



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

**UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Estudio comparativo del rendimiento del conductor, antes y después de
implementar la Baliza Rectangular de Destello Rápido (RRFB)**

**Trabajo de graduación previo a la obtención de título de:
INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

Autores:

**DANIEL SEBASTIÁN CÁRDENAS CÁRDENAS
MARÍA GABRIELA CONTERAS GUERRERO**

Director:

ING. PABLO ANDRÉS CARVALLO CORRAL

Asesor Metodológico:

ING. MATEO FERNANDO COELLO SALCEDO

CUENCA – ECUADOR

2021

DEDICATORIA

Este presente trabajo va dedicado a mis padres que me apoyaron en esta etapa de la vida, a mis amigos que fueron el soporte en los tiempos difíciles y a mi familia que me brindó su amor y paciencia para lograr concluir este proyecto que en un principio pareció ser interminable pero que se logró culminar con éxito.

Daniel Sebastián Cárdenas

Este proyecto lo dedico a mi madre María Eugenia por guiarme con tanto amor y ser mi apoyo en todos los aspectos de mi vida y a mi hermana María José que es mi mayor ejemplo de fortaleza.

María Gabriela Contreras

AGRADECIMIENTO

A la Dirección de Gestión de Movilidad en especial al Ing. Guilherme Chalhoub y a la Arq. Ana Elisa Torres por el apoyo brindado en nuestro proyecto. De igual manera a nuestro director Ing. Pablo Carvalho por creer en nosotros y guiarnos en el proceso y a nuestro asesor metodológico Ing. Mateo Coello por siempre estar presto a ayudarnos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--------------------------------------------------------|-----|
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTO..... | iii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | v |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | v |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | v |
| RESUMEN..... | vi |
| ABSTRACT..... | vii |
| | |
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| 2 ESTADO DEL ARTE..... | 3 |
| 3 METODOLOGÍA..... | 4 |
| 4 RESULTADOS..... | 7 |
| 4.1 Rendimiento del conductor..... | 7 |
| 4.2 Retraso inicial..... | 7 |
| 4.3 Conflictos..... | 8 |
| 4.4 Atrapados en la isleta..... | 9 |
| 4.5 Utilización del pulsante..... | 9 |
| 4.6 Personas que no cruzaron por el paso peatonal..... | 10 |
| 5 CONCLUSIONES..... | 10 |
| 6 RECOMENDACIONES..... | 11 |
| 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 11 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|-----------------------------------------|---|
| Figura 1 Rendimiento del conductor..... | 7 |
| Figura 2 Incidencia de conflictos..... | 8 |
| Figura 3 Atrapados en la isleta..... | 9 |
| Figura 4 Utilización del pulsante..... | 9 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Características de alternativas para seguridad en cruces de peatones y ciclistas..... | 5 |
| Tabla 2 Rendimiento después de la instalación en diferentes horarios..... | 7 |
| Tabla 3 Retraso inicial promedio y desviación estándar..... | 7 |
| Tabla 4 Retraso inicial por períodos..... | 8 |
| Tabla 5 Retraso promedio en la isleta y desviación estándar..... | 9 |
| Tabla 6 Retraso en la isleta por períodos..... | 9 |
| Tabla 7 Utilización del pulsante + rendimiento..... | 10 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Ilustración 1 Descripción del caso de estudio del paso peatonal entre Av. Solano y Av. del Estadio..... | 3 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

Estudio comparativo del rendimiento del conductor, antes y después de implementar la Baliza Rectangular de Destello Rápido (RRFB)

RESUMEN

La Baliza Rectangular de Destello Rápido (RRFB), consiste en un sistema tecnológico activado por pulsantes que tiene como objetivo elevar el rendimiento del conductor, entendiéndose como rendimiento a la acción de ceder el paso al peatón y ciclista ante un cruce no semaforizado. Este dispositivo se utiliza principalmente en Estados Unidos y ha demostrado mejorar los porcentajes de rendimientos del conductor. Esta investigación analiza el efecto de la RRFB por primera vez en la Ciudad de Cuenca-Ecuador, mediante una comparación entre el antes y el después de la instalación de la RRFB en un cruce de peatones y ciclistas demarcado únicamente con señalización horizontal, ubicado en una vía de 4 carriles de alto flujo vehicular y peatonal. El análisis se realizó por cinco semanas, en la primera semana antes de la instalación se registró un rendimiento de 4.83%, mientras que, en las cuatro semanas posteriores a la instalación se registraron rendimientos de 31.67%, 40.16%, 57.83% y 64.34% respectivamente; se comprobó que la RRFB mejora el rendimiento de los conductores, además, se notó un cambio positivo en otros factores analizados como el tiempo de espera y la cantidad de personas atrapadas en la isleta.

Palabras claves— cruce peatonal, rendimiento, RRFB, prioridad peatonal, paso cebra



Ing. Pablo Carvallo Corral

Director del trabajo de titulación



Ing. José Vazquez Calero

Coordinador de Escuela



Daniel Cárdenas Cárdenas

Autor



Gabriela Contreras Guerrero

Autor

Comparative study of driver yielding, before and after the installation of the Rectangular Rapid Flash Beacon (RRFB)

ABSTRACT

The Rectangular Rapid Flash Beacon (RRFB) consists in a technological system activated by pulsators that aims at increasing the driver yielding. Yielding is understood, in this study, as the action of yield to the pedestrian and cyclist in front of an unsignalized crossing. This device is used primarily in the United States and has been shown to improve driver yielding percentages. This research analyzes the effect of the RRFB for the first time in Cuenca-Ecuador, through a comparison before and after the installation of the RRFB in a pedestrian and cyclist crossing demarcated only with horizontal signage, which is located in a 4-lane road with high vehicular and pedestrian flow. The analysis was carried out for five weeks, in the first week before the installation a yield of 4.83% was recorded, while, in the four weeks after the installation, yields of 31.67%, 40.16%, 57.83% and 64.34% were recorded respectively. It was found that the RRFB improves the driver yielding. In addition, a positive change was noted in other factors analyzed such as waiting time and the number of people trapped on the island.

Keywords— crosswalk, yielding, RRFB, pedestrian priority, zebra crossing



Ing. Pablo Carvallo Corral

Thesis Director



Ing. José Vazquez Calero

Faculty Director



Daniel Cárdenas Cárdenas

Author



Gabriela Contreras Guerrero

Author



Translated by



Daniel Cárdenas and Gabriela Contreras

Estudio comparativo del rendimiento del conductor, antes y después de implementar la Baliza Rectangular de Destello Rápido (RRFB).

