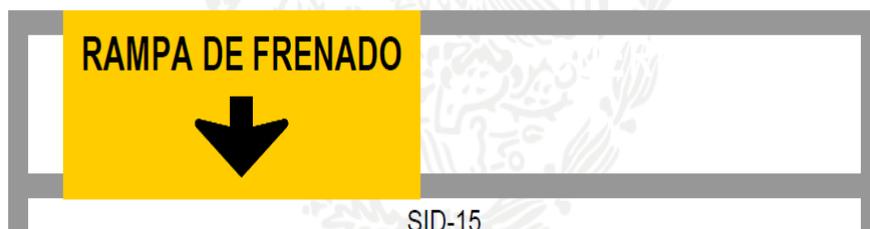
SR-22

## 2- Señales informativas de destino (SID)

Se instalarán en la carretera dos señales informativas de destino SID-9 o SID-13, como se muestra a continuación, una decisiva a la entrada de la rampa para frenado de emergencia y otra previa a no menos de doscientos metros de esa entrada. En carreteras de un carril por sentido de circulación, estas señales pueden ser bajas o elevadas en bandera, tomando en cuenta el volumen del tránsito y la velocidad de operación, mientras que en carreteras con dos o más carriles por sentido de circulación, siempre serán elevadas en bandera, complementadas con dos señales informativas de destino SID-13 o en puente SID-15, a no menos de cuatrocientos y de setecientos metros de la entrada a la rampa respectivamente, que indiquen el carril que han de utilizar los vehículos fuera de control.



SID-9 o SID-13



SID-15

### 3- Señales informativas de recomendación (SIR)

Se instalaran en la carretera cuatro señales informativas de recomendación SIR:

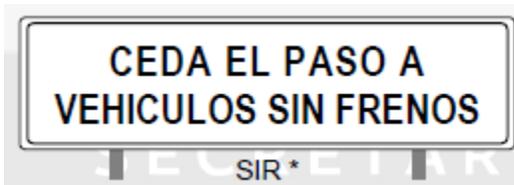
- Una con la leyenda “PRUEBE SUS FRENOS”, que cumpla con todos los requisitos establecidos en la Norma N-PRY-CAR-10-01-005, “Diseño de Señales Informativas”, incluyendo los de color, ubicada lo más próximo posible al sitio donde inicie la pendiente descendente continua y prolongada para la que se diseña la rampa para frenado de emergencia.



- Otra con la leyenda “VEHICULOS SIN FRENOS SIGA LA RAYA ROJA”, ubicada a no menos de cien metros de la señal que se indica en el párrafo anterior.



- Dos con la leyenda “CEDA EL PASO A VEHICULOS SIN FRENOS”, que cumpla con los requisitos de la Norma N-PRY-CAR-10-01-005, “Diseño de Señales Informativas”, incluyendo los de color, ubicadas a no menos de seiscientos cincuenta metros de la entrada a la rampa y de doscientos metros del sitio donde inicie la pendiente de la carretera.



En carreteras de un carril por sentido de circulación, estas señales serán bajas, mientras que en carreteras con dos o más carriles por sentido de circulación, pueden ser bajas o elevadas en puente, si así lo aprueba la Secretaría, tomando en cuenta el volumen de tránsito y la velocidad de operación. Si se opta por señales bajas y la carretera es de cuerpos separados, se instalarán dichas señales en ambos lados del arroyo vial.

#### **4- Señales información general (SIG)**

Se instalará en la carretera una señal de información general SIG con la leyenda "RAMPA DE FRENADO A 500 M", como se muestra a continuación, a no menos de quinientos metros de la rampa para frenado de emergencia, preferentemente en el sitio donde la raya roja continua M-14.2 cambie del carril de alta velocidad al de baja y, en el caso de que el tramo con pendiente descendente de la carretera sea largo, se instalará otra señal igual, a cuando menos mil metros de la primera.

En carreteras de un carril por sentido de circulación, esas señales serán bajas, mientras que en carreteras con dos o más carriles por sentido de circulación, pueden ser bajas o elevadas en puente, si así lo aprueba la Secretaría, tomando en cuenta el volumen del tránsito y la velocidad de operación. Si se opta por señales bajas y la carretera es de cuerpos separados se instalarán dichas señales en ambos lados Del arroyo vial.



## **5- Señales Diversas (OD)**

Se instalara un indicador de obstáculos OD-5 en la zona neutral formada por las rayas canalizadoras en la entrada de la rampa para frenado de emergencia así como indicadores de alineamiento OD-6, con reflejante rojo, de concreto hidráulico, metálicos, de policloruro de vinilo (PVC) o de algún otro material flexible, inastillable y resistente a la intemperie, que apruebe la Secretaria, ubicados a cada veinte metros en ambos lados de la cama de frenado, desde donde inicie la rampa hasta donde termine la cama, a excepción de las rampas tipo RE-1 en las que se colocarán estos indicadores hasta donde el montículo alcance un espesor de 60 cm. Estas señales diversas cumplirán con todos los requisitos establecidos en la N-PRY-CAR-10-01-007 “Diseño de Señales Diversas”, excepto el color rojo del reflejante de los indicadores de alineamiento, que estas dentro del área correspondiente definida por las coordenadas presentadas en la Tabla 2 (Tabla 8 en este documento) de la Norma N-CMT-5-03-001, “Calidad de Películas Reflejantes”, de acuerdo con los factores de luminancia que se indican en la misma Tabla, según el tipo de película reflejante que se utilice y cumplirá con los coeficientes de reflexión inicial indicados en la Tabla 1 (Tabla 7 en este documento) de la misma Norma.

## **6- Barreras de protección**

En casos donde por la ubicación de la rampa para frenado de emergencia, se considere necesaria la instalación de barreras de protección, estas se colocarán conforme lo determine un informe técnico que lo justifique.

### **3.6 Proyecto Ejecutivo**

De cada rampa para frenado de emergencia que se diseñe, con base en su estudio topográfico definitivo de obra especial a que se refiere la Cláusula D (Punto 3.4) de esta Norma, y de acuerdo con lo establecido en la Norma N-LEG-2; “Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías”, se hará el proyecto ejecutivo que posibilite la construcción de la rampa, lo que implicará, la elaboración de su proyecto de terracerías, que contenga el perfil y las secciones de construcción de la rampa, así como, en su caso, el respectivo diagrama de masas, que permita determinar los movimientos de las terracerías. El proyecto de terracerías se expresará mediante los planos que se indican a continuación, que serán integrados al proyecto de dispositivos de seguridad a que se refiere la Fracción E. 10 de la Norma N-PRY-CAR-10-04-001, “Ejecución de Proyectos de Dispositivos de Seguridad”, con los formatos y la presentación que se indican en la Norma N-PRY-CAR-10-04-010, “Presentación del Proyecto”.

#### **3.6.1 Plano General**

Deberá contener toda la información relevante sobre el proyecto que se estime de la utilidad para las decisiones ejecutivas. Entre esa información se incluirá lo siguiente:

- 1- Planta geométrica de la rampa, sobre el modelo tridimensional del área, obtenido del correspondiente estudio topográfico definitivo de la obra especial, que incluya los elementos de los sistemas de drenaje y subdrenaje, las referencias de trazo y los bancos de nivel que se utilicen, la delimitación del derecho de vía, la escala y el norte magnético.
- 2- Corte-elevación por el eje del trazo de la rampa, incluyendo el perfil estructural de las terracerías, del pavimento y de la cama de frenado, así como los elementos de drenaje y subdrenaje, la o las pendientes longitudinales de la rasante y las escalas graficas vertical y horizontal (cadenamientos).

- 3- Cortes transversales de la rampa, incluyendo la sección estructural de las terracerías, del pavimento y de la cama de frenado, así como los elementos de drenaje y subdrenaje, y las escalas graficas vertical y horizontal.
- 4- Datos para la ubicación de las referencias del trazo y de los bancos de nivel que se utilicen
- 5- Lista de materiales
- 6- Relación de especificaciones de construcción aplicables al proyecto
- 7- Lista de planos que integran el proyecto.

### **3.6.2 Perfil de construcción**

Plano topográfico que muestre la configuración vertical del terreno en el eje definitivo de la rampa, su subrasante y su rasante, incluyendo su pendiente longitudinal y el perfil estructural de las terracerías, del pavimento y de la cama de frenado, las escalas vertical y horizontal (cadenamientos), el diagrama de masas y los movimientos de terracerías, así como, a cada veinte metros y en puntos singulares, las elevaciones del terreno y de la subrasante, las alturas y volúmenes geométricos de terraplén y corte, y en su caso, la información geotécnica y la clasificación presupuestal.

### **3.6.3 Secciones de Construcción**

Plano topográfico que muestre, pasa cada sección transversal de la rampa, en cadenamientos cerrados a veinte metros y en puntos singulares, la configuración vertical del terreno, la sección de construcción con la subrasante y rasante, incluyendo las pendientes transversales, los taludes de corte o terraplén, el despalme y la sección estructural de las terracerías, del pavimento y de la cama de frenado, las escalas vertical y horizontal, el cadenamiento de cada sección, el nivel de rasante y la altura en metros de corte o terraplén, en el eje de la rampa, las áreas en metros cuadrado de despalme, corte, terraplén, cama de frenado y de las capas subyacentes y subrasante.

#### 4- Generalidades de la Carretera México – La Marquesa

La autopista México-La Marquesa pertenece a la red de autopistas operadas por Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE); de acuerdo al Sistema de Clasificación de Caminos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) pertenece a la Ruta 134-D. Esta autopista fue inaugurada el 19 de octubre de 1990, forma parte de la carretera México - Toluca. Dentro de la zona en estudio, la autopista consta de tres carriles por sentido y acotamientos a ambos lados, se encuentra en un tipo de terreno principalmente montañoso. En la siguiente tabla se muestran las características principales del tramo.

| CARACTERÍSTICA                        | VALOR     |
|---------------------------------------|-----------|
| Longitud Total                        | 22.0 km   |
| Tipo de Terreno                       | montañoso |
| Derecho de Vía                        | 40 m      |
| Número de Carriles por Sentido        | 3 y 3     |
| Pendiente Longitudinal Máxima         | 3-5%      |
| Grado de Curvatura Máxima             | 1°        |
| Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) | 32,657    |

Tabla 9: Tabla de Características de la Carretera México-Toluca. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CAPUFE y de Datos Viales 2014

