

1.1.- INTRODUCCIÓN

Uno de los impactos más graves del crecimiento del tráfico en nuestra ciudad, es el que causa a la seguridad de los peatones, ciclistas y niños quienes circulan por las principales vías y carreteras, hace necesario de un amplio enfoque técnico en el diseño e implementación de reductores de velocidad, acorde con las necesidades de la población, todo esto indica que es necesario realizar estudios completos de las condiciones reales en las que se encuentran estos dispositivos.

Los dispositivos más utilizados para la pacificación del tránsito y el control de velocidad en los Estados Unidos y otras ciudades son los reductores de velocidad, topes de mesas, chicanas, reguladores o estranguladores, reductores de intersecciones, intersecciones elevadas, círculos de tráfico y cierre de calles, etc.

De estos dispositivos, el reductor de velocidad es el más común, debido a su bajo costo y fácil instalación en relación a los otros dispositivos mencionados, y es el que actualmente se utiliza en nuestro medio más conocido localmente como “Rompe muelles” y en otros países llamados también como “Topes de Velocidad”.

Contar con una buena normativa respecto a los reductores de velocidad es de gran importancia; ya que del buen estado en el que se encuentren y ubicación dependerá la seguridad tanto de peatones como conductores.

La importancia de los reductores de velocidad en nuestra ciudad Tarija se debe a que gran parte o en su mayoría de los accidentes que ocurren son debidos a excesos de velocidad; para tal efecto es imprescindible realizar un trabajo de ingeniería en la determinación de la ubicación y diseño de un reductor de velocidad.

1.2.- FUNDAMENTACION TEÓRICA.-

Los reductores de velocidad han sido utilizados desde hace décadas, en todo el mundo como por ejemplo los Estados Unidos, Europa, Australia, Sur América, etc. Pero no existe una guía uniforme, y una atención uniforme de los ciudadanos lo que conlleva al desarrollo de diseños pobres, la no coordinación con el diseño geométrico y métodos con la falencia

de no tener señales ni marcas. La seguridad de los reductores de velocidad y su habilidad de desarrollo está directamente relacionada con su apropiado diseño y aplicación.

Los reductores de velocidad fueron y son el producto de la pacificación del tránsito para mejorar la calidad de vida y dotar seguridad verdadera a los residentes, medida implementada en los países y continentes mencionados.

Los reductores de velocidad representan la parte más importante del tráfico calmado y se generaron por el tráfico no controlado concretamente en:

- ❖ La seguridad de los residentes del vecindario.
- ❖ La libertad de salir y circular fácilmente a pie o bicicleta.
- ❖ El crimen.
- ❖ El ruido.
- ❖ La calidad del aire y de la salud.
- ❖ La calidad del agua.

En las ciudades es el peatón quien, por lo general, muere en un accidente automovilístico. La razón no es únicamente el exceso de peatones en las calles. Se debe, en parte, a los que los vehículos motorizados a menudo viajan más rápido de lo debido en sitios congestionados y de gran actividad humana. El diseño de las calles favorece la rapidez del tráfico cuya misma organización contribuye igualmente al exceso de velocidad.

El tráfico rápido es una amenaza directa a la vida de las personas no motorizadas de los alrededores. La relación entre la velocidad de los vehículos a motor y las defunciones de peatones no puede ser más clara. Manejar no sólo aumenta las probabilidades de muerte o de lesiones graves en el individuo accidentado, sino, y en primer lugar, las de que el accidente se produzca.

1.3.- JUSTIFICACION

En las condiciones actuales de nuestro medio se puede decir que existen reductores de velocidad de diseños pobres, de una uniformidad variable, carencia de señalización y particularmente la falta de una estrategia de normalización de reductores de velocidad

existentes y los por ser proyectados, lo que conlleva a realizar acciones preventivas y correctivas a objeto que a futuro se pueda solucionar el problema y mejorar la calidad de vida de los usuarios.

Se pretende realizar el presente trabajo para analizar las condiciones en las que los reductores de velocidad en nuestra ciudad han sido diseñados e instalados con el apropiado planeamiento y revisión de ingeniería, de ese modo tener una información confiable que a partir de la cual se deben tomar acciones.

Es necesario realizar el presente trabajo para evaluar a los reductores de velocidad ubicados en la ciudad de Tarija y proponer recomendaciones sobre su diseño y aplicación, efectuando un inventario de los reductores existentes en la ciudad de Tarija, determinando sus propiedades geométricas y verificando la reducción de velocidad que experimenta el vehículo al pasar, bajo lineamientos los cuales se centran en establecer y hacer cumplir las ordenanzas, educar a residentes y automovilistas, instalación de dispositivos de control de tráfico y características de diseño geométrico de vía.

Los resultados del presente trabajo podrán utilizarse por las instituciones encargadas de tráfico y transporte para plantearse acciones de carácter inmediato, mediato y a futuro con el propósito de tener una normativa establecida para su diseño y correcta ubicación de este dispositivo.

El aporte académico que tendrá este trabajo es sustancial ya que se aplicarán conocimientos de la ingeniería de tráfico y se profundizará su diseño e instalación mediante parámetros estandarizados a nivel internacional, para luego ser aplicados en nuestro medio.

1.4.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.4.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA

Los reductores de velocidad ubicados en la ciudad de Tarija en su generalidad cumplen parcialmente su objetivo ya que existe una disconformidad de los vecinos y conductores, los cuales son testigos y protagonistas habituales de los efectos que realizan estos dispositivos, que lamentablemente no existe una homogenización ni un principio de

construcción para la correcta utilización de estas medidas de seguridad, entonces si bien solucionan un problema dan lugar a otro, en donde el conductor no tiene la seguridad y puede causar accidentes y sufrir contrariedades.

1.4.2. PROBLEMA

¿Se puede mejorar el diseño y ubicación de los reductores de velocidad y éstos ser aplicados mediante parámetros internacionales en nuestro medio?

1.5.- OBJETIVOS

1.5.1.- OBJETIVO GENERAL

- Realizar la “Aplicación y Evaluación de los Reductores de Velocidad en la Ciudad de Tarija” con la finalidad de proponer recomendaciones sobre su diseño y aplicación, garantizando el buen funcionamiento de este dispositivo en toda su vida útil como así también dando de esta manera seguridad a los transeúntes y confort a los conductores y pasajeros.

1.5.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar las características y aspectos generales de los reductores de velocidad para establecer las condiciones necesarias y así realizar una buena evaluación.
- Efectuar un inventario de los Reductores de Velocidad existentes en la ciudad de Tarija.
- Realizar encuestas con respecto a la aceptación e incidencia de los Reductores de Velocidad en la Ciudad de Tarija.
- Determinar propiedades geométricas de los Reductores de Velocidad.
- Evaluar la señalización y la ubicación de estas obras.
- Efectuar mediciones de velocidad vehicular en las vías donde se ubican los Reductores de Velocidad.
- Efectuar estimación de costos de ejecución para la construcción de Reductores de Velocidad.
- Analizar los resultados obtenidos del estudio realizado en estos dispositivos.

- Establecer conclusiones del estudio.

1.6.- DISEÑO METODOLÓGICO

1.6.1.- UNIDADES DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTREAL

1.6.1.1.- Unidad de estudio: “Reductores de Velocidad ubicados en toda el área urbana”.

Las Unidades de Estudio son los reductores de velocidad ubicados en toda el área urbana, ya que es el tema central del estudio y además es un tema muy importante a ser tratado en la actualidad, para poder satisfacer las necesidades de los usuarios (peatones y conductores).

1.6.1.2.- Población: “Reductores de Velocidad ubicados en la ciudad de Tarija”.

La Población queda definida y demarcada como los reductores de velocidad ubicados en la ciudad de Tarija, éste es el lugar donde se realizará el estudio y cuyo conocimiento interesa.

1.6.1.3.- Muestra: “Reductores de Velocidad ubicados en toda el área urbana de la ciudad de Tarija”.

La muestra es el área representativa extraída de la población, comprendida por toda el área urbana de la ciudad de Tarija. En esta área (muestra), es donde se puede observar con mayor notoriedad el problema que presentan estos dispositivos.

1.6.1.4.- Muestreo: Criterio propio del autor (mediciones, aforos, encuestas, etc.).

Primeramente se realizará un inventario de los reductores de velocidad en la ciudad de Tarija, esta información será recabada mediante un plano actual de la ciudad con su respectiva ubicación de cada dispositivo. Este inventario se lo realizará con la finalidad de localizar los lugares o zonas donde se encuentran.

Se observarán en toda el área urbana de la ciudad, para posteriormente clasificar las zonas en los que están ubicados estos dispositivos, donde se realizará el estudio y las respectivas

mediciones, como ser: aforos, encuestas, análisis estadístico, etc., para poder procesar toda la información y de esta manera proponer alternativas de solución.

1.6.2.- MÉTODOS, TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS

Para desarrollar el presente trabajo para la obtención de datos tendremos como base los siguientes medios:

- Revisión bibliográfica específicamente apuntando al objetivo para la obtención de datos.
- Trabajo de Campo en este punto entrará la medición de todas sus características de los dispositivos y método de aforo manual, por lo cual es necesario contar con la información necesaria de la zona de estudio para ello contaremos con un plano del área específico y fijaremos puntos claves para luego determinar lo mencionado anteriormente de forma ordenada y correcta.
- Se utilizará una cinta métrica, pintura, GPS, flexometro, cronometro y reloj.
- Para empezar a realizar el conteo de los vehículos que circularán en el lugar de estudio se utilizará una planilla, tabla de apoyo para la planilla y un bolígrafo para anotar los datos que se obtendrán al realizar el trabajo de campo.
- Posteriormente una computadora para procesar los datos que se han obtenido y a través de ecuaciones, programas se logrará este objetivo del proyecto.

En cuanto a la metodología en la aplicación práctica tendremos los siguientes pasos:

- Lo primero que se realizará será ubicar en el área de estudio donde existen los reductores de velocidad y luego se realizará una inspección visual de todos los dispositivos ubicados, para después tomar todos los puntos y proceder a determinar todas sus características de estos dispositivos y de las respectivas vías donde están ubicados.
- Una vez que se ha realizado todo lo determinado en el punto anterior, se procederá a realizar el aforo de velocidades en cada dispositivo. Para toda esta información obtenida de los mencionados puntos se realizará unas tablas de datos y planillas de aforos.

- Después de realizar y obtener todas las características, aforos realizados en los puntos de estudio, se procede a trabajar los datos en gabinete determinando las velocidades.
- Se determinarán la eficiencia de los reductores de velocidad.
- Posteriormente se realizará la determinación de los factores que incidentes en la ubicación de los reductores de velocidad.
- Por último las conclusiones y recomendaciones, serán elaboradas en base a todo el trabajo que se haya realizado en el área de estudio y en el gabinete, resaltando los aspectos más importantes que se hayan presentado durante el proceso así como también los problemas.

1.6.3.-PROCEDIMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE INFORMACIÓN

1.6.3.1.- TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Definir días y horas picos representativos, para realizar las mediciones dentro del área de estudio.

Realizar el cálculo de las medidas de tendencia, como: la media, moda y varianza, para poder realizar la interpretación de los resultados obtenidos, además valerse de la ayuda de gráficas que ayuden a interpretar resultados. Estas medidas de tendencia, nos permitirán obtener valores representativos de la muestra, que servirán para tomar decisiones y proponer alternativas de solución al problema mencionado en puntos anteriores.

Representar gráficamente la variación de velocidad con respecto a la ubicación de cada zona clasificada, los valores obtenidos de vehículos aforados al pasar por este dispositivo, del mismo modo representar gráficas con las encuestas realizadas.

1.6.4.- ALCANCE

El presente trabajo en estudio tiene en su alcance el desarrollo de lo necesario dentro del marco teórico, aplicación práctica y elementos concluyentes del mismo en una secuencia lógica y metodológica que facilita la comprensión de cada uno.

Inicialmente en el Capítulo I contiene una breve introducción y fundamentación teórica sobre reductores de velocidad, en cuanto a la justificación del estudio sobre la incidencia de estos dispositivos ubicados en la ciudad de Tarija se pretende analizar y evaluar las condiciones en las que se encuentran los mismos, se definen con precisión la problemática sobre la que se basa el presente trabajo donde se planteará las posibles soluciones sobre su diseño y aplicación. En la parte de los objetivos perseguidos, el objetivo general es el de proponer recomendaciones sobre su diseño y aplicación garantizando el funcionamiento de este dispositivo, en cuanto a los objetivos específicos a estudiar como los aspectos generales y características de los reductores de velocidad, efectuar un inventario de los dispositivos existentes, encuestas respecto a este dispositivo, evaluar su señalización y ubicación, efectuar mediciones de velocidad vehicular y así también efectuar costos de ejecución de estos dispositivos.

Posteriormente en el Capítulo II es importante que en nuestro marco teórico se enmarque todo lo relacionado con la Velocidad sus aspectos más generales, de manera que sustenten el trabajo a desarrollar, sobre todo en lo que se refiere a los tipos de velocidad como ser: velocidad de proyecto, velocidad directriz, velocidad de punto, velocidad de recorrido total, velocidad de cruce, velocidad percentil. Así también medidas de control de velocidad como ser: medidas verticales, medidas horizontales y medidas de estrechamiento.

En el Capítulo III está el desarrollo de todo en lo referente a los reductores de velocidad, desde los conceptos esenciales, características de los reductores de velocidad como ser: formas de perfil, estética, tipos y estructura. Recomendaciones que entre éstas tenemos: desarrollo y experiencia de los reductores de velocidad, único dispositivo recomendado por la ITE, espaciamientos entre dispositivos, procesos constructivos, patrones sobre uso de los reductores de velocidad. Diseño y consideraciones de construcción, también el monitoreo y evaluación.

En la aplicación práctica es lo referente al Capítulo IV aprovechando todo nuestro marco teórico que tiene de base nuestro trabajo y aplicando todas las conceptualizaciones necesarias realizamos partiendo de la ubicación del área de estudio y características del área de estudio que dentro de estas se encuentran: la clasificación y uso de las calles, número y

ancho de carriles, pendientes de las calles, propiedades geométricas de los reductores de velocidad y geometrías de las vías donde están ubicados los reductores de velocidad. Luego se procederá al inventario de los elementos reductores de velocidad en el área de estudio. También se realizará encuestas de aceptación e incidencia de los reductores de velocidad. Se realizará la evaluación correspondiente de los reductores de velocidad mediante aforos de velocidades y determinación de la eficiencia de los reductores de velocidad, registro de accidentes según el organismo operativo de tránsito. Luego se determinará los factores que inciden en la ubicación de los reductores de velocidad como ser los costos de ejecución para la construcción y reductores de velocidad recomendados por sitio.

Finalmente el Capítulo V contemplará a manera concluyente del presente trabajo se establecerán en función a los resultados obtenidos fundamentalmente en la aplicación práctica las conclusiones y recomendaciones referentes al tema.

El alcance principal del presente trabajo comprende la aplicación y evaluación de los reductores de velocidad existentes en la ciudad de Tarija en función a su geometría, ubicación, señalización y aceptación e incidencia mediante parámetros estandarizados a nivel internacional, de tal manera desarrollar políticas de utilización de reductores de velocidad.

2.1.- INTRODUCCIÓN

La velocidad se ha manifestado siempre como una respuesta al deseo del humano de comunicarse rápidamente desde el momento en que el mismo inventó los medios de transporte.

En este sentido, la velocidad se ha convertido en uno de los principales indicadores utilizado para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. A su vez, los conductores, considerados de una manera individual, miden parcialmente la calidad de su viaje por su habilidad y libertad en conservar uniformemente la velocidad deseada.

Se sabe, además, por experiencia que el factor más simple a considerar en la selección de una ruta específica para ir de un origen a un destino, consiste en la minimización de las demoras, lo cual obviamente se logrará con una velocidad buena y sostenida y que ofrezca seguridad.

La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda establecida por ser un parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto.

Así, por todas las razones anteriores, la velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin de que origine un perfecto equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía, de tal manera que siempre se garantice la seguridad.

Con los rápidos progresos de la ingeniería automotriz y la expansión de los sistemas viales, el concepto de la velocidad ha cambiado. A través de los años, la velocidad utilizada por los conductores de los vehículos ha ido en aumento constante y no se prevé que tienda a estabilizarse. Durante todo este tiempo que ha transcurrido desde la aparición de los primeros vehículos de motor, ha habido un incesante deseo de aumentar la rapidez del movimiento sin que se haya producido un pensamiento unánime en la reglamentación de la velocidad, sobre todo en lo que se refiere a su importancia como causa de accidente.

2.2.- VELOCIDAD

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

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

$$Velocidad = \frac{distancia}{tiempo}$$

Donde:

V= velocidad constante (**km/hr**)

d = distancia recorrida (**km**)

t = tiempo de recorrido (**hr**)

Como la velocidad que desarrolla un vehículo queda afectada por sus propias características, por las características del conductor y de la vía, por el volumen de tránsito y por las condiciones atmosféricas imperantes, quiere decir que la velocidad a la que se mueve un vehículo varía constantemente, causa que obliga a trabajar con valores medios de velocidad.

2.3.- TIPOS DE VELOCIDAD

Este tipo de clasificación se puede decir que el término velocidad, aplicado al movimiento de los vehículos, se utiliza de diferentes maneras de acuerdo a los estudios que se efectúen y los objetos que se persiguen, esto significa que existen conceptualmente varios tipos de velocidad, los cuales deben ser definidos y aplicados claramente. Entre estos tipos de velocidades tenemos:

- Velocidad de Proyecto.
- Velocidad de Punto.
- Velocidad de Recorrido Total.
- Velocidad de Crucero.
- Velocidad Percentil.

2.3.1.- Velocidad de Proyecto

La velocidad de proyecto o velocidad directriz, es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía, cuando las condiciones atmosféricas y del tráfico son tan favorables que las características geométricas del proyecto gobiernan la circulación.

La velocidad de proyecto debe ser seleccionada de acuerdo a la importancia o categoría de la futura vía, los volúmenes de tráfico, la topografía de la región, uso del suelo y la disponibilidad de recursos económicos. Es conveniente mantener constante la velocidad de proyecto, pero dadas las limitaciones topográficas que se puedan presentar, la velocidad de proyecto puede variar en distintos tramos de la vía.

No se debe usar velocidades de proyecto muy altas, debido a que se encarece la obra y el ahorro de tiempo de viaje no es muy significativo.

2.3.2.- Velocidad de Punto

Denominada también velocidad instantánea es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de una carretera o de una calle. Como dicha velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto

También se puede decir que es aquella velocidad que se mide a la circulación vehicular considerando a la misma como flujo libre, es decir, que no se tengan restricciones en el movimiento por vehículos que van adelante, por vehículos que van por atrás, por cruce de peatones, etc. La velocidad de punto no es una velocidad de diseño ni en calles ni en

carreteras, pero es una velocidad cuya referencia nos da las velocidades máximas posibles que se puedan presentar tanto en calles como en carreteras.

La relación que nos permite determinar la velocidad de punto es la siguiente:

$$V_P = \frac{d}{t}$$

Donde:

V_p = velocidad de punto (**km/hr**)

d = distancia recorrida (**km**)

t = tiempo de recorrido (**hr**)

2.3.2.1.- Métodos de Medición

Para medir la velocidad de punto se pueden utilizar varios métodos en los que se tiene:

- a) Método del Cronometro
- b) Método del Enoscopio
- c) Método del Radar Métrico

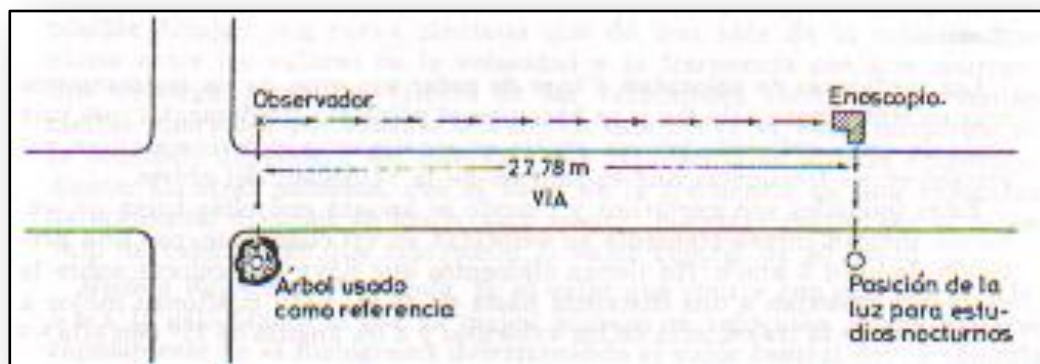
a) El Método del Cronómetro

Es aquel que utiliza generalmente dos operadores, uno a la entrada provisto de algún dispositivo para dar la señal en el momento que el vehículo ingresa a la línea de entrada para que el segundo operador ubicado en la línea de parada final pueda accionar el cronometro y detener el mismo en el momento que cruza la línea de salida. Este método es el más utilizado por la facilidad de su realización y por la necesidad solamente de un cronometro. Es factible utilizando las distancias mínimas que este método pueda ser ejecutado por un solo operador y que tenga visualidad suficiente a la línea de entrada y salida.

b) El Método del Enoscopio

Se utiliza además del cronometro un aparato simple denominado enoscopio que es una caja de lados iguales en uno de sus vértices tiene un espejo ubicado a 45° de tal forma que la visual de entrada se refleja en forma ortogonal a 90° la forma de medición utilizando el enoscopio en el momento en que el vehículo cruza la línea de entrada para accionar el cronometro y medir el tiempo hasta que el vehículo cruza la línea de salida. Este método es muy útil para la realización de mediciones nocturnas.

FIGURA 2.1.- Disposición del observador y el enoscopio en un acceso a una intersección.



Fuente.- Ministerio de Transporte; Manual sobre Dispositivos para el control del tránsito en Calles y Carreteras.

c) El método del Radar Métrico

Es el método menos utilizado pero mucho más preciso para cuya determinación de velocidades utiliza un transmisor incorporado en un vehículo que emite ondas de longitud media que son captadas por un radar u puedan ser transformadas en distancias de la diferencia de las longitudes emitidas en el momento de ingreso de la línea de entrada y el ingreso a la línea de salida, se obtiene la distancia y el tiempo de recorrido determinándose así la velocidades de punto. Estas velocidades de punto en un estudio de tráfico deben ser llevadas a cabo en 3 horarios diferentes de cada día, recomendable en horas pico, 3 diferentes días de la semana, si se lo va a hacer anualmente 3 diferentes meses del año. En la hora de estudio se determinará una metodología homogénea para la obtención de

velocidades de vehículos en circulación, por ejemplo hacer la medición respectiva a cada 5 vehículos que ingresan a la zona de estudio. Se utiliza 6 horas diferentes del día.

2.3.3.- Velocidad de Recorrido

Conocida también como velocidad de recorrido total, global o de viaje, queda definida como la distancia total recorrida, en un tramo relativamente largo, dividida entre el tiempo total de recorrido. En el tiempo de recorrido se incluye las demoras debidas al tránsito ajeno a la voluntad del conductor, no incluye demoras fuera de la vía como ser: lugares de recreación, restaurantes, estaciones de servicio, etc.

Desde el punto de vista conceptual la velocidad de recorrido total es aquella velocidad que se asemeja más al comportamiento real del vehículo en circulación. En el caso de ciudades urbanas estas distancias de recorrido total son elegidas en función de la dirección de los flujos direccionales más importantes; en carreteras se toman tramos experimentales que reflejen el comportamiento real de la carretera.

El tiempo que se tarda en recorrer la distancia de recorrido total tiene dos componentes que son:

- El tiempo que se tarda en circulación propiamente dicho.
- El tiempo de demoras donde el vehículo no está en movimiento.

Este tiempo de demoras puede tener como causas, detención de vehículos, cruce de peatones, semáforos, estacionamientos, etc.

La relación que nos permite determinar la velocidad de recorrido total es la siguiente:

$$V_R = \frac{dr}{(tc + td)}$$

Donde:

V_R = velocidad de recorrido total (**km/hr**)

dr = distancia recorrido total (**km**)

tc = tiempo de circulación (**hr**)

td = tiempo de demoras (**hr**)

2.3.4.- Velocidad de Crucero

La velocidad de cruce es una velocidad que se determina analíticamente en base a la relación de una distancia recorrida entre un tiempo neto de circulación. El mismo estudio de las velocidades de recorrido total puede servir de información para determinar las velocidades de cruce tomando en cuenta sólo los tiempos de circulación y no así los tiempos de demora.

Esta velocidad de cruce nos permite hacer una comparación y análisis con las velocidades de punto ya que ambos tienen la misma concepción, son velocidades de vehículos en movimiento, su diferencia está que el uno tiene un entorno de flujo libre y el otro tiene un entorno de vehículos en un flujo de circulación.

El análisis nos permitirá determinar las pérdidas de velocidad en diferentes puntos de estudio que sufre la velocidad de recorrido por efecto del entorno en movimiento. La relación que nos permite determinar la velocidad de cruce es la siguiente:

$$V_c = \frac{dr}{tc}$$

Donde:

V_c = velocidad de cruce (**km/hr**)

dr = distancia recorrido total (**km**)

tc = tiempo de circulación (**hr**)

2.3.5.- Velocidad Percentil

Se define como percentil 85 de una distribución de velocidades, a aquella a la cual el 85% de los vehículos, circulando libremente, la igualan o van más lentos. Dicho de otra manera es aquella velocidad que sólo es superada por el 15% de los vehículos circulando libremente.

El percentil 85 de la distribución de velocidades, se puede considerar como el valor estadístico más relevante desde el punto de vista de la seguridad vial. Es así, que la práctica internacional más común toma esta magnitud como parámetro para fijar la velocidad máxima. Bajo esta perspectiva se asume que la mayoría de los conductores (85%) es capaz de hacer un juicio razonable acerca de la circulación más adecuada en las condiciones existentes.