**Daniel Sebastián Cárdenas Cárdenas, María Gabriela Contreras Guerrero,
Pablo Andrés Carvallo Corral, Mateo Fernando Coello Salcedo**
Facultad de Ciencia y Tecnología/Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones
Universidad del Azuay
danielcard-97@es.uazuay.edu.ec, mariagabriela_contreras@es.uazuay.edu.ec,
pacarvallo@uazuay.edu.ec, mfcoello@uazuay.edu.ec

Resumen— La Baliza Rectangular de Destello Rápido (RRFB), consiste en un sistema tecnológico activado por pulsantes que tiene como objetivo elevar el rendimiento del conductor, entendiéndose como rendimiento a la acción de ceder el paso al peatón y ciclista ante un cruce no semaforizado. Este dispositivo se utiliza principalmente en Estados Unidos y ha demostrado mejorar los porcentajes de rendimientos del conductor. Esta investigación analiza el efecto de la RRFB por primera vez en la Ciudad de Cuenca-Ecuador, mediante una comparación entre el antes y el después de la instalación de la RRFB en un cruce de peatones y ciclistas demarcado únicamente con señalización horizontal, ubicado en una vía de 4 carriles de alto flujo vehicular y peatonal. El análisis se realizó por cinco semanas, en la primera semana antes de la instalación se registró un rendimiento de 4.83%, mientras que, en las cuatro semanas posteriores a la instalación se registraron rendimientos de 31.67%, 40.16%, 57.83% y 64.34% respectivamente; se comprobó que la RRFB mejora el rendimiento de los conductores, además, se notó un cambio positivo en otros factores analizados como el tiempo de espera y la cantidad de personas atrapadas en la isleta.

Palabras claves— cruce peatonal, rendimiento, RRFB, prioridad peatonal, paso cebra

Abstract— The Rectangular Rapid Flash Beacon (RRFB) consists in a technological system activated by pulsators that aims at increasing the driver yielding. Yielding is understood, in this study, as the action of yield to the pedestrian and cyclist in front of an unsignalized crossing. This device is used primarily in the United States and has been shown to improve driver yielding percentages. This research analyzes the effect of the RRFB for the first time in Cuenca-Ecuador, through a comparison before and after the installation of the RRFB in a pedestrian and cyclist crossing demarcated only with horizontal signage, which is located in a 4-lane road with high vehicular and pedestrian flow. The analysis was carried out for five weeks, in the first week before the installation a yield of 4.83% was recorded, while, in the four weeks after the installation, yields of 31.67%, 40.16%, 57.83% and 64.34% were recorded respectively. It was found that the RRFB improves the driver yielding. In addition, a positive change was noted in other factors analyzed such as waiting time and the number of people trapped on the island.

Keywords— crosswalk, yielding, RRFB, pedestrian priority, zebra crossing

1 INTRODUCCIÓN

La Ley Orgánica Reformativa de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial del Ecuador, del 10 de agosto del 2021, especifica que los peatones tienen preferencia todo el tiempo en los cruces cebra al igual que los ciclistas tienen derecho preferente de circulación en las ciclovías, es decir, que el vehículo automotor deberá ceder el paso cuando el peatón intente cruzar la calle utilizando un cruce cebra o cuando un ciclista cruce la calle siguiendo la ciclovía. Sin embargo, en la realidad esto generalmente no sucede, provocando conflictos entre vehículos con peatones y ciclistas generando inseguridad para los usuarios viales más vulnerables como se puede evidenciar en el informe realizado por el Foro Internacional de Transporte, en el que se compara la gestión y el desempeño de la seguridad vial en 10 países de Latinoamérica, ubicando a Ecuador como el país con mayor tasa de mortalidad peatonal (5.7) por cada 100.000 habitantes, lo cual demuestra el bajo nivel de cultura vial en nuestro país. (Vieira Gomes, Wegman, & Feypell de La Beaumelle, 2017)

La ciudad de Cuenca no es la excepción, ya que, la inseguridad al momento de cruzar la calle ha sido un problema constante debido a que los conductores no suelen respetar el cruce peatonal o el peatón no los usa (Ortiz & Orellana, 2019). La Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito Y Transporte (EMOV EP) desde enero 2018 a julio 2020 registró 316 siniestros de tránsito que involucran a peatones de los cuales, 116 fueron por conducir desatento a las leyes de tránsito, 85 por la imprudencia del peatón y 62 por no ceder el derecho de vía al peatón (EMOV EP, 2020). Para brindar mayor seguridad al peatón EMOV ha señalado más de 700 pasos cebras, también se han realizado campañas y capacitaciones para así concientizar a los conductores sobre este problema (EMOV EP, 2020), se implementó el primer paso peatonal 3D en el país (EMOV EP, 2018) y se colocó vialetas solares tipo led en reductores de velocidad y en pasos peatonales (EMOV EP, 2018).

En Estados Unidos mediante la Administración Federal de Carreteras (FHWA) se ha desarrollado el proyecto “Transporte Seguro para Todos los

Peatones” (STEP), el cual abarca algunas alternativas que ayudan a mejorar la seguridad de los peatones y reducir las muertes de los mismos en los cruces señalizados y no señalizados; Las alternativas recomendadas por la FHWA son: reducción de sección, islas de cruce o refugio, mejoras de la visibilidad de pasos peatonales, intervalos para peatones (LPI), cruces peatonales elevados (o también conocidos como resalto con paso cebra), Baliza Híbrida para Peatones (PHB) y Baliza Rectangular de Destello Rápido (RRFB). (FHWA, 2021).

De todas las alternativas antes señaladas la RRFB ha llegado a ser muy popular, siendo implementada en varios lugares de los EEUU (Cui, y otros, 2019), debido a que, ha mejorado la seguridad del peatón en varias comunidades donde ha sido instalado y reduce los conflictos con los peatones (FHWA, 2021).