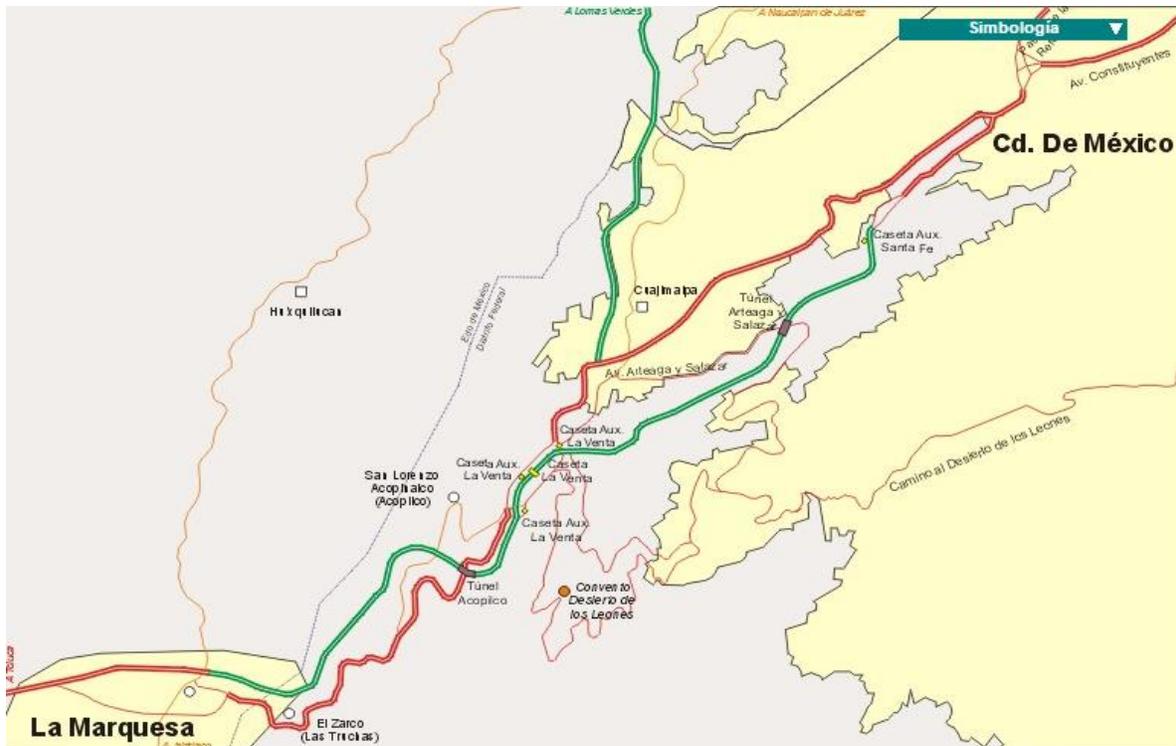


Figura 11: Información de Carreteras SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes)/Fuente: CAPUFE y de Datos Viales 2014

El origen del cadenamamiento es la Ciudad de México terminando en la intersección para entrar a la Marquesa, la primera plaza de cobro saliendo del Distrito Federal se encuentra en Santa Fe en el kilómetro 17+626. A continuación se muestran las demás casetas y su ubicación.

| Tramos de Operación     | Longitud (km) | Caseta    | Ubicación |
|-------------------------|---------------|-----------|-----------|
| México - La Marquesa    | 22            | La Venta  | 24+000    |
| México - La Marquesa    | 22            | ----      | ----      |
| México - La Venta       | 11.5          | La Venta  | 24+000    |
| México - Santa Fe       | 5.13          | Santa Fe  | 17+626    |
| México - Contadero      | 10.93         | Contadero | 23+430    |
| Contadero - La Marquesa | 11.07         | Contadero | 23+431    |
| La Venta - La Marquesa  | 10.5          | La Venta  | 24+000    |

Tabla 10: Tramos de Operación de la Carretera México-Toluca. Fuente: Datos obtenidos de la SCT/ Dirección General de Desarrollo Carretero/ Información de Vías

El trazo de la autopista inicia en una zona montañosa, en pendiente ascendente y descendente de 3 carriles de circulación por sentido con restricción de velocidad a

80 km/h, pasa de una altura media de la Ciudad de México de 2250 m.s.n.m. a una altura media aproximada de 3050 m.s.n.m. en la Marquesa.

El alineamiento horizontal y vertical está diseñado para un grado de curvatura máximo entorno al 1° y pendientes longitudinales máximas de 3-5% en el área donde se encuentra la rampa de frenado de emergencia, con sección transversal de 3 carriles de circulación por sentido de 3.50 m de ancho cada uno y acotamiento externo de 2.00 m de ancho, e interno menor a 1.00 m, en promedio en toda su longitud, la superficie de rodamiento es una carpeta asfáltica, la cual se encuentra en buenas condiciones.

El señalamiento horizontal consta de una raya continua blanca para delimitar el acotamiento interno y rayas discontinuas de color blanco para delimitar los carriles de circulación y raya continua blanca para el acotamiento externo; adicional al señalamiento horizontal se observa una raya roja para indicar la dirección hacia la rampa de emergencia para que los vehículos sin frenos.

En cuanto al señalamiento vertical se cuenta con señales preventivas alusivo a la presencia de curvas sinuosas, de zonas de derrumbe y de probar frenos por pendiente descendente; el restrictivo referido a la velocidad máxima permitida de 80 km/h y el informativo concerniente a la proximidad de la rampa de frenado y a ceder el paso a vehículos sin frenos. En lo que respecta a sus características operativas, el tramo tiene un Tránsito Diario Promedio Anual de 32,657 vehículos con una composición vehicular promedio de: 85.1% automóviles, 3.3% autobuses y 11.6% camiones de carga.

Actualmente se cuenta con un pavimento en buen estado el cual recibe un adecuado mantenimiento.

| Resultados Globales   |  |  |                               |          |          |            | Sentido 2 |  |
|---|--|--|-------------------------------|----------|----------|------------|-----------|--|
| México-La Marquesa  |  |  |                               |          |          |            | A-039-01  |  |
| De: México A: La Marquesa                                       |  |  |                               |          |          |            |           |  |
|   |  |  | Latitud                       |          |          | Longitud   |           |  |
| Longitud: 19.106 km   |  |  | Coordenadas Inicio: 19.382059 |          |          | -99.249008 |           |  |
|   |  |  | Coordenadas Fin: 19.301079    |          |          | -99.377182 |           |  |
|   |  |  | Carril 1                      | Carril 2 | Carril 3 | Ambos      |           |  |
| IRI Promedio:   |  |  | 1.46                          | 1.42     | 1.66     | 1.51 m/km  |           |  |
| IRI característico para un nivel de confianza del 90%:          |  |  | 3.11                          | 2.88     | 3.42     | 3.15 m/km  |           |  |
| PR Promedio:  |  |  | 3.55                          | 3.21     | 4.22     | 3.66 mm    |           |  |
| PR característico para un nivel de confianza del 90%:           |  |  | 6.50                          | 5.73     | 8.32     | 6.99 mm    |           |  |
| Macrotextura Promedio:  |  |  | 1.07                          | 1.05     | 1.04     | 1.05 mm    |           |  |
| Macrotextura característica para un nivel de confianza del 90%: |  |  | 0.92                          | 0.89     | 0.84     | 0.88 mm    |           |  |
| Porcentaje Total de Deterioro:                                  |  |  | 0.4%                          | 0.6%     | 0.7%     | 0.5%       |           |  |

Tabla 11: Información del Sistema de Recorridos Virtuales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)/ Evaluación Superficial de Pavimentos mediante el uso de Equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Federal Carretera 2015

| Valores Aceptables y No Aceptables de los Indicadores del Estado Superficial del Pavimento en Tramos de 1000 metros |        |        |   |   |        |   |   |        |   |  | Sentido 2 |   |   |
|---|--------|--------|---|---|--------|---|---|--------|---|--|-----------|---|---|
| México-La Marquesa  |        |        |   |   |        |   |   |        |   |  | A-039-01  |   |   |
| Aceptable                        |        |        |   |   |        |   |   |        |   | No Aceptable  |           |   |   |
|   |        | IRI    |   |   | PR     |   |   | MAC    |   |  | Deterioro |   |   |
|   |        | Carril |   |   | Carril |   |   | Carril |   |  | Carril    |   |   |
| De Km:  | A Km:  | 1      | 2 | 3 | 1      | 2 | 3 | 1      | 2 | 3  | 1         | 2 | 3 |
| 33+620  | 33+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 33+000  | 32+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 32+000  | 31+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 31+000  | 30+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 30+000  | 29+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 29+000  | 28+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 28+000  | 27+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 27+000  | 26+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 26+000  | 25+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 25+000  | 24+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 24+000  | 23+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 23+000  | 22+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 22+000  | 21+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 21+000  | 20+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 20+000  | 19+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 19+000  | 18+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 18+000  | 17+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 17+000  | 16+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 16+000  | 15+000 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |
| 15+000  | 15+514 |        |   |   |        |   |   |        |   |  |           |   |   |

Tabla 12: Evaluación del estado del Pavimento de la Carretera La Marquesa-México / Fuente: Sistemas de Recorridos Virtuales de la SCT

| Cadenamiento Carretera |        | Sentido | Carril | Coordenadas Geográficas |            |           | Coordenadas UTM |             | Índice de Rugosidad Internacional IRI (m/km) |                     |                | Profundidad de Roderas PR (mm) |                     |                | Macrotextura MAC (mm) |                     |                | % de Agrietamiento |
|------------------------|--------|---------|--------|-------------------------|------------|-----------|-----------------|-------------|--|---------------------|----------------|--------------------------------|---------------------|----------------|-----------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| De:                    | A:     |         |        | Latitud                 | Longitud   | Elevación | X               | Y           | Promedio                                     | Desviación Estándar | Característico | Promedio                       | Desviación Estándar | Característico | Promedio              | Desviación Estándar | Característico |                    |
| 33+620                 | 33+000 | 2       | 1      | 19.300854               | -99.377190 | 2993.20   | 460372.498      | 2134159.910 | 1.48   | 0.49                | 2.29           | 2.93                           | 1.05                | 4.66           | 1.02                  | 0.03                | 0.97           | 0.1%               |
| 33+000                 | 32+000 | 2       | 1      | 19.301674               | -99.371369 | 3014.64   | 460984.223      | 2134249.338 | 1.39   | 0.47                | 2.17           | 3.65                           | 1.04                | 5.37           | 1.02                  | 0.06                | 0.92           | 0.2%               |
| 32+000                 | 31+000 | 2       | 1      | 19.299112               | -99.362481 | 3058.37   | 461917.446      | 2133963.889 | 1.12   | 0.41                | 1.80           | 3.60                           | 1.88                | 6.65           | 1.10                  | 0.11                | 0.92           | 0.1%               |
| 31+000                 | 30+000 | 2       | 1      | 19.296901               | -99.353306 | 3104.35   | 462880.870      | 2133717.247 | 1.04   | 0.31                | 1.55           | 3.42                           | 0.77                | 4.69           | 1.09                  | 0.07                | 0.97           | 0.0%               |
| 30+000                 | 29+000 | 2       | 1      | 19.301584               | -99.347193 | 3079.25   | 463524.171      | 2134234.156 | 1.21   | 0.49                | 2.02           | 3.36                           | 0.99                | 4.99           | 1.10                  | 0.07                | 0.98           | 0.2%               |
| 29+000                 | 28+000 | 2       | 1      | 19.309230               | -99.342571 | 3034.18   | 464011.324      | 2135079.215 | 1.31   | 0.57                | 2.25           | 4.70                           | 2.52                | 8.86           | 1.09                  | 0.07                | 0.97           | 0.5%               |
| 28+000                 | 27+000 | 2       | 1      | 19.316836               | -99.337758 | 2989.27   | 464518.630      | 2135919.821 | 1.67   | 1.37                | 3.93           | 4.32                           | 2.36                | 8.21           | 1.07                  | 0.11                | 0.89           | 0.4%               |
| 27+000                 | 26+000 | 2       | 1      | 19.320237               | -99.331337 | 2953.03   | 465193.901      | 2136294.920 | 1.54   | 0.59                | 2.51           | 4.45                           | 2.02                | 7.78           | 1.08                  | 0.07                | 0.96           | 0.8%               |
| 26+000                 | 25+000 | 2       | 1      | 19.317513               | -99.323242 | 2923.36   | 466043.699      | 2135991.909 | 1.03   | 0.47                | 1.81           | 3.07                           | 0.99                | 4.70           | 1.11                  | 0.04                | 1.04           | 0.1%               |
| 25+000                 | 24+000 | 2       | 1      | 19.325049               | -99.318300 | 2885.04   | 466564.462      | 2136824.746 | 2.23   | 3.29                | 7.66           | 3.72                           | 2.32                | 7.55           | 1.10                  | 0.10                | 0.94           | 1.8%               |
| 24+000                 | 23+000 | 2       | 1      | 19.333113               | -99.314140 | 2852.37   | 467003.064      | 2137716.301 | 1.52   | 0.50                | 2.35           | 3.20                           | 1.18                | 5.15           | 0.97                  | 0.04                | 0.90           | 0.6%               |
| 23+000                 | 22+000 | 2       | 1      | 19.334500               | -99.305597 | 2821.59   | 467900.670      | 2137868.184 | 1.61   | 0.60                | 2.60           | 4.57                           | 3.43                | 10.23          | 0.96                  | 0.06                | 0.86           | 0.3%               |
| 22+000                 | 21+000 | 2       | 1      | 19.338620               | -99.297699 | 2773.39   | 468731.051      | 2138322.628 | 1.63   | 0.49                | 2.44           | 2.90                           | 1.68                | 5.67           | 1.04                  | 0.07                | 0.92           | 0.1%               |
| 21+000                 | 20+000 | 2       | 1      | 19.344255               | -99.290639 | 2718.53   | 469473.626      | 2138944.928 | 1.47   | 0.65                | 2.54           | 2.68                           | 0.93                | 4.21           | 1.11                  | 0.07                | 0.99           | 0.2%               |
| 20+000                 | 19+000 | 2       | 1      | 19.348190               | -99.282591 | 2663.59   | 470319.649      | 2139378.889 | 1.41   | 0.61                | 2.42           | 4.09                           | 1.45                | 6.48           | 1.01                  | 0.08                | 0.88           | 0.8%               |
| 19+000                 | 18+000 | 2       | 1      | 19.355619               | -99.278125 | 2657.16   | 470790.060      | 2140200.124 | 1.23   | 0.56                | 2.15           | 3.03                           | 1.30                | 5.18           | 1.17                  | 0.10                | 1.01           | 0.2%               |
| 18+000                 | 17+000 | 2       | 1      | 19.361089               | -99.270668 | 2624.37   | 471574.185      | 2140804.222 | 1.76   | 0.56                | 2.68           | 3.41                           | 1.47                | 5.84           | 1.08                  | 0.08                | 0.95           | 0.6%               |
| 17+000                 | 16+000 | 2       | 1      | 19.367997               | -99.266660 | 2591.10   | 471996.241      | 2141568.014 | 1.81   | 0.83                | 3.18           | 3.00                           | 1.29                | 5.13           | 1.10                  | 0.07                | 0.98           | 0.1%               |
| 16+000                 | 15+000 | 2       | 1      | 19.374755               | -99.260849 | 2541.40   | 472607.703      | 2142314.840 | 1.27   | 0.53                | 2.14           | 3.00                           | 0.82                | 4.35           | 1.10                  | 0.10                | 0.94           | 0.2%               |
| 15+000                 | 15+514 | 2       | 1      | 19.379422               | -99.252725 | 2497.99   | 473461.486      | 2142829.953 | 1.33   | 0.60                | 2.32           | 3.72                           | 1.51                | 6.21           | 1.09                  | 0.09                | 0.94           | 0.2%               |