2.4.- MEDIDAS DE CONTROL DE VELOCIDAD

Las medidas de control de velocidad son de tres tipos:

- **Medidas verticales**, que usa la fuerza de la aceleración vertical para desalentar el incremento de velocidad.
- **Medidas horizontales**, que usa la fuerza de la aceleración lateral para desalentar el incremento de la velocidad.
- **Medidas de estrechamiento**, que utiliza el sentido de la percepción psicológica para desalentar el incremento de velocidad.

Debido a que las fuerzas físicas son más obligatorias los dispositivos verticales y horizontales tienden a ser más efectivos en la reducción de velocidades. Efectivamente algunos programas de tráfico calmado no clasifican a los estrechamientos que mantienen un ancho de vía constante en cada dirección. Por ejemplo, las extensiones de bordillos los cuales reducen las distancias de cruzado de los peatones, son usualmente clasificadas y realizadas como mejoramientos para los peatones más que una medida de calmar el tráfico.

2.4.1.- Medidas Verticales

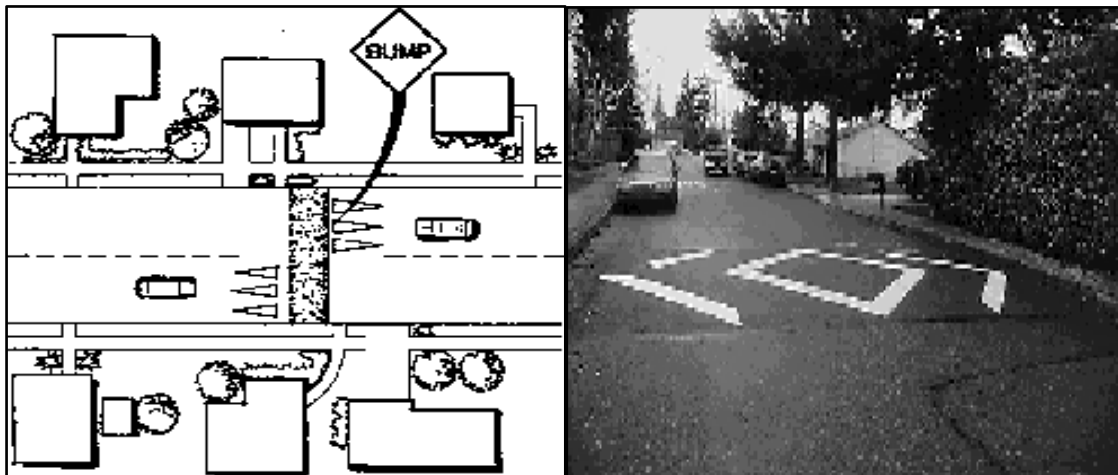
2.4.1.1.- Reductores o Topes de Velocidad

Llamados también Ondulaciones, Resaltos, Rompe muelles, Policía echado, Speed Humps, son áreas redondeadas levantadas ubicadas en frente del camino. En una encuesta por el Monitor Urbano de Transporte, según el ITE, los topes fueron clasificados como la mejor técnica de control de tráfico así como la peor, dependiendo de quién estaba respondiendo.

Mejor, porque no es costoso en relación a otros dispositivos construidos para el mismo fin y es muy efectivo en la reducción de las operaciones de velocidad.

Peor, debido a su estética, paso rugoso, y perceptible compromiso.

FIGURA 2.2.- Reductor o Tope de Velocidad



Fuente.- Traffic Calming of the Practice - ITE.

2.4.1.2.- Topes de Mesa

Los topes mesa son reductores de cabeza plana usualmente construidos con ladrillo u otro material texturado en la parte plana de la sección. Las Mesas de 6.71 metros son usados en varias comunidades, las tablas largas de velocidad están ganado popularidad debido a:

- Mejor estética.
- Paseos más apacibles.
- 85th velocidad percentil.
- Menos demora para vehículos de emergencia.
- Habilidad de servir cruces peatonales levantados.

Algo negativo de estos dispositivos son:

- Costos más altos que los topes, desde algunos cientos a miles de dólares dependiendo del material.
- Velocidad reducida insuficientemente en algunas aplicaciones.

FIGURA 2.3.- Tope de Mesa (Acera Peatonal y Paso Apacible)



Fuente.- Traffic Calming of the Practice - ITE.

2.4.1.3.- Intersecciones Levantadas

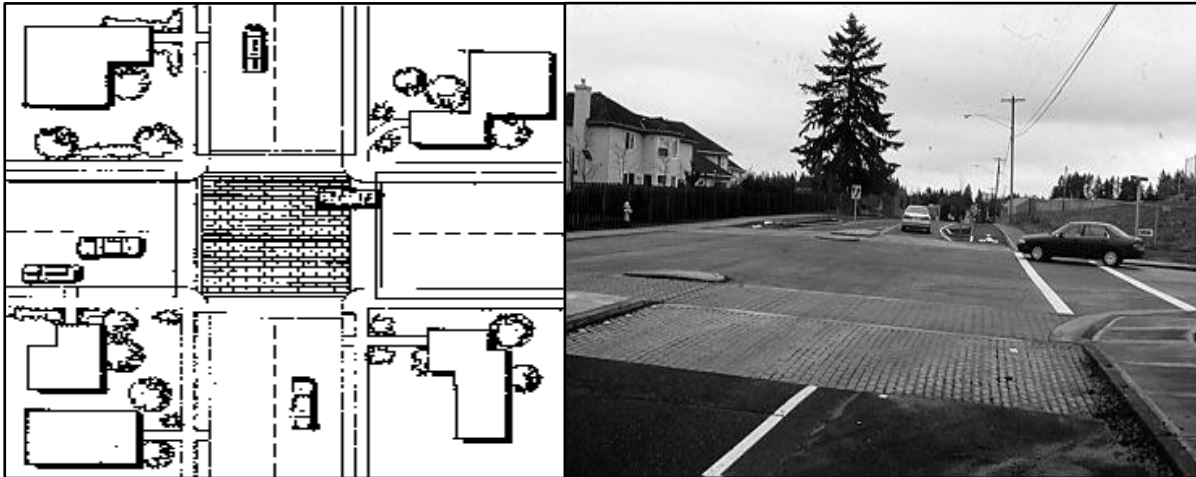
Llamadas también Cruces levantados, Topes en intersección, Plateas, son áreas levantadas cubriendo intersecciones enteras, con rampas en todas las aproximaciones usualmente con ladrillo u otros materiales texturados en la parte plana.

Tienen las siguientes características:

- Usualmente levantadas hasta el nivel de las aceras, o levemente debajo de la acera.

- Realizada en intersecciones enteras, cruces peatonales y todo territorio para transeúntes.
- Son relativamente costosos, lo que priva el uso de este dispositivo.

FIGURA 2.4.- Intersecciones Levantadas



Fuente.- Traffic Calming of the Practice - ITE.

2.4.1.4.- Pavimento Texturado

Son superficies de caminos pavimentados con ladrillo, pavimentos de concreto, asfalto estampado, u otros materiales que producen cambios pequeños en el alineamiento vertical, otras rutas también pueden ser de piedras pero pueden presentar dificultades para peatones y ciclistas, particularmente en condiciones mojadas.

FIGURA 2.5.- Pavimento Texturado



Fuente.- Traffic Calming of the Practice - ITE.

2.4.2.- Medidas Horizontales

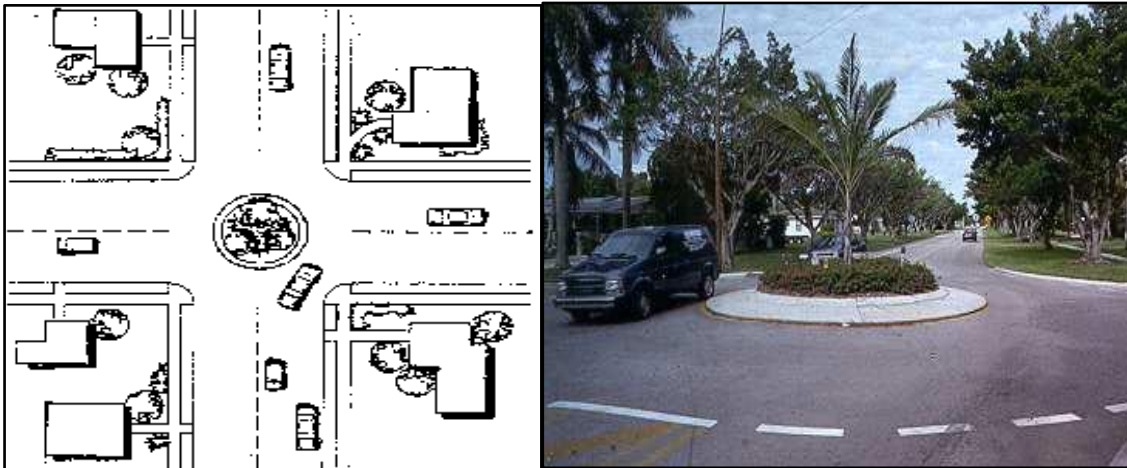
2.4.2.1.- Círculo de Tráfico

Llamados también Rotondas, Islas de intersección. Los círculos de tráfico son islas levantadas, ubicadas en intersecciones, alrededor del cual circula el tráfico.

Tienen las siguientes características:

- Bloquea la recta, de esta manera hace el tráfico lento, en el lugar de una potencial alta de choque a la intersección.
- Usualmente circular en forma, aunque no siempre
- Usualmente un jardín en los centros de la isla, aunque no siempre
- Siempre con anillos externos (llamados protecciones de camión) o formas cónicas (con “labios”) que son montables así que vehículos grandes pueden circunnavegar el radio pequeño de la curva.

FIGURA 2.6.- Círculos de Tráfico

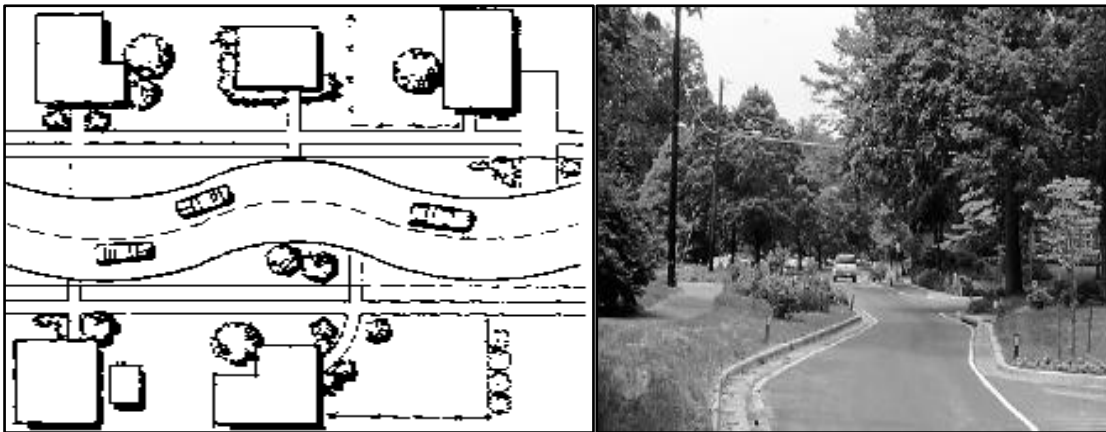


Fuente.- Traffic Calming of the Practice - ITE.

2.4.2.2.- Chicanas

Llamados también Desviaciones, Serpentes, Curvas Reversas. Las chicanas son extensiones curvas que alternan de un lado de la calle al otro formando curvas tipo “S”. Las chicanas son usadas raramente en los EE.UU. por lo menos hasta ahora debido a su relativo alto costo de derecho de paso, el reordenamiento del cordón de acera, y la jardinería ornamental.

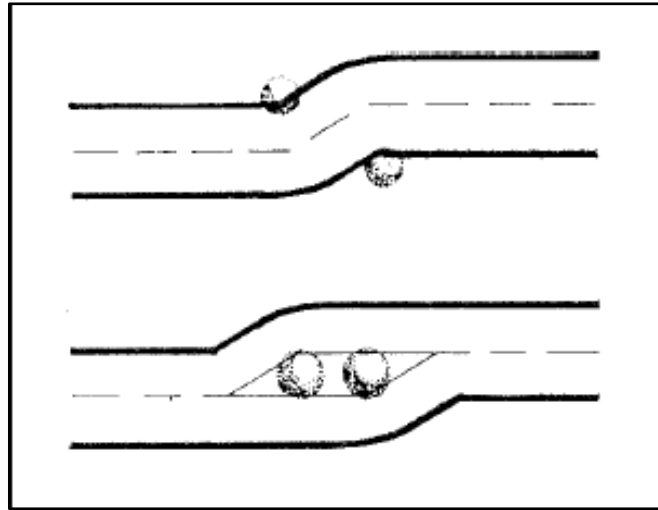
FIGURA 2.7.- Chicanas



Fuente.- Traffic Calming of the Practice - ITE.

2.4.2.3.- Desviaciones Laterales

Son extensiones de bordillos que causa que las líneas de viaje se doblen en una ruta y luego en otra a la dirección original de viaje. Las desviaciones laterales con la correcta inclinación de deflexión, es una de las pocas medidas que ha sido usada en colectores y aun en arterias. Islas centrales han sido añadidas para evitar que los conductores reduzcan distancia viajando por el medio. Para una significativa reducción de velocidad, las desviaciones laterales por lo menos deben tener un ángulo de deflexión mínimo de 45 grados.

FIGURA 2.8.- Desviaciones Laterales

Fuente.- Traffic Calming of the Practice - ITE.

2.4.3.- Medidas de Estrechamiento

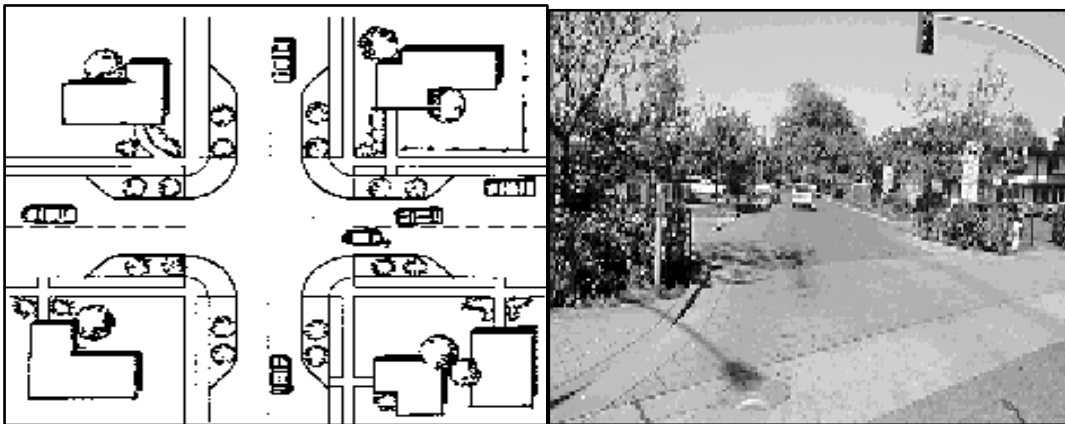
Las medidas de estrechamiento usan la reducción de la calle para permitir la reducción de velocidad. Los estrechamientos están acompañados usualmente por:

- Bajadas de Cuello.
- Islas Centrales de Estrechamiento.
- Gargantillas.

2.4.3.1.- Bajadas de Cuello

Llamadas también Nudillos en Esquinas, Protuberancia de Esquina. Son extensiones de cordones de acera en las intersecciones reduciendo el ancho de la vía con calzadas, ellas están construidas especialmente para que el peatón pueda cruzar la calle seguro. Su efecto en la velocidad de los vehículos es limitado por la ausencia de una desviación pronunciada vertical o deflexión horizontal. De todas maneras su objetivo primario es de peatonalizar las intersecciones.

FIGURA 2.9.- Bajadas de Cuello



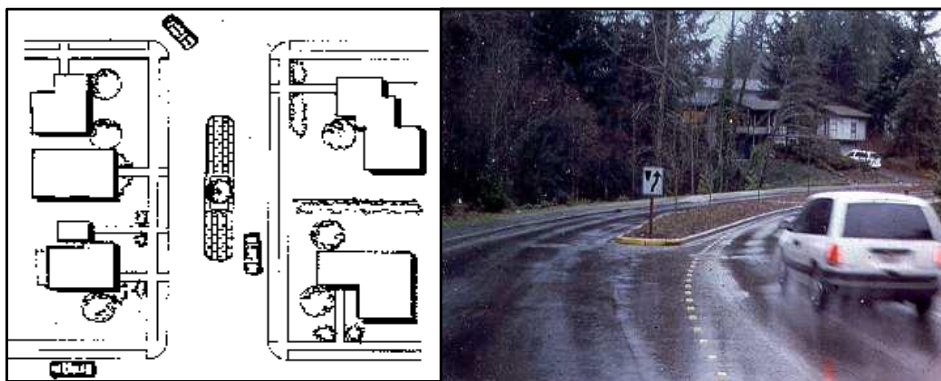
Fuente.- Traffic Calming of the Practice - ITE.

2.4.3.2.- Islas Centrales de Estrechamiento

Llamadas también Islas Centrales Delgadas, Medianeras a media cuadra, refugio para Peatones. Las islas centrales delgadas son elevaciones de islas ubicadas a lo largo del eje de una calle que reduce la calle de una ubicación. Los centros de islas han sido usados efectivamente en las curvas:

- Las velocidades de viaje parecen ser altas cuando una isla medianera está presente en una curva.
- La efectividad de la curva es grande porque los motoristas no pueden romper las esquinas.

FIGURA 2.10.- Islas Centrales de Estrechamiento



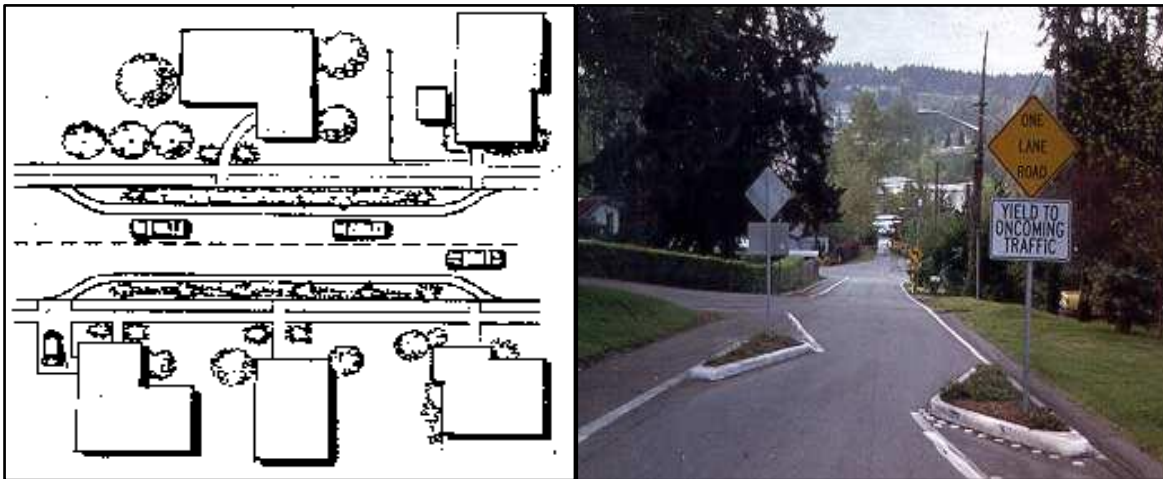
Fuente.- (Traffic Calming of the Practice - ITE).

2.4.3.3.- Gargantillas

Llamadas también Puntos de gota, Media calle ajustada, Extensiones de borde, Puntos de cogida en media cuadra. Las gargantillas son extensiones de cordones de acera en la mitad de una cuadra que estrechan una calle por agrandar la calzada o extendiendo la plantación. Las gargantillas pueden dejar una sección para el cruzado con dos carriles, aunque más angosto que los carriles anteriores, o reducirse solo a una vía.

En las comunidades en las cuales se implementaron gargantillas según las encuestas no tuvieron ningún problema. Puede existir el problema en el cual dos conductores quieran pasar por este dispositivo al mismo tiempo.

FIGURA 2.11.- Gargantillas



Fuente.- Traffic Calming of the Practice - ITE.

3.1. DEFINICIÓN DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD

Los reductores de velocidad constituyen dispositivos colocados sobre la superficie de rodamiento de la vía o demarcados, para obligar a los conductores a disminuir su velocidad de circulación, mediante sobre resalto, vibración, sonido o efecto visual, principalmente con la intención de reducir el riesgo potencial de accidentes de tránsito.

Su efectividad reside en el hecho de crear una aceleración vertical en los vehículos al atravesar los dispositivos, que transmite incomodidad a los conductores y ocupantes cuando se circula a velocidades superiores a las establecidas.

FIGURA 3.1.- Reductor de Velocidad



Fuente.- Elaboración Propia.

3.1. FUNCIÓN DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD

Los reductores de velocidad son los dispositivos fundamentales para la pacificación del tránsito, se emplearán estos dispositivos reductores de velocidad en aquellos tramos de vía en que se justifique su necesidad, previo estudio en el que se haga referencia al tipo de dispositivo a emplear y el tipo de vía sobre la cual se implementará, uso de suelo y aspectos de importancia como la seguridad vial y la consideración de otras medidas de

regulación, a fin de prevenir o atenuar los efectos indeseables que se puedan generar, en el sector de localización y área de influencia, con la inserción del reductor.

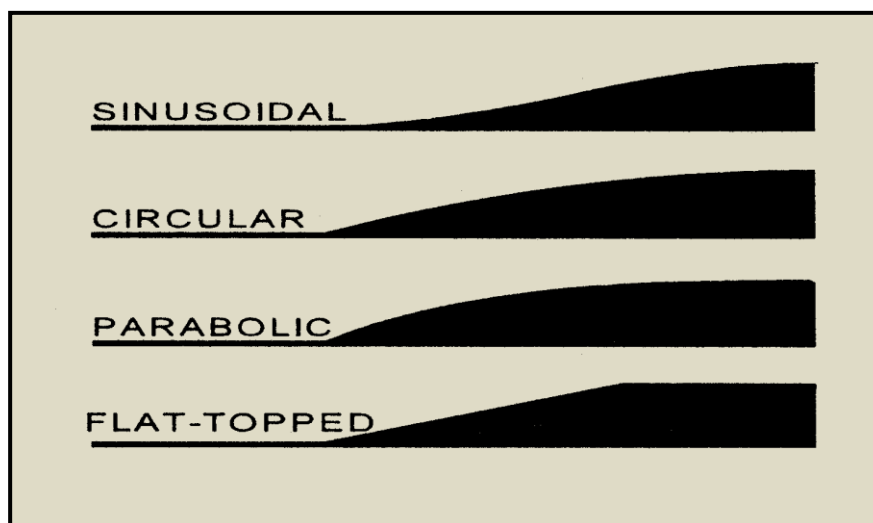
3.3.- CARACTERÍSTICAS DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD

3.3.1.- Formas de perfil de los Reductores de Velocidad

Existen cuatro diferentes formas de perfil:

- ♦ El **perfil parabólico**, es el más común en los EE.UU. y es el recomendado por el ITE.
- ♦ El **perfil circular**, desarrollado en Inglaterra es más plano en el punto de intersección por lo tanto es más apacible.
- ♦ El **perfil Sinusoidal**, desarrollado en los Países Bajos es absolutamente plano en el punto de intersección y es recomendado por la Guía Canadiense para los Vecinos para Calmar el Tráfico.
- ♦ El **perfil Trapezoidal**, (parte superior plana) usada en toda Europa tiene dos cambios abruptos en pendiente y tienen la velocidad de diseño más baja para la misma longitud y altura.

FIGURA 3.2.- Formas de Perfil de Reductor de Velocidad.



Fuente.- Traffic Calming of the Practice – Institute of Transportation Engineers.

En la práctica, las formas exactas de un reductor de velocidad redondeado es dificultoso lograr con asfalto. Es importante que las especificaciones provean una tolerancia ajustada en la altura y forma. Muchas fábricas ahora ofrecen reductores prefabricados que deben permitir uniformar los reductores de velocidad y realizar calles con reductores uniformados.

3.3.2.- Estética de los Reductores de Velocidad

La estética de reductores depende principalmente de la legalidad y de la señalización. La estética también depende de los materiales, no es difícil mejorar usando una superficie corrugada, o tratamiento de pintado.

FIGURA 3.3.- Estética de Reductor de Velocidad (Prefabricado)



Fuente.- Traffic Calming of the Practice – Institute of Transportation Engineers.

3.3.3.- Tipos y Estructuras de los Reductores de Velocidad

Existen diversos tipos de reductores de velocidad, en general por sobre resalto, y se pueden clasificar con base en sus características como:

- ♦ Deflexiones verticales.
- ♦ Deflexiones Horizontales.

En este estudio se describirá el grupo de las deflexiones verticales, que comprende:

- ♦ Resaltos o Lomos, denominados comúnmente “Rompe muelles”.
- ♦ Franjas transversales de alerta o líneas reductoras de velocidad.
- ♦ Bandas sonoras.
- ♦ Tramos estriados o sonorizadores.
- ♦ Reductores de Velocidad Prefabricados.