La RRFB tiene como objetivo elevar el rendimiento del conductor, es decir, mejorar la reacción o comportamiento del conductor ante un paso peatonal para que se pueda dar preferencia al peatón y si no existen peatones o ciclistas dispuestos a cruzar, los conductores pueden circular con precaución (Fitzpatrick, Avelar, Robertson, & Miles, 2015). Consta de dos luces rectangulares de color amarillo que se encienden con un patrón similar a las luces utilizadas en los vehículos policiales y que adicionalmente se encuentran acompañadas de señalización vertical que indica el paso de peatones (FHWA, 2018). Esta alternativa fue aprobada por la FHWA en el año 2008, ya que, según los resultados de estudios previos el dispositivo logró aumentar el rendimiento promedio del conductor en hasta el 88% (FHWA, 2009); es recomendada para cruces cebra a media cuadra que no se encuentren semaforizados. (Blackburn, Zegeer, & Brookshire, 2018).

El objetivo de esta investigación es comparar el rendimiento de los conductores entre el antes y después de la instalación de la RRFB en un paso

peatonal y cruce de ciclistas de media cuadra por donde circulan un promedio de 138 peatones y 32 ciclistas por hora, ubicado en una vía de 4 carriles

con una isleta central, que posee un flujo vehicular bidireccional de 2095 veh/hora. El lugar de análisis se puede observar en la Ilustración 1.

Ilustración 1 Descripción del caso de estudio del paso peatonal entre Av. Solano y Av. del Estadio



2 ESTADO DEL ARTE

Se han realizado varios estudios que evalúan la efectividad de la RRFB en pasos peatonales no semaforizados. La mayoría han sido realizados en EEUU y en cada uno de ellos se ha evidenciado un incremento del rendimiento después de colocar el dispositivo. En Florida se realizó un estudio en dos lugares donde se determinaron rendimientos con escenarios escenificados y no escenificados: en el primer lugar hubo una mejora de 58.3% con escenario escenificado, mientras que con escenario no escenificado la mejora fue de 65%; en el segundo lugar las mejoras fueron de 63.5% y 91% en los escenarios respectivos (Van Houten, Ellis, & Marmolejo, 2008).

En 2009 se analizó 18 alternativas de señalización para catalogarlas en 4 categorías según su nivel de eficacia evaluando el comportamiento del conductor y del peatón, tiempos de viaje, velocidades y retraso de peatones; se determinó que la RRFB es un dispositivo de alta eficacia, ya que, proporciona algo único sobre las alternativas tradicionales, provee de información adicional a los peatones, son muy visibles y ofrecen seguridad

en el momento de cruzar la calle (Pécheux, Bauer, & McLeod, 2009). En ese mismo año en St. Petersburg, mediante observaciones en campo y videos de un paso peatonal, se analizó las interacciones con ciclistas y peatones con la instalación de la RRFB, donde se determinó que el 49% de los peatones no presionaron el botón, el 32% lo presionó y que el 19% cruzó cuando el botón ya había sido presionado; además el 95% de los peatones lograron cruzar la calle en su totalidad, mientras que, anteriormente había un 82% de peatones que no lo lograban (Hunter, Srinivasan, & Martell, 2009).

En 2010 la FHWA publicó un estudio realizado en 3 ciudades de los EEUU, donde se investigó el cumplimiento de los conductores con los peatones mediante la acción de la RRFB en pasos peatonales de varios carriles con gran flujo vehicular y donde los conductores no ceden a los peatones, para esto, se realizaron 5 experimentos en los que se evaluó las variaciones en la colocación del número de balizas, el impacto a largo plazo, los efectos al adicionar señales de advertencia unos metros antes, se comparó la RRFB con balizas redondas estándar y por último

se comparó con dispositivos MLB (balizas que se colocan con un cierto ángulo de inclinación). Los resultados mostraron una mejora considerable en el comportamiento del conductor, sobre todo en el primer experimento donde el rendimiento promedio inicial fue de 18% y al colocar 2 dispositivos (uno en cada vereda) ascendió a 82%, mientras que, con 4 balizas (dos balizas más en la isleta) fue de 89%. El segundo experimento demostró que la RRFB produce un mayor rendimiento que la baliza circular estándar (Shurbutt & Van Houten, 2010).

En tres lugares de Oregon, caracterizados por tener velocidades mayores a 65km/h, se determinó un rendimiento de 17.8% antes de la instalación y aumentó a 79.9% después de la misma (Ross, Serpico, & Robin, 2011); de igual manera, a las afueras de una escuela en una intersección en "T" de Texas el rendimiento promedio era menor al 1% en periodos del día donde no había horario escolar, pero después de la instalación de las balizas el rendimiento fue de 81% (Brewer & Fitzpatrick, 2012).

En el estado Texas se realizó un análisis comparativo entre la RRFB, PHB y el "*Traffic Control System*" (semáforo), determinando que el TCS es el dispositivo que producía mayor rendimiento en los conductores con un 98% seguido por la PHB con un 89% y finalmente la RRFB con un 86%, en conclusión, se determinó que los tratamientos funcionan mejor en algunas ciudades debido a que existen mayor cantidad de dispositivos, por lo tanto, los habitantes se encuentran familiarizados con el sistema y se logra tener un mayor rendimiento, además, se afirma que en ciudades donde se utiliza el dispositivo una sola vez podría resultar en una anomalía y el resultado podría no ser entendido (Fitzpatrick, Brewer, & Avelar, 2014); mientras que, en cuatro ciudades de los EEUU se comparó a la RRFB con la CRFB (consta de luces circulares con el mismo patrón de luz) en el día se registró rendimientos de 59% para la RRFB y de 63% para la CRFB, mientras que, en la noche los rendimientos fueron de 60% y 72% respectivamente, determinando así mediante análisis estadísticos que no existe una diferencia significativa entre los dos sistemas, ya que, ambos demuestran un gran aumento en el rendimiento y se recomienda usar cualquier forma

de baliza siempre y cuando se tome en cuenta el límite de velocidad, la distancia de cruce y la ciudad que se va a evaluar; debido a que, esto influye en el rendimiento del conductor (Fitzpatrick, Avelar, Robertson, & Miles, 2015).

En tres ciudades de EEUU se investigó sobre algunas características importantes del dispositivo y se determinó que la mejora de rendimiento es 3.68 veces más cuando el peatón activa la baliza, ya que, los conductores están seguros de que existe un peatón cruzando la calle cuando se encuentra encendido el dispositivo. Además, determina la diferencia del efecto de la baliza, a una misma intensidad de luz, tanto en el día como en la noche, obteniendo rendimientos de 79.8% y 97% respectivamente. (Fitzpatrick, y otros, 2015).