Tabla 13: Evaluación Superficial de Pavimentos mediante el uso de Equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Federal Carretera 2015

| Cadenamiento Carretera |        | Sentido Carril |   | Coordenadas Geográficas |            |           | Coordenadas UTM |             | Índice de Rugosidad Internacional IRI (m/km) |                     |                | Profundidad de Roderas PR (mm) |                     |                | Macrotextura MAC (mm) |                     |                | % de Agrietamiento |
|------------------------|--------|----------------|---|-------------------------|------------|-----------|-----------------|-------------|--|---------------------|----------------|--------------------------------|---------------------|----------------|-----------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| De:                    | A:     |                |   | Latitud                 | Longitud   | Elevación | X               | Y           | Promedio                                     | Desviación Estándar | Característico | Promedio                       | Desviación Estándar | Característico | Promedio              | Desviación Estándar | Característico |                    |
| 33+620                 | 33+000 | 2              | 2 | 19.300833               | -99.377174 | 3003.78   | 460374.096      | 2134157.585 | 1.35   | 0.50                | 2.18           | 2.62                           | 1.08                | 4.40           | 1.00                  | 0.04                | 0.93           | 0.1%               |
| 33+000                 | 32+000 | 2              | 2 | 19.301653               | -99.371353 | 3022.32   | 460985.862      | 2134247.030 | 1.49   | 0.52                | 2.35           | 2.47                           | 0.77                | 3.74           | 1.03                  | 0.07                | 0.91           | 0.5%               |
| 32+000                 | 31+000 | 2              | 2 | 19.299076               | -99.362471 | 3067.18   | 461918.433      | 2133959.978 | 1.24   | 0.64                | 2.30           | 3.37                           | 0.93                | 4.90           | 1.04                  | 0.10                | 0.88           | 0.2%               |
| 31+000                 | 30+000 | 2              | 2 | 19.296867               | -99.353300 | 3113.37   | 462881.515      | 2133713.509 | 1.09   | 0.39                | 1.73           | 2.62                           | 0.65                | 3.69           | 1.10                  | 0.08                | 0.97           | 0.1%               |
| 30+000                 | 29+000 | 2              | 2 | 19.301534               | -99.347180 | 3086.24   | 463525.524      | 2134228.603 | 1.17   | 0.53                | 2.04           | 3.46                           | 1.28                | 5.57           | 1.06                  | 0.08                | 0.93           | 0.4%               |
| 29+000                 | 28+000 | 2              | 2 | 19.309204               | -99.342585 | 3041.99   | 464009.932      | 2135076.279 | 1.32   | 0.55                | 2.23           | 3.61                           | 1.67                | 6.37           | 1.05                  | 0.08                | 0.92           | 0.4%               |
| 28+000                 | 27+000 | 2              | 2 | 19.316786               | -99.337740 | 2996.86   | 464520.540      | 2135914.343 | 1.62   | 0.83                | 2.99           | 3.85                           | 2.04                | 7.22           | 1.07                  | 0.08                | 0.94           | 0.6%               |
| 27+000                 | 26+000 | 2              | 2 | 19.320193               | -99.331322 | 2962.48   | 465195.447      | 2136290.105 | 1.19   | 0.46                | 1.95           | 2.95                           | 1.47                | 5.38           | 1.06                  | 0.10                | 0.90           | 0.2%               |
| 26+000                 | 25+000 | 2              | 2 | 19.317492               | -99.323218 | 2933.07   | 466046.251      | 2135989.506 | 1.09   | 0.42                | 1.78           | 2.78                           | 0.82                | 4.13           | 1.10                  | 0.04                | 1.03           | 0.2%               |
| 25+000                 | 24+000 | 2              | 2 | 19.325025               | -99.318272 | 2892.57   | 466567.345      | 2136822.073 | 2.14   | 2.80                | 6.76           | 3.83                           | 2.14                | 7.36           | 1.06                  | 0.08                | 0.93           | 2.0%               |
| 24+000                 | 23+000 | 2              | 2 | 19.333091               | -99.314113 | 2859.36   | 467005.845      | 2137713.831 | 1.57   | 0.59                | 2.54           | 2.83                           | 1.18                | 4.78           | 0.94                  | 0.04                | 0.87           | 0.4%               |
| 23+000                 | 22+000 | 2              | 2 | 19.334439               | -99.305573 | 2827.19   | 467903.168      | 2137861.414 | 1.29   | 0.47                | 2.07           | 3.79                           | 2.09                | 7.24           | 0.95                  | 0.06                | 0.85           | 0.5%               |
| 22+000                 | 21+000 | 2              | 2 | 19.338567               | -99.297650 | 2781.47   | 468736.118      | 2138316.707 | 1.52   | 0.54                | 2.41           | 3.26                           | 1.45                | 5.65           | 0.93                  | 0.06                | 0.83           | 0.4%               |
| 21+000                 | 20+000 | 2              | 2 | 19.344200               | -99.290602 | 2724.66   | 469477.505      | 2138938.728 | 1.50   | 0.61                | 2.51           | 2.63                           | 0.90                | 4.12           | 1.13                  | 0.09                | 0.98           | 0.2%               |
| 20+000                 | 19+000 | 2              | 2 | 19.348156               | -99.282558 | 2671.93   | 470323.081      | 2139375.076 | 1.44   | 0.64                | 2.50           | 3.77                           | 1.77                | 6.69           | 1.05                  | 0.08                | 0.92           | 3.1%               |
| 19+000                 | 18+000 | 2              | 2 | 19.355585               | -99.278083 | 2664.88   | 470794.461      | 2140196.464 | 1.15   | 0.42                | 1.84           | 2.75                           | 0.93                | 4.28           | 1.18                  | 0.09                | 1.03           | 0.2%               |
| 18+000                 | 17+000 | 2              | 2 | 19.361070               | -99.270628 | 2632.29   | 471578.378      | 2140802.106 | 1.70   | 0.55                | 2.61           | 3.38                           | 2.03                | 6.73           | 1.06                  | 0.06                | 0.96           | 0.5%               |
| 17+000                 | 16+000 | 2              | 2 | 19.367973               | -99.266586 | 2600.21   | 472004.056      | 2141565.196 | 1.90   | 0.89                | 3.37           | 3.52                           | 1.49                | 5.98           | 1.08                  | 0.07                | 0.96           | 0.5%               |
| 16+000                 | 15+000 | 2              | 2 | 19.374718               | -99.260783 | 2550.95   | 472614.508      | 2142310.730 | 1.18   | 0.53                | 2.05           | 3.13                           | 1.76                | 6.03           | 1.08                  | 0.09                | 0.93           | 0.5%               |
| 15+000                 | 14+517 | 2              | 2 | 19.379399               | -99.252672 | 2508.66   | 473467.011      | 2142827.391 | 1.47   | 0.49                | 2.28           | 3.58                           | 1.02                | 5.26           | 1.08                  | 0.09                | 0.93           | 0.1%               |

Tabla 14: Evaluación Superficial de Pavimentos mediante el uso de Equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Federal Carretera 2015

SCT

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES

## Secretaría de Comunicaciones y Transportes

DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS

Evaluación de los Aspectos que inciden en la Seguridad Vial (IRI, PR, MAC, DET e IRAP), mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2015 (Autopistas, Corredores Carreteros y Red Básica Libre).