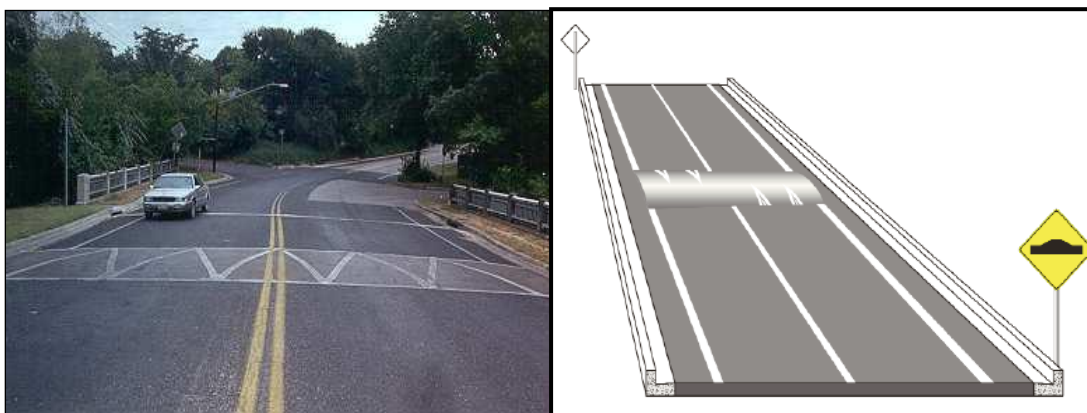
3.3.3.1.- Resaltos o Lomos

También denominados “Rompe muelles”, son ondulaciones transversales a la vía, que se constituyen como una sobre elevación del pavimento que atraviesa la vía total o parcialmente. Son más coercitivos o restrictivos para lograr disminuciones de velocidad e incrementos de la seguridad en pasos de peatones, inmediaciones de instituciones escolares y municipales, y otras zonas particulares, así como la detención total de los vehículos en los casos de estacionamientos.

De ser necesario una mayor restricción de la reducción de velocidad o mantenerla a lo largo de un tramo de la vía, se podrán construir varios resaltos, espaciados a una cierta distancia o combinar este tipo de dispositivo con otros reductores de velocidad.

El uso de los resaltos se recomienda en sitios en donde se presente una alta cifra de accidentes de tránsito y en áreas en los que se requiera la reducción de velocidad.

FIGURA 3.4.- Reductor de Velocidad Tipo Resalto o Lomo. “Rompe muelles”



Fuente.- Manual de Vías de Colombia.

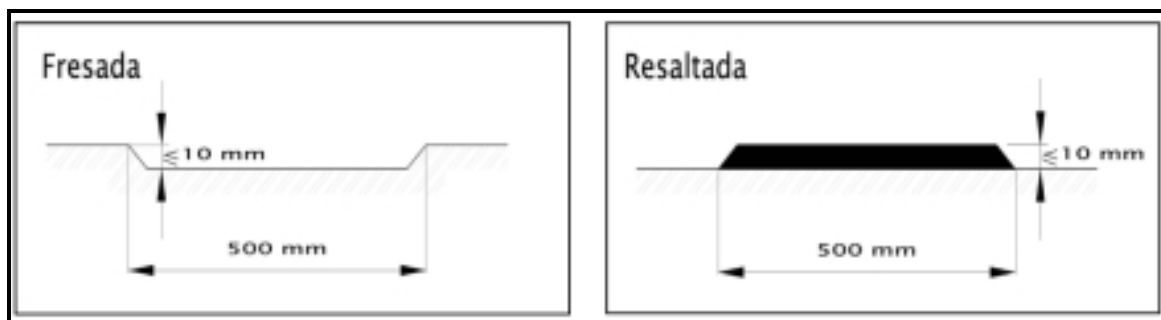
3.3.3.2.- Franjas Transversales de Alerta

También llamadas líneas reductoras de velocidad. Las bandas transversales de alerta BTA son unos dispositivos modificadores de la superficie de rodadura de la calzada, cuyo objetivo es transmitir al conductor la necesidad de extremar la atención en su aproximación a un tramo en el que existe un riesgo vial superior al percibido subjetivamente, empleando para ello la transmisión de vibraciones o ruidos derivados de su acción sobre el sistema de suspensión y amortiguación del vehículo.

Si bien existe gran variedad de dispositivos cuyas características y fines se ajustan al concepto expuesto, las BTA se pueden clasificar en tres grupos:

- ♦ Fresadas.- Quedan por debajo de la rasante del pavimento.
- ♦ Resaltadas.- Quedan por encima de la rasante del pavimento.
- ♦ A nivel.- Con distinta textura a la del pavimento, quedan sensiblemente al mismo nivel que él.

FIGURA 3.5.- Bandas transversales de alerta BTA.



Fuente.- Manual Venezolano de Dispositivos uniformes para el control de Tránsito.

Dado que el efecto que se pretende con las BTA no es provocar fuertes reducciones de velocidad sino incrementar la atención de los conductores que circulan sobre ellas, no parece necesario que se preavisen: ellas mismas son preaviso de otro peligro, sobre el que el conductor debe centrar la atención.

Los materiales empleados en la construcción de las bandas deberán tener una calidad suficiente para garantizar su estabilidad, unión al pavimento, indeformabilidad y durabilidad.

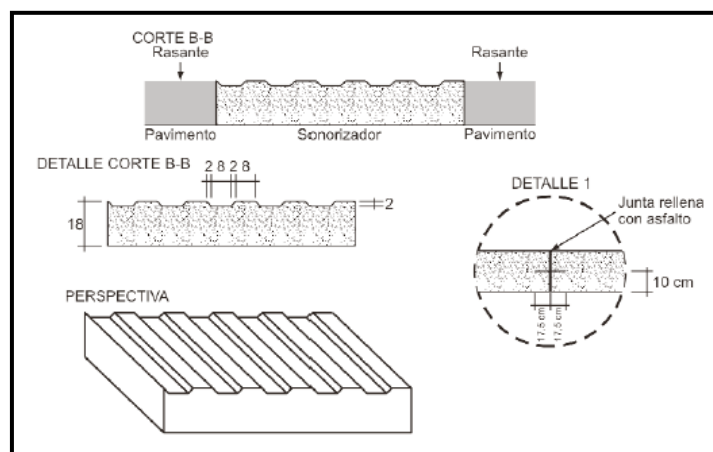
Se emplean, entre otros, lechadas bituminosas, mezclas de resinas con áridos, tacos o bandas de caucho, y materiales asfálticos.

3.3.3.3.- Bandas Sonoras

Son dispositivos fabricados con aglomerados o estoperoles (botones), sujetos al piso mediante el uso de pinturas epoxicas, resinas, plásticos de dos componentes, entre otros que causan vibración y ruido, lo cual eventualmente transmite una pequeña molestia al conductor del vehículo, que le induce a reducir la velocidad.

La altura de las bandas sonoras determinará el nivel de impacto en los conductores, por lo cual se establecerá de acuerdo con el nivel de restricción que se quiera obtener, en todo caso no deberá sobresalir del pavimento más de 3 cm.

FIGURA 3.6.- Bandas Sonoras.



Fuente.- Manual Venezolano de Dispositivos uniformes para el control de Tránsito.

Deberán ser colocadas en todo el ancho de la calzada, por parejas de bandas de 0.50 m. de largo, espaciadas entre si 1m. dichas parejas están separadas como se muestra en la Figura 3.6. Para generar en el conductor un efecto sonoro de aceleración del vehículo, que lo

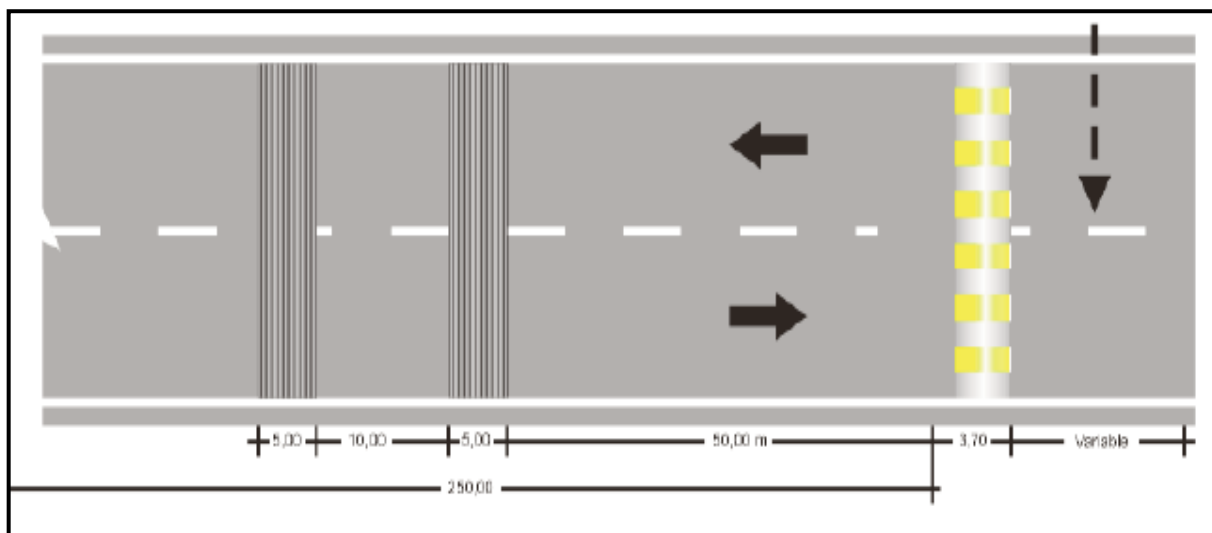
induzca a reducir la velocidad de operación. Su uso deberá ser esencialmente en vías no urbanas.

3.3.3.4.- Tramos Estriados o Sonorizadores

Un tramo o sonorizador es un dispositivo reductor constituido por franjas rugosas constituidas en concreto, termoplástico, asfalto entre otros, y a nivel de la rasante de la vía, que causa vibración del vehículo y ruido, lo cual eventualmente puede ser percibido por el conductor hace que este preste más atención al manejo, disminuya la velocidad y atienda las señales.

Su función es inducir a los conductores a reducir la velocidad de operación, en sitios en donde existen riesgos de accidentalidad. Deben ser complementados con la señalización vertical y la demarcación indicada para resaltos.

FIGURA 3.7.- Tramos Estriados o Sonorizadores



Fuente.- Manual Venezolano de Dispositivos uniformes para el control de Tránsito.

Se recomienda su uso en casos de pendientes acentuadas, en carreteras a las entradas a zonas urbanas, en la aproximación a curvas peligrosas, etc. No deberá usarse en zonas residenciales y frente a hospitales, áreas de trabajo, zonas escolares y bibliotecas, debido al alto grado de vibración y de ruido que generan.

Estos dispositivos deberán estar constituidos en todo el ancho de la calzada y estarán compuestos por dos segmentos de 5 m. de largo espaciados entre sí de 10m.

3.3.3.5.- Reductores de Velocidad Prefabricados

Los reductores de velocidad prefabricados RVP son unas piezas modulares con forma normalmente abombada que se utilizan como resalte en el firme para mantener una reducción de la velocidad que se haya conseguido previamente por otros medios.

El cambio de rasante provoca una aceleración vertical tanto de las masas suspendidas como de las no suspendida del vehículo, en un grado que depende del perfil del reductor, de las características del vehículo y de la velocidad, lo que genera incomodidad a los usuarios del vehículo y ruido, de modo que el conductor opta por reducir la velocidad para circular sobre ellos.

En el contexto de los criterios de diseño de los RVP, se consideran las siguientes ubicaciones:

- ♦ En travesías (zona urbana).
- ♦ En calles (zona urbana).

No se considera la implantación de estos dispositivos en carretera (zona interurbana), ya que no se consideran apropiados por las elevadas velocidades de circulación; la reducción de velocidad en entornos interurbanos se deberá realizar por medio de otros dispositivos. Constituye un caso excepcional la utilización de RVP en carreteras en obras, como medio para asegurar el mantenimiento de una velocidad reducida.

Existen RVP de diferentes alturas (0.03, 0.05 y 0.07 m. como más habituales), de varios anchos (desde 0.25 m hasta 1.20 m) y de distintos materiales según los fabricantes (goma natural, PVC reciclado, etc.).

El modo de sujeción a la capa de rodadura se suele hacer mediante tornillos o bien con adhesivos químicos. Para hacerlos más visibles se suelen buscar contrastes (amarillo y

negro, rojo y blanco, etc.), a veces tienen elementos retro reflectantes y algunos fabricantes tienen diseños con características antideslizantes.

Los RVP se podrán colocar, con las limitaciones establecidas en estas recomendaciones, en los siguientes emplazamientos:

- ♦ Calles o travesías según la definición dada a estos tramos por la normativa a aplicar en cada administración.
- ♦ A la entrada de las zonas residenciales.
- ♦ En las zonas de obras; en este caso se recomienda la utilización de BTA para avisar de la necesidad de reducir la velocidad antes de llegar al tramo donde se hayan instalado los RVP.

FIGURA 3.8.- Reductores de Velocidad Prefabricados



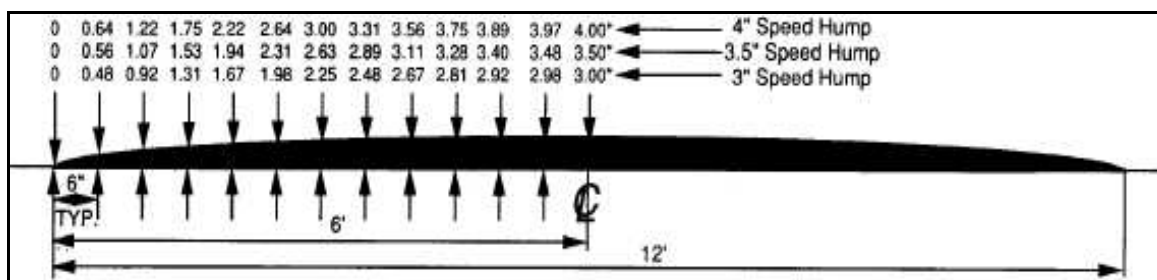
Fuente.- Manual Venezolano de Dispositivos uniformes para el control de Tránsito.

3.4.- DESARROLLO Y EXPERIENCIA DE LOS REDUCTORES

Los reductores de velocidad fueron desarrollados al comienzo de los 1970 por el Laboratorio de Investigación de Transporte y vías “Transport and Road Research Laboratory (TRRL)” en gran bretaña. El TRRL primero ensayo varias medidas y formas de reductores y varios tipos de vehículos operados sobre un rango de velocidades. El TRRL

dirigió varios ensayos sobre 15 reductores de diferentes dimensiones, entre los rangos de 0.0508 m ancho por 0.0127 m de alto a 3.66 m ancho por 0.1524 m alto (Clement 1983). El TRRL encontró que los 3.66 m de ancho y 0.1016 m de alto es el tamaño ideal y fue recomendado para su uso.

FIGURA 3.9.- Dimensiones Estándar para Reductores de Velocidad Parabólicos (4-in., 3.5-in. y 3 in.)



Fuente.- Traffic Calming of the Practice – Institute of Transportation Engineers.

Desde entonces, los reductores han sido testeados extensivamente en Europa como en Australia, Nueva Zelanda, los Estados Unidos y otros países. La Administración Federal de vías de Estados Unidos también desarrollo la prueba en los caminos en San Luis en 1979. Sobre estas bases ellos recomendaron proseguir con pruebas sobre calles públicas. Un emergente número de ciudades de Estados Unidos y Canadá han empezado a usar reductores basadas en esta investigación y experiencia. Por ejemplo, en noviembre 1983, un subcomité del comité de control de elementos de control de tráfico hizo público un reporte con el uso prudente de reductores sobre calles públicas.

Los resultados de las investigaciones y ensayos pueden ser generalmente sintetizados como sigue:

- Las velocidades de tráfico se reducen en los reductores y en las ubicaciones en donde los reductores sucesivos están ubicados apropiadamente espaciados. Las velocidades de los conductores que transitan a una velocidad mayor son afectadas de la misma manera que aquellos conductores promedio. La distribución de la

velocidad generalmente se estrecha con el gran efecto en las velocidades grandes del vehículo.

- Un solo reductor sólo actuará como un punto de control de velocidad. Para reducir velocidades a través de una calle extensa, una serie de reductores usualmente es necesario.
- Los reductores a menudo desvían el tráfico a otras calles, especialmente en aquellas situaciones donde una significativa cantidad de tráfico está usando la calle como atajo, desvió o rebosador de una arteria o colectora de vía. Las reducciones también son afectadas por el número y espaciamiento de los reductores y la disponibilidad de rutas alternas.
- Las modificaciones en velocidad y volumen causadas por reductores tienden a permanecer constantes con el tiempo.
- Los reductores no han sido encontrados como un peligro de seguridad de tráfico cuando se diseñan apropiadamente y se instalan en ubicaciones apropiadas. A decir verdad, la experiencia de los accidentes generalmente permanecen estables o disminuyen debido a los reductores de velocidad y los volúmenes de tránsito, de esta manera mejorando la seguridad inherente de la calle en particular o la zona residencial.
- Si los reductores son exitosos en reducir las velocidades, es probable un pequeño cambio de velocidad en la red de la vía o posiblemente una reducción en niveles de ruido. El ruido del tráfico generalmente decrece con pocos vehículos y las velocidades más bajas en general, pero el ruido puede aumentar en el reductor, particularmente si una importante cantidad de camiones usan la calle.
- Adecuada señalización y marcado de cada reductor es esencial para proteger conductores de la presencia de topes y guías para su subsiguiente acción.
- Una necesidad para reducir las velocidades en los reductores tienden a tener un impacto negativo en la calidad de aire y el consumo de energía asumiendo que los volúmenes de tráfico permanezcan constantes. Para propósitos de comparación, este impacto es típicamente menos que los efectos de la instalación de una luz de stop (señal de pare).

- Camiones grandes, autobuses y vehículos de emergencia que deben pasar por los topes a una velocidad relativamente baja o recibirán sacudidas significantes, creando una no confortabilidad o lesiones a los ocupantes, y movimientos en la carga pueden ser experimentados. Los reductores han sido usados para disuadir a camiones y vehículos de alto tonelaje para usar calles especiales.
- La mayoría de residentes de calles locales normalmente respaldan la instalación de los reductores de velocidad y aprueban su uso persistente.
- También debe ser notado que la instalación de algunos reductores en los Estados Unidos y otros países han sido fallidos y modificados en última instancia retirados.

Los factores que han influido en su retiro han incluido lo siguiente:

- ❖ La insatisfacción de los residentes con el diseño de reductor del TRRL por su incapacidad observada al disminuir dramáticamente la velocidad de vehículos o no reducir el volumen de tráfico a un nivel deseado.
- ❖ Decisiones de políticas locales a favor de la circulación de tráfico sobre los compromisos de la calidad de vida de los residentes.
- ❖ Tráfico no deseado disecionado a otras calles residenciales.
- ❖ Estética de los reductores, señales y marcas asociadas.
- ❖ Incremento en el nivel del ruido en las casas causada por el vehículo al pasar sobre un reductor, aceleración y desaceleración.
- ❖ Impacto en el mantenimiento de calles tales como el barrido y el recojo de nieve.
- ❖ Impactos en el incremento de reclamo de daños y demandas judiciales.
- ❖ Limitada financiamiento para la instalación inicial o costos de mantenimientos continuos de los reductores y los elementos de control de tráfico.

3.5.- REDUCTOR DE VELOCIDAD ÚNICO DISPOSITIVO RECOMENDADO POR EL ITE

Los reductores son utilizados en todos los Estados Unidos, Europa, Australia, América y otros países. La falta de la orientación uniforme y la investigación exhaustiva sobre el criterio individual han resultado en instalaciones de tipos de joroba que constituyeron diseños malos y una coordinación impropia con la geometría del camino, elección mala de materiales de construcción o ausencia de señales y marcas. La seguridad de topes y su habilidad de llevar a cabo su función, está directamente relacionado con su apropiado diseño y aplicación. Cuando se determina que existe un problema en una residencia de manejo de tráfico, y que los reductores son una apropiada técnica para reducir o eliminar el problema, El ITE pronunció practicas recomendadas para establecer las pautas a nivel local adoptadas para el diseño y la aplicación de aquellas características geométricas.

Mientras se planifica una transportación apropiada, diseño de subdivisión y diseño de calle residencial son los métodos más eficaces para evitar los problemas de tráfico residenciales, objetivos no son siempre alcanzables. Donde los problemas existen, los programas de dirección de tráfico han sido demostrados con éxito como las estrategias eficaces para abordar la seguridad residencial y los asuntos de calidad de vida. Se queda, sin embargo, una tarea estimulante de la ingeniería, los puntos de vista políticos e institucionales. Las estrategias de dirección de tráfico empleadas para abordar las incumbencias de tráfico residenciales en general pueden ser atribuidas a cuatro categorías básicas:

- Establecer y hacer cumplir leyes generales y ordenanzas.
- Educar a residentes y automovilistas.
- Instalación de dispositivos de control de tráfico.
- Característica de diseño geométrico de vía.

Solucionar los problemas de tráfico residenciales a menudo involucra un enfoque que emplea todas estas estrategias. El programa de dirección de tráfico final para cualquier área

debe ser desarrollada sobre una base de caso por caso que usa un criterio de ingeniería conforme a las regulaciones locales y ordenanzas.

El ITE ha reconocido la necesidad para suministrar a profesionales de transporte y jefes de comunidad con las estrategias y las técnicas para crear las relaciones compatibles entre vecindarios residenciales y calles. En un intento de abordar esa necesidad, el instituto ha desarrollado el diseño de calle residencial y el control de tráfico.

El ITE suministra pautas para el diseño y la aplicación de reductores, que es proveer guías para el diseño y la aplicación de los reductores, los cuales son requeridos para controlar la velocidad del tráfico vehicular por una vía.

Los reductores han sido encontrados efectivos en la reducción de velocidades de vehículos sin crear accidentes o incrementando las tasas de accidentes, en todos los lugares en donde se diseñaron e instalaron con el apropiado planeamiento y revisión de ingeniería, a decir verdad, algunos estudios han concluido que la instalación de los reductores en la actualidad han reducido los accidentes en las calles residenciales. También, el ITE no encontró ninguna evidencia en la revisión del material e informes anteriores indicando que el apropiado diseño e instalación de los reductores han causado o contribuido a los accidentes o el incremento de accidentes.

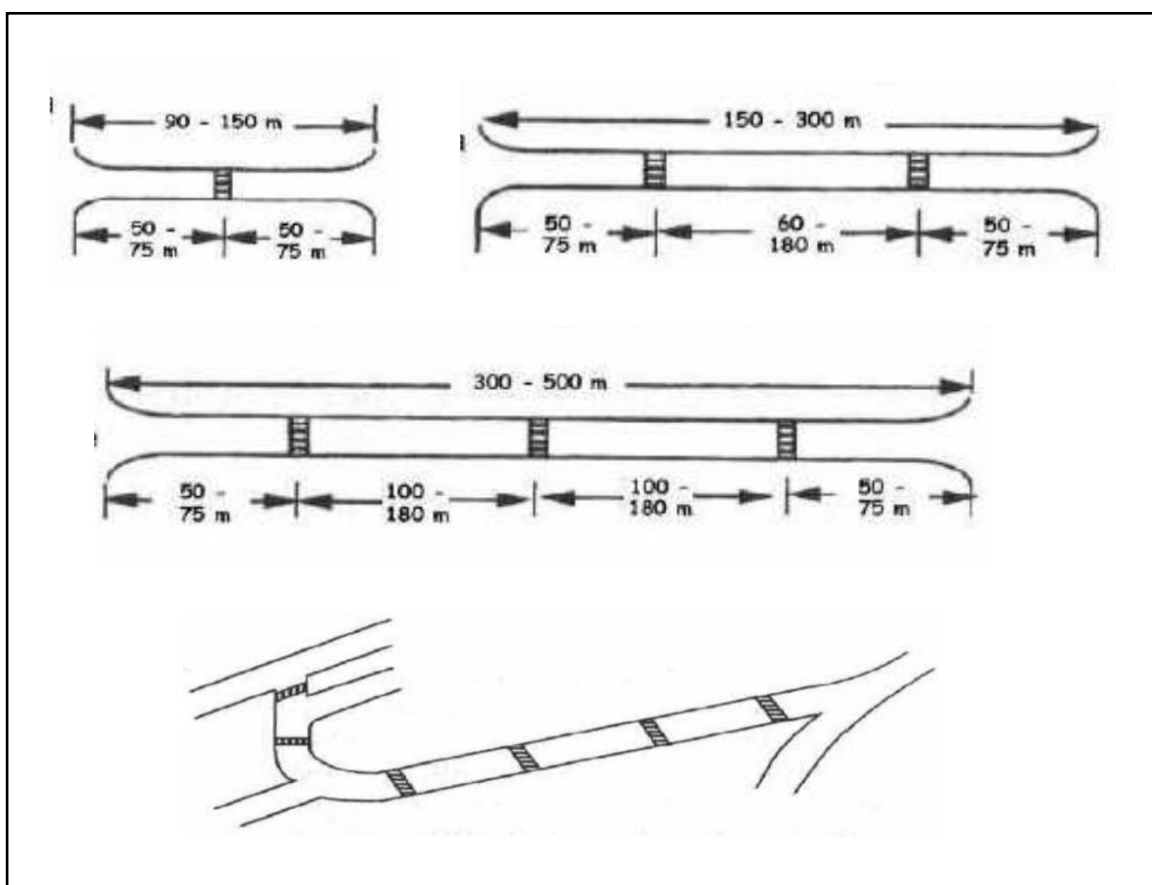
3.6.- ESPACIAMIENTOS ENTRE REDUCTORES DE VELOCIDAD

Espaciamiento según la experiencia por el ITE, las comunidades se centraron proveyendo informes antes y después datos de velocidad y distancias de espaciamentos entre reductores en 58 calles, como se muestra en el apéndice B del libro “State of the Practice ITE”, los datos indican que la velocidad se incrementa aproximadamente de 0,80 km/h a 1,61 km/h por cada 30.48 metros de separación para reductores espaciando arriba de 300 metros.