En una arteria vial de un campus universitario de la ciudad de Virginia se realizó un estudio, en el cual, se instaló la RRFB con sensores para activar la baliza mediante el movimiento y se registró 5 incidentes de 1312 interacciones, sin embargo, este sistema provocaba alarmas falsas, ya que, encendía el dispositivo sin la presencia de peatones; además, no se hizo una distinción entre el rendimiento con la RRFB o sin la misma, pero el rendimiento aumentó linealmente en las cinco rondas de estudio que se realizó, obteniendo un rendimiento general de 77.1% (Porter, Neto, Balk, & Jenkins, 2016).

En Montana se analizó el rendimiento hacia los ciclistas y peatones en un distrito comercial donde se determinó valores de 31.9% sin activar el dispositivo y 45.2% con el dispositivo activado, de igual manera, en un segundo lugar cerca de una universidad los rendimientos fueron de 55% y 84.5% respectivamente (Al-Kaysi, Miyake, Staszczuk, & Scharf, 2016).

3 METODOLOGÍA

La metodología abordó 4 fases que se definieron en base a la revisión literaria relacionada con estudios que analizan la RRFB en diferentes aspectos, adicionalmente, se realizó un análisis de varias alternativas de seguridad peatonal con la finalidad de determinar cuál es la más adecuada para las características del caso de estudio.

Se realizó un análisis comparativo entre el estado del cruce peatonal antes y después de la instalación del dispositivo, donde se recopiló datos de los cruces durante 1 semana antes y 4 semanas después.

Fase 1: Selección de alternativa

La FHWA recomienda 7 tipos de alternativas que se pueden aplicar en los pasos peatonales siempre y cuando se utilicen en el contexto vial apropiado. Estas alternativas son analizadas según 17

características relevantes (Blackburn, Zegeer, & Brookshire, 2018). Adicionalmente se analizó las luces intermitentes en el pavimento. La Tabla 1 muestra las diferentes características que tiene cada alternativa.

De esta manera se concluyó que la Baliza Rectangular de Destello Rápido (RRFB) cumple con la mayoría de los factores analizados. Además, la RRFB se encuentra como el segundo mejor dispositivo para disminuir los accidentes con peatones según la FHWA (FHWA, 2020).

Tabla 1 Características de alternativas para seguridad en cruces de peatones y ciclistas

| Características | Alternativa | | | | | | | |
|--------------------------------------------------|-------------|----|----|----|------|-----|----|----|
| | LPI | MV | RP | IR | RRFB | PHB | RV | LP |
| Alto rendimiento en el día | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Alto rendimiento en el noche | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Activado por sensores o pulsantes | | | | | ✓ | ✓ | | ✓ |
| Entendimiento del conductor | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Entendimiento del peatón | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Bajo costo | ✓ | ✓ | | | | | | ✓ |
| No existen restricciones de uso en nuestro medio | | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Fácil instalación | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | | | ✓ |
| Mejora significativa del rendimiento | | | ✓ | | ✓ | ✓ | | |
| Varios estudios que demuestren la eficacia | | | | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| Uso medio tramo | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Uso en intersección | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |
| Uso en redondeles | | ✓ | | | ✓ | | | ✓ |
| Uso en cruces escolares | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| No es necesario modificar la estructura vial | | ✓ | | | ✓ | ✓ | | ✓ |
| Reduce la velocidad de los vehículos | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Mejora la visibilidad de los peatones | ✓ | | | | ✓ | ✓ | | ✓ |
| Total | 9 | 13 | 8 | 10 | 16 | 12 | 8 | 14 |

Nota: LPI (Intervalos para peatón) MV (Mejora de visibilidad) RP (Resalto con paso cebra) IR (islas de refugio) RRFB (Baliza Rectangular de Destello Rápido) PHB (Baliza Híbrida) RV (Reducción vial) LP (Luces intermitentes en el pavimento).

Fase 2: Datos iniciales

Los datos previos al análisis del dispositivo son:

- Horas de mayor circulación peatonal: se obtuvo la hora de mayor circulación tanto en la mañana como en la tarde a través de un conteo peatonal.

- Tiempo de encendido de las balizas: se determinó el tiempo máximo que se demoró un peatón en cruzar el paso peatonal y a esto se le adicionó el tiempo que se demora en detenerse un vehículo de manera segura, es decir, el tiempo de ámbar. El cual, se obtuvo al aplicar la fórmula utilizada en el libro de Ingeniería de

Tránsito de los autores Rafael Cal y Mayor & James Cárdenas.

$$y = t + \frac{v}{2a}$$

En donde

- y = intervalo de ámbar (s)
- t = tiempo de percepción-reacción del conductor (usualmente 1s)
- v = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)
- a = tasa de desaceleración (valor usual 3,05 m/s²)
- Distancia de rendimiento: calcular la distancia para que un conductor pueda detenerse con seguridad es igual al cálculo de la distancia que necesita para detenerse cuando un semáforo pasa de ámbar a rojo (Shurbutt & Van Houten, 2010). Por esta razón se utiliza el tiempo que se calculó anteriormente y se lo multiplica por la velocidad de circulación.

Fase 3: Análisis antes de la instalación

El levantamiento de información para determinar el estado del cruce peatonal y ciclista antes de la instalación se realizó mediante observaciones en campo, para esto dos personas analizaron 120 cruces al día dividiéndolos en 60 en la mañana y 60 en la tarde, de los cuales 30 eran en el sentido Norte-Sur y 30 en el sentido Sur-Norte. Los parámetros analizados en cada cruce fueron:

- Rendimiento: se determinó el porcentaje de cruces en donde los conductores cedieron el paso al peatón para que estos puedan pasar la calle completamente. Se registró como “rendimiento” cuando los conductores se detenían o ralentizaban para permitir el cruce de peatones o ciclistas, mientras que, se registró como “no rendimiento” cuando a pesar de estar a una distancia en la que pueden detenerse de manera segura (distancia de rendimiento) no se detuvieron y pasaron por delante de los peatones o ciclistas cuando estos intentaron cruzar (Shurbutt & Van Houten, 2010)
- Tiempo de retraso inicial: Se cronometró el retraso de peatones y ciclistas cuando no hubo

rendimiento del conductor y se detuvo cuando comenzaron a cruzar. Esto representa el retardo al inicio del cruce, pero no incluye el tiempo que le tomo en realizar el cruce completo (Hunter, Srinivasan, & Martell, 2009).