### Síntesis de Valores a cada 1000 metros

Sentido: 2

Carril: 3



| Cadenamiento Carretera |        | Sentido | Carril | Coordenadas Geográficas |            |           | Coordenadas UTM |             | Índice de Rugosidad Internacional IRI (m/km) |                     |                | Profundidad de Roderas PR (mm) |                     |                | Macrotextura MAC (mm) |                     |                | % de Agrietamiento |
|------------------------|--------|---------|--------|-------------------------|------------|-----------|-----------------|-------------|--|---------------------|----------------|--------------------------------|---------------------|----------------|-----------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| De:                    | A:     |         |        | Latitud                 | Longitud   | Elevación | X               | Y           | Promedio                                     | Desviación Estándar | Característico | Promedio                       | Desviación Estándar | Característico | Promedio              | Desviación Estándar | Característico |                    |
| 33+620                 | 33+000 | 2       | 3      | 19.300816               | -99.377167 | 3002.34   | 460374.894      | 2134155.684 | 1.46   | 0.71                | 2.63           | 4.96                           | 2.46                | 9.02           | 0.95                  | 0.05                | 0.87           | 0.1%               |
| 33+000                 | 32+000 | 2       | 3      | 19.301620               | -99.371345 | 3021.60   | 460986.774      | 2134243.301 | 1.45   | 0.55                | 2.36           | 4.33                           | 2.09                | 7.78           | 0.95                  | 0.07                | 0.83           | 0.6%               |
| 32+000                 | 31+000 | 2       | 3      | 19.299035               | -99.362462 | 3068.58   | 461919.316      | 2133955.399 | 1.49   | 0.62                | 2.51           | 7.83                           | 3.78                | 14.07          | 0.98                  | 0.10                | 0.82           | 0.2%               |
| 31+000                 | 30+000 | 2       | 3      | 19.296797               | -99.353291 | 3114.33   | 462882.337      | 2133705.706 | 1.16   | 0.51                | 2.00           | 3.87                           | 3.05                | 8.90           | 1.06                  | 0.07                | 0.94           | 0.1%               |
| 30+000                 | 29+000 | 2       | 3      | 19.301475               | -99.347115 | 3086.35   | 463532.338      | 2134222.111 | 1.38   | 0.53                | 2.25           | 3.85                           | 1.66                | 6.59           | 1.05                  | 0.06                | 0.95           | 0.4%               |
| 29+000                 | 28+000 | 2       | 3      | 19.309181               | -99.342570 | 3039.97   | 464011.410      | 2135073.763 | 1.39   | 0.50                | 2.22           | 3.81                           | 1.34                | 6.02           | 1.05                  | 0.09                | 0.90           | 0.4%               |
| 28+000                 | 27+000 | 2       | 3      | 19.316763               | -99.337718 | 2997.61   | 464522.830      | 2135911.817 | 1.70   | 0.71                | 2.87           | 4.23                           | 3.20                | 9.51           | 1.05                  | 0.09                | 0.90           | 0.5%               |
| 27+000                 | 26+000 | 2       | 3      | 19.320126               | -99.331296 | 2961.77   | 465198.211      | 2136282.529 | 1.70   | 1.84                | 4.74           | 3.72                           | 1.99                | 7.00           | 1.11                  | 0.08                | 0.98           | 1.3%               |
| 26+000                 | 25+000 | 2       | 3      | 19.317471               | -99.323200 | 2934.62   | 466048.087      | 2135987.232 | 1.00   | 0.36                | 1.59           | 2.85                           | 0.81                | 4.19           | 1.13                  | 0.04                | 1.06           | 0.3%               |
| 25+000                 | 24+000 | 2       | 3      | 19.325002               | -99.318255 | 2891.59   | 466569.151      | 2136819.566 | 2.78   | 3.06                | 7.83           | 3.66                           | 1.89                | 6.78           | 1.06                  | 0.08                | 0.93           | 3.7%               |
| 24+000                 | 23+000 | 2       | 3      | 19.333059               | -99.314082 | 2859.58   | 467009.086      | 2137710.259 | 1.76   | 0.58                | 2.72           | 4.20                           | 2.42                | 8.19           | 0.97                  | 0.06                | 0.87           | 0.9%               |
| 23+000                 | 22+000 | 2       | 3      | 19.334417               | -99.305550 | 2827.72   | 467905.598      | 2137858.978 | 1.86   | 0.74                | 3.08           | 4.25                           | 1.85                | 7.30           | 0.98                  | 0.08                | 0.85           | 0.7%               |
| 22+000                 | 21+000 | 2       | 3      | 19.338492               | -99.297587 | 2782.96   | 468742.768      | 2138308.458 | 1.72   | 0.64                | 2.78           | 4.33                           | 2.15                | 7.88           | 0.93                  | 0.07                | 0.81           | 0.5%               |
| 21+000                 | 20+000 | 2       | 3      | 19.344155               | -99.290587 | 2726.42   | 469479.032      | 2138933.718 | 2.29   | 0.75                | 3.53           | 3.58                           | 2.44                | 7.61           | 1.15                  | 0.13                | 0.94           | 0.4%               |
| 20+000                 | 19+000 | 2       | 3      | 19.348133               | -99.282537 | 2674.20   | 470325.254      | 2139372.548 | 1.98   | 0.87                | 3.42           | 3.51                           | 1.13                | 5.37           | 1.03                  | 0.11                | 0.85           | 1.5%               |
| 19+000                 | 18+000 | 2       | 3      | 19.355537               | -99.278042 | 2666.41   | 470798.735      | 2140191.084 | 1.51   | 0.58                | 2.47           | 2.99                           | 1.08                | 4.77           | 1.22                  | 0.12                | 1.02           | 0.3%               |
| 18+000                 | 17+000 | 2       | 3      | 19.361039               | -99.270604 | 2633.19   | 471580.871      | 2140798.682 | 1.69   | 0.42                | 2.38           | 3.28                           | 1.23                | 5.31           | 1.00                  | 0.07                | 0.88           | 0.6%               |
| 17+000                 | 16+000 | 2       | 3      | 19.367944               | -99.266574 | 2600.71   | 472005.261      | 2141562.039 | 1.80   | 0.59                | 2.77           | 5.11                           | 2.46                | 9.17           | 0.98                  | 0.06                | 0.88           | 0.2%               |
| 16+000                 | 15+000 | 2       | 3      | 19.374682               | -99.260757 | 2553.59   | 472617.284      | 2142306.742 | 1.52   | 0.65                | 2.59           | 5.56                           | 3.08                | 10.64          | 1.05                  | 0.11                | 0.87           | 0.4%               |
| 15+000                 | 14+520 | 2       | 3      | 19.379381               | -99.252659 | 2509.72   | 473468.450      | 2142825.369 | 1.52   | 0.63                | 2.56           | 5.18                           | 2.64                | 9.54           | 0.99                  | 0.09                | 0.84           | 0.4%               |

Tabla 15: Evaluación Superficial de Pavimentos mediante el uso de Equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Federal Carretera 2015

#### 4.1 Estimación del Nivel de Servicio

Para el análisis de capacidad se siguió el procedimiento del Highway Capacity Manual, en el capítulo correspondiente a tramos básicos de autopista. Se tomaron en cuenta las siguientes condiciones de operación: TDPA de 32,657 y una configuración vehicular de 85.1% vehículos ligeros, 3.3% autobuses y 11.6% vehículos de carga, se tomara en cuenta una “k” de 0.072 con lo cual se podrá transformar el TDPA a volumen horario dando como resultado un Volumen de 2351 vph. Las características físicas del tramo son de tres carriles de circulación, con una pendiente longitudinal descendente de 3% en promedio.

|                                  | <b>Marques - México</b> |
|----------------------------------|-------------------------|
| <b>TDPA</b>                      | 32,657                  |
| <i>- % de vehículos ligeros</i>  | 85.1                    |
| <i>- % de autobuses</i>          | 3.3                     |
| <i>- % de vehículos de carga</i> | 11.6                    |
| <i>k</i>                         | 0.072                   |
| <i>VPH</i>                       | 2351                    |
| <i>Pendiente %</i>               | - 3                     |
| <i>Nº Carriles</i>               | 3                       |
| <b>Nivel de Servicio</b>         | <b>B</b>                |

*Tabla 16: Obtención de Nivel de Servicio: Datos obtenidos de Datos Viales – 2015 – SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) Documento N° 51 y del programa HCM (Highway Capacity Manual) que puede consultarse en los Anexos.*

Bajo estas condiciones físicas y de operación se obtuvo un nivel de servicio “B”, que representa el rango de flujo estable. En la parte de anexos se muestra el análisis arrojado por el programa de HCM (Highway Capacity Manual).

#### 4.2 Análisis de accidentes en el tramo de estudio

Para el análisis de la información de los reportes de accidentes se utilizaron bases de datos de la Dirección de Planeación de CAPUFE, de la Policía Federal Preventiva (PFP) y del Sistema de Adquisición y Administración de Datos de Accidentes (SAADA) para el año 2010.

Se registraron 26 accidentes en el año 2010 participando en esta 43 vehículos y registrándose 10 decesos y 59 lesionados

| Ruta     | Clave de Carretera | Nombre de la Carretera    | Longitud de la Carretera (km) | Accidentes | Participantes | Muertos | Lesionados | Daños materiales (Miles de dólares) | Tránsito diario promedio anual 2010 | Accidentes por kilómetro | Jerarquización |
|----------|--------------------|---------------------------|-------------------------------|------------|---------------|---------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------|
| MEX-015D | 00446              | México-La Marquesa(Cuota) | 19.6                          | 26         | 43            | 10      | 59         | 121.8                               | 51, 528                             | 1.327                    | 64             |

*Tabla 17: Registro de Accidentes en la carretera México-Toluca. Fuente: Datos obtenidos del Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales (2010)*

La rampa de emergencia del que es objeto este trabajo se encuentra en el kilómetro 25+600 el cual se encuentra apenas unos kilómetros delante de algunos de los tramos más peligrosos registrados por el SAADA (Sistema para la Adquisición y Administración de Datos de Accidentes) que se encuentran a la salida del Distrito Federal a partir de la primera caseta de la Carretera México-Toluca.

Precisamente en estos dos tramos peligrosos que se muestran a continuación en la Tabla 18, suman casi el mismo número de accidentes que el total registrado en la autopista México-La Marquesa (Cuota)

| Ruta    | Clave de Carretera | Nombre de la Carretera                                      | Cadenamiento | Accidentes | Participantes | Muertos | Lesionados | Daños materiales (Miles de dólares) | Tránsito diario promedio anual 2010 | Accidentes por kilómetro | Jerarquización |
|---------|--------------------|---|--------------|------------|---------------|---------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------|
| MEX-015 | 00446              | T.C.(México-Toluca(Libre)(Puente Conafrut))-Caseta de cobro | 11.6-22.2    | 15         | 22            | 8       | 16         | 61.1                                | 50,106                              | 1.42                     | 299            |
| MEX-015 | 00446              | Caseta de cobro-Lim. Edos. D.F./Méx.                        | 22.2-30.7    | 10         | 19            | 2       | 36         | 51                                  | 53,858                              | 1.18                     | 383            |

*Tabla 18: Comparación de accidentes en la Carretera México-Toluca. Fuente: Datos obtenidos del Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales (2010)*

La rampa de emergencia que se estudia en este trabajo se encuentra dentro del tramo Caseta de cobro – Limite del D.F. / Méx. En el cual se registraron 10 accidentes con 19 vehículos involucrado con 2 decesos y 36 lesionados según los registros del 2010.

En el tramo registrado en la Tabla 19 se encuentran los 500 metros más peligrosos según el SAADA que se encuentran entre los kilómetros 21+600 y 22+100 en el que se registraron 5 accidentes con 6 vehículos involucrados, un deceso y 8 lesionados.

| Ruta    | Clave de Carretera | Nombre de la Carretera                                      | Cadenamiento | Accidentes | Participantes | Muertos | Lesionados | Daños materiales (Miles de dólares) | Jerarquización |
|---------|--------------------|---|--------------|------------|---------------|---------|------------|-------------------------------------|----------------|
| MEX-015 | 00446              | T.C.(México-Toluca(Libre)(Puente Conafrut))-Caseta de cobro | 21.6-22.1    | 5          | 6             | 1       | 8          | 11.9                                | 233            |

Tabla 19: Registro de Accidentes. Fuente: Datos obtenidos del Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales (2010)

Se puede concluir que la Rampa de Frenado de Emergencia existente se colocó en un sitio donde es altamente probable que ocurran accidentes viales.

## 5- Identificación de los parámetros de diseño de la rampa existente y su evaluación en base a la norma N-PRY-CAR-10-04-007-07

El tipo de rampa que se analizará es un tipo RE-1 y a continuación se presentaran las características de dicha rampa y se ilustran posteriormente.

- Ancho del acceso a la rampa de frenado de emergencia: 7 metros.
- Angulo de entrada al acceso de la rampa:  $5^{\circ}$
- Pendiente del acceso a la rampa:  $1.5^{\circ}$
- Longitud del acceso a la rampa: 83 metros
- El acceso no está pavimentado



*Imagen 1: Entrada a la Rampa de Frenado de Emergencia*



*Imagen 2: Entrada a la Rampa de Frenado de Emergencia*

Características geométricas de la cama de frenado de emergencia:

- Longitud: 141 metros
- Ancho: 7.5 metros.
- Profundidad: 0.40 metros
- Pendiente: 1.7°

Características del material de la cama de frenado:

- Se presenta un material tipo Arena-Grava suelto con baja presencia de finos.