Los lineamientos para determinar el número y la ubicación de los reductores para varias longitudes en tramos de calles se ilustran en la Figura siguiente, siendo éstos:

- En una sola cuadra de corta longitud (90 a 150 m) donde son raros los problemas para controlar la velocidad.
- En tramos de moderada longitud (150 a 300 m) se considera adecuada la colocación de dos topes.
- En cuadras de larga longitud (300 a 500 m) son necesarios tres o más reductores.
- En tramos largos continuos o en tramos compuestos de varias cuadras, es necesario separar los reductores de 120 a 180 m aunque pueden separarse hasta los 220 m. Se debe instalar al menos un reductor por cuadra en un tramo de control. La experiencia indica que si se construyen topes en cuadras menores a 60 m, disponer un reductor en cada cuadra es excesivo, teniendo que buscar una separación más adecuada.

FIGURA 3.10.- Espaciamiento recomendados según la longitud de vía.



Fuente.- Traffic Calming of the Practice – Institute of Transportation Engineers.

Por otro lado, el Laboratorio de investigación de Vías de Transporte (TRRL) de Gran Bretaña considera a la velocidad que antes de la construcción del reductor es muy significativa al momento de determinar los resultados de las velocidades antes de instalar un reductor. La Tabla N°1 siguiente muestra el espaciamiento estimado requerido para alcanzar una velocidad deseada, una vez sean instalados los dispositivos. Sin embargo, los valores de esta tabla, muestran valores promedio de reducción de velocidad, pero las condiciones pueden variar de sitio a sitio, por lo que se recomienda analizar las condiciones particulares del lugar al momento de decidir instalar un resalto, teniendo siempre el objetivo de reducción de la velocidad media y del percentil 85%.

TABLA 3.1.- Separación estimada de resaltos para alcanzar reducción promedio de velocidades después de su instalación.

VELOCIDAD DE PASO DEL PRIMER TOPE (km/h)	ESPACIAMIENTO (m)						
	20	40	60	80	100	120	140
	VELOCIDADES DE OPERACIÓN ENTRE TOPES (km/h)						
32	21	22	24	26	29	31	32
40	24	26	27	29	32	34	35
48	27	29	31	32	35	37	39
56	31	32	34	35	39	40	42

Fuente.- Laboratorio de Investigación de Vías y Transportes de Gran Bretaña.

3.7.- PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD

3.7.1.- Materiales de Construcción

La construcción de un reductor de velocidad puede ser de concreto prefabricado o colocado en el sitio, de asfalto y de adoquín de concreto o cerámico. Los materiales suaves tienden a deformar la cima de los reductores de velocidad en el sentido del tránsito.

Las características de los materiales, en lo que corresponda, deberán estar acorde a las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras.

El tipo, número y la profundidad de los estudios para determinar la efectividad de los reductores de velocidad varían de acuerdo a las circunstancias de cada situación. Sin embargo, debe de hacerse una revisión después de la instalación para asegurar que el reductor de velocidad logre los resultados deseados sin crear problemas inesperados.

3.7.1.1.- Reductor de Velocidad de Concreto Asfáltico

En construcción del reductor de velocidad de concreto asfáltico se aplicará una impregnación bituminosa o riego de la liga para la adherencia en el pavimento existente. La obtención de la forma requerida será mediante plantillas de madera o metal. Una vez obtenida la forma apropiada, debidamente compactada, se agregará gravilla para incrementar la rugosidad.

3.7.1.2.- Reductor de Velocidad de Concreto Portland

En el caso de los reductores de velocidad de concreto portland debe realizar el corte y retiro del pavimento existente y luego escavar.

3.7.1.3.- Reductor de Velocidad Prefabricado

Para los reductores de velocidad de caucho u otro material, éstos podrán ser prefabricados y serán instalados de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante.

3.7.2.- Visibilidad y Demarcación

El reductor de velocidad debe ser permanentemente visible, por lo tanto debe ubicarse cercano a un poste de iluminación. Si este último no existe, debe instalarse uno junto al reductor de velocidad o deberá contar con la señalización y demarcación apropiada que permita fácilmente su ubicación.

Para permitir una apropiada percepción del reductor de velocidad durante el día, la noche y ante cualquier circunstancia, se recomienda una buena señalización.

3.7.3.- Señalización

Siempre debe advertirse a los conductores la presencia del reductor de velocidad en la vía utilizando para ello la señal preventiva, esta señal preventiva debe ubicarse como mínimo a sesenta metros (60 metros) antes del reductor de velocidad para advertir al conductor la proximidad a una protuberancia transversal en la superficie de la vía, que puede causar daños o desplazamientos peligrosos o incontrolables del vehículo, dicha señal deberá complementarse con una señal informática reglamentaria (Velocidad Máxima) que indique la distancia al reductor de velocidad.

De igual manera, el diseñador deberá tener en cuenta la señalización en la zona de aproximación con la finalidad de que el vehículo llegue con la velocidad esperada.

La señalización recomendada para avisar a los usuarios de la vía, la presencia de este tipo de elementos, se muestra a continuación.

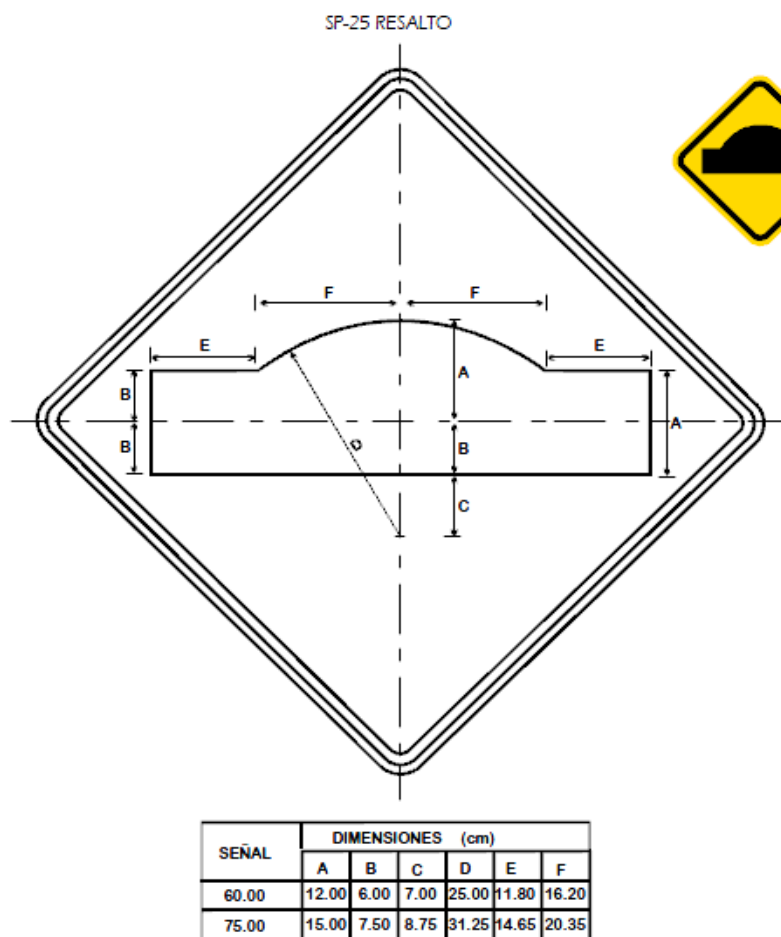
FIGURA 3.11.- Señalización Vertical Preventiva recomendada para Reductor de Velocidad.



Fuente.- Manual de Señalización Vial Colombia.

Sus dimensiones de esta señal preventiva son:

FIGURA 3.12.- Señalización Vertical Preventiva dimensiones recomendadas para Reductor de Velocidad.



Fuente.- Manual de Señalización Vial Colombia.

FIGURA 3.13.- Señalización Vertical Informativa Reglamentaria recomendada para Reductor de Velocidad.

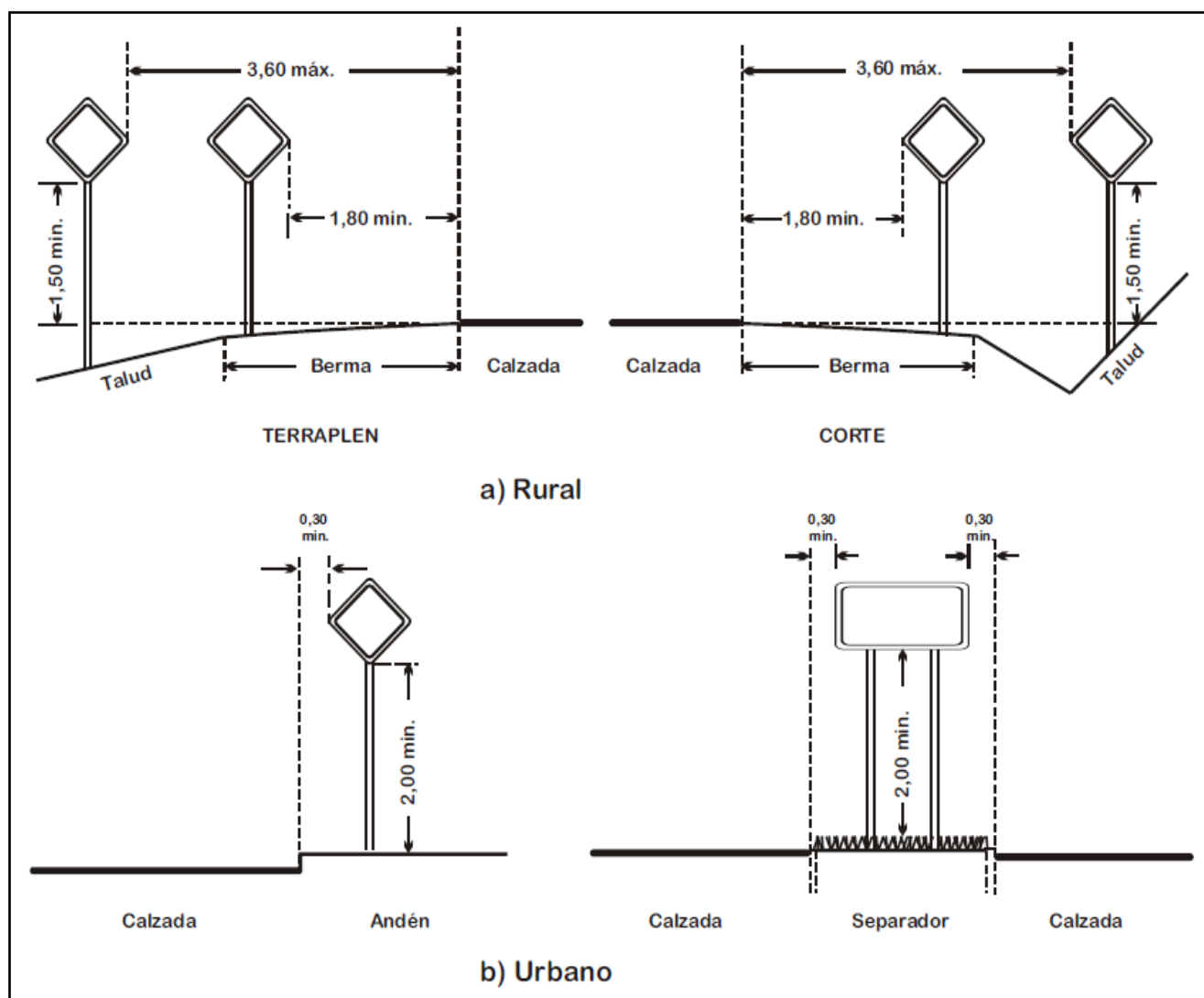


Fuente.- Manual de Señalización Vial Colombia.

Esta señal se empleara para notificar la velocidad máxima a la que se puede circular (velocidad de operación), expresada en múltiplos de 10 y en kilómetros por hora (km/h). Para disminuir gradualmente la velocidad de circulación, una vez se va acercando al reductor de velocidad.

3.7.3.1.- Ubicación de la Señal Vertical Lateral

FIGURA 3.14.- Señalización Vertical Informativa Reglamentaria recomendada.



Fuente.- Manual de Señalización Vial Colombia.

Todas las señales se colocarán al lado derecho de la vía, teniendo en cuenta el sentido de circulación del tránsito, de forma tal que el plano frontal de la señal y el eje de la vía formen un ángulo comprendido entre 85 y 90 grados, con el fin de permitir una óptima visibilidad al usuario. No obstante, y con el fin de complementar la señalización, en vías multicarril se podrá colocar en los dos lados de la vía; así mismo de no existir completa visibilidad del lado derecho es permitido colocar una señal adicional a la izquierda.

En carreteras, la distancia de la señal medida desde su extremo interior hasta el borde del pavimento, deberá estar comprendida entre 1,80 m y 3,60 m. En las zonas urbanas serán instaladas de tal forma que la distancia de la señal medida desde su extremo más sobresaliente hasta el borde del andén no sea menor de 0,30 m.

Para las señales elevadas los soportes verticales que sostienen la señal, se instalarán a una distancia mínima desde el borde exterior de la berma, o de la cara exterior del sardinel, en el caso de existir éste, de 1,80 m en zonas urbanas y de 2,20 m en carretera .

Cuando se proyecten soportes verticales intermedios, estos pueden localizarse en un separador siempre y cuando su ancho sea suficiente para que el soporte vertical deje distancias laterales no menores de 0,60 m.

3.7.3.2.- Ubicación de la Señal Vertical Longitudinal

En la sección correspondiente a cada una de las clases de señales verticales, se definen los criterios para la colocación de éstas a lo largo de la vía.

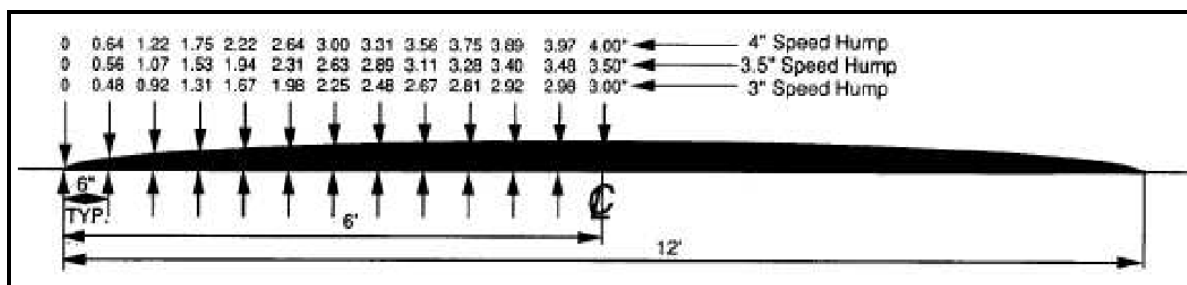
En condiciones especiales, en donde no exista la distancia suficiente que permita colocar dos señales verticales individuales separadas, se podrán adosar dos tableros de señales verticales en un solo poste. En este caso, la distancia mínima será el equivalente, en metros (m), a la velocidad de operación de la vía en kilómetros por hora (km/h).

Señalización recomendada por la dirección General de Caminos y Ferrocarriles de Perú, reductor de sección de circular y virtual: será pintado con franjas diagonales alternadas, de color negro y amarillo, de cincuenta (0.50) metros de ancho, y con inclinación de cuarenta y cinco grados (45°) hacia ambos lados respecto al eje del camino, abarcando todo el ancho del reductor, para que se vea visible en cualquier sentido del tránsito vehicular.

3.7.4.- Diseño y Construcción

Dimensiones y sección transversal. La figura muestra el reductor de velocidad parabólico (probado en Inglaterra) más ampliamente utilizado en las calles residenciales tipo (con alturas de 0.0762, 0.0899, y 0.1016 m de alto). Los reductores de velocidad de 0.0762 m originan velocidades de 30 a 40 km/h en el reductor y los de 0.1016 m, de 25 a 30 km/h. Los reductores de velocidad no deben exceder de 0.10 m de alto. Cuando se espera el paso de un porcentaje significativo de camiones, buses y otros vehículos pesados, es recomendable tener reductores de 0.0762 m.

FIGURA 3.18.- Reductor de Velocidad Típico.

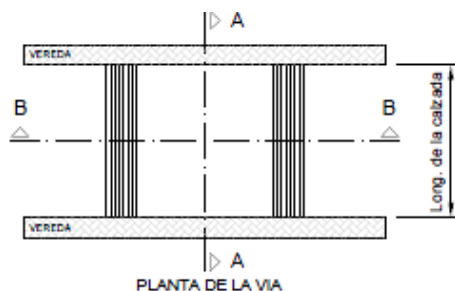


Fuente.- Traffic Engineers Speed Humps.

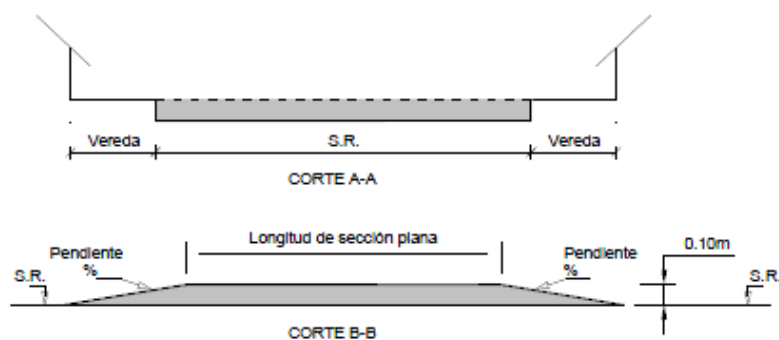
Se recomienda que se construya una plantilla para verificar la precisión del perfil del reductor de velocidad para asegurar que las dimensiones están dentro de los límites de tolerancia (0.01 m o menos, procurando que no exceda los 0.10 m de alto). Si el reductor se construye en el sitio, se recomienda que se excave en los extremos inclinados para prevenir deslizamientos como se muestra en la figura siguiente:

FIGURA 3.19.- Planos Constructivos de Reductores de Velocidad

1.- Planta Típica



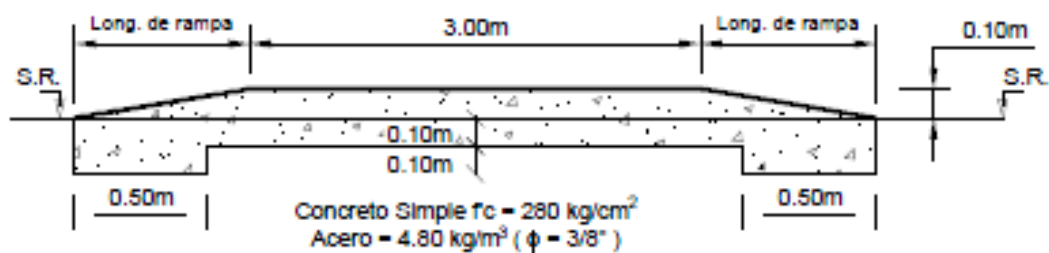
2.- Dimensionamiento



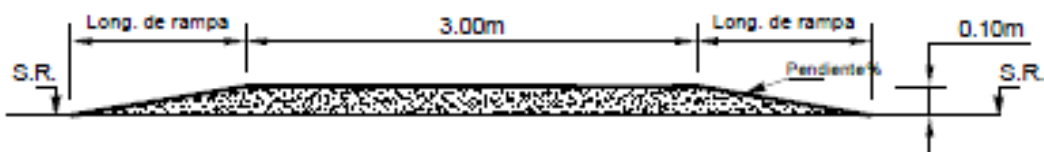
Fuente.- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Perú.

FIGURA 3.20.- Planos Constructivos de Reductores de Velocidad 1

Concreto Portland

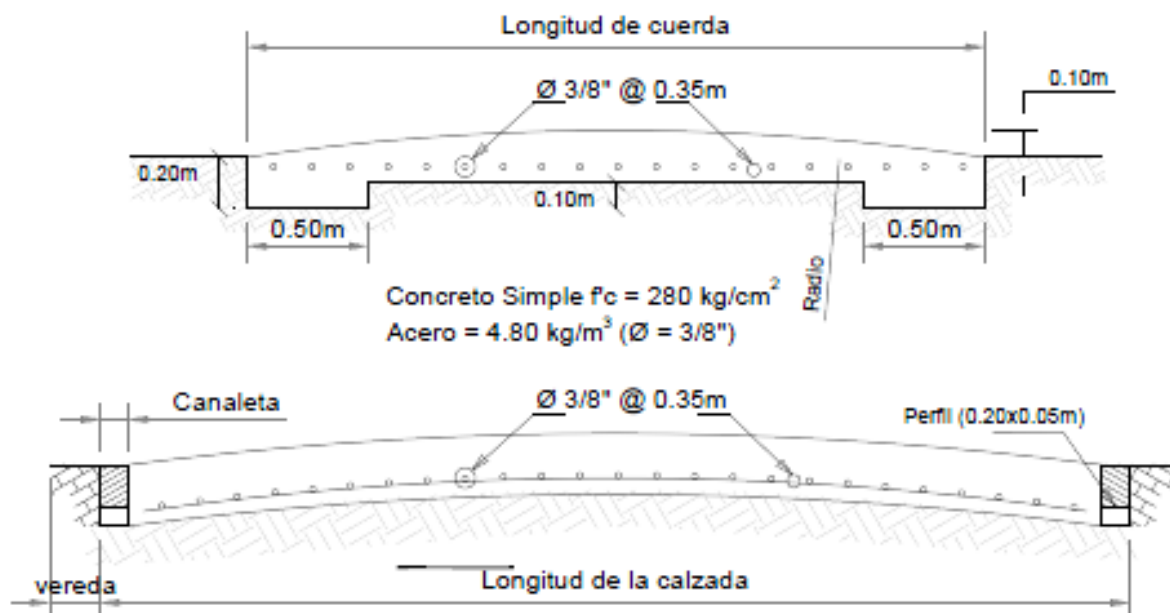


Concreto Asfáltico:



Fuente: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Perú.

FIGURA 3.21.- Detalle de Refuerzo del Reductor de Velocidad de Hormigón Armado



Fuente.- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Perú.

3.8.- PATRONES SOBRE USO DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD

Se deben tomar las consideraciones principales y criterios para el uso o no uso de los reductores. Lo siguiente resume las recomendaciones principales de la ITE.

- Un estudio de ingeniería de tráfico, incluyendo las consideraciones de medidas de control de tráfico alternativas, debe preceder a cualquier instalación.
- Los reductores deben ser solo instalados en lugares donde existen 2 carriles, con menos de 3000 vehículos por día, con una velocidad determinada de 48.28 km/h (30 mph) o menos.
- La ubicación de los reductores debe ser directamente coordinada con la geometría de la calle y pendiente.
- La ubicación de los reductores no deben ser instalados en calles con significantes cantidades de vehículos de emergencia, vehículos militares, vehículos largos. En la decisión de instalarlos, se deben tomar en cuenta las motocicletas, bicicletas y otros

tipos de vehículos especiales que utilizan la calle, considerando los impactos que pueden los reductores, así como su diseño y aplicación.

- Un documento de soporte de la mayoría de los residentes debe ser obtenidos antes de cualquiera instalación.

3.9.- DISEÑO Y CONSIDERACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Una vez que la decisión ha sido tomada para utilizar reductores en un programa de dirección de tráfico en residencias, se deben identificar un diseño esencial y consideraciones de construcción. Los que estarán en discusión serán:

- Medir y realizar secciones para el recomendado reductor parabólico (3.66 metros longitud, con un centro elevado de 0.0762 a 0.1016 metros).
- Relacionar el espaciamiento entre reductores y el impacto entre las velocidades de los vehículos.
- Coordinar con dispositivos de control de tráfico, alumbrado de calles, drenaje, utilidades y parqueos en las calles.
- Tratamiento de extremos de reductores para calles rectas y curvadas.
- Señales y marcas de complemento.
- Materiales de construcción y procedimientos.

3.10.- MONITOREO Y EVALUACIÓN

Se deben realizar actividades de monitores y los procesos de evaluación necesaria para comprender el impacto y la eficacia del uso del reductor. Que son los siguientes:

- La necesidad de realizar observaciones en el lugar después de la instalación.
- Estudios de continuación para evaluar las velocidades, la obediencia a la señal de pare, determinación de tiempos de viaje, accidentes potenciales y opiniones de residentes y conductores.
- El ruido, vibración y análisis de calidad del aire en áreas sensibles de ambientes.
- El impacto positivo o negativo en los peatones, bicicletas y actividades sociales.