- Conflictos: se observó 5 tipos de conflictos en cada uno de los cruces como se detalla en el estudio realizado por Van Houten y Shurbutt.
 - Si el conductor se detuvo repentinamente o se desvió para evitar golpear al peatón o ciclista (CDR).
 - Si el peatón o ciclista acelera el paso para evitar ser golpeado por un vehículo (PAC).
 - Si el peatón o ciclista retrocede para evitar ser golpeado por un vehículo (PR).
 - Si los conductores frenaban bruscamente detrás de un vehículo que se encontraba cediendo el paso (FB).
 - Si los conductores rebasaron a un vehículo que se encontraba cediendo el paso a peatones o ciclistas (REB).
- Atrapados en la isleta: una vez que los peatones o ciclistas llegaron a la isleta, se observó si los conductores cedían el paso y en caso de que no hubiese rendimiento, se registró como atrapado en la isleta y se cronometró el retraso (Shurbutt & Van Houten, 2010). Cabe recalcar que para esto se tomaron en cuenta todos los cruces sin importar si en la primera etapa del cruce hubo o no rendimiento.
- Además, se registró el número de peatones y ciclistas que cruzaron fuera del paso peatonal o ciclovía durante la hora de mayor circulación, tanto en la mañana como en la tarde.

Fase 4: Análisis después de la instalación:

- Se analizaron los mismos parámetros de la fase 3 adicionando los cruces en los cuales los peatones o ciclistas pulsaron o no el botón para cruzar o lograron cruzar cuando las balizas ya habían sido activadas (Hunter, Srinivasan, & Martell, 2009).

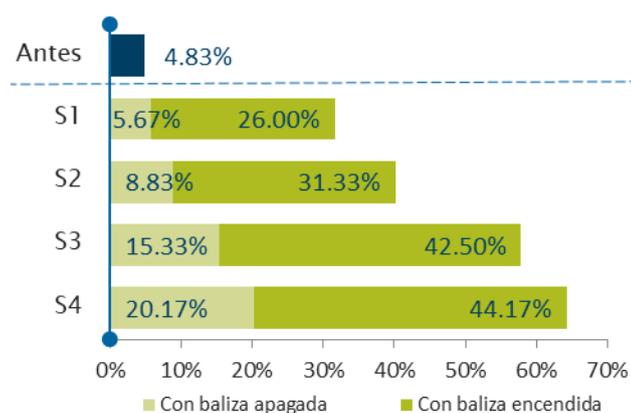
4 RESULTADOS

4.1 Rendimiento del conductor

Se consideró como rendimiento del conductor cuando los peatones y ciclistas lograron realizar el cruce completo, teniendo en cuenta esto, el rendimiento promedio del conductor antes de la instalación del dispositivo fue de 4.83%, mientras que en la semana 1 después de la instalación ascendió a 31.67%, la semana 2 se registró 40.17%, en la semana 3 fue de 57.83% y en la semana 4 se registró un rendimiento de 64.33%.

Se observó que el rendimiento de los conductores mejoró considerablemente después de instalar la señalización vertical y la RRFB y más aún cuando esta estaba encendida. En la Figura 1 se puede notar que desde la semana 1, después de la instalación, el rendimiento del conductor sin encender las balizas fue mayor a la semana antes de la instalación y conforme pasaba el tiempo el rendimiento seguía incrementándose, por lo tanto, la RRFB causó un efecto positivo en los conductores.

Figura 1 Rendimiento del conductor



Al realizar una comparación entre el rendimiento en la mañana y en la tarde se determinó que existe una diferencia significativa durante las cuatro semanas después de la instalación como se detalla en la Tabla 2. A excepción de la semana antes de la instalación que tuvo un rendimiento de 5% en la mañana y de 4.67% en la tarde. Se observó que el flujo vehicular es menor en la mañana, por lo tanto, circulan a mayor velocidad y por esta razón no se percatan de la presencia de peatones o ciclistas y

no respetaban las balizas en comparación con la tarde.

Tabla 2 Rendimiento después de la instalación en diferentes horarios.

| Semanas | Baliza encendida | | Baliza apagada | |
|---------|------------------|--------|----------------|--------|
| | Mañana | Tarde | Mañana | Tarde |
| S1 | 22.00% | 30.00% | 7.00% | 4.33% |
| S2 | 24.33% | 38.33% | 8.67% | 9.00% |
| S3 | 37.67% | 47.33% | 15.33% | 15.33% |
| S4 | 37.33% | 51.00% | 22.33% | 18.00% |

Se analizó detalladamente el rendimiento en el trayecto 1, ya que, existía mayor flujo vehicular (1241 veh/h) y era constante a diferencia del trayecto 2 (854 veh/h) que tenía un flujo discontinuo (ver Ilustración 1). El rendimiento antes de la instalación era de 9% y con la RRFB en la semana 4 llegó a un porcentaje de 73.67%.

4.2 Retraso inicial

Los retrasos iniciales se analizaron en ambos sentidos, debido a que, en cada uno de estos se notó la diferencia en el tiempo que esperaron las personas para cruzar. Se registró un tiempo máximo antes de la instalación de 45s en el sentido N-S y 57s en el S-N, mientras que, en la semana 4 después de la instalación fue de 22s y 40s respectivamente sin la RRFB activada, por el contrario, con las balizas encendidas se registró retrasos de 14s y 16s.

En la Tabla 3 se muestra el retraso y desviación estándar promedio para indicar la variación de tiempo en cada sentido de las 5 semanas de análisis.

Tabla 3 Retraso inicial promedio y desviación estándar.

| Semanas | N-S | | S-N | |
|----------|-------|--------------|-------|--------------|
| | t (s) | σ (s) | t (s) | σ (s) |
| S. Antes | 6.23 | 6.57 | 10.11 | 9.96 |
| S1 | 4.18 | 5.76 | 7.79 | 9.57 |
| S2 | 2.91 | 4.07 | 7.05 | 8.45 |
| S3 | 1.99 | 4.05 | 4.04 | 7.10 |
| S4 | 1.80 | 3.73 | 2.74 | 6.11 |

Adicionalmente se agruparon los tiempos de retraso y se determinó que de los 300 cruces en el sentido N – S, el 61.33% tenían un retraso inicial de 0 – 5s antes de instalar la RRFB, mientras que en la semana 4 fue en 87% de los cruces. Por otra parte, en el sentido S – N se incrementó del 41% al 81.33% de los cruces en el mismo rango de tiempo. En la Tabla 4 se detalla las frecuencias de cruces en los distintos rangos de tiempo.