*Imagen 3: Entrada a la cama de frenado*



*Imagen 4: Cama de Frenado de la Rampa de Emergencia*



*Imagen 5: Cama de Frenado de la Rampa de Emergencia*

Características complementarias de la rampa de frenado de emergencia:

- Cuenta con camino de servicio del lado derecho de la rampa, este tiene un ancho de 5 metros y es de un material fino compactado.
- No cuenta con botones de iluminación ni luminarias.
- No cuenta con macizos de anclaje
- El camino de servicio no está pavimentado.
- Al final de la rampa se habilito un montículo de grava combinado con neumáticos y tambos como amortiguador de impacto.



*Imagen 6: Camino de Servicio de la Rampa de Emergencia*



*Imagen 7: Camino de Servicio de la Rampa de Emergencia*



*Imagen 8: Señalamiento en el Camino de servicio*



*Imagen 9: Final del Camino de Servicio*



Imagen 10: Final de la Cama de Frenado de la Rampa de Emergencia



Figura 12: Características de la Rampa de Frenado de Emergencia / Fuente: Imagen Satelital obtenida de Google Earth

## Señalamiento horizontal

- Las características de la raya para frenado de emergencia discontinua (M-16.1) son las siguientes:



Figura 13: Raya M-16.1

- Las características de la raya para frenado de emergencia continua (M-16.2) son las siguientes:

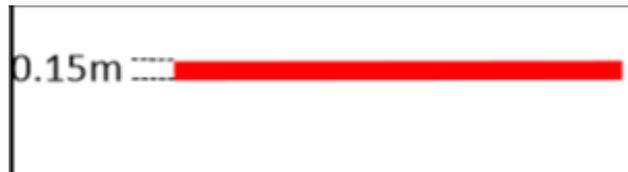


Figura 14: Raya M-16.2

Esta línea empieza en el kilómetro 29+100 y termina en el kilómetro 25+600

## Señalamiento vertical

Las señales que se encontraron en el lugar como señalamiento vertical fueron:



Señales Restrictivas (SR-22)



**Señales Restrictivas (SR)**



**Señales de Información General (SID)**



### Señales Informativas de Recomendación (SIR)

#### 5.1 Revisión y conclusiones sobre la Rampa existente.

Para llevar a cabo la revisión de los parámetros geométricos de la rampa se realizaron estudios de velocidades para obtener una velocidad promedio para el dato de velocidad de entrada a la rampa. Sobre la carretera se encontraban señales que indicaban que la máxima velocidad a la que debían circular los vehículos era 80 km/hr, pero como a continuación se muestra esta velocidad pocas veces se respetaba.

### 5.1.1 Estudios de Velocidades

Se realizó un estudio de velocidad en un día laboral normal, en este caso el martes 12 de enero de 2016, utilizando como herramienta una pistola radar de velocidad como la que se muestra en la imagen siguiente:



*Figura 15: Pistola radar.*

La forma de utilizar la pistola rada de velocidades es simplemente mantenerla levantada a una altura suficiente para que el radar pueda captar a los autos, y en el momento en que pase el vehículo seleccionado se aprieta el gatillo de la pistola para medir la velocidad de dicho vehículo. Se realizaron 150 mediciones que a continuación se muestran en la Tabla 20:

| Estudio de Velocidades Puntuales |                     |             |                     |             |                     |
|----------------------------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|
| Nº Vehículo                      | Velocidades (km/hr) | Nº Vehículo | Velocidades (km/hr) | Nº Vehículo | Velocidades (km/hr) |
| 1                                | 126                 | 51          | 101                 | 101         | 95                  |
| 2                                | 127                 | 52          | 80                  | 102         | 103                 |
| 3                                | 76                  | 53          | 105                 | 103         | 80                  |
| 4                                | 100                 | 54          | 99                  | 104         | 118                 |
| 5                                | 108                 | 55          | 100                 | 105         | 123                 |
| 6                                | 125                 | 56          | 98                  | 106         | 104                 |
| 7                                | 89                  | 57          | 99                  | 107         | 108                 |
| 8                                | 111                 | 58          | 82                  | 108         | 100                 |
| 9                                | 131                 | 59          | 96                  | 109         | 111                 |
| 10                               | 119                 | 60          | 113                 | 110         | 105                 |
| 11                               | 94                  | 61          | 97                  | 111         | 61                  |
| 12                               | 79                  | 62          | 111                 | 112         | 85                  |
| 13                               | 80                  | 63          | 94                  | 113         | 105                 |
| 14                               | 35                  | 64          | 109                 | 114         | 96                  |
| 15                               | 50                  | 65          | 85                  | 115         | 28                  |
| 16                               | 127                 | 66          | 94                  | 116         | 73                  |
| 17                               | 78                  | 67          | 97                  | 117         | 82                  |
| 18                               | 80                  | 68          | 80                  | 118         | 109                 |
| 19                               | 128                 | 69          | 99                  | 119         | 83                  |
| 20                               | 85                  | 70          | 94                  | 120         | 105                 |
| 21                               | 110                 | 71          | 95                  | 121         | 102                 |
| 22                               | 94                  | 72          | 92                  | 122         | 112                 |
| 23                               | 120                 | 73          | 103                 | 123         | 117                 |
| 24                               | 125                 | 74          | 70                  | 124         | 116                 |
| 25                               | 92                  | 75          | 109                 | 125         | 86                  |
| 26                               | 120                 | 76          | 103                 | 126         | 111                 |
| 27                               | 67                  | 77          | 143                 | 127         | 110                 |
| 28                               | 125                 | 78          | 136                 | 128         | 108                 |
| 29                               | 100                 | 79          | 127                 | 129         | 86                  |
| 30                               | 50                  | 80          | 109                 | 130         | 93                  |
| 31                               | 84                  | 81          | 103                 | 131         | 106                 |
| 32                               | 89                  | 82          | 122                 | 132         | 101                 |
| 33                               | 93                  | 83          | 70                  | 133         | 108                 |
| 34                               | 77                  | 84          | 84                  | 134         | 114                 |
| 35                               | 35                  | 85          | 11                  | 135         | 45                  |
| 36                               | 80                  | 86          | 74                  | 136         | 102                 |
| 37                               | 104                 | 87          | 112                 | 137         | 99                  |
| 38                               | 86                  | 88          | 104                 | 138         | 116                 |
| 39                               | 80                  | 89          | 72                  | 139         | 102                 |
| 40                               | 120                 | 90          | 112                 | 140         | 108                 |
| 41                               | 68                  | 91          | 109                 | 141         | 105                 |
| 42                               | 110                 | 92          | 83                  | 142         | 94                  |
| 43                               | 113                 | 93          | 85                  | 143         | 80                  |
| 44                               | 115                 | 94          | 74                  | 144         | 97                  |
| 45                               | 90                  | 95          | 100                 | 145         | 101                 |
| 46                               | 101                 | 96          | 99                  | 146         | 96                  |
| 47                               | 113                 | 97          | 103                 | 147         | 78                  |
| 48                               | 80                  | 98          | 87                  | 148         | 82                  |
| 49                               | 95                  | 99          | 101                 | 149         | 81                  |
| 50                               | 94                  | 100         | 119                 | 150         | 93                  |

Tabla 20: Datos recabados con Pistola de Velocidades

### 5.1.2 Resistencia a la Rodadura “R” en la Rampa existente

Después de tomar estas mediciones de velocidad se obtuvo un promedio de 96.3 km/hr como velocidad a la que circulaban normalmente los automóviles, que es superior al límite de velocidad que dictaminan las señales en la carretera.

Este dato se puede tomar como la velocidad de entrada, tomando en cuenta la información disponible, el único dato faltante para tener el valor de todas las variables de la Rampa existente que se toman en cuenta en el Diseño de Rampas es la Resistencia a la Rodadura “R” la cual se puede obtener despejándola de la fórmula de la Longitud Efectiva. Para ser prácticos se uso una velocidad de 97 km/hr.

$$141 = \frac{97^2}{254 (R + 0.017)} \times 1.25$$

$$R = \frac{97^2 * 1.25}{141 * 254} - 0.017$$

$$R = 0.3114$$

### 5.1.3 Conclusiones de las características de la Rampa existente.

Después de hacer el cálculo anterior y con la información disponible de la rampa existente se pueden hacer varias conclusiones:

- Podemos apreciar que por los datos disponibles la longitud actual de la cama de frenado no es la que se obtendría por el cálculo que dicta la norma.
- El valor “R” resultante no concuerda con ninguno de los que se mencionan en la norma de acuerdo al material que tiene la cama de frenado. Este resultado es un indicador de que la rampa no cumple con la Norma.

- El ancho de la cama de frenado tampoco se encuentra en los parámetros que dicta la norma ya que debe ser de 10 a 12 metros y el ancho actual es de 7.5 metros.
- En cuanto al espesor de la cama de frenado cumple con un espesor mayor a diez centímetros al inicio de la cama de frenado y la actual cuenta con 40 centímetros de espesor.
- El acceso de la rampa de frenado actualmente no se encuentra pavimentado como lo establece la norma.
- El camino de servicio cumple el ancho establecido por la norma pero no se encuentra pavimentado ni cuenta con macizos de anclaje.
- En cuanto al señalamiento horizontal no cumple con el ancho de la línea M-16 que establece de 20 centímetros y la actual mide 15 centímetros solamente
- No se cuenta con botones reflejantes en el lugar
- En cuanto a las señalización vertical cumple en cuanto a señales restrictivas (SR), señales informativas de destino (SID), señales informativas de recomendación (SIR) y señales de información general (SIG)

## 6- Diseño de la Rampa de Frenado de Emergencia

A continuación se hará la propuesta de una Rampa de Frenado de Emergencia tipo RE-4 Ascendente la cual tiene una cama de frenado con espesor uniforme y pendiente longitudinal ascendente.

### 6.1 Longitud y ancho de la cama de frenado

Tomando en cuenta el cálculo con el que se demostró que la longitud actual de la cama de frenado no era la necesaria que indicaba la norma, se obtuvo una distancia de 173.43 metros usando la fórmula de la longitud efectiva  $L_L$ . Y se obtuvo una longitud disponible del terreno de aproximadamente 190 metros (obtenida con ayuda del software Google Earth).

