



*Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Construcciones*

SOLUCIÓN CONCEPTUAL DE PASARELA PEATONAL EN EL NUDO DE ENTRADA A VARADERO.

Trabajo de Diploma en Ingeniería Civil

Autor: Omar Javier Ortega García.

Tutores: Ing. Homero Morciego Esquivel.
Ing. Orlando Santos Pérez.

Matanzas, 2018

DEDICATORIA

A mis padres Ismary y Omar que han sido el pilar sobre el que construí al hombre que soy.

A mis abuelos Numa, Orlando, Miriam, Martín y Víctor por creer en mí siempre, por confiar, por escucharme hablar de mis sueños y apoyarlos como si fueran para ustedes tan posibles y reales como lo son para mí.

A mi hermano Dainel, por el cual me esfuerzo para ser un ejemplo del que pueda estar orgulloso.

A mi familia toda, por enseñarme el modelo de amor y cercanía con el que un día quiero que crezcan mis hijos.

A mi novia Laura y su familia porque ahora también son mi familia.

A mis amigos, los que están, por ayudarme a crecer y ser feliz, y a los que se fueron por ayudarme a madurar y amar la vida por sobre todas las cosas.

A mis tutores Orlando y Homero por el tiempo, la paciencia y esfuerzo desinteresado hacia mí, por demostrarme que quedan personas capaces de dar sin esperar nada a cambio.

A todos mis profesores que han sido muchos y muy buenos porque una buena y gran parte de mi es lo que pusieron de su sabiduría.

AGRADECIMIENTOS

- A mis padres infinitas gracias.
- A todos mis tíos Raíza, Mariela, Mercy, Marlén, Pipito, Nivi, Fernandito, a todos los quiero mucho.
- A mis primos que siempre han sido más que eso.
- A mis tutores, ingenieros brillantes: Homero Morciego Esquivel. y Orlando Santos Pérez quienes tienen un puesto garantizado en mi gobierno.
- A mis compañeros inseparables de la UNI: Bety y Dariel, a los otros de los que nunca podré olvidarme: Yasiel (El tío), David (La roca), El Micha, Canito. Los del barco pirata: Mesa, Yaniel, Yúnior, Tairo, Carlos Yaniel (Luffy), Edel, Luiso y Colina. Los que se dejaron las pestañas en los proyectos conmigo Ane, Sandra, Danae, Wendy, Wilma, Daylet, El Peque, Richard, Sara, Narciso y seguro que algún otro. En fin, a todos los que compartieron esta aventura conmigo.
- A mis profesores: Cari, Gilberto, Lima, Juan Carlos, Marianne, Boris, Celia