Tabla 4 Retraso inicial por períodos.

| Sentidos | Rangos | Semanas | | | | |
|----------|---------|----------|-----|-----|-----|-----|
| | | S. Antes | S1 | S2 | S3 | S4 |
| N-S | 0 - 5 | 184 | 224 | 238 | 265 | 261 |
| | 6 - 10 | 63 | 42 | 45 | 19 | 27 |
| | 11 - 20 | 41 | 28 | 16 | 14 | 10 |
| | 21 - 30 | 8 | 4 | 1 | 2 | 2 |
| | 31 - 40 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | > 41 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| S-N | 0 - 5 | 123 | 151 | 154 | 211 | 244 |
| | 6 - 10 | 77 | 67 | 61 | 46 | 31 |
| | 11 - 20 | 62 | 51 | 62 | 30 | 18 |
| | 21 - 30 | 22 | 20 | 16 | 10 | 4 |
| | 31 - 40 | 11 | 8 | 6 | 3 | 3 |
| | > 41 | 5 | 3 | 1 | 0 | 0 |

4.3 Conflictos

El conflicto con mayor incidencia es “conductores que se detienen repentinamente para evitar golpear a un peatón o ciclista” (CDR) dicho conflicto estuvo presente en 492 cruces de los 3000 que se analizaron, lo que representa el 16.4%.

Después de la semana 1 con la RRFB instalada, el porcentaje incrementa debido a que se observó que los peatones y ciclistas cruzaban con mayor seguridad, por lo tanto, los vehículos se detenían repentinamente con mayor frecuencia para ceder el paso.

En cuanto al conflicto de “conductores que rebasaron a un vehículo que se encontraba cediendo el paso a peatones o ciclistas” (REB), se presentó en 423 cruces que representa el 14.1%. Se observó que los vehículos que se acercaban en el trayecto 1 del cruce peatonal, salían de una rotonda de alto flujo vehicular y no se percataban que había conductores cediendo, por lo tanto, al incrementar el número de rendimientos también incrementó este conflicto con el paso del tiempo. Con respecto a los conflictos PAC, FB y PR disminuyeron en la cuarta semana como se puede observar en la

Figura 2, estos conflictos son menores al 5% de los 3000 cruces analizados.

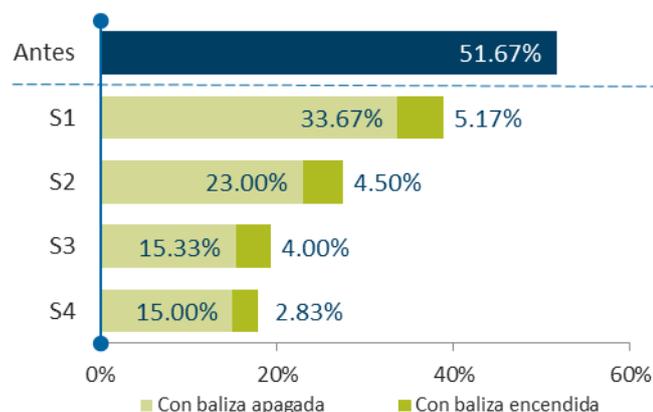
Figura 2 Incidencia de conflictos.



4.4 Atrapados en la isleta

El porcentaje de cruces en los cuales se registró peatones o ciclistas atrapados en la isleta se puede evidenciar en la Figura 3.

Figura 3 Atrapados en la isleta.



Teniendo en cuenta que todos estos cruces se analizaron por sentidos, en el N-S existieron 691 casos, mientras que, en el S-N existieron 209 en las 5 semanas de análisis. La diferencia entre estos datos se debe a que en el sentido S-N se completaban los cruces, debido a que, en el trayecto 2 el flujo vehicular no era constante.

El retraso promedio en la isleta disminuyó en ambos sentidos después de la instalación. Se registró un tiempo máximo antes de la instalación de 74s en el sentido N-S y 60s en el S-N, mientras que, en la semana 4 después de la instalación fue de 28s y 16s respectivamente sin la RRFB activada, por el contrario, con las balizas encendidas se registró retrasos de 14s y 6s.

En la Tabla 5 se muestra el retraso y su desviación estándar promedio.

Tabla 5 Retraso promedio en la isleta y desviación estándar.

| Semanas | N-S | | S-N | |
|----------|-------|--------------|-------|--------------|
| | t (s) | σ (s) | t (s) | σ (s) |
| S. Antes | 8.35 | 9.71 | 2.15 | 5.39 |
| S1 | 6.03 | 8.64 | 0.91 | 2.72 |
| S2 | 4.75 | 7.48 | 0.75 | 2.61 |
| S3 | 3.43 | 6.11 | 0.45 | 1.76 |
| S4 | 2.69 | 5.30 | 0.41 | 1.73 |

Asimismo, se agruparon los tiempos de retraso y se determinó que de los 300 cruces en el sentido N-S, el 49.67% tenían un retraso inicial de 0 – 5s antes de instalar la RRFB, mientras que, en la semana 4 fue en 80% de los cruces. Por otra parte, en el sentido S – N se incrementó del 87% al 97.33% de los cruces en el mismo rango de tiempo. En la Tabla 6 se detalla las frecuencias de cruces en los distintos rangos de tiempo.

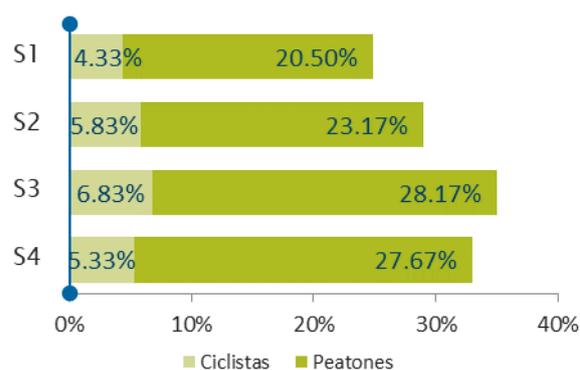
Tabla 6 Retraso en la isleta por períodos

| Sentidos | Rangos | Semanas | | | | |
|----------|---------|----------|-----|-----|-----|-----|
| | | S. Antes | S1 | S2 | S3 | S4 |
| N-S | 0 - 5 | 149 | 193 | 204 | 223 | 240 |
| | 6 - 10 | 58 | 41 | 51 | 35 | 36 |
| | 11 - 20 | 63 | 42 | 33 | 34 | 19 |
| | 21 - 30 | 21 | 16 | 8 | 7 | 5 |
| | 31 - 40 | 6 | 7 | 3 | 1 | 0 |
| | > 41 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| S-N | 0 - 5 | 261 | 280 | 286 | 291 | 292 |
| | 6 - 10 | 23 | 17 | 8 | 7 | 6 |
| | 11 - 20 | 12 | 2 | 6 | 2 | 2 |
| | 21 - 30 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 31 - 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | > 41 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

4.5 Utilización del pulsante

En más de la mitad de los cruces no se utilizó el pulsante, debido a que, las personas pasaban apuradas o distraídas en el celular y no se fijaban de su presencia, sin embargo, cuando alguien pulsaba se lograba realizar más de un cruce como consecuencia del tiempo de encendido de las balizas. En la Figura 4, se observa el porcentaje de cruces en los que peatones y ciclista activaron la RRFB.