Los parámetros que se pueden variar para el cálculo de la longitud de la cama de frenado son el tipo de material de la cama de frenado y la pendiente, para definir estos parámetros se hará un análisis de sensibilidad de cada variable. Para elegir el material de la cama de frenado existen distintas opciones como se menciona en la norma:

| Material de la cama de frenado | Resistencia a la rodadura $R$ |
|--------------------------------|-------------------------------|
| Grava triturada suelta         | 0,050                         |
| Grava de río suelta            | 0,100                         |
| Arena suelta                   | 0,150                         |
| Gravilla uniforme suelta       | 0,250                         |

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (AASHTO, 2001)

Tabla 21: Resistencia a la rodadura, expresada en términos de pendiente equivalente

- **Análisis de Sensibilidad**

Tomando la pendiente de la rampa existente de  $SI = 0.017$ , la velocidad promedio medida en el lugar de 97 km/hr. y dejando como variable la Resistencia a la rodadura “ R “. Se calculara la longitud probando con los diferentes valores para R de la tabla de los distintos materiales para la cama de frenado y también se variara el parámetro de la pendiente en la fórmula de la longitud efectiva ( $L_L$ ) para encontrar la más indicada que cumpla con la norma y se ajuste mejor a las dimensiones del terreno disponible junto con los distintos materiales antes mencionados

$$LL = \frac{97^2}{254 (R + 0.017)} \times 1.25$$

| Material de la Cama de Frenado | Resistencia R | SI    | LL     |
|--------------------------------|---------------|-------|--------|
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.000 | 926.08 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.002 | 890.46 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.004 | 857.48 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.006 | 826.86 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.008 | 798.35 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.010 | 771.74 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.012 | 746.84 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.014 | 723.50 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.016 | 701.58 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.018 | 680.94 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.020 | 661.49 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.022 | 643.11 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.024 | 625.73 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.026 | 609.26 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.028 | 593.64 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.030 | 578.80 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.032 | 564.68 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.034 | 551.24 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.036 | 538.42 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.038 | 526.18 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.040 | 514.49 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.042 | 503.31 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.044 | 492.60 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.046 | 482.33 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.048 | 472.49 |
| Grava Triturada Suelta         | 0.05          | 0.050 | 463.04 |

Tabla 22: Calculo de la Longitud variando la pendiente y usando Grava Triturada Suelta

| Material de la Cama de Frenado | Resistencia R | SI    | LL     |
|--------------------------------|---------------|-------|--------|
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.000 | 463.04 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.002 | 453.96 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.004 | 445.23 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.006 | 436.83 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.008 | 428.74 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.010 | 420.95 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.012 | 413.43 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.014 | 406.18 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.016 | 399.17 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.018 | 392.41 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.020 | 385.87 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.022 | 379.54 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.024 | 373.42 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.026 | 367.49 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.028 | 361.75 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.030 | 356.19 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.032 | 350.79 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.034 | 345.55 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.036 | 340.47 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.038 | 335.54 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.040 | 330.74 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.042 | 326.09 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.044 | 321.56 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.046 | 317.15 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.048 | 312.87 |
| Grava de Río Suelta            | 0.1           | 0.050 | 308.69 |
| Material de la Cama de Frenado | Resistencia R | SI    | LL     |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.000 | 308.69 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.002 | 304.63 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.004 | 300.68 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.006 | 296.82 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.008 | 293.06 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.010 | 289.40 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.012 | 285.83 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.014 | 282.34 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.016 | 278.94 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.018 | 275.62 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.020 | 272.38 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.022 | 269.21 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.024 | 266.12 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.026 | 263.09 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.028 | 260.14 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.030 | 257.25 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.032 | 254.42 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.034 | 251.65 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.036 | 248.95 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.038 | 246.30 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.040 | 243.71 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.042 | 241.17 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.044 | 238.68 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.046 | 236.25 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.048 | 233.86 |
| Arena Suelta                   | 0.15          | 0.050 | 231.52 |

Tabla 23: Cálculo de la Longitud variando la pendiente y usando Grava de Río y Arena Suelta

| Material de la Cama de Frenado | Resistencia R | SI    | LL     |
|--------------------------------|---------------|-------|--------|
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.000 | 185.22 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.002 | 183.75 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.004 | 182.30 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.006 | 180.88 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.008 | 179.47 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.010 | 178.09 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.012 | 176.73 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.014 | 175.39 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.016 | 174.08 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.018 | 172.78 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.020 | 171.50 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.022 | 170.24 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.024 | 168.99 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.026 | 167.77 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.028 | 166.56 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.030 | 165.37 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.032 | 164.20 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.034 | 163.04 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.036 | 161.90 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.038 | 160.78 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.040 | 159.67 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.042 | 158.58 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.044 | 157.50 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.046 | 156.43 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.048 | 155.38 |
| Gravilla Uniforme Suelta       | 0.25          | 0.050 | 154.35 |

Tabla 23: Calculo de la Longitud variando la pendiente y usando Gravilla Uniforme Suelta

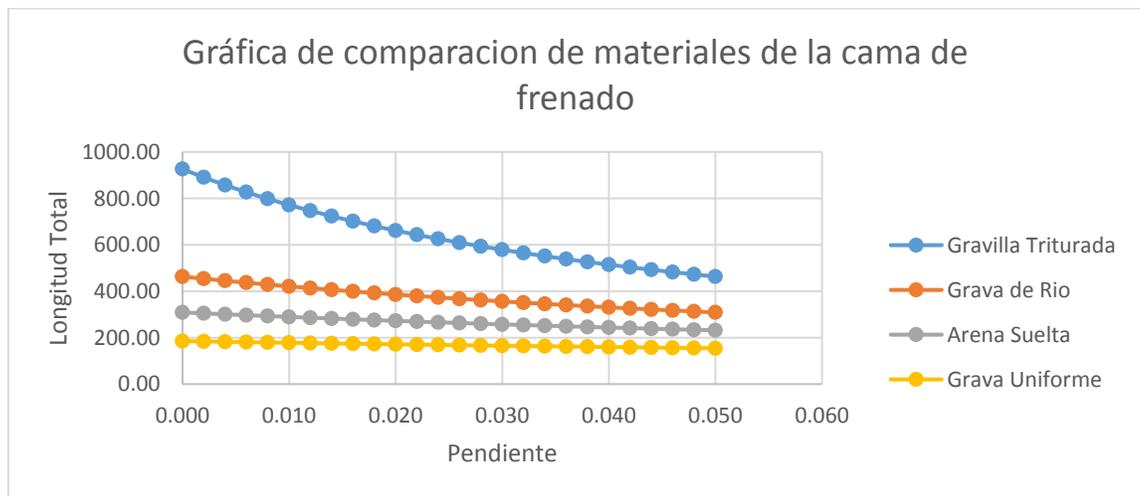


Figura 16: Gráfica de Comparación de Longitudes en relación con el material y la pendiente

Como se puede observar en la gráfica de comparación entre los distintos materiales y variando la pendiente se seleccionará el material de Gravilla Uniforme Suelta y una pendiente de 1°.

$$LL = \frac{Ve^2}{254 (R + SI)} \times 1.25$$

$$LL = \frac{97^2}{254 (0.25 + 0.01)} \times 1.25$$

$$LL = \frac{97^2}{254 (0.25 + 0.01)} \times 1.25$$

$$LL = 178.09 \text{ m} \approx 180 \text{ m}.$$

Se propondrá un ancho de la cama de frenado de 10 metros y se conservara su profundidad de 0.60 metros.

## **6.2 Camino de servicio y macizos de anclaje**

Se diseñara el camino de servicio de la rampa para frenado de emergencia y, en su caso, los macizos de anclaje que permitan el apoyo adecuado de las grúas de rescate y otros equipos de servicio, de manera que, en conjunto, formen un sistema integral y que los conductores de los vehículos fuera de control no los confundan con la cama de frenado, particularmente en condiciones nocturnas. Contará con un ancho de tres (3) metros y pavimento que provea una superficie firme para los equipos de rescate, alejado de la ruta principal.

Los macizos de anclaje serán de concreto hidráulico, estarán alojados en el lado, separados entre sí, en forma equidistante a 50 m, el primero se ubicara lo más próximo posible del sitio donde inicie la cama de frenado.

### 6.3 Drenaje y subdrenaje

Se diseñarán con una pendiente transversal de dos por ciento como mínimo, en el fondo de la caja que alojará la cama de frenado, para interceptar y recolectar el agua que se infiltre. En el lado más bajo de la caja que alojará la cama de frenado se diseñará un subdren con una pendiente longitudinal mínima de uno como cinco (1,5) por ciento, como se describe a continuación:

El subdren consiste en tubos perforados de concreto o de policloruro de vinilo (PVC), con diámetro interno mínimo de quince centímetros, que cumpla con los requisitos de calidad establecidos en las normas.

- N-CMT-3-04-002 “Tubos de Concreto para Subdrenes”
- N-CMT-3-04-003 “Tubos de Policloruro de Vinilo (PVC) para Sistemas de Subdrenaje”

Dentro de una zanja con las dimensiones que se muestra en la imagen de abajo, y sobre una cama de quince centímetros de espesor como mínimo, formada con el material de filtro que se utilice para el relleno de la zanja y que cumpla con los requisitos de calidad establecidos en la Norma N-CMT-3-04-001 “Filtros”.

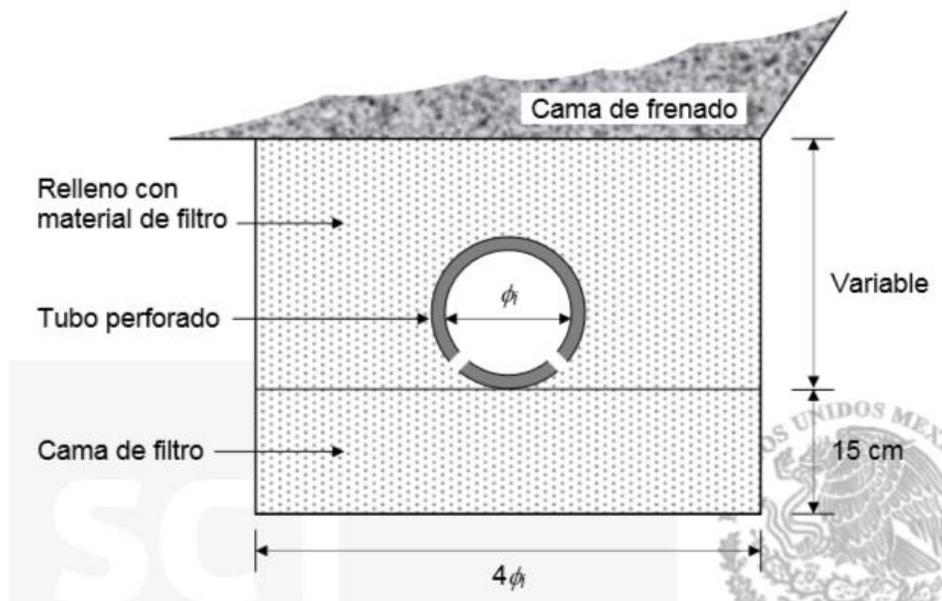


Figura 17: Diagrama del drenaje y subdrenaje de la Cama de Frenado

Las salidas para el caudal captado, se harán con tubos del mismo tipo que se utilizaron en el subdrén, pero sin perforaciones, colocados en una zanja como se indicó anteriormente. Se ubicara una tubería de salida en la parte más baja de subdrén y otras a lo largo del mismo, a cada cien metros como máximo, de forma que no queden sumergidas en agua, ni se regrese ésta al interior del subdrén. Las bocas de las salidas se protegerán con rejillas o pantallas pesadas que prevengan actos de vandalismo y la entrada de roedores.

#### **6.4 Señalamiento**

Comprende tanto señalamientos verticales como horizontales previos a la rampa de emergencia como los indica la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003; Señalamiento horizontal y vertical en carretera y vialidad urbana.

##### **- *Señalamiento Horizontal***

Raya para frenado de emergencia discontinua (M-16.1)

Se indicara en el pavimento a 1000 m de distancia de la entrada a la rampa y será una línea de color rojo discontinua de 20 cm de ancho, esta recorrerá el carril de alta velocidad.

Raya para frenado de emergencia continua (M-16.2)

Se indicara en el pavimento a 500 m de distancia de la entrada a la rampa y será una línea de color rojo continua de 20 cm de ancho, esta recorrerá el carril de baja velocidad y comenzara donde termina la raya para frenado de emergencia discontinua y pasa de carril de alta velocidad a carril de baja.

##### **- *Señalamiento Vertical***

Se colocaran señales restrictivas SR-22 “prohibido Estacionarse”, en el inicio de la cama de frenado y en la carretera a cada 150 m, en los 500m antes de la cama de frenado.

Se colocaran dos señales informativas tipo SID-13, una decisiva a la entrada de la rampa de frenado de emergencia y otra previa a no menos de 200 metros de la entrada de la rampa.