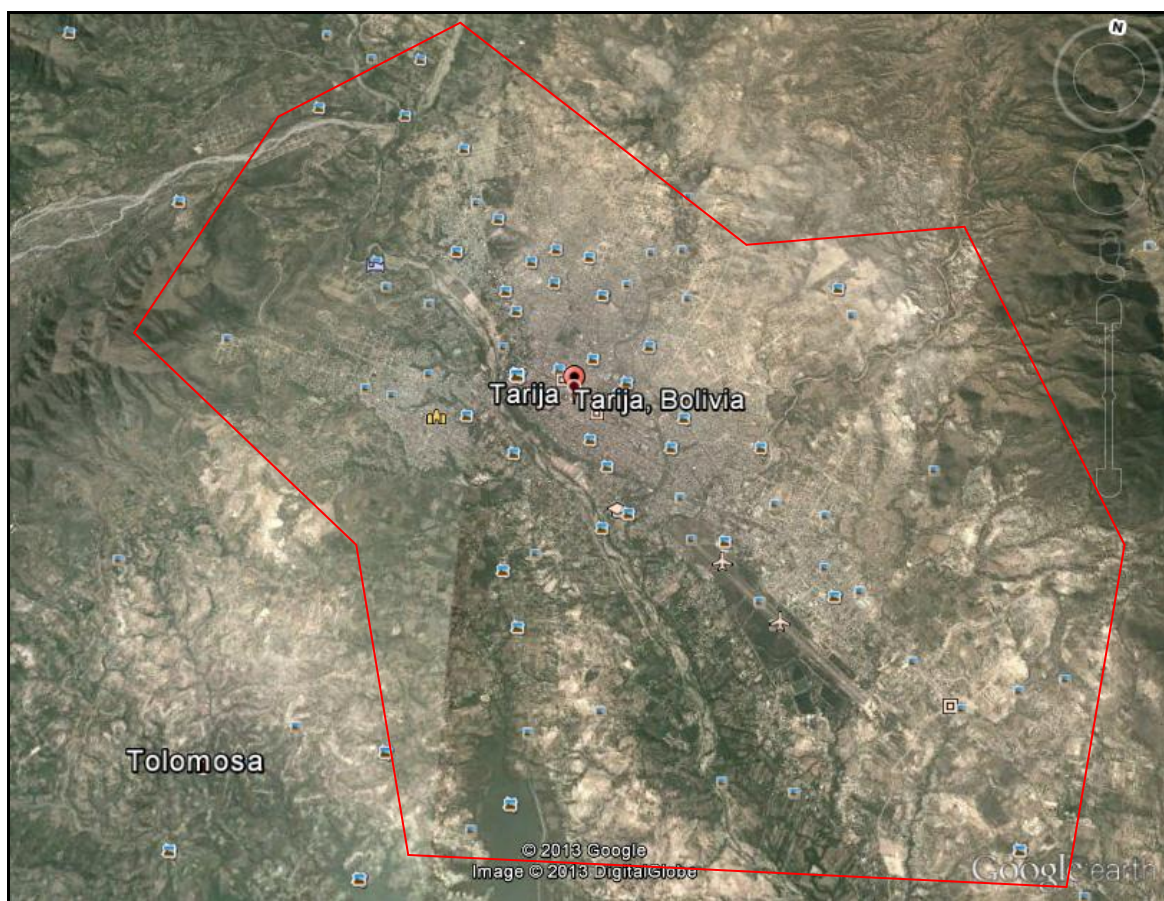
- La posibilidad de un análisis de costos de usuarios para determinar la contribución económica sobre el tráfico.

4.1.- UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El sistema para desarrollar este proyecto en la aplicación y evaluación de los reductores de velocidad es mediante recolección de datos en sitio.

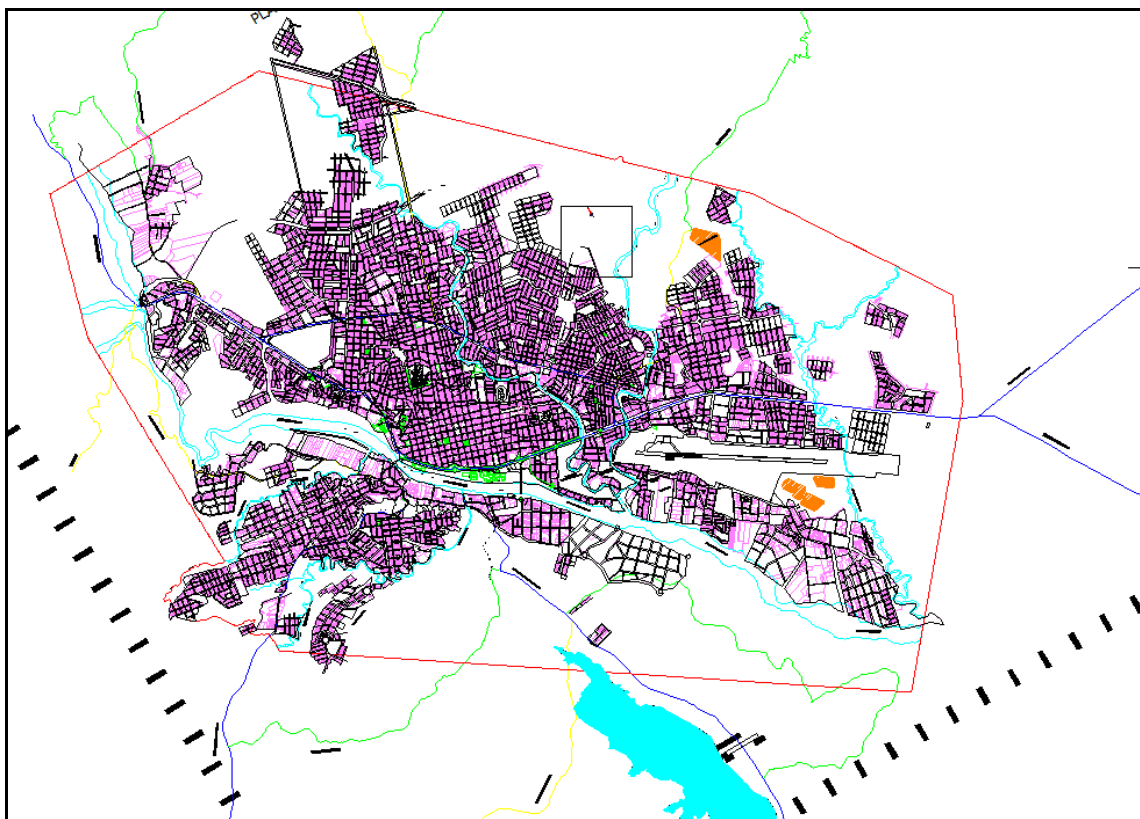
El área de estudio se encuentra ubicada en toda de la ciudad de Tarija perteneciente a la Provincia Cercado, más concretamente aplicado a toda el Área Urbana.

FIGURA 4.1.- Foto Satelital Área Urbana Ciudad de Tarija



Fuente.- Elaboración Propia - Google Earth Pro 4.2.

FIGURA 4.2.- Ubicación Plano Área Urbana de la Ciudad de Tarija



Fuente.- Elaboración Propia.

4.2.- CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Antes de proceder a la cuantificación de información de dispositivos, es necesario contar con la información necesaria de la zona de estudio para ello disponemos con un plano del área específico de la Ciudad de Tarija y para luego determinar lo mencionado anteriormente de forma ordenada y correcta. De los cuales se tomaron los siguientes datos definidos en la Tabla 4.1, datos y cálculos **Anexo I**:

TABLA 4.1.- Datos tomados para la cuantificación de los reductores de velocidad de la ciudad de Tarija.

Nro.	DATOS
1	BASE
2	ALTURA
3	UBICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL LUGAR
4	NÚMERO DE CARRILES
5	ANCHO DE VIA
6	PENDIENTE DE LA CALLE %
7	DISTANCIA ENTRE REDUCTORES
8	DISTANCIA AL BORDILLO
9	DISTANCIA A LA SEÑAL VERTICAL DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD
10	MATERIAL DEL DISPOSITIVO
11	MATERIAL DE LA VIA

Fuente.- (Elaboración Propia).

4.2.1.- Ubicación y Clasificación del Lugar

Según la toma de datos de cada uno de los reductores se determinó que la mayor cantidad de reductores de velocidad están ubicados próximos a áreas correspondientes a Unidades Educativas teniendo un 41,00%, seguido de reductores que se ubican en avenidas con un 31,4%, teniendo porcentajes reducidos para los demás usos.

También se evidenció que los reductores están ubicados en calles locales, y como así también en vías principales, aunque no se puede negar que en áreas escolares existe congestionamiento en horas de ingreso y salida de estudiantes, con lo cual se torna la movilidad de motorizados más dificultosa con la presencia de los reductores, datos y cálculos *Anexo II*.

FIGURA 4.3.- Ubicación y Clasificación de las diferentes Zonas donde están ubicados los Reductores de Velocidad.





Mercados: Mercado Abasto del Campesino



Universidad: U.P. Domingo Savio



Iglesias: Iglesia Tercera Orden Franciscana



Parques: Parque Infantil Oscar Alfaro



Estación Policial: E.P.I. Senac



Centro Salud: Centro Salud San Luis

Fuente.- Elaboración Propia.

4.2.2.- Número y Ancho de Carriles

Se puede decir que según el ITE los reductores deben utilizarse sólo en calles con no más de dos carriles de circulación o donde el ancho del pavimento es no mayor de 12 m. Además, el pavimento debe tener buena calidad de su superficie y bombeo.

En el caso de que los anchos de calles sean mayores de 12 m. pueden ser candidatas para colocar Reductores de Velocidad si mantienen sólo dos carriles de circulación.

Para la medición de ancho de carril se utilizó una cinta métrica, que se extendió de acera a acera, haciendo coincidir la parte superior del reductor para garantizar que se estaba mensurando transversalmente a la vía y de esta manera obtener el ancho de carril.

Según el inventario realizado se tiene que un 96.28% de anchos de carriles están dentro del margen de los 12 metros y un 3.72% de los carriles están por arriba de los 12 metros, datos y cálculos. *Anexo II.*

FIGURA 4.4.- Medición de Ancho de Carril



Fuente.- Elaboración Propia.

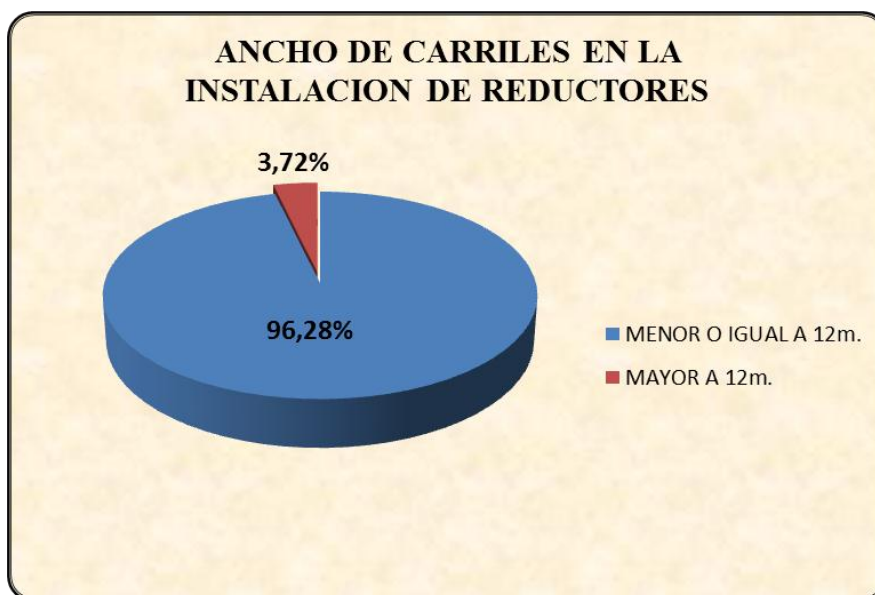
Con estos valores según la Grafica 4.1, se puede señalar que un 96.28% de las vías en estudio son aptas para la instalación de estos dispositivos.

TABLA 4.2.- Ancho de Carriles.

DETALLE DE ANCHO DE REDUCTOR	NUMERO DE UNIDADES	PORCENTAJE %
MENOR O IGUAL A 12m.	181	96,28
MAYOR A 12m.	7	3,72

Fuente: Elaboración Propia.

GRÁFICA 4.1.- Ancho de Carriles.



Fuente.- Elaboración Propia.

El material que predomina en las vías es el asfalto. Se tiene también o se puede evidenciar que el material empleado para la construcción de los reductores y que predomina en su totalidad al 100% del inventario es el asfalto no se encontró otro tipo de material.

FIGURA 4.5.- Materiales encontrados en la construcción de Vías y Reductores.



Fuente: Elaboración Propia.

4.2.3.- Pendiente de las Calles

Para la medición de la pendiente se utilizó un GPS (Garmin), equipo que nos ayudó a medir alturas de nivel de la superficie del suelo una distancia horizontal del dispositivo (Reductor de velocidad) a la esquina del más alejada del manzano, Figura 4.6, procesando estos datos obtuvimos la pendiente en porcentaje, para su posterior evaluación, datos y cálculos. **Anexo II.**

FIGURA 4.6.- Medición de la Pendiente de la Calle con GPS.



Fuente.- Elaboración Propia.

Según ITE los reductores normalmente deben considerarse solo para utilizarse en las calles con pendientes 8% o menores en las aproximaciones al reductor.

Cuando se instalan en calles con una pendiente descendente significa, debe tenerse extremo cuidado para asegurar que los vehículos no lleguen a una velocidad excesiva. Cuando el clima como la lluvia es considerable, debe llevarse a cabo un análisis especial cuando se presentan pendientes mayores a las del rango indicado.

Con los datos obtenidos en campo según la Tabla 4.3, se determinó que un porcentaje del 99.47 % cumplen con la condición de estar por debajo del 8% de pendiente teniendo un solo dispositivo con pendiente mayor al 8%.

TABLA 4.3.- Pendientes de los Reductores.

DETALLE DE PENDIENTE DE CALLE	NUMERO DE UNIDADES	PORCENTAJE %
MENOR O IGUAL AL 8%.	187	99,47
MAYOR AL 8%.	1	0,53

Fuente.- (Elaboración Propia).

GRÁFICA 4.2.- Porcentaje de Pendientes de las Calles.



Fuente.- Elaboración Propia.

4.2.4.- Propiedades Geométricas de los Reductores de Velocidad

La determinación de las propiedades geométricas de los reductores estará básicamente enmarcada en la sección transversal de estos que comprenderá en su altura y ancho, datos y cálculos. **Anexo II.**

FIGURA 4.7.- Mensura de Ancho y Alto del Reductor.

Fuente.- Elaboración Propia.

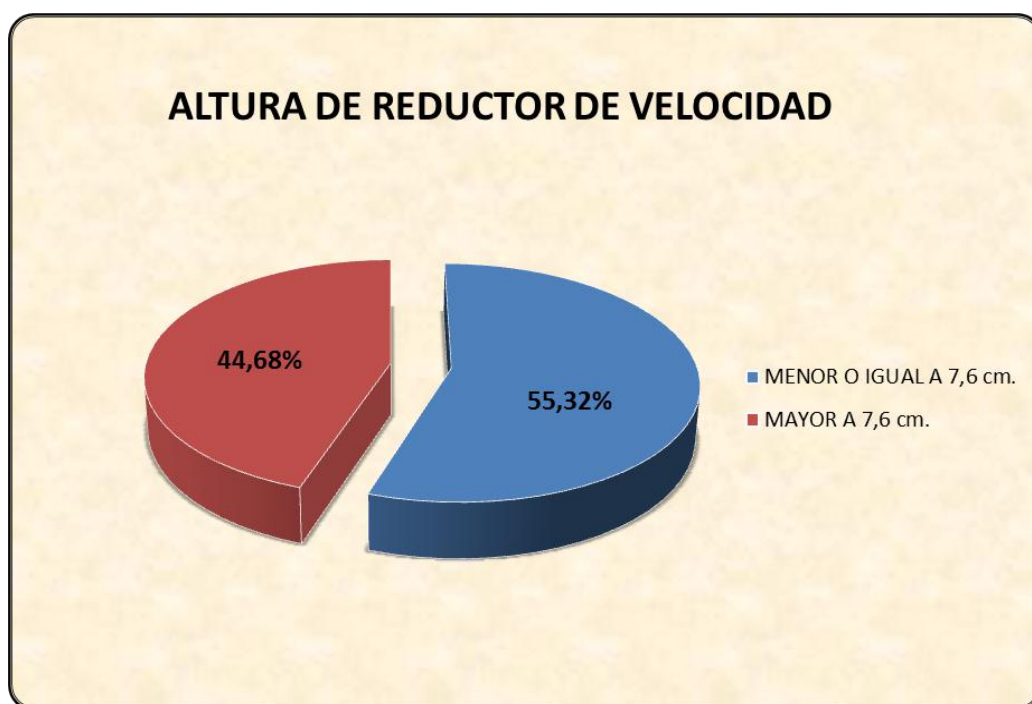
Según el ITE el reductor recomendado debe tener un ancho 3.66 metros, y un alto que está entre 0.0762, 0.0899, 0.1016 metros de altura, siendo el más recomendado el de 0.0762 metros, ya que según la experiencia del ITE el de 0.1016 metros, produce mucho malestar al conductor y a los pasajeros del motorizado que pasa por el reductor.

TABLA 4.4.- Altura de los Reductores.

DETALLE DE ALTURA DE REDUCTOR	NÚMERO DE UNIDADES	PORCENTAJE %
MENOR O IGUAL A 7,6 cm.	104	55,32
MAYOR A 7,6 cm.	84	44,68

Fuente: Elaboración Propia.

GRÁFICA 4.3.- Porcentaje de Altura de Reductores



Fuente.- Elaboración Propia.

Según la Gráfica 4.3, sólo el 55.32% de los reductores tiene una altura menor a 0.0762 m que es la altura más cómoda determinada por el ITE, las alturas recomendadas por el ITE hasta entre 0.0762 y 0.0899 metros.

La mayoría de los reductores así como el 44.68% (mayores a 0.0762 metros) tienden a ocasionar una incomodidad al conductor de un motorizado y pasajeros al pasar por este dispositivo.

Ninguno de los reductores en estudio cumple con el ancho de 3.66 metros recomendado por el ITE. Se tiene una predominancia de un ancho de reductor de (3 - 3.5) metros. Tabla 4.5.

TABLA 4.5.- Ancho de los Reductores.

ANCHO DE REDUCTORES	NÚMERO DE DISPOSITIVOS	PORCENTAJE %
ANCHO REDUCTOR (3 - 3,5)m.	65	34,57
ANCHO REDUCTOR (1 - 3)m.	61	32,45
ANCHO REDUCTOR (≤ 1)m.	62	32,98

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.5.- Geometría en las Vías en donde están ubicados los Reductores de Velocidad

Una gran parte de los reductores de velocidad inventariados están ubicados en tramos rectos, como ser avenidas, calles principales e intersecciones. Observándose muy pocos en tramos curvos.

FIGURA 4.8.- Vías, Ubicación de Reductores de Velocidad



Fuente.- Elaboración Propia.

4.3.- INVENTARIO DE ELEMENTOS REDUCTORES DE VELOCIDAD EN ÁREA DE ESTUDIO

Se realizó el inventario de los reductores (rompe muelles) existentes en la ciudad de Tarija, se abarco al menos más de un 90% de estos dispositivos, de los cuales se tomaron los siguientes datos definidos en la Tabla 4.1 ya mencionada anteriormente.

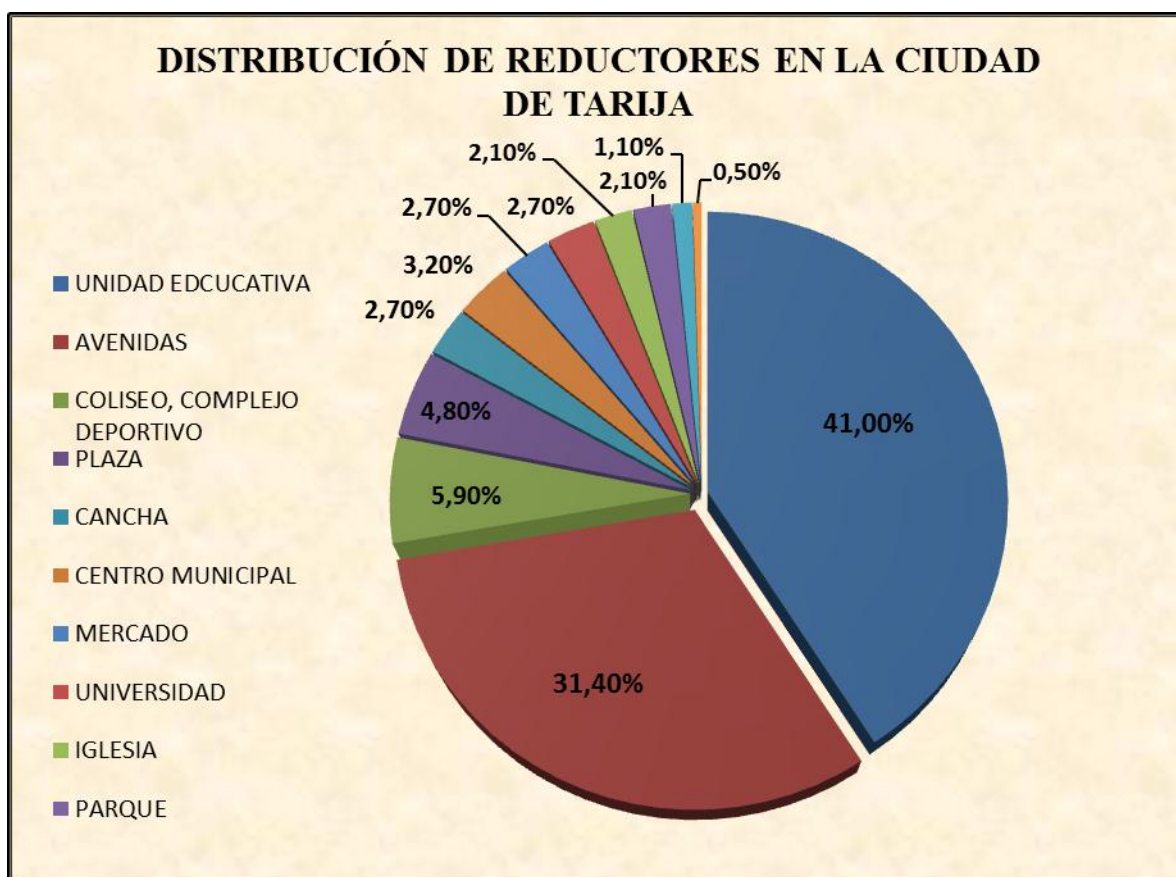
Una vez realizada el inventariado de realizo la siguiente distribución de los reductores ubicados en distintas áreas de la ciudad de Tarija, Tabla 4.7:

TABLA 4.6.- Distribución de Reductores en la Ciudad de Tarija.

UBICACIÓN DE REDUCTORES	NÚMERO	PORCENTAJE (%)
UNIDAD EDUCATIVA	77	41,0
AVENIDAS	59	31,4
COLISEO, COMPLEJO DEPORTIVO	11	5,9
PLAZA	9	4,8
CANCHA	5	2,7
CENTRO MUNICIPAL	6	3,2
MERCADO	5	2,7
UNIVERSIDAD	5	2,7
IGLESIA	4	2,1
PARQUE	4	2,1
ESTACIÓN POLICIAL	2	1,1
HOSPITAL O CENTRO DE SALUD	1	0,5
TOTAL	188	100,0

Fuente.- Elaboración Propia.

GRÁFICA 4.4.- Distribución de Reductores en la Ciudad de Tarija.



Fuente.- Elaboración Propia.

Se encontró otro tipo de dispositivo que reduce de alguna manera la velocidad en las calles se denominan comúnmente como “tetones” el cual está referenciado en el inventario realizado. Además se localizaron los denominados “sonorizadores” en tres lugares en un mismo punto de la ciudad.

Se inventariaron 188 dispositivos de los cuales 186 corresponden a los reductores que están en estudio, Tabla 4.7, los cuales están identificados en el plano de la ciudad de Tarija, y en tablas determinando todas las características antes mencionadas y correspondiente imagen de ubicación. **Anexo I.**

TABLA 4.7.- Resumen de los Dispositivos Inventariados en la Ciudad de Tarija.

DISPOSITIVOS INVENTARIADOS	
ROMPE MUELLES	184
TETONES	1
SONORIZADORES	3
TOTAL	188

Fuente: Elaboración Propia.

4.4.- ENCUESTAS CON RESPECTO A LA ACEPTACIÓN E INCIDENCIA DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD

Cuando los reductores se instalan en respuesta a las solicitudes de la comunidad, la mayoría de los residentes de la calle deben apoyar su instalación.

**FIGURA 4.9.- Encuesta a los a los Conductores y Vecinos que cuentan con la implementación de los
Reductores de Velocidad.**



Fuente: Elaboración Propia.

Se encuestó a 200 personas, de las cuales 103 son conductores y 97 peatones, del total de encuestados un 5% no está de acuerdo con la implementación de estos dispositivos. Ver Tabla 4.8, datos y cálculos **Anexo II**.

TABLA 4.8.- Utilización de Reductores de Velocidad

UTILIZACION REDUCTOR	NUMERO DE UNIDADES	PORCENTAJE %
SI	190	95,00
NO	10	5,00
TOTAL	200	100

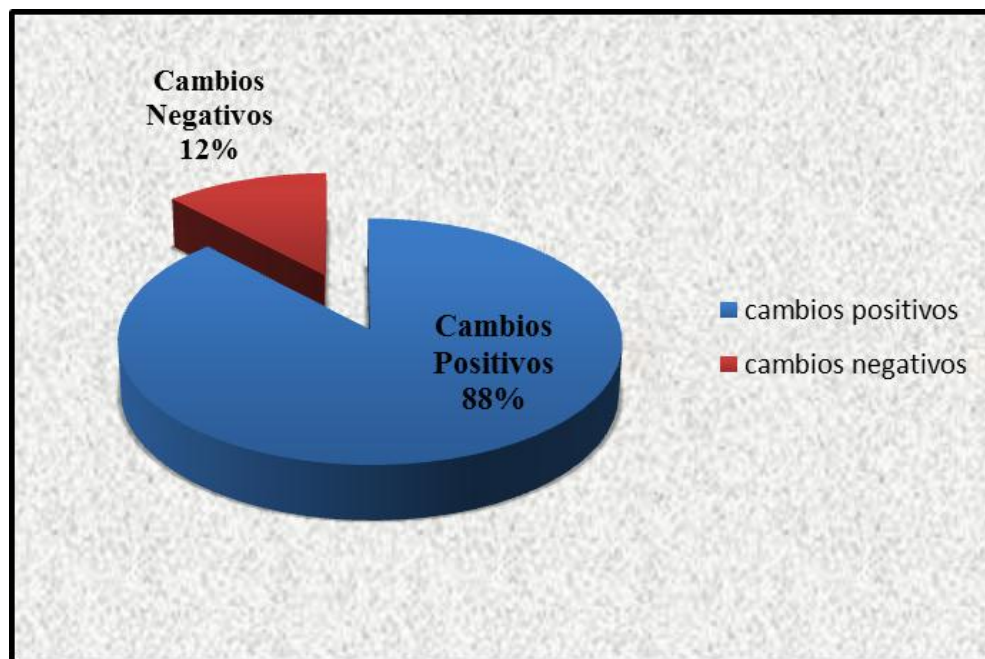
Fuente.- Elaboración Propia.