Figura 4 Utilización del pulsante



Los porcentajes de cada semana en los cuales existió rendimiento por la utilización del pulsante, fueron:

Tabla 7 Utilización del pulsante + rendimiento

| Semanas | Peatones | Ciclistas |
|---------|----------|-----------|
| S1 | 15.83% | 2.83% |
| S2 | 16.67% | 5.00% |
| S3 | 24.33% | 5.83% |
| S4 | 23.50% | 5.00% |

De los cruces en los que los peatones utilizaron el pulsante en la semana 4, el 84.93% logró cruzar con rendimiento, mientras que, de ciclistas fue el 93.81%.

4.6 Personas que no cruzaron por el paso peatonal

Existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < .0001$) entre el antes y el después de la instalación, ya que, se registró 442 peatones y 39 ciclistas que no utilizaban el cruce, a diferencia de la semana 1 después de la instalación, en la cual, se registró 295 peatones y 19 ciclistas. No existe una diferencia significativa entre la semana 1, 2 y 3. Sin embargo, en la última semana de análisis disminuyó a 248 peatones y 22 ciclistas.

5 CONCLUSIONES

- El rendimiento aumentó en un 59.51% entre la semana antes de la instalación y la semana 4 después de la instalación, lo cual es estadísticamente significativo ($p < .0001$). En conclusión, la instalación de la RRFB en este cruce analizado demuestra mejorar considerablemente las tasas de rendimiento de los conductores cuando está encendido y brinda mayor seguridad tanto a peatones como ciclistas al momento de cruzar la calle.
- El rendimiento en la mañana resultó ser menor que en la tarde, debido a la diferencia de flujo vehicular, el cual, influye en la velocidad de los vehículos al acercarse al cruce, por lo tanto, a mayor velocidad, menor rendimiento. Así también, un factor que se relaciona a esta variación es que al existir

mayor luz del día el destello es menos visible, por lo tanto, existe menos rendimiento en la mañana.

- Las diferencias de los retrasos iniciales fueron estadísticamente significativas ($p < .0001$). De 0-5 y 6-10 segundos aumentaron después de la instalación, mientras que, los retrasos más largos fueron más frecuentes antes de la instalación; por lo tanto, la RRFB reduce los tiempos de retraso inicial.
- El conflicto de mayor incidencia CDR se incrementa después de la semana 1 y el conflicto REB se incrementa en relación a la semana antes de la instalación, debido a que, existió mayor rendimiento, por consiguiente, la RRFB influye de manera negativa con respecto a los conflictos CDR y REB y, por el contrario, en los conflictos PAC, PR y FB influye positivamente.
- La RRFB disminuye los cruces en los que existen personas atrapadas en la isleta, ya que, se incrementó el rendimiento del conductor entre la semana antes y la semana 4, además, el 90% de los cruces en la semana 4 se registraron en el rango de 0-5 segundos, mientras que, antes fue de 68%, lo cual indica que, la RRFB disminuye el tiempo de espera del peatón o ciclista.
- A pesar de que no todos los cruces con rendimiento resultaron de la utilización del botón, la mayoría de estos fue porque las balizas estuvieron encendidas, por lo tanto, la utilización del pulsante es un elemento clave con respecto al rendimiento del conductor. De modo que, al existir más cruces donde se utilice el pulsante, existe más rendimiento.
- Se observó un cambio en el comportamiento, tanto de los conductores como peatones, esto se puede evidenciar en los resultados obtenidos en el rendimiento, en el número de personas atrapadas en la isleta y las personas que no utilizaban el cruce peatonal y ciclista, lo cual, representa que este sistema puede servir como una intervención educativa en seguridad vial.
- A pesar de que el cruce contaba con señalización horizontal, vertical y el sistema RRFB, no se obtuvo altos porcentajes de rendimiento (>80%) como en las

investigaciones revisadas; un factor importante que influye en este aspecto es el tema cultural de la región, dificultando que este sistema tenga el éxito que ha tenido en otros países.

6 RECOMENDACIONES

- La RRFB mejoró notablemente las condiciones en las que se encontraba el cruce, por lo tanto, se recomienda evaluar este sistema en otros pasos peatonales de la ciudad.
- Se recomienda realizar estudios a largo plazo que evidencien la influencia de la RRFB con el paso del tiempo, debido a que, el rendimiento del conductor se incrementó progresivamente.
- Analizar los lugares adecuados para la colocación de pulsantes que brinden comodidad de peatones y ciclistas.
- Se recomienda complementar esta investigación con estudios de tránsito y análisis cualitativos para conocer la aceptación del dispositivo y el impacto en el tráfico.
- Promover el uso del pulsante mediante campañas de concientización y educación vial.
- Considerar la iniciativa de colocar sensores que detecten a peatones o ciclistas al momento de cruzar la calle y analizar su eficacia.
- Se recomienda instalar sistemas audibles para personas con discapacidad visual, debido a que, el dispositivo actual no fue diseñado con este sistema.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Kaysi, A., Miyake, G. T., Staszczuk, J., & Scharf, D. (2016). Motorists' voluntary yielding of right of way at uncontrolled midblock crosswalks with rectangular rapid flashing beacons. *Transportation Safety & Security*, 8, 303-317. doi:10.1080/19439962.2016.1267827