Se instalara señalización de información general SIG a no menos de 500 metros de la entrada a la rampa de frenado de emergencia, en donde comienza la línea continua M-16.2, y donde cambia de carril de alta a carril de baja velocidad. También se colocar una señalización a 1000 metros del acceso a la rampa.

Se colocara señales de “Pruebe sus frenos” al inicio de la pendiente descendente y de “Vehículos sin frenos siga la raya roja” a 100 metros de la primera, para continuar es necesario colocar dos señales de “Ceda el paso a vehículos sin frenos” ubicados a 650 metros de la entrada a la rampa y a 200m del sitio donde inicie la pendiente de la carretera.

A 500m de la rampa se colocara una SIG (señal de información general) en donde la raya roja continua, cambia del carril de alta al de baja.

Se colocaran rayas canalizadoras (M-5) conforme indica la norma NOM-034-SCT2-2003.

Es necesario colocar indicadores OD-6 a cada 20 metros en ambos lados de la rampa. Además se colocaran indicadores de obstáculos OD-5 en la zona neutral de entrada a la rampa donde se encuentran las rayas canalizadoras

## 7- Conclusiones

Este trabajo expone un tema muy importante como lo son las Rampas de Frenado de Emergencia las cuales pueden llegar a salvar vidas en una emergencia como cuando a un conductor le fallan los frenos de su vehículo, por esto es de suma importancia que estas rampas estén adecuadamente diseñadas y construidas desde el señalamiento sobre la carretera para guiar al conductor hasta el cuerpo de la rampa para que esta proporcione seguridad al momento de ser utilizada.

Para lograr que las Rampas de emergencia sean funcionales y proporcionar seguridad en las carreteras, debe realizarse análisis de accidentes para ubicar los puntos conflictivos donde situar una Rampa de Frenado, además de tomar en cuenta las condiciones geográficas y económicas para su construcción, ya que dependiendo de lo peligrosa que resulte la carretera puede necesitar más de una Rampa.

A pesar de que para elegir el lugar, el tipo de rampa y los materiales se tenga que tomar en cuenta el aspecto económico, nunca debe dejarse de lado el tema de la calidad y el cumplimiento de las Normas que nos aseguran un correcto funcionamiento y por lo tanto el índice de seguridad que deseamos.

En este trabajo se muestra que a pesar de que existen las Normas que especifican la construcción de las rampas, algunas veces no se siguen al pie de la letra como es el caso de la Rampa de Frenado que se eligió para su análisis y su rediseño. Estas situaciones podrían cuestionar si la rampa existente funciona adecuadamente ya que se comprobó que no cumple la mayoría de los parámetros que dicta la norma

Actualmente existe mucha información disponible sobre las Rampas de Emergencia de Frenado, pero al parecer no hay un buen control sobre cuantos vehículos utilizan la rampa o al menos información disponible que pueda consultarse públicamente, la cual ayudaría a saber si el funcionamiento de las rampas es adecuado o funcional.

## 8- Bibliografía

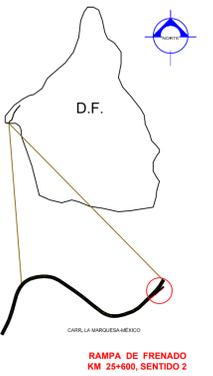
- 1- Norma para la construcción de Rampas para Frenado de Emergencia N-PRY-CAR-10-04-007/13.
- 2- Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales. Publicado por el IMT (Instituto Mexicano del Transporte)  
<http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt51.pdf>
- 3- Datos Viales – 2015 – SCT (Secretaria de Comunicaciones y Transportes) Documento N° 51  
[http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Datos-Viales-2015/15\\_MEXICO.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Datos-Viales-2015/15_MEXICO.pdf)
- 4- Publicaciones del Instituto Mexicano del Transporte  
<http://www.imt.mx/>
- 5- Publicaciones de la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres (AMIVTAC) / Seguridad Vial  
<http://www.amivtac.org/>
- 6- Catálogo de Aplicaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) <http://sctcloud.com.mx/>
- 7- Norma N-CMT-5-01-001/13 “CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES/MATERIALES PARA SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD/ PINTURAS”. <http://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-5-01-001-13.pdf>
- 8- Norma N-CMT-5-04/13 “CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES/MATERIALES PARA SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD/BOTONES Y BOTONES REFLEJANTES”  
<http://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-5-04-13.pdf>
- 9- Norma N-CMT-5-03-001/13 “CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES/MATERIALES PARA SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD/ MATERIALES REFLEJANTES”  
<http://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-5-03-001-13.pdf>

# ANEXOS

| BASIC FREEWAY SEGMENTS WORKSHEET   |                             |   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
|--|-----------------------------|---|------------------------------|-------------|-------|--------|-------------|---------------|-----------|----------|-----------------|---------|-------------|--------------|-----------|-----------|----------------|---------|
|  |                             | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Application</th> <th>Input</th> <th>Output</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Oper. (LOS)</td> <td>FFS, N, <math>v_p</math></td> <td>LOS, S, D</td> </tr> <tr> <td>Des. (N)</td> <td>FFS, LOS, <math>v_p</math></td> <td>N, S, D</td> </tr> <tr> <td>Plan. (LOS)</td> <td>FFS, N, AADT</td> <td>LOS, S, D</td> </tr> <tr> <td>Plan. (N)</td> <td>FFS, LOS, AADT</td> <td>N, S, D</td> </tr> </tbody> </table> |                              | Application | Input | Output | Oper. (LOS) | FFS, N, $v_p$ | LOS, S, D | Des. (N) | FFS, LOS, $v_p$ | N, S, D | Plan. (LOS) | FFS, N, AADT | LOS, S, D | Plan. (N) | FFS, LOS, AADT | N, S, D |
| Application  | Input                       | Output  |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Oper. (LOS)  | FFS, N, $v_p$               | LOS, S, D   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Des. (N)   | FFS, LOS, $v_p$             | N, S, D   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Plan. (LOS)  | FFS, N, AADT                | LOS, S, D   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Plan. (N)  | FFS, LOS, AADT              | N, S, D   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| <b>General Information</b>   |                             | <b>Site Information</b>   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Analyst  | Jose Eduardo Hernandez      | Highway/Direction of Travel   | Carretera Mexico-La Marquesa |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Agency or Company  | UNAM                        | From/To   | La Marquesa-Distrito Federal |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Date Performed   | 27/02/2016                  | Jurisdiction  |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Analysis Time Period   |                             | Analysis Year   | 2015                         |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Project Description: Diseño Geometrico de una Rampa de Frenado de Emergencia |                             |   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| <input checked="" type="checkbox"/> Oper.(LOS)                               |                             | <input type="checkbox"/> Des.(N)  |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| <input type="checkbox"/> Planning Data                                       |                             |   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| <b>Flow Inputs</b>   |                             |   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Volume, V  | 2351 veh/h                  | Peak-Hour Factor, PHF   | 0.90                         |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| AADT   | veh/day                     | %Trucks and Buses, $P_T$  | 14                           |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Peak-Hr Prop. of AADT, K   |                             | %RVs, $P_R$   | 0                            |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Peak-Hr Direction Prop, D  |                             | General Terrain:  | Grade                        |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| DDHV = AADT x K x D  | veh/h                       | Grade   | -0.03% Length 1.00km         |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Driver type adjustment   |                             | Up/Down %   | -0.03                        |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| <b>Calculate Flow Adjustments</b>  |                             |   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| $f_p$  |                             | $E_R$   | 1.2                          |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| $E_T$  | 1.5                         | $f_{HV} = 1/[1+P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)]$  | 0.935                        |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| <b>Speed Inputs</b>  |                             | <b>Calc Speed Adj and FFS</b>   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Lane Width   | 3.5 m                       | $f_{LW}$  | 1.0 km/h                     |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Rt-Shoulder Lat. Clearance   | 1.8 m                       | $f_{LC}$  | 0.0 km/h                     |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Interchange Density  | 0.30 l/km                   | $f_{ID}$  | 0.0 km/h                     |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Number of Lanes, N   | 3                           | $f_N$   | 0.0 km/h                     |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| FFS (measured)   | km/h                        | FFS   | 109.0 km/h                   |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| Base free-flow Speed, BFFS   | 110.0 km/h                  |   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| <b>LOS and Performance Measures</b>  |                             | <b>Design (N)</b>   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| <b>Operational (LOS)</b>   |                             | <b>Design (N)</b>   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| $v_p = (V \text{ or } DDHV) / (PHF \times N \times f_{HV} \times f_p)$       | 932 pc/h/ln                 | Design LOS  |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| $S$  | 109.0 km/h                  | $v_p = (V \text{ or } DDHV) / (PHF \times N \times f_{HV} \times f_p)$  | pc/h                         |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| $D = v_p / S$  | 8.6 pc/km/ln                | $S$   | km/h                         |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| LOS  | B                           | $D = v_p / S$   | pc/km/ln                     |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
|  |                             | Required Number of Lanes, N   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| <b>Glossary</b>  |                             | <b>Factor Location</b>  |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| N - Number of lanes  | S - Speed                   | $E_R$ - Exhibits 23-8, 23-10  | $f_{LW}$ - Exhibit 23-4      |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| V - Hourly volume  | D - Density                 | $E_T$ - Exhibits 23-8, 23-10, 23-11   | $f_{LC}$ - Exhibit 23-5      |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| $v_p$ - Flow rate  | FFS - Free-flow speed       | $f_p$ - Page 23-12  | $f_N$ - Exhibit 23-6         |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| LOS - Level of service   | BFFS - Base free-flow speed | LOS, S, FFS, $v_p$ - Exhibits 23-2, 23-3  | $f_{ID}$ - Exhibit 23-7      |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |
| DDHV - Directional design hour volume  |                             |   |                              |             |       |        |             |               |           |          |                 |         |             |              |           |           |                |         |