Se preguntó si se percibió algún cambio con la instalación de este dispositivo, tuvimos las siguientes respuestas que se catalogaron en la Gráfica 4.5:

- | | | |
|------------------------------|---|--------------------|
| - Reducción de Accidentes. | } | Cambios Positivos. |
| - Se redujo la Velocidad. | | |
| - Seguridad Peatonal. | | |
| - Existieron más Accidentes. | } | Cambios Negativos. |

De esta manera se puede resumir que un 88% de personas encuestadas está plenamente de acuerdo con la utilización de los reductores.

GRÁFICA 4.5.- Encuesta ¿Qué tipos de cambios ocurrieron con la implementación de reductores?



Fuente.- Elaboración Propia.

Las mejoras que propondrían para un mejor servicio de los reductores de velocidad son los siguientes, Grafica 4.6:

- Mantenimiento.
- Mayor señalización.
- Pintado.

Mantenimiento.

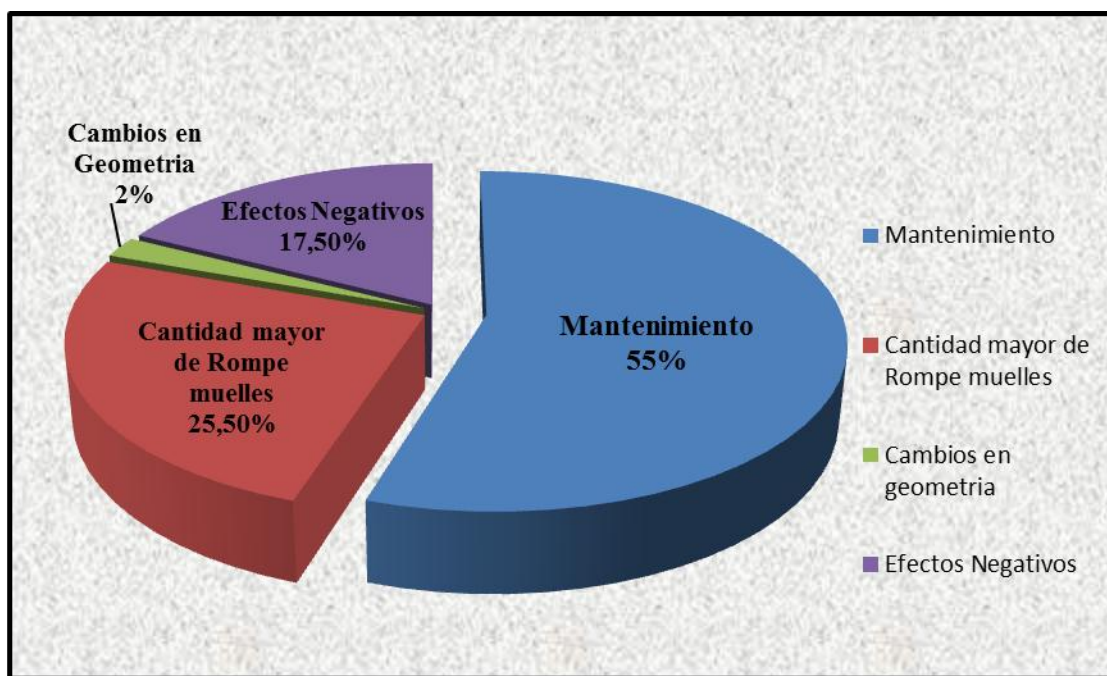
- Cantidad mayor de rompe muelles.
- Modificación de rompe muelles.
- Retiro, eliminación de rompe muelles.
- Traslado de rompe muelles.

Cantidad mayor de rompe muelles.

Cambios en Geometría.

Efectos Negativos.

GRÁFICA 4.6.- Encuesta ¿Qué mejoras propondrían con la implementación de Reductores de Velocidad?

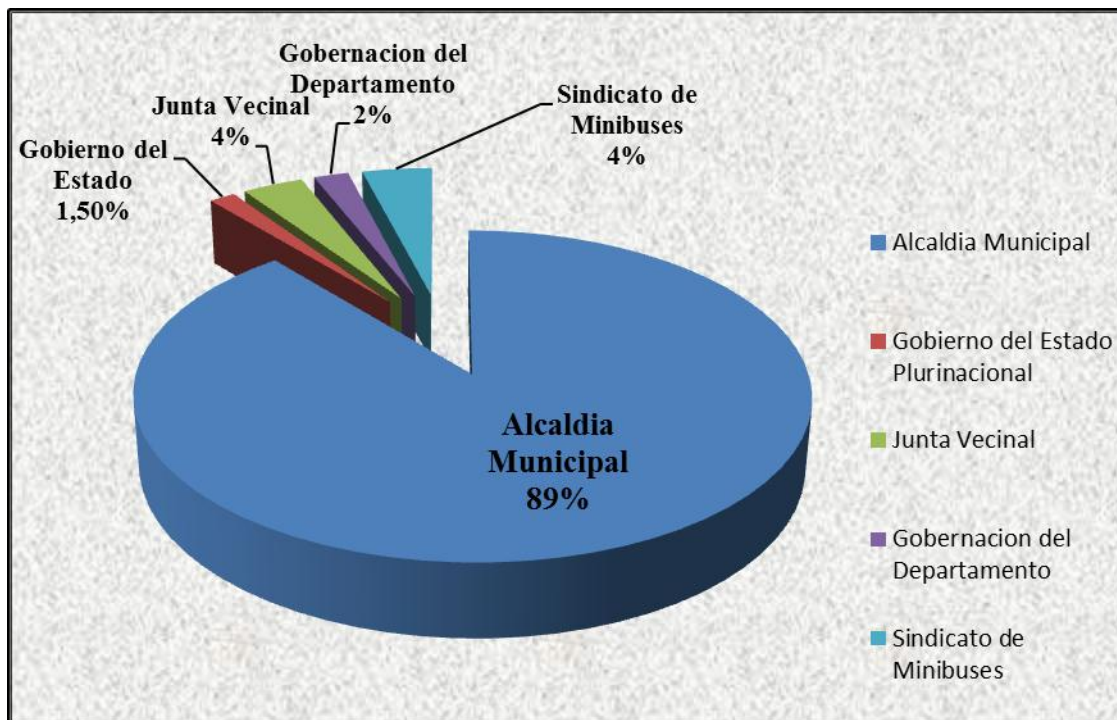


Fuente.- Elaboración Propia.

De todas estas observaciones realizadas por la comunidad, el mantenimiento que incluye mayor señalización y pintado, son los requerimientos principales y necesarios para hacer que este dispositivo sea más efectivo.

Según la Gráfica 4.7, un 89% de los ciudadanos encuestados coincide que la Alcaldía Municipal debe hacerse cargo de esta erogación.

GRÁFICA 4.7.- Encuesta ¿Quién cree usted que debe financiar la instalación de estos Dispositivos?



Fuente.- Elaboración Propia.

4.5.- EVALUACIÓN DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD

Se eligieron 32 puntos de estudio, que se seleccionó de acuerdo a las zonas o áreas específicas de ubicación de cada dispositivo de estudio. Se buscó tener la muestra representativa, teniendo en cuenta que a mayor porcentaje de dispositivos ubicados en dichas áreas específicas se tendrá muchos más puntos de estudio en la misma, ver Tabla 4.8, datos y cálculos *Anexo III*.

Los puntos de estudio son los siguientes:

TABLA 4.9.- Sitios elegidos para el Análisis de Velocidades

Nro.	NOMBRE	UBICACIÓN	ZONA
1	CARMEN ECHAZÚ	UNIDAD EDUCATIVA	CENTRAL
2	SAGRADO CORAZÓN DE JÉSUS	UNIDAD EDUCATIVA	CENTRAL
3	MARÍA LAURA JUSTINIANO	UNIDAD EDUCATIVA	CENTRAL
4	TERCERA ORDEN FRANCISCANA 1	UNIDAD EDUCATIVA	CENTRAL
5	TERCERA ORDEN FRANCISCANA 2	UNIDAD EDUCATIVA	CENTRAL
6	GRAL JOSE MANUEL BELGRANO 1	UNIDAD EDUCATIVA	AVENIDA
7	JULIO CALVO 1	UNIDAD EDUCATIVA	AVENIDA
8	JULIO CALVO 2	UNIDAD EDUCATIVA	AVENIDA
9	TARIJA 1 (LOS CHAPACOS)	UNIDAD EDUCATIVA	AVENIDA
10	FELIPE PALAZÓN 1	UNIDAD EDUCATIVA	PERIFERICO
11	FELIPE PALAZÓN 2	UNIDAD EDUCATIVA	PERIFERICO
12	ESTEBAN MIGLIACCI 1	UNIDAD EDUCATIVA	PERIFERICO
13	ESTEBAN MIGLIACCI 2	UNIDAD EDUCATIVA	PERIFERICO
14	CARR. PANAMERICANA 1 (NORTE)	AVENIDAS	PERIFERICO
15	CARR. PANAMERICANA 2 (NORTE)	AVENIDAS	PERIFERICO
16	CARR. PANAM. 3 (EX PARADA NORTE)	AVENIDAS	PERIFERICO
17	CARR. PANAM. 4 (EX PARADA NORTE)	AVENIDAS	PERIFERICO
18	AV. DOMINGO PAZ E/MÉNDEZ Y STA C.	AVENIDAS	CENTRAL
19	AV. D. PAZ E/JUNÍN Y O'CONNOR	AVENIDAS	CENTRAL
20	GRAL JOSE MANUEL BELGRANO 2	AVENIDAS	CENTRAL
21	J. D. ECHAZÚ E/ GAM.Y B. SAAVEDRA	AVENIDAS	CENTRAL
22	J. D. ECHAZÚ E/B.SAAVEDRA Y MONTES	AVENIDAS	CENTRAL
23	PARQUE INFANTIL OSCAR ALFARO	PARQUES	PARQUE
24	CANCHA BARRIO LOURDES	CHANCHAS O EST.	CANCHA
25	MERCADO BARRIO LOURDES	MERCADOS	MERCADO
26	MINI COLISEO SAN JOSE	COLISEOS O COMPL.	COLISEO
27	CENTRO DE SALUD BARRIO SAN LUIS	C. SALUD U HOSPIT.	C. SALUD
28	PLAZA DE BARRIO PALMARCITO	PLAZAS O PLAZUELAS	PLAZA
29	IGLESIA BARRIO SAN JERONIMO	IGLESIAS	IGLESIA
30	SEDE SOCIAL BARRIO LOS CHAPACOS	CENTRO MUNIPAL	C. MUNIPAL
31	UNIV. PRIVADA DOMINGO SAVIO	UNIVERSIDADES	UNIV.
32	E.P.I. BARRIO SENAC	ESTACIÓN POLICIAL	E. POLICIAL

Fuente.- Elaboración Propia.

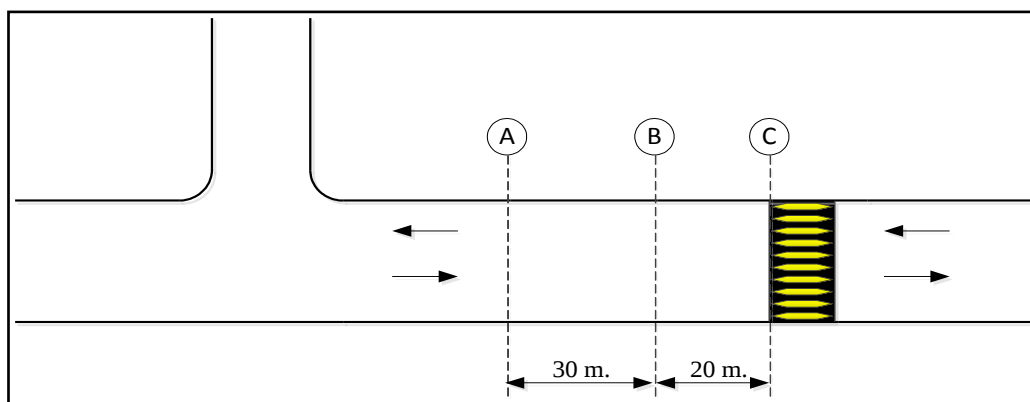
4.5.1.- Medidas de Velocidad a diferentes distancias de la ubicación de los Reductores de Velocidad

Para la medición de velocidad se realiza mediante la velocidad del punto que es la velocidad de un vehículo que pasa por un punto de una carretera o calle, que permite obtener los datos correspondientes a las velocidades que desarrollan los usuarios, tomando una muestra lo suficientemente representativa de los vehículos que transitan por ese punto.

El método manual más utilizado para el registro de las velocidades de punto es el método del cronometro, en el cual sobre la distancia determinada que se ha marcado con dos rayas de estuco o pintura en el pavimento, se miden los tiempos que tardan los vehículos en recorrerla. Cuando las ruedas delanteras de un determinado vehículo pasa sobre la primera marca, el observador inicia la marcha del cronometro, y cuando el mismo vehículo toca la segunda marca con la ruedas delanteras, se detiene la marcha del cronometro. La velocidad se obtiene dividiendo la distancia prefijada, en metros, entre el tiempo que se requirió para recorrerla en segundos. El resultado obtenido, en metros por segundo se convierte a kilómetros por hora para su respectiva evaluación.

En nuestro estudio para la medida de velocidad tendremos dos observadores para determinar la velocidad en un tramo determinado, los cuales coordinaran el tiempo, y se ubicaran en cada una de las marcas, un observador dará la señal para la medida del tiempo inicial, en el otro punto el segundo observador tomara la medida del tiempo final, de esta manera se tendrá el tiempo de recorrido de un vehículo en particular.

FIGURA 4.10.- Medición de Velocidades en los puntos determinados.





Fuente.- Elaboración Propia.

Para nuestro estudio se realizó la medición a dos distancias distintas como ser:

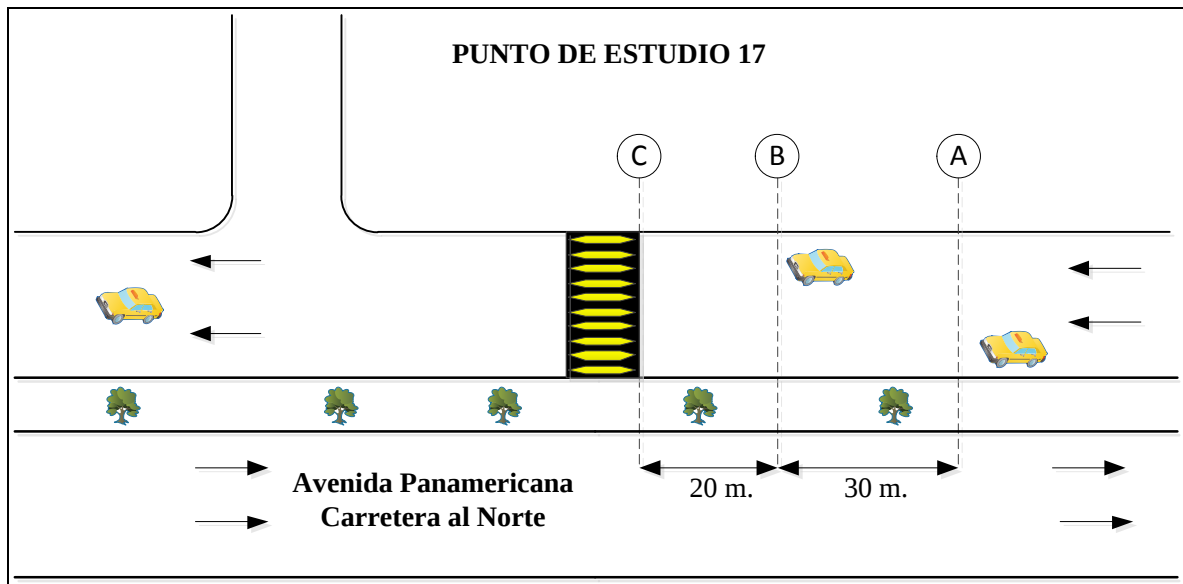
- ❖ La primera medición se la realizó a 20 metros de distancia al inicio del dispositivo o reductor de velocidad.
- ❖ La segunda medición se la realizó a 30 metros libres de distancia de donde se realizó la primera medición del dispositivo, ver Figura 4.10.

4.5.2.- Proceso de Datos

Se adopta un número de medidas de velocidad mínima de 30 mediciones para el desarrollo de esta evaluación.

Se tomarán 30 datos de velocidad del Punto de Estudio 17 (Ejemplo) del tramo ubicado en la avenida Panamericana Carretera al Norte uno de los lugares elegidos para este parámetro, puesto que es una vía asfaltada, tramo recto, flujo vehicular libre, de donde se obtuvo el número de mediciones mínimo para la determinación de la velocidad en estudio.

FIGURA 4.11.- Punto de estudio elegido como ejemplo.



Fuente.- Elaboración Propia.

Se efectuó las mediciones de velocidades de punto a 20 metros de distancia en cada punto de estudio, de la siguiente manera:

- Tres días de la semana de los cuales se eligió dos días hábiles y uno no hábil.
- Tres mediciones al día, en tres horas pico como ser de 7:00 – 8:00 am, 12:00 – 13:00 pm y de 18:00 – 19:00 pm.

Estas mediciones de velocidad se las realizo en el transcurso del día debido que es donde existe mayor tráfico vehicular y no así en la noche ni en la madrugada donde también existe también tráfico pero es mínimo y es casi despreciable.

A continuación se muestra la Tabla 4.10 de resultados obtenidos:

TABLA 4.10.- Resultado de Velocidades a 20 metros del inicio del reductor.

Nro.:	DIA	VEL. (Km/hr)
1	LUNES	24,64
2		25,25
3		26,74
4	MIERCOLES	24,33
5		27,22
6		25,64
7	DOMINGO	25,01
8		26,52
9		24,42
PROMEDIO		25,53

Fuente.- Elaboración Propia.

Se efectuó una sola medición de velocidad a 30 metros libres de la distancia en cada punto de estudio para verificar el efecto que causa mucho antes de llegar al dispositivo, ver Tabla 4.11, datos y cálculos **Anexo III**.

TABLA 4.11.- Resultado de Velocidades a 30 metros libres del reductor.

Nro.:	DISTANCIA (m)	VEL. (Km/hr)
1	30	37,24

Fuente.- Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos en los 32 puntos de estudio, Tabla 4.12, datos y cálculos **Anexo A.**

TABLA 4.12.- Resultados de Velocidades medidas en los tramos establecidos anteriormente.

Nro	NOMBRE	UBICACIÓN	ZONA	VELOCIDAD (20m.) REDUC. (Km/hr)	VELOCIDAD (30m.) LIBRE (Km/hr)
1	CARMEN ECHAZÚ	UNIDAD EDUCATIVA	CENTRAL	20,27	34,84
2	SAGRADO CORAZÓN DE JESÚS	UNIDAD EDUCATIVA	CENTRAL	19,71	31,40
3	MARÍA LAURA JUSTINIANO	UNIDAD EDUCATIVA	CENTRAL	19,89	32,14
4	TERCERA ORDEN FRANCISCANA 1	UNIDAD EDUCATIVA	CENTRAL	22,73	34,73
5	TERCERA ORDEN FRANCISCANA 2	UNIDAD EDUCATIVA	CENTRAL	21,57	33,33
6	GRAL JOSE MANUEL BELGRANO 1	UNIDAD EDUCATIVA	AVENIDA	23,55	34,29
7	JULIO CALVO 1	UNIDAD EDUCATIVA	AVENIDA	24,02	33,03
8	JULIO CALVO 2	UNIDAD EDUCATIVA	AVENIDA	21,87	32,63
9	TARIJA 1 (LOS CHAPACOS)	UNIDAD EDUCATIVA	AVENIDA	23,95	34,50
10	FELIPE PALAZÓN 1	UNIDAD EDUCATIVA	PERIFÉRICO	23,92	33,96
11	FELIPE PALAZÓN 2	UNIDAD EDUCATIVA	PERIFÉRICO	23,28	35,18
12	ESTEBAN MIGLIACCI 1	UNIDAD EDUCATIVA	PERIFÉRICO	26,93	36,24
13	ESTEBAN MIGLIACCI 2	UNIDAD EDUCATIVA	PERIFÉRICO	26,83	37,24
14	CARR. PANAMERICANA 1 (NORTE)	AVENIDAS	PERIFÉRICO	24,67	39,85
15	CARR. PANAMERICANA 2 (NORTE)	AVENIDAS	PERIFÉRICO	24,63	38,30
16	CARR. PANAM. 3 (EX PARADA NORTE)	AVENIDAS	PERIFÉRICO	25,53	37,24
17	CARR. PANAM. 4 (EX PARADA NORTE)	AVENIDAS	PERIFÉRICO	25,72	38,03
18	AV. DOMINGO PAZ E/MÉNDEZ Y STA C.	AVENIDAS	CENTRAL	18,97	33,33
19	AV. D. PAZ E/JUNÍN Y O'CONNOR	AVENIDAS	CENTRAL	19,67	32,93
20	GRAL JOSE MANUEL BELGRANO 2	UNIDAD EDUCATIVA	AVENIDA	22,81	33,44
21	J. D. ECHAZÚ E/ GAM.Y B. SAAVEDRA	AVENIDAS	CENTRAL	23,42	34,84
22	J. D. ECHAZÚ E/B.SAAVEDRA YMONTES	AVENIDAS	CENTRAL	23,78	34,62
23	PARQUE INFANTIL OSCAR ALFARO	PARQUES	PARQUE	26,54	33,13
24	CANCHA BARRIO LOURDES	CHANCHAS O EST.	CANCHA	25,17	34,07
25	MERCADO BARRIO LOURDES	MERCADOS	MERCADO	26,25	33,54
26	MINI COLISEO SAN JOSE	COLISEOS O COMPL.	COLISEO	19,74	33,03

27	CENTRO DE SALUD BARRIO SAN LUIS	C. SALUD U HOSPIT.	C. SALUD	26,31	33,23
28	PLAZA DE BARRIO PALMARCITO	PLAZAS O PLAZUELAS	PLAZA	23,45	34,18
29	IGLESIA BARRIO SAN JERÓNIMO	IGLESIAS	IGLESIA	21,59	33,75
30	SEDE SOCIAL BARRIO LOS CHAPACOS	CENTRO MUNIPAL	C. MUNIPAL	26,44	33,86
31	UNIV. PRIVADA DOMINGO SAVIO	UNIVERSIDADES	UNIV.	25,15	34,29
32	E.P.I. BARRIO SENAC	ESTACIÓN POLICIAL	E. POLICIAL	23,88	33,64

Fuente.- Elaboración Propia.

4.5.3.- Velocidades de Tránsito

Según el organismo operativo de tránsito las velocidades límite a la que se debería conducir con las siguientes:

- En las ciudades 40 km/hr y 10 km/hr en las zonas escolares.
- Fuera de las ciudades máximo 80 km/hr asfalto, 60 km/hr tierra.

Se evidencio, que en su generalidad en el área urbana la velocidad que adoptan los conductores es menor que en el área peri urbana ya que no existe control, la densidad poblacional es menor, existe menor actividad económica, etc., además el diseño de las vías, coadyuvan a este fin datos y cálculos.

Por ejemplo tenemos las siguientes velocidades:

TABLA 4.13.- Velocidades en Sitio antes del Reductor de Velocidad.

Nro.	NOMBRE	VELOCIDAD (30m.) LIBRE (Km/hr)
1	CARMEN ECHAZÚ	34,84
2	SAGRADO CORAZÓN DE JÉSUS	31,40
3	MARÍA LAURA JUSTINIANO	32,14
4	TERCERA ORDEN FRANCISCANA 1	34,73
5	TERCERA ORDEN FRANCISCANA 2	33,33
6	GRAL JOSE MANUEL BELGRANO 1	34,29
7	JULIO CALVO 1	33,03
8	JULIO CALVO 2	32,63
9	TARIJA 1 (LOS CHAPACOS)	34,50
10	FELIPE PALAZÓN 1	33,96

11	FELIPE PALAZÓN 2	35,18
12	ESTEBAN MIGLIACCI 1	36,24
13	ESTEBAN MIGLIACCI 2	37,24
14	CARR. PANAMERICANA 1 (NORTE)	39,85
15	CARR. PANAMERICANA 2 (NORTE)	38,30
16	CARR. PANAM. 3 (EX PARADA NORTE)	37,24
17	CARR. PANAM. 4 (EX PARADA NORTE)	38,03
18	AV. DOMINGO PAZ E/MÉNDEZ Y STA C.	33,33
19	AV. D. PAZ E/JUNÍN Y O`CONNOR	32,93
20	GRAL JOSE MANUEL BELGRANO 2	33,44
21	J. D. ECHAZÚ E/ GAM.Y B. SAAVEDRA	34,84
22	J. D. ECHAZÚ E/B.SAAVEDRA Y MONTES	34,62
23	PARQUE INFANTIL OSCAR ALFARO	33,13
24	CANCHA BARRIO LOURDES	34,07
25	MERCADO BARRIO LOURDES	33,54
26	MINI COLISEO SAN JOSE	33,03
27	CENTRO DE SALUD BARRIO SAN LUIS	33,23
28	PLAZA DE BARRIO PALMARCITO	34,18
29	IGLESIA BARRIO SAN JERONIMO	33,75
30	SEDE SOCIAL BARRIO LOS CHAPACOS	33,86
31	UNIV. PRIVADA DOMINGO SAVIO	34,29
32	E.P.I. BARRIO SENAC	33,64

Fuente.- Elaboración Propia.

4.5.4.- Determinación de la Eficiencia de los Reductores de Velocidad

Básicamente la eficiencia de un reductor de velocidad se evalúa, determinando si cumple con el papel con el que fue instalado, a continuación veremos la reducción de velocidad en porcentaje de cada uno de los tramos en estudio.

Para este análisis, se vio por conveniente hacer una serie de comparaciones de la velocidad medida a distintas distancias con respecto a la ubicación de la zona o área específica en donde se están ubicados los reductores de velocidad, se obtuvo las siguientes tablas y graficas mostradas a continuación:

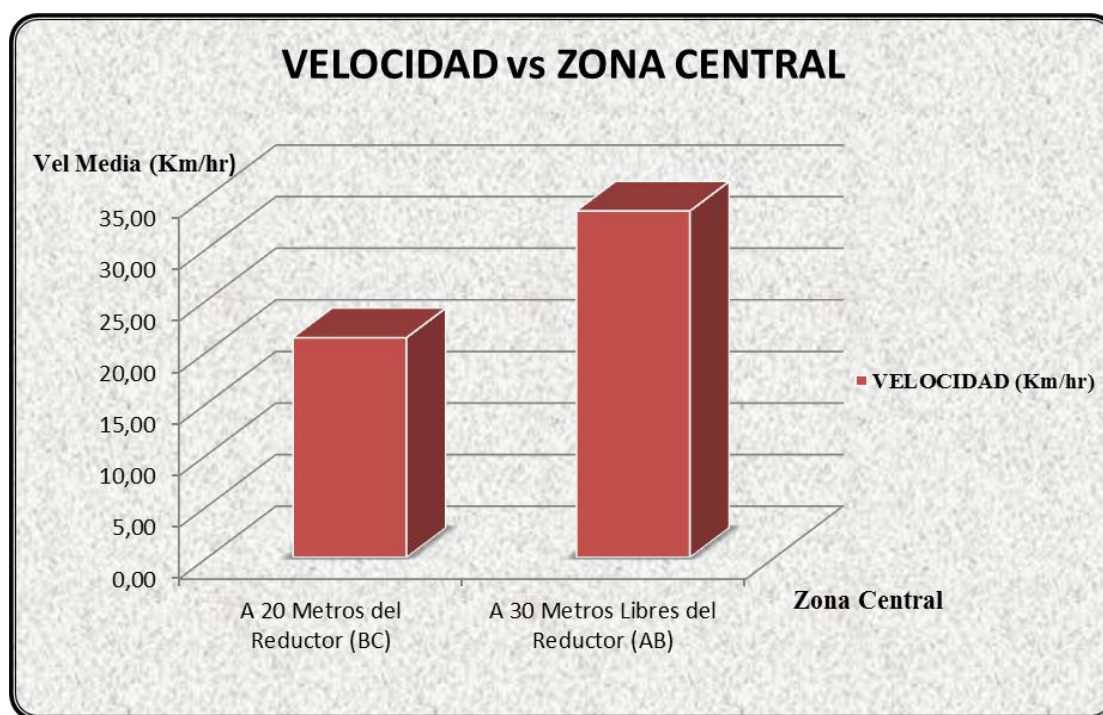
Se efectuó una relación de la Velocidad respecto a la Zona Central, según Tabla 4.14:

TABLA 4.14.- Registro de Velocidades y Porcentaje de Reducción. Zona Central.

UBICACIÓN DE VELOCIDADES	VEL. (Km/hr)	% REDUCCION VELOCIDAD (AB-BC)
A 20 Metros del Reductor (BC)	21,28	37
A 30 Metros Libres del Reductor (AB)	33,56	

Fuente.- Elaboración Propia.

GRÁFICA 4.8.- Comparación de Velocidades en Zona Central.



Significa que existe una reducción variada de la velocidad, desde la velocidad (AB) a la velocidad (BC), de 12.28 Km/hr teniendo un 37% de reducción de velocidad. De estos resultados se puede decir que los reductores de velocidad instalados en esta zona cumplen su propósito el cual es reducir la velocidad.

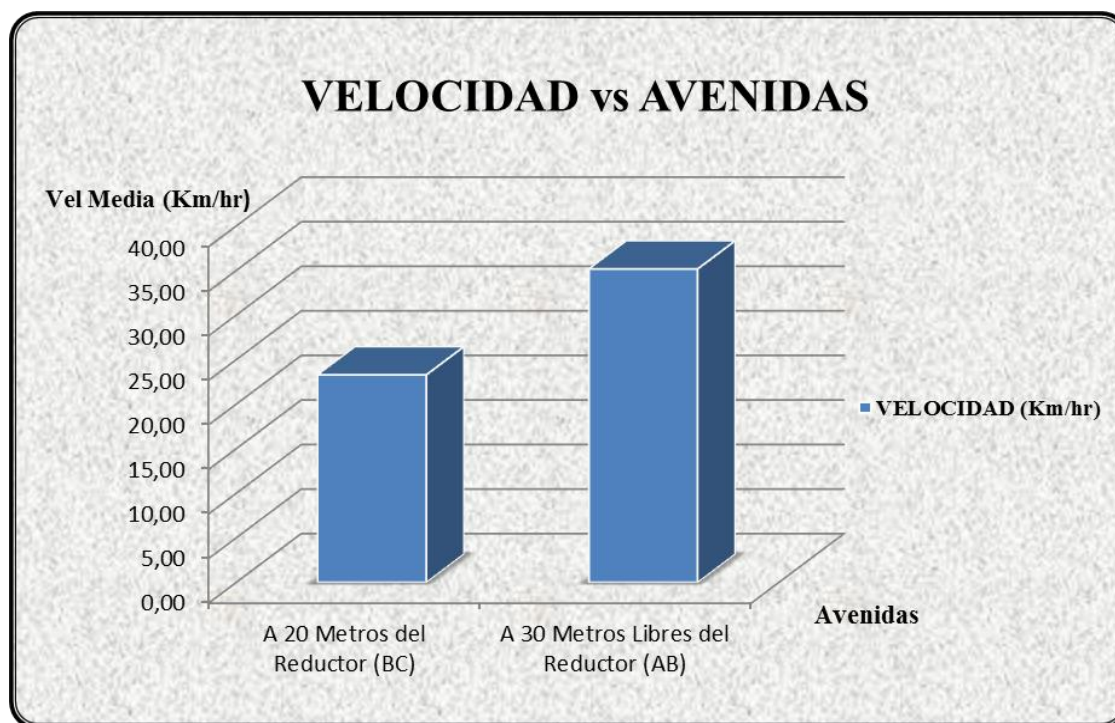
Se efectuó una relación de la Velocidad respecto a las avenidas, según Tabla 4.15:

TABLA 4.15- Registro de Velocidades y Porcentaje de Reducción. Avenidas.

UBICACIÓN DE VELOCIDADES	VEL. (Km/hr)	% REDUCCION VELOCIDAD (AB-BC)
A 20 Metros del Reductor (BC)	23,28	34
A 30 Metros Libres del Reductor (AB)	35,16	

Fuente.- Elaboración Propia.

GRÁFICA 4.9.- Comparación de Velocidades en Avenidas.



Fuente.- Elaboración Propia.

Lo que significa que también existe una reducción variada de la velocidad, desde la velocidad (AB) a la velocidad (BC), de 11,88 Km/hr teniendo un 34% de reducción de velocidad. Haciendo un análisis con la anterior gráfica se puede decir que es menor el porcentaje de reducción, debido a que en las avenidas existe menor tráfico y el flujo es más

libre. También se pudo evidenciar que los reductores de velocidad instalados en esta zona cumplen su propósito el cual es reducir la velocidad.

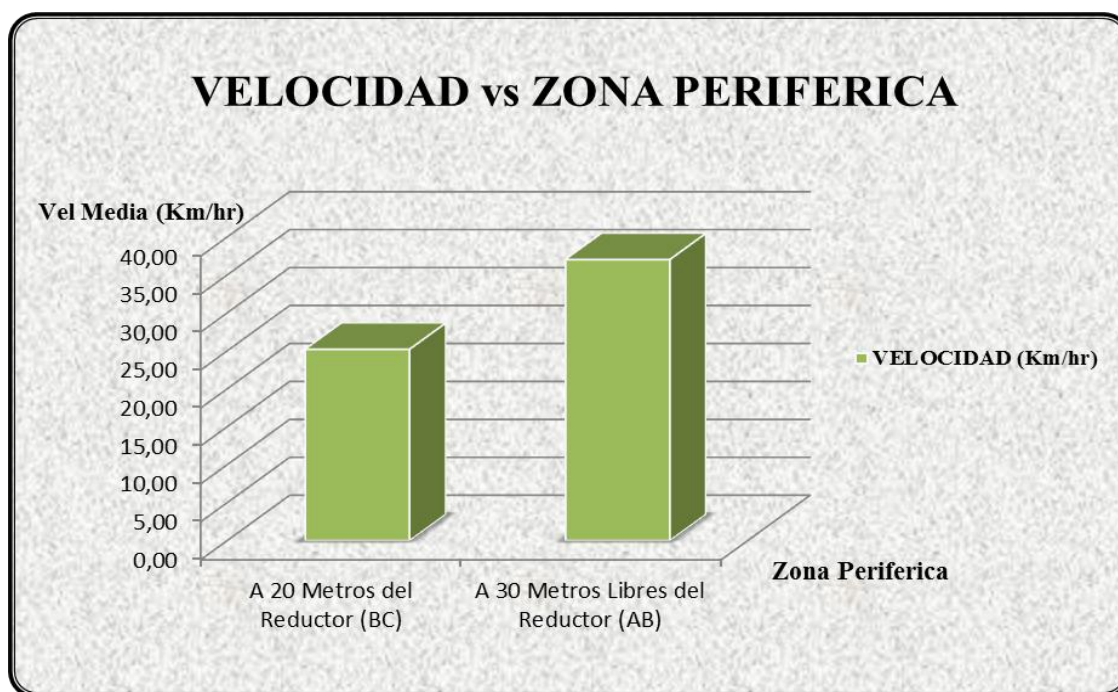
Se efectuó una relación de la Velocidad respecto a las Zona Periférica, según Tabla 4.16:

TABLA 4.16- Registro de Velocidades y Porcentaje de Reducción. Zona Periférica

UBICACIÓN DE VELOCIDADES	VEL. (Km/hr)	% REDUCCION VELOCIDAD (AB-BC)
A 20 Metros del Reductor (BC)	25,19	32
A 30 Metros Libres del Reductor (AB)	37,01	

Fuente.- (Elaboración Propia).

GRÁFICA 4.10.- Comparación de Velocidades en Zona Periférica.



Fuente.- Elaboración Propia.

También existe una reducción variada de la velocidad, desde la velocidad (AB) a la velocidad (BC), de 11.82 Km/hr teniendo un 32% de reducción de velocidad. Haciendo un análisis con las dos anteriores gráficas se puede decir que es menor el porcentaje de reducción, debido a que en esas zonas tráfico es mínimo y las velocidades son mayores.

También se pudo evidenciar que los reductores de velocidad instalados en esta zona cumplen su propósito el cual es reducir la velocidad.

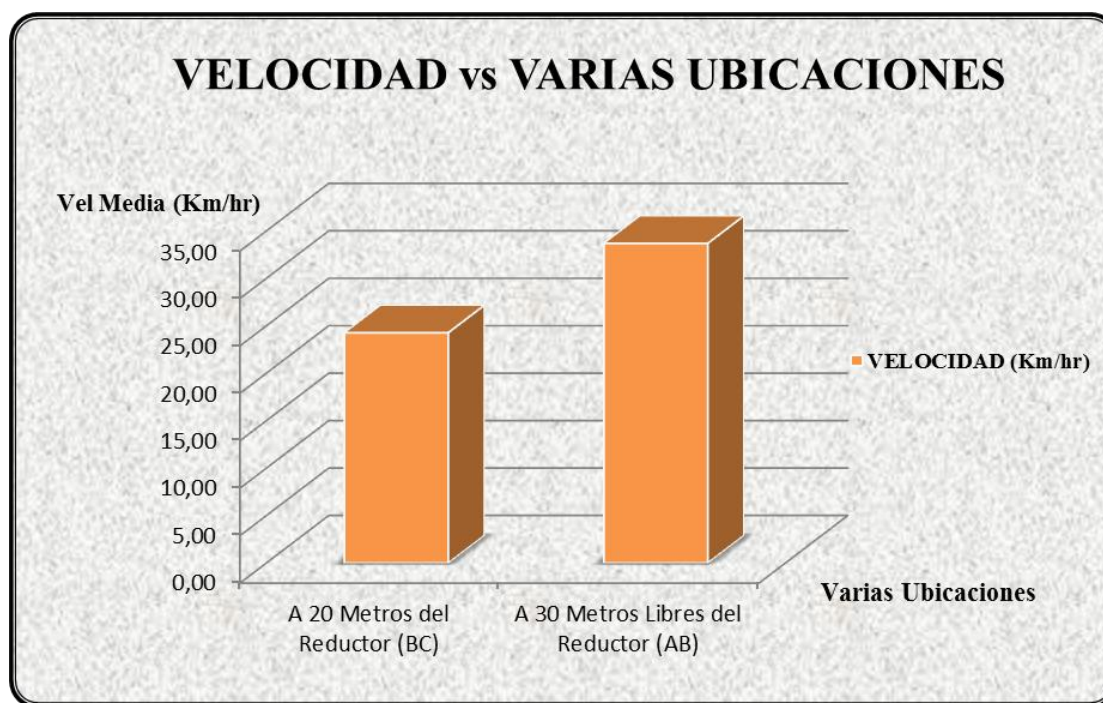
Se efectuó una relación de la Velocidad respecto a Varias Ubicaciones, según Tabla 4.17:

TABLA 4.17- Registro de Velocidades y Porcentaje de Reducción. Varias Ubicaciones

UBICACIÓN DE VELOCIDADES	VEL. (Km/hr)	% REDUCCION VELOCIDAD (AB-BC)
A 20 Metros del Reductor (BC)	24,25	27
A 30 Metros Libres del Reductor (AB)	33,67	

Fuente.- Elaboración Propia.

GRÁFICA 4.11.- Comparación de Velocidades en Zona Periférica.



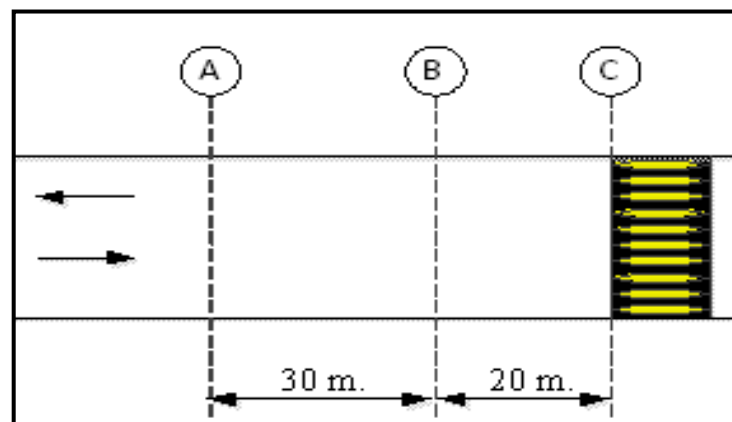
Fuente.- Elaboración Propia.

Se puede evidenciar que también existe una reducción variada de la velocidad, desde la velocidad (AB) a la velocidad (BC), de 9.42 Km/hr teniendo un 27% de reducción de velocidad. Haciendo un análisis con las anteriores graficas se puede decir de igual manera

que es menor el porcentaje de reducción, debido a que en estas zonas el tráfico es variable y del mismo modo también las velocidades son variables. También se pudo evidenciar que los reductores de velocidad instalados en esta zona cumplen su propósito el cual es reducir la velocidad.

De forma general se puede decir que los dispositivos ubicados en todas las zonas cumplen su propósito de reducir la velocidad, que su porcentaje de reducción va a ser variable de acuerdo a su ubicación, dependiendo también de la percepción del conductor al dispositivo, y por último se puede indicar que la Velocidad AB >>> velocidad BC.

FIGURA 4.12.- Medición de Velocidades en los puntos determinados.

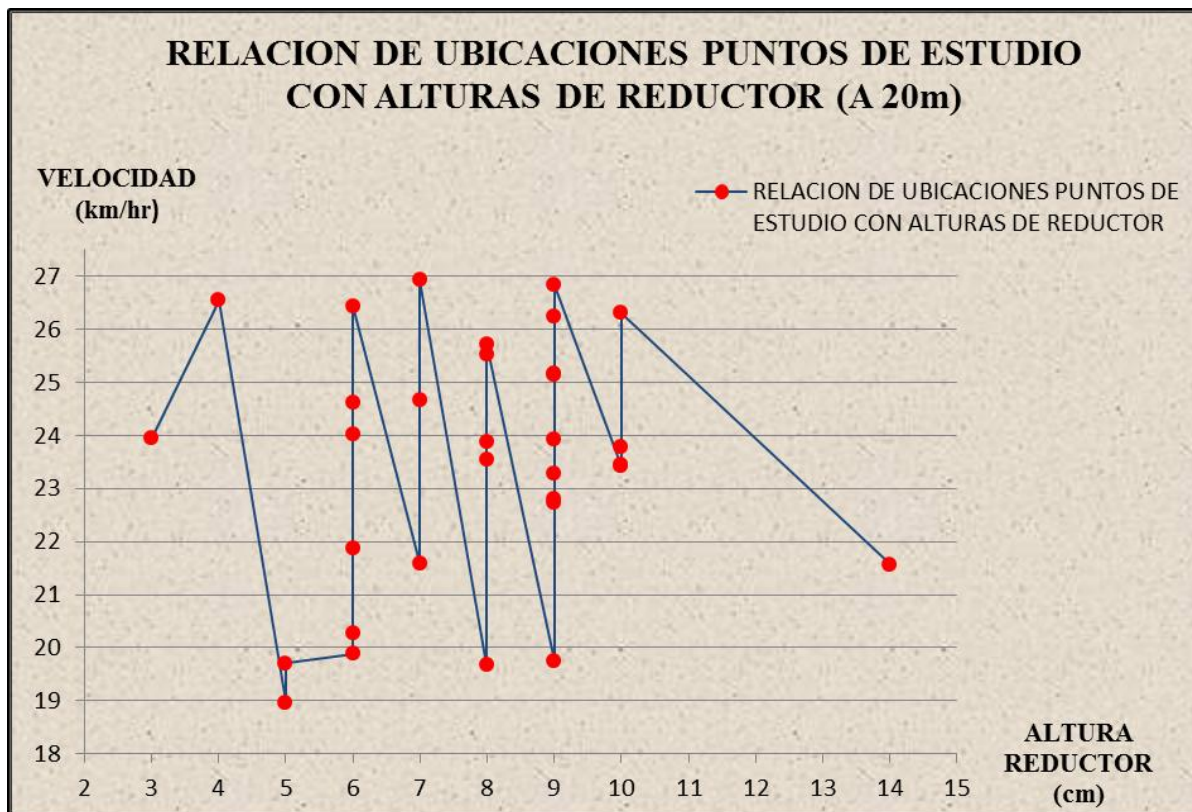


Fuente.- Elaboración Propia.

Se realizó una comparación de los reductores de velocidad con respecto a su altura, lo cual podemos decir en las siguientes gráficas:

Para los todos los puntos de estudio medidos a 20 metros de distancia del inicio del reductor:

GRÁFICA 4.12.- Relación de Velocidad – Alturas de Reductor.



Fuente.- Elaboración Propia.

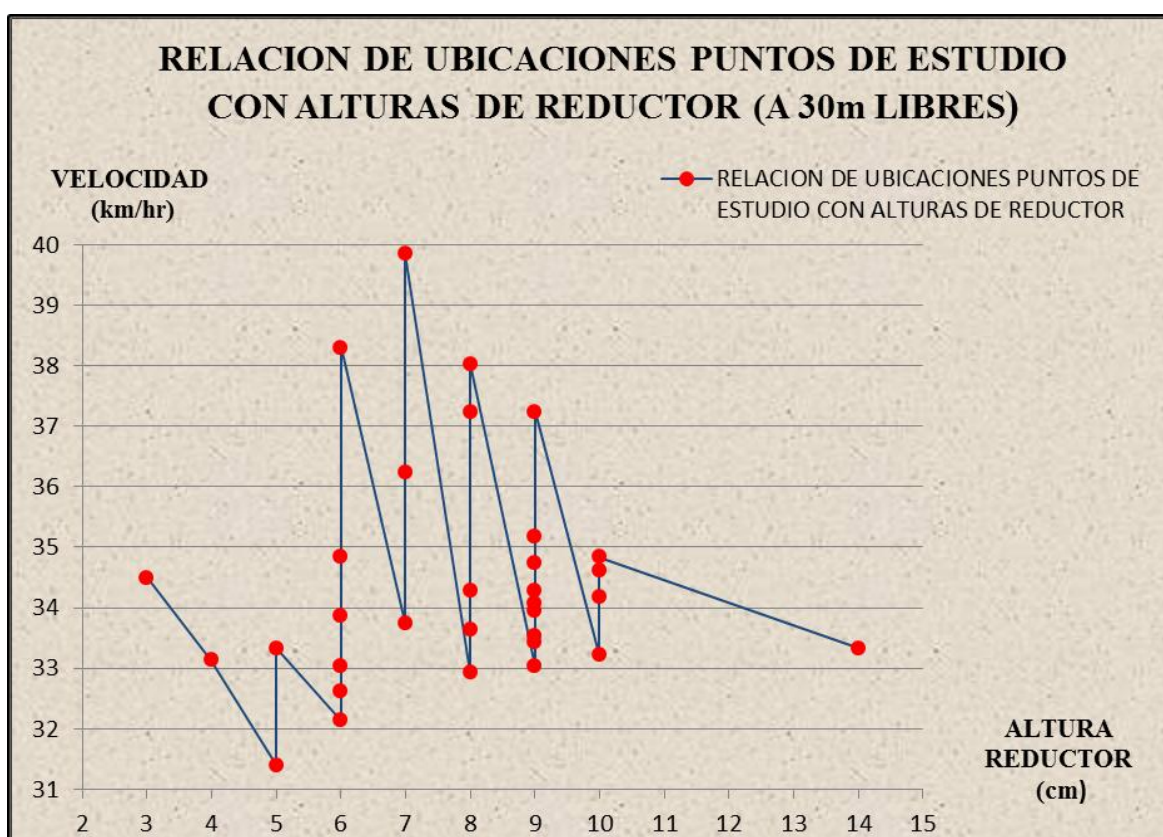
En estas graficas 4.12, se puede observar que en los 32 puntos de estudio se encuentran en un rango de velocidad mayor a 18 km/hr y menor a 27km/hr, donde 13 puntos son de unidades educativas con una velocidad promedio de 22.96 km/hr, 9 puntos son avenidas con una velocidad promedio de 23.24 km/hr, 10 puntos son provenientes de varias ubicaciones con una velocidad promedio de 24.45 km/hr evidenciando que es mayor la velocidad en comparación con las unidades educativas y avenidas.

Podemos decir que la velocidad en unidades educativas es menor verificado anteriormente las mismas, por lo cual existen distintas alturas de reductores en donde el conductor al

percatarse del área en la que se encuentra la reducción de velocidad va a ser mayor para evitar posibles accidentes.

Por lo tanto en cuanto a las avenidas y las varias ubicaciones la velocidad es mayor pero en donde también las alturas de reductores son variables y la reducción de velocidad va a ser menor.

GRÁFICA 4.13.- Relación de Velocidad – Alturas de Reductor.



Fuente.- Elaboración Propia.

En esta grafica 4.13, se puede observar que todas las velocidades medidas a 30 metros libres del inicio del dispositivo es mucho mayor, en donde el conductor no percibe en su totalidad al dispositivo de control para evitar una reducción precavida al momento que se encuentre frente a este.

De estas graficas podemos indicar lo siguiente:

- Estos dispositivos a una altura elevada ocasionan una reducción de velocidad elevada, a favor del peatón pero en contra del conductor y pasajeros, asimismo puede generar largas colas de tráfico.
- Estos dispositivos a menor altura no ocasiona una reducción de velocidad elevada, lo que pone en alerta al peatón y de ese modo también evita molestias del conductor y pasajeros. También evita el congestionamiento vehicular en horas pico donde se generan en las distintas áreas específicas en las que están ubicados estos dispositivos.

En general se puede decir que esta variación de alturas de reductores se debe a que no existe una normativa específica para la instalación de estos dispositivos, ya que se colocaron a distintas geometrías con el pasar de los años y hoy en día se ve perjudicial para los peatones como los conductores.

4.6.- ANÁLISIS DE REGISTRO DE ACCIDENTES SEGÚN EL ORGANISMO OPERATIVO DE TRANSITO CON RELACIÓN A REDUCTORES DE VELOCIDAD

Tenemos el registro de accidentes en la Tabla 4.18, en la cual se puede observar la cantidad de accidentes en la gestión 2013 (*Anexo IV*), los cuales están divididos en:

- Tipo de hecho.
- Causa.
- Lugar o vías.

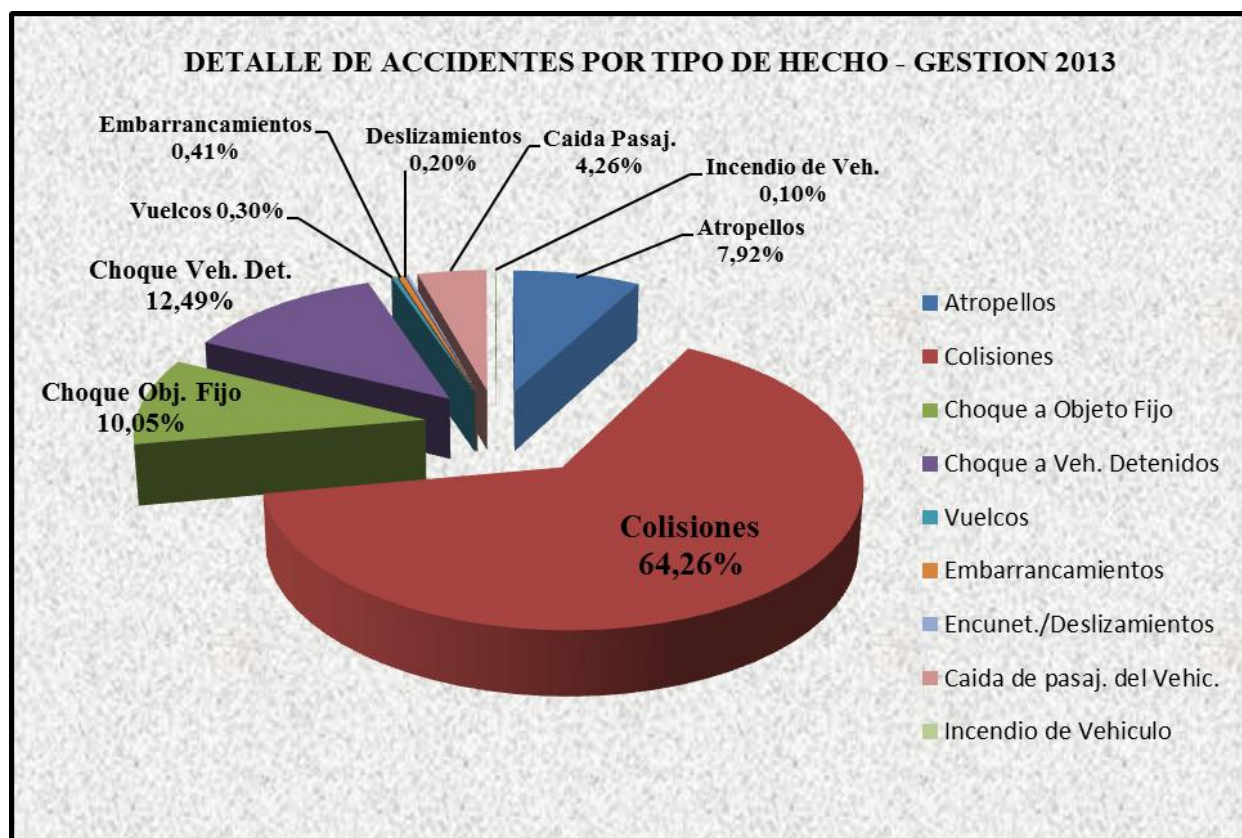
TABLA 4.18.- Datos obtenidos del Registro de Accidentes del Organismo Operativo de Transito - Gestión 2013

GESTION 2013	TOTAL	PORCENTAJE
DETALLE	Nro.	%
TIPO DE HECHO:		
Atropellos	78	7,92
Colisiones	633	64,26
Choque a Objeto Fijo	99	10,05
Choque a Veh. Detenidos	123	12,49
Vuelcos	3	0,30
Embarrancamientos	4	0,41
Encunet./Deslizamientos	2	0,20
Caida de pasaj. del Vehic.	42	4,26
Incendio de Vehiculo	1	0,10
TOTAL	985	100,00
CAUSAS:		
Exceso de Velocidad	728	71,51
Embriaguez	170	16,70
Impresión del conductor	4	0,39
Imprudencia del peaton	8	0,79
Exceso de carga	0	0,00
Falla mecanica	1	0,10
Pista en mal estado	0	0,00
Señalización defectuosa	0	0,00
Omitir señalizaciones	107	10,51
No acatar disp. de transito	0	0,00
TOTAL	1018	100,00
LUGAR O VIAS:		
Autopistas	0	0,00
Avenidas	483	49,69
Calles	457	47,02
Intersecciones	2	0,21
Plazas o Parques	9	0,93
Carreteras	21	2,16
Caminos	0	0,00
TOTAL	972	100,00

Fuente.- Elaboración Propia.

Tipo de Hecho, según la gráfica 4.14 proporcionada se observa que la mayor cantidad de colisiones están directamente relacionados con el exceso de velocidad, lo que cubre un 64.26% colisiones - 2013 de los tipos de hechos.

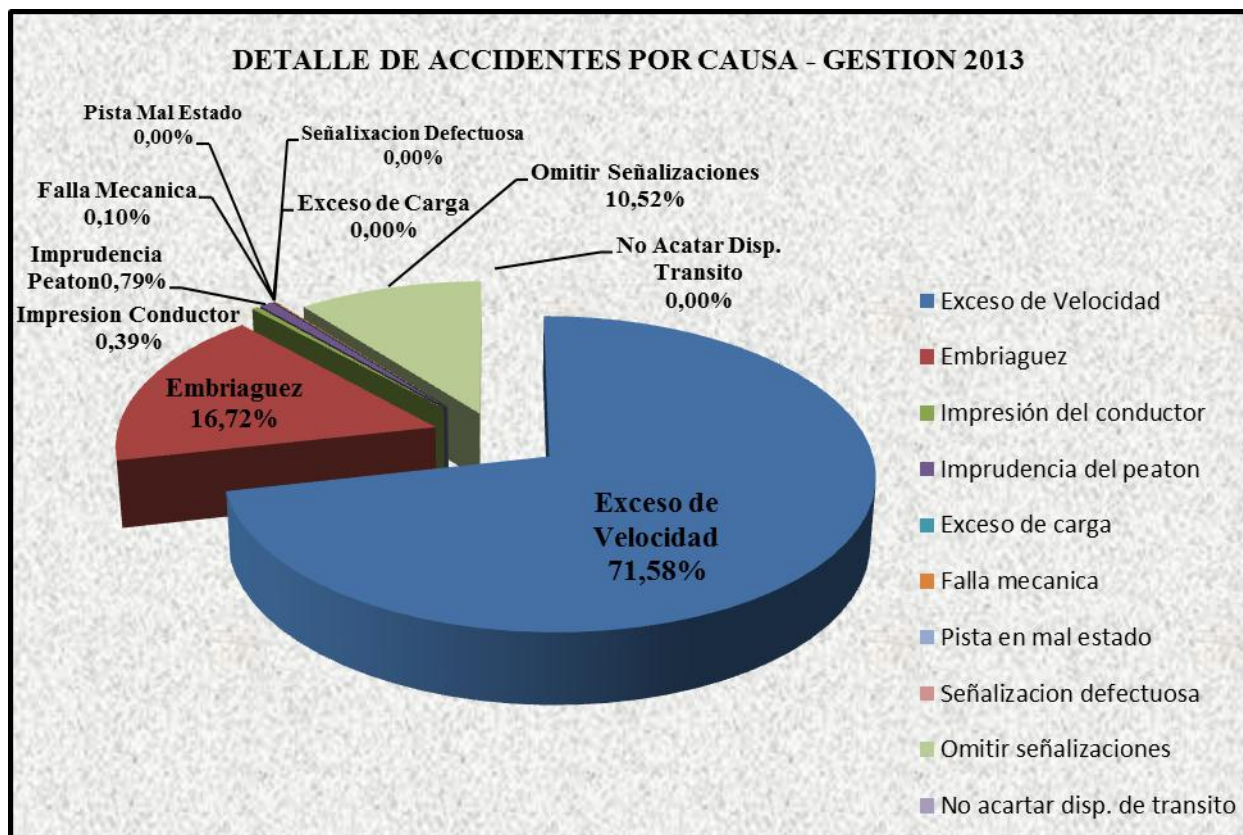
GRÁFICA 4.14.- Detalle de Accidentes por Tipo de Hecho.



Fuente.- Elaboración Propia.

Causas, si bien en la gráfica 4.15, se evidencia un alto índice de hechos de tránsito por excesos de velocidad 71.58% se debe aclarar que se registró solo causa principal que ocasiono el accidente, lo que con lleva a que el exceso de velocidad sea complementario a otras como ser: embriaguez 16.72% e impresión del conductor 0.39%, que registra un total del 88.70% de la Gestión 2013.

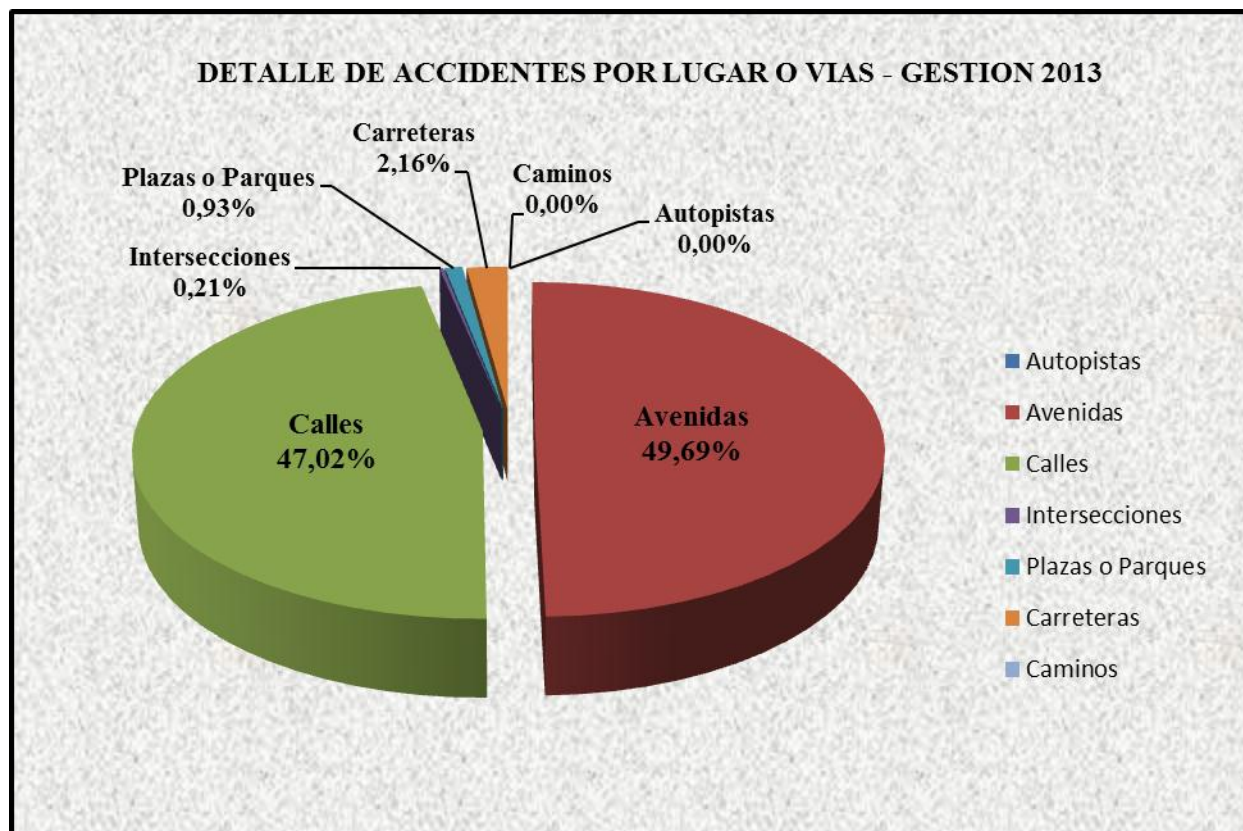
GRÁFICA 4.15.- Detalle de Accidentes por Causa.



Fuente.- Elaboración Propia.

Lugar o Vías, los reductores de velocidad sólo deben ser implementados en vías que sean secundarias, lugares de recreo, plazas, parques, según el Organismo Operativo de Tránsito, en la gráfica 4.16 se tienen los siguientes registros donde los accidentes ocurridos en su mayoría son en avenidas 49.69% y calles 47.02%, que posiblemente hubieran podido ser evitados con la implementación de un reductor de velocidad.

GRÁFICA 4.16.- Detalle de Accidentes por Lugar o Vías.



Fuente: Elaboración Propia.

Con la forma de análisis de estos valores, no se pueden afirmar que todos estos hechos fueron ocasionados por el exceso de velocidad pero si se puede decir que el exceso de velocidad coadyuvo a que el número de accidentes sea mayor, esta apreciación se realiza por falta de detalle en los tipos de accidentes proporcionados por tránsito.

4.7.- COSTOS DE EJECUCIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD

Se realizó el respectivo análisis de precio unitario en función al costo de construcción de reductores de velocidad **Anexo IV**, de los cuales se tienen los siguientes resultados en la Tabla 4.18.

TABLA 4.19- Costo total del Reductor de Velocidad por metro lineal

Nro.	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Replanteo y trazado	ml	3.66	24.33	89.05
2	Imprimación Bituminosa	ml	3.66	12.29	44.98
3	Colocado Concreto Asfaltico	m ³	0.68	1557.54	1059.13
4	Pintado de Señalización Horizontal Pintura Reflectante Blanca (A mano)	m ²	1.83	43.33	79.29
5	Pintado de Señalización Horizontal Pintura Reflectante Amarilla (A mano)	m ²	1.83	44.20	80.89
6	Limpieza y Retiro de Escombros	m ³	0.47	164.07	77.11

PRECIO TOTAL Bs.	1430.45
-------------------------	----------------

PRECIO TOTAL \$us (TIPO DE CAMBIO: 6.96)	205.524
---	----------------

Fuente: Elaboración Propia.

De todos estos valores se puede corroborar que el reductor de velocidad es la medida para calmar el tráfico con un menor costo.

4.8.- REDUCTORES DE VELOCIDAD RECOMENDADOS POR SITIO

De los datos obtenidos en la medición de velocidad se comprobó, que mientras más alejado del centro urbano están ubicados la velocidad es mayor, por lo tanto:

Se recomienda colocar a velocidades mayores a 40 km/h Bandas Transversales de Alerta antes de los reductores, de esta manera el conductor podrá ser advertido físicamente de la existencia de un tope de velocidad y poder reducir su velocidad en el tiempo preciso, como complemento importante se debe colocar una señal de la existencia del reductor y la velocidad máxima de conducción.

Para velocidades menores a 40 km/h se recomienda colocar los reductores recomendados por el ITE, cumpliendo con todas las normas de señalización determinadas para la instalación de este dispositivo.

Para pendientes elevadas se recomienda dar el mismo trato que para velocidades mayores a 40 km/h en el carril de subida y separar la vía por una jardinera, esto preferible en calles amplias, en calles angostas la ubicación de un sonorizador o de una banda transversal de alerta puede ser evaluada como primera medida de reductor la velocidad.

A continuación se muestra un cuadro resumen del reductor de velocidad tipo, el cual puede ser aplicado a nuestro medio:

TABLA 4.20- Parámetros de diseño a ser aplicados nuestra ciudad.

Parametro	Reductor de Velocidad		
Velocidad	Ancho	Altura	Distancia Señalización
(km/hr)	(m)	(m)	Vertical (m)
25 - 30	3,66	10,16	30
30 - 40	3,66	7,62	40
Características de la Vía			
Ancho	(m)	< = 12	Sólo 2 carriles de circulacion
	(m)	> 12	Si mantienen los 2 carriles
Pendiente	%	< = 8	Para calles con estas pendientes

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.- CONCLUSIONES

Los reductores de velocidad más usuales en nuestro medio son los denominados “Rompe muelles” en nuestro medio que estamos estudiando que por sus características: efectivas y fáciles de construcción; han sido utilizados en las calles de nuestra ciudad con el fin de reducir la velocidad y por consecuencia los accidentes; además es el único dispositivo recomendado por el ITE (Intitute of Transportation Engineers).

Para cada evaluación se realizó primeramente una inventariación de los reductores de velocidad en la ciudad de Tarija, se inventariaron 188 reductores que comprenden un 90 % de los reductores existentes, de los cuales se eligieron 32 puntos de estudio, en los que se midieron velocidades, esencialmente el objetivo de esta investigación es para determinar si el reductor de velocidad construido en la ciudad de Tarija cumple con el objetivo principal de reducir la velocidad del motorizado, sin dejar de lado a todos los dependientes que tienen relación con este dispositivo.

En general ninguno de los reductores cumplen con los requerimientos del ITE ya sea por sus propiedades geométricas, ubicación, uniformidad, sección, su aceptación y mantenimiento. De tal manera que éstos cumplen su función parcialmente, a continuación se detallarán los resultados que se obtuvieron de las mediciones realizadas en sitio, ya que para la instalación de cada uno de los reductores de velocidad se debió realizar primero un estudio de factibilidad, implementación, monitoreo y evaluación para determinar si la presencia del reductor de velocidad resolverá las necesidades por las cuales ha sido originado.

En cuanto a su geometría y ubicación se puede decir lo siguiente:

La implementación de los reductores en su mayoría ha sido para proteger las áreas educativas (41%) y a petición de los vecinos en avenidas (31.4%), éstos serían los principales requerimientos, que sí solucionaron el problema puntualmente pero no se vio el problema en conjunto ni se tomó en cuenta a todos los participantes de esta implementación, ya que originaron accidentes en:

- Reductores ubicados de tal manera que la distancia de visibilidad sea inapropiada.
- Reductores ubicados en zonas en donde el flujo vehicular es variable y en ciertas horas producen congestionamiento.

Un 96.28% del ancho de las vías están por debajo de los 12 metros que es el ancho límite de vía para la ubicación de reductores, teniendo un 3.72% restante que no cumple con este requerimiento, en donde se debe hacer otro tipo de requerimiento.

Un 99.47% de pendientes están por debajo de la pendiente máxima definida por el ITE (8%), lo que si bien reduce la velocidad imprimida por el motorizado en el carril de bajada, analógicamente reduce la potencia del motorizado en carril de subida.

La falta de uniformidad en la geometría de los reductores hace que el análisis en respecto a la incidencia del ancho y altura de éstos sea dificultoso, ya que en algunos casos cumplen con el alto requerido y no cumplen con el ancho de la sección, formas constructivas.

Aunque el rango de alturas determinado por el ITE, esté entre 0.0762 y 0.1016 metros, según la práctica por el ITE se recomienda colocar reductores que tengan una altura entre 0.0762 y 0.0899 metros, analizando desde este parámetro se tiene que sólo un 55.32% de los reductores cumplen con la altura establecida.

Ninguno de los reductores cumplen con el ancho determinado por ITE, de 3.66 metros, pero se tiene una predominancia de ancho de reductor de (3 – 3.5) metros.

Con respecto a la forma del reductor se aprecia que muchos reductores tienen forma variable ya sea circular, parabólica y últimamente trapezoidal.

De esto se puede decir que muchos reductores no cumplen con la función total con la que han sido implantados, ya que debido a sus características que estarían trabajando.

Se puede ver en su generalidad que el mayor problema en la construcción de reductores es su sección transversal (propiedades geométricas) y el otro gran problema después de la instalación de los reductores es la falta de señalización, prueba clara es de los 188 reductores inventariados sólo 84 de ellos tienen señalización vertical lo que equivale a un

55.14% de los reductores inventariados carecen de esta señal, además ninguna de esta señal vertical dispuesta para señalar un reductor indica la velocidad máxima, en la señalización horizontal muchos de los reductores no tienen este tipo de señalización lo que ocasiona accidentes en los motorizados cuando son conducidos en horas de la noche, también hubo quejas de las personas encuestadas por esta situación.

El tránsito calmado ha sido originado no solamente para dar seguridad al peatón principalmente, sino al mismo tiempo anunciar al conductor la presencia de un dispositivo para persuadirlo a reducir la velocidad de una manera que no dañe a su persona ni a las personas que viajan con él, si bien con los reductores existentes, existe una exitosa reducción de velocidad, se está dejando de lado la comodidad de los conductores y pasajeros, lo que conlleva a reducir accidentes peatonales, pero si tiende a que existan accidentes del conductor y pasajeros como también el daño al motorizado.

Es evidente que existe una reducción de velocidad al paso del reductor, también da origen a un aumento en los costos de operación vehicular, esto debido a que el reductor es una medida física que obliga al conductor reducir su velocidad.

De las velocidades que se midieron en los puntos de estudio donde se observó la presencia de reductores se determinó que la velocidad que adquiere un conductor antes del dispositivo, y que la velocidad inicial después de pasar el reductor es menor.

Cuanto menor ancho y mayor altura tiene el reductor la velocidad que tiene el motorizado al pasar por éste disminuye considerablemente, cambiando sólo el ancho del reductor a un ancho mayor se determina que la velocidad aumenta al motorizado al pasar por el reductor.

Con relación en la encuesta realizada la mayoría de las personas están de acuerdo con la instalación de los reductores aunque hubo quejas de que existieron más accidentes en algunos puntos debido a la falta de señalización, se creó congestionamiento vehicular debido a una falta de un estudio de factibilidad antes de la implementación de este tipo de dispositivo.

Con respecto al costo de un reductor de velocidad se comprobó que los reductores de velocidad contruidos, tienen un costo por debajo a los otros reductores de velocidad.

El diseño de estos dispositivos se puede mejorar uniformizando la geometría, ancho y altura recomendados, por norma. En cuanto a su ubicación estos dispositivos deberán contar con una buena señalización vertical tanto preventiva como informativa a una distancia recomendada por norma, del mismo modo con la señalización horizontal que debe incluir el pintado permanente y así también el colocado de ojos de gato.

5.2. RECOMENDACIONES

Con respecto a la geometría del reductor de la velocidad se vio que tanto como el alto y ancho son parte fundamental para el éxito de la implantación de este dispositivo, esto en la parte constructiva, con lo cual se recomienda tener especial cuidado en la construcción de este dispositivo cumpliendo con su geometría para obtener resultados satisfactorios.

El material de los reductores en su mayoría o totalidad son de asfalto, lo cual se recomienda construir reductores de concreto, ya que los reductores de asfalto necesitan una frecuencia de mantenimiento mayor que los reductores de concreto, además los reductores de asfalto pierden su forma original de construcción con el transcurso del tiempo, opuestamente al de concreto que mantiene su forma original, de esta manera se reducirían el costo en mantenimiento, además se puede dar un acabado rugoso al reductor de concreto.

Debe existir una estrategia de mantenimiento de los reductores sistemáticamente, ya que si no se implementa este proceso, estaríamos creando un problema a largo plazo que al transcurrir el tiempo llegaría a ser perjudicial al no cumplir con su objetivo principal.

El mejoramiento de las vías en donde están instalados los reductores, es indispensable, para que de esta manera coadyuve en el normal tránsito y obteniendo así la velocidad deseada, supliendo las necesidades del peatón y el conductor.

La ubicación de este dispositivo tiene que ir de acuerdo a la vía, no interfiriendo con ninguno de los componentes de ésta como las alcantarillas, cunetas, ya que se vio reductores ubicados justo sobre o al lado de una alcantarilla y cuneta.

En la mayoría de reductores existentes la falla de señalización es dramática y ocasiona varios accidentes por lo tanto se debe priorizar primero la señalización de este tipo de obras y luego hacer una evaluación en función a su remoción o mejoramiento.

En las vías en donde el ancho es mayor a 12 metros se puede colocar una jardinera de separación (isla central de estrechamiento) ya que estas vías son de doble sentido.

Con respecto a los reductores instalados en las zonas escolares, recomiendo instalar en estos lugares los reductores tipo mesa, ya que son menos drásticos que los reductores de velocidad normales, además pueden servir como tramos para el paso de peatones ya que la cabeza de los reductores mesa es plana y es más prolongada (6.71 metros) aunque en este caso la inversión económica del colocado de este tipo de reductor de velocidad sería mayor.

También la implementación de conjunto de reductores (más de un reductor en una vía en la que se quiere mantener una velocidad determinada), ya que en el colocado de un solo reductor en la experiencia solo trabaja como un punto de control, lo cual se comprobó en las mediciones de velocidad en los puntos de control que, contaban con dos reductores.

Si la vía es pronunciada pero tiene un ancho estrecho, se recomienda el colocado de sonorizados, o Bandas transversales de alerta, que como lo dice su nombre el efecto que realizan es que cuando el motorizado pasa por estos dispositivos es advertido de que debe reducir la velocidad creando un cambio de comportamiento en el conductor.

Para el colocado de un reductor de velocidad es indispensable tener la participación del vecino (comunidad) vinculado a la implementación de este dispositivo, tener su aceptación ya que éste es participante de los dos escenarios, como peatón y como conductor, de esta manera lograr una concientización del uso de estos dispositivos.

La elaboración de una normativa es indispensable, primero para homogeneizar los reductores existentes y luego para establecer los parámetros necesarios en la planeación y posterior construcción de los nuevos reductores de velocidad, que cumplan satisfaciendo las necesidades de los ciudadanos.

Si bien detectaron inconvenientes en la utilización de reductores en diferentes vías, como promotor al incremento de congestionamiento en la vías públicas, según el ITE es debido al diseño pobre de las estructuras y geometría de los reductores, que en su generalidad no cumplen con la geometría parabólica y las dimensiones recomendadas por esta entidad, además con las recomendaciones de la ubicación del mismo y sin un estudio previo.

Y por último según Administradora Boliviana de Carreteras ABC, los reductores de velocidad se aplicaran en vías pavimentadas de máximo dos carriles, tanto bidireccionales como unidireccionales, a fin de reducir la velocidad de los vehículos motorizados a valores entorno a los 30 km/h de velocidad.

Es recomendable su aplicación tanto en vías rurales como urbanas, en los siguientes casos:

- Zonas pobladas.
- Zonas de escuela.
- Zonas de actividad comercial.
- Previo a pasos peatonales.
- Cercanías a ciertos cruces a nivel.
- Zonas de juegos infantiles.

Su uso es para vías hasta 60 km/h, por lo cual no se puede utilizar en carreteras (autopistas, autorrutas y primarias). Estos elementos, sólo se podrán instalar si previamente se ha colocado la señalización y dispositivos de advertencia de su proximidad.