- Blackburn, L., Zegeer, C., & Brookshire, K. (2018). *Guide for Improving Pedestrian Safety at Uncontrolled Crossing Locations*. (No. FHWA-SA-17-072), United States. Federal Highway Administration. Obtenido de <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/42852>
- Brewer, M., & Fitzpatrick, K. (Abril de 2012). *Before-and-after study of the effectiveness of Rectangular Rapid-Flashing Beacons used with School sign in Garland, Texas*. Texas District of the Institute of Transportation Engineers. Obtenido de https://www.texite.org/wp-content/uploads/2013/07/Tech_Paper_Brewer_Fitzpatrick.pdf
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (1994). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones* (Séptima ed.). México: Alfaomega.
- Cui, Y., Wu, J., Xu, H., Yuan, C., Tian, S., & Tian, Y. (2019). An Automatic Triggered Rectangular Rapid Flashing Beacons (RRFB) System Using the Roadside LiDAR Sensor. *IEEE Access*, 7, 31-39. doi:10.1109/ACCESS.2019.2950713
- EMOV EP. (julio de 2018). *Cuenca cuenta con el primer paso peatonal 3D del país*. Obtenido de EMOV: <https://www.emov.gob.ec/cuenca-cuenta-con-el-primer-paso-peatonal-3d-del-pais/>
- EMOV EP. (septiembre de 2018). *Violetas solares en reductores de velocidad*. Obtenido de EMOV: <https://www.emov.gob.ec/violetas-solares-en-reductores-de-velocidad/>
- EMOV EP. (agosto de 2020). *Más de 700 pasos cebras brindan seguridad a los peatones*. Obtenido de EMOV: <https://www.emov.gob.ec/mas-de-700-pasos-cebras-brindan-seguridad-a-los-peatones/>
- EMOV EP. (2020). *Reporte Atropellos 2018-2020*. Cuenca.
- FHWA. (2009). *Rectangular Rapid Flash Beacon (RRFB)*. (No. FHWA-SA-09-009), United States. Federal Highway Administration. Obtenido de <https://worksafeteci.com/wp-content/uploads/fhwasa09009.pdf>
- FHWA. (2018). *Interim Approval for Optional Use of Pedestrian-Actuated Rectangular*

- Rapid-Flashing Beacons at Uncontrolled Marked Crosswalks.* (No. IA-21), United States. Federal Highway Administration. Obtenido de https://mutcd.fhwa.dot.gov/resources/interim_approval/ia21/index.htm
- FHWA. (mayo de 2020). Taking STEPs to Boost Pedestrian Safety. *INNOVATOR*, 13, 4-5.
- FHWA. (abril de 2021). *Safe Transportation for Every Pedestrian (STEP)*. Obtenido de U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration: https://www.fhwa.dot.gov/innovation/everdaycounts/edc_5/step2.cfm
- Fitzpatrick, K., Avelar, R., Potts, I., Brewer, M., Robertson, J., Fees, C., . . . Bauer, K. (2015). *Investigating Improvements to Pedestrian Crossings With an Emphasis on the Rectangular Rapid-Flashing Beacon.* (No. FHWA-HRT-15-043), United States. Federal Highway Administration. Obtenido de <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/40859>
- Fitzpatrick, K., Avelar, R., Robertson, J., & Miles, J. (2015). *Comparison of the rectangular and circular flashing beacons in an open street settings.* (No. FHWA-HRT-15-041), United States. Federal Highway Administration. Obtenido de <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/35831>
- Fitzpatrick, K., Brewer, M. A., & Avelar, R. (2014). Driver Yielding at Traffic Control Signals, Pedestrian Hybrid Beacons, and Rectangular Rapid-Flashing Beacons in Texas. *Transportation Research Board, No. 2463*, 46-54. doi:10.3141/2463-06
- Hunter, W., Srinivasan, R., & Martell, M. (2009). *Evaluation of the rectangular rapid flash beacon at a Pinellas trail crossing in St. Petersburg, Florida.* Obtenido de https://nacto.org/docs/usdg/evaluation_of_the_rectangular_rapid_flash_beacon_hunter.pdf
- Ley Orgánica Reformatoria de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial. (Agosto 2021). Asamblea Nacional de la República del Ecuador: Art. 127 y Art. 131. Obtenido de <https://www.comisiontransito.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/08/LEY-ORGANICA-REFORMATORIA-DE-LA-LEY-ORGANICA-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TRANSITO-Y-SEGURIDAD-VIAL.pdf>
- Ortiz, J. J., & Orellana, D. (2019). *Estudio del comportamiento en pasos cebras de la ciudad de Cuenca.* [Tesis de maestría, Universidad del Azuay]. dSPACE. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9384/1/15022.pdf>
- Pécheux, K., Bauer, J., & McLeod, P. (2009). *Pedestrian Safety Engineering and ITS-Based Countermeasures Program for Reducing Pedestrian Fatalities, Injury Conflicts, and Other Surrogate Measures Final System Impact Report.* Federal Highway Administration: Washington, DC. Obtenido de https://safety.fhwa.dot.gov/ped_bike/tools_solve/ped_scdproj/sys_impact_rpt/sys_impact_rpt.pdf
- Porter, B. E., Neto, I., Balk, I., & Jenkins, J. K. (2016). Investigating the effects of Rectangular Rapid Flash Beacons on pedestrian behavior and driver yielding on 25 mph streets: A quasi-experimental field study on a university campus. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 42, 509-521. doi:10.1016/j.trf.2016.05.004
- Ross, J., Serpico, D., & Robin, L. (2011). *Assessment of Driver Yielding Rates Pre and Post-RRFB Installation, Bend, Oregon.* (No. FHWA-OR-RD 12-05), Federal Highway Administration. Oregon Department of Transportation Research Section. Obtenido de <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/23683>
- Shurbutt, J., & Van Houten, R. (2010). *Effects of Yellow Rectangular Rapid-Flashing Beacons on Yielding at Multilane Uncontrolled Crosswalks.* (No. FHWA-HRT-10-043), United States. Federal Highway Administration. Obtenido de <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/41659>
- Van Houten, R., Ellis, R., & Marmolejo, E. (2008). Stutter-Flash Light-Emitting-Diode Beacons to Increase Yielding to Pedestrians at Crosswalks. *Transportation*

Research Board, No. 2073, 69-78.
doi:10.3141/2073-08

Vieira Gomes, S., Wegman, F., & Feypell de La
Beaumelle, V. (2017). *Benchmarking Road
Safety in Latin America*. International

Transport Forum. Obtenido de
[https://www.itf-
oecd.org/sites/default/files/docs/benchmarking_road_safety_latin_america.pdf](https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/benchmarking_road_safety_latin_america.pdf)