LOCALIZACIÓN

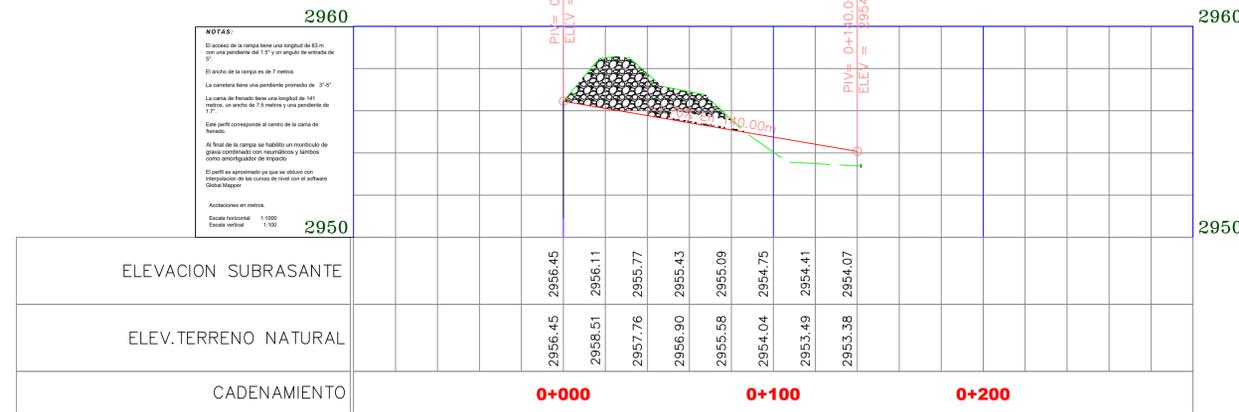


RAMPA DE FRENADO  
KM 25+600, SENTIDO 2

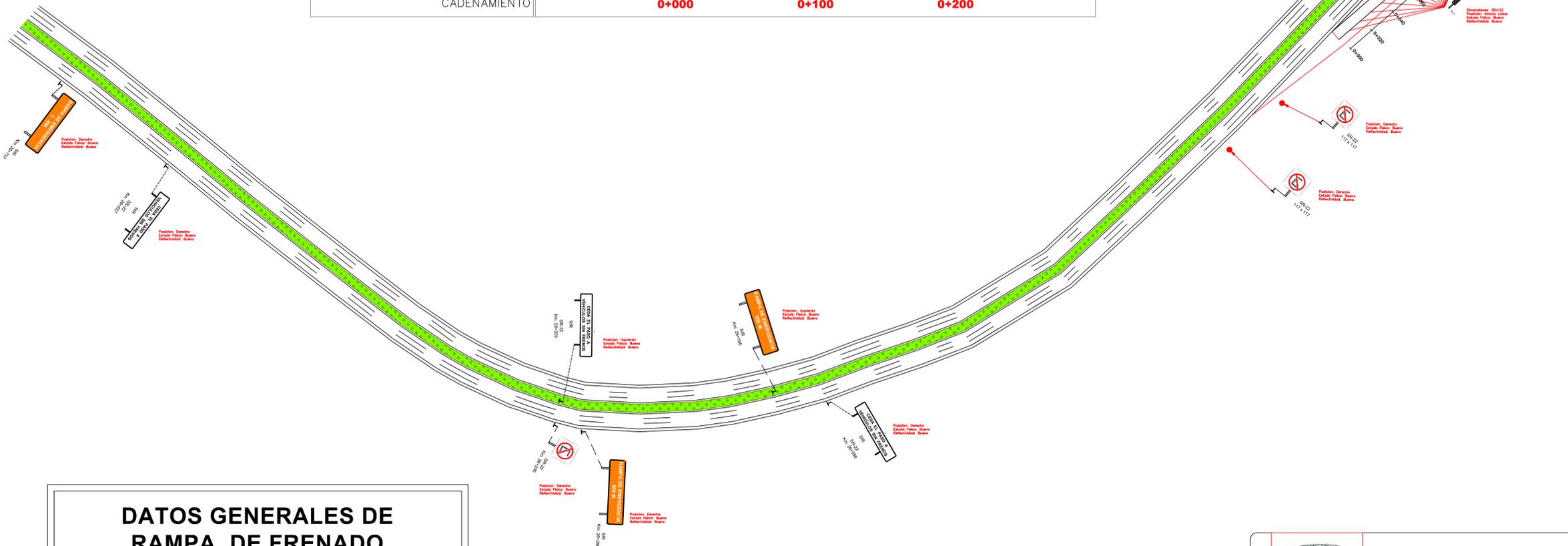
NOTAS

Acolaciones en metros, excepto las indicadas en otra unidad.  
Escala 1:1000, excepto donde se indique otra.  
Señalamiento vertical fuera de escala.  
La simbología del señalamiento se basa en la norma N-PRY-CAR-10-01 Proyecto de Señalamiento y Dispositivos de Seguridad en Calles y Carreteras de la SCT.

PERFIL Alignment - (1)

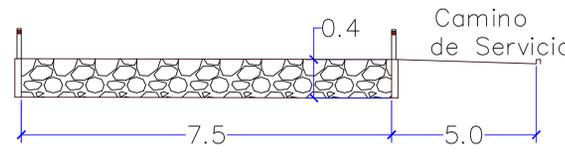


NOTAS:  
El acceso de la rampa tiene una longitud de 85 m con una pendiente del 1.7% un ancho de entreo de 5'.



| DATOS GENERALES DE RAMPA DE FRENADO |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| LONGITUD:                           | 141 M                              |
| PENDIENTE:                          | 1.7%                               |
| ANCHO DE LA CAMA:                   | 7.50 M                             |
| CAMINO DE SEERVICIO:                | 5 M (Derecho)                      |
| AGREGADO:                           | ARENA-GRAVA CON PRESENCIA DE FINOS |
| PROFUNDIDAD CAMA:                   | 0.40 M                             |

SECCIÓN DE LA CAMA DE FRENADO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

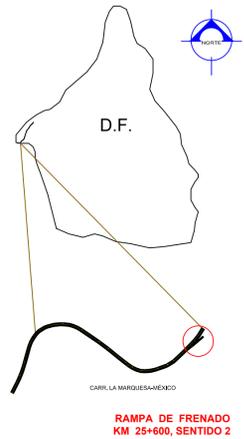
ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y PROYECTO EJECUTIVO DE LA RAMPA DE FRENADO EN LA AUTOPISTA LA MARQUESA-MÉXICO SENTIDO 2

**RAMPA DE FRENADO  
KM 25+600, SENTIDO 2**

|  |  |                             |                    |  |
|--|--|-----------------------------|--------------------|--|
| DIBUJÓ:<br>JOSÉ EDUARDO HERNÁNDEZ CRÍSOSTOMO | RRVISÓ:<br>FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLAFUERTE | FECHA:<br>SEPTIEMBRE - 2016 | ESCALA:<br>1 : 250 | NO. DE PLANO:<br>PLANO DE RAMPA ACTUAL - 1 |
|--|--|-----------------------------|--------------------|--|



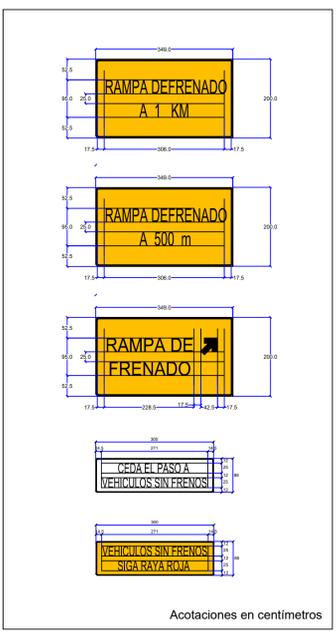
LOCALIZACIÓN



RAMPA DE FRENADO  
KM 25+600, SENTIDO 2

NOTAS

Acotaciones en metros, excepto las indicadas en otra unidad.  
Escala 1:1000, excepto donde se indique otra.  
Señalamiento vertical fuera de escala.  
La simbología del señalamiento se basa en la norma N-PRY-CAR-10-01 Proyecto de Señalamiento y Dispositivos de Seguridad en Calles y Carreteras de la SCT.



Acotaciones en centímetros

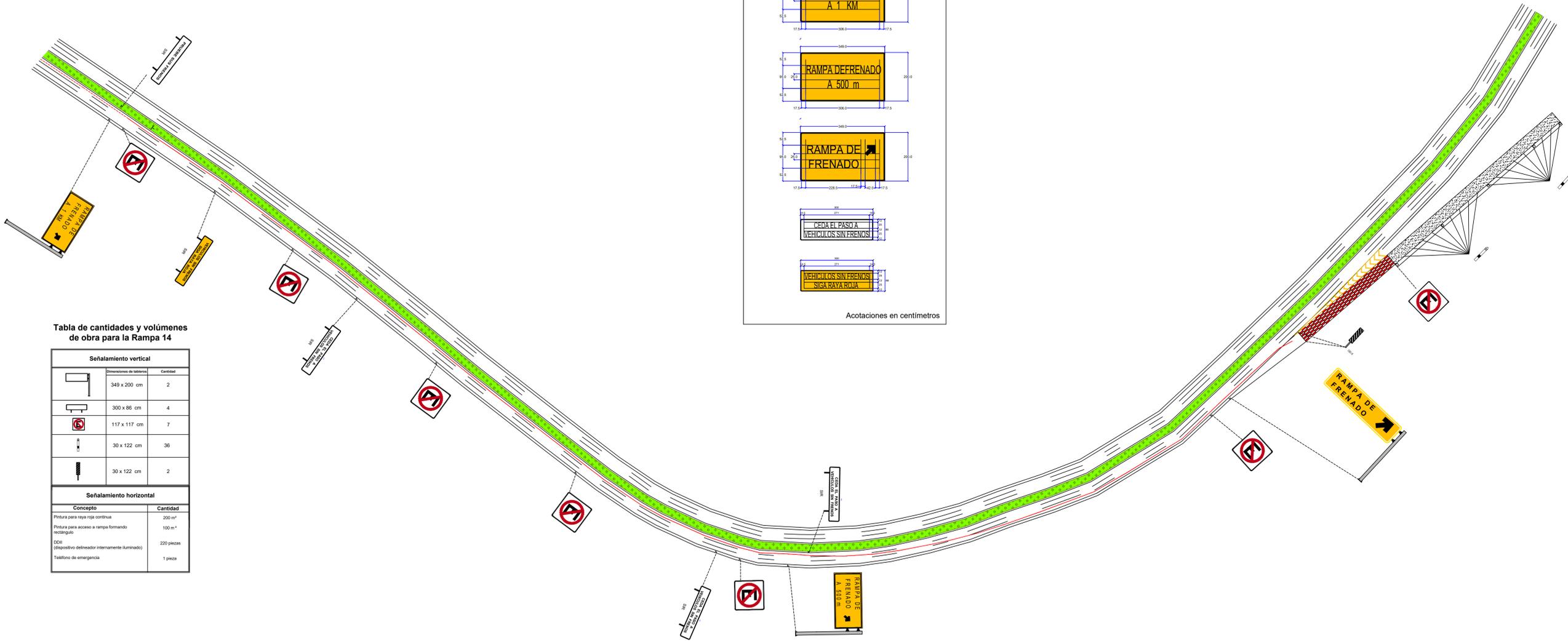
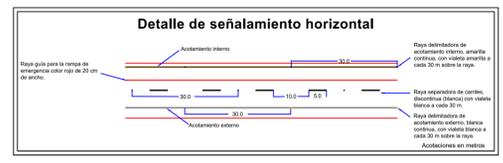
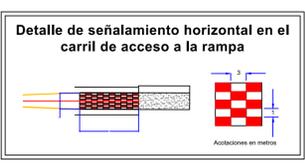
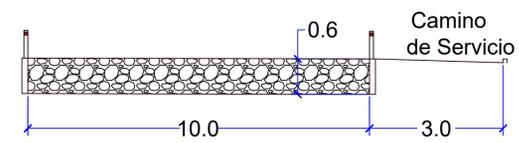


Tabla de cantidades y volúmenes de obra para la Rampa 14

| Señalamiento vertical                               |                    |  |
|---|--------------------|--|
| Dimensiones de tablero                              | Cantidad           |  |
| 349 x 200 cm  | 2                  |  |
| 300 x 86 cm   | 4                  |  |
| 117 x 117 cm  | 7                  |  |
| 30 x 122 cm   | 36                 |  |
| 30 x 122 cm   | 2                  |  |
| Señalamiento horizontal                             |                    |  |
| Concepto  | Cantidad           |  |
| Pintura para raya roja continua                     | 200 m <sup>2</sup> |  |
| Pintura para acceso a rampa formando rectángulo     | 100 m <sup>2</sup> |  |
| DDI (dispositivo delineador intersección iluminado) | 220 piezas         |  |
| Teléfono de emergencia                              | 1 pieza            |  |



SECCIÓN DE LA CAMA DE FRENADO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y PROYECTO EJECUTIVO DE LA RAMPA DE FRENADO EN LA AUTOPISTA LA MARQUESA-MÉXICO SENTIDO 2

RAMPA DE FRENADO  
KM 25+600, SENTIDO 2

|  |  |                             |                    |  |
|--|--|-----------------------------|--------------------|--|
| DIBUJÓ:<br>JOSÉ EDUARDO HERNÁNDEZ CRISÓSTOMO | REVISÓ:<br>FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLAFUERTE | FECHA:<br>SEPTIEMBRE - 2016 | ESCALA:<br>1 : 250 | NO. DE PLANO:<br>PLANO DE SEÑALAMIENTO - 1 |
|--|--|-----------------------------|--------------------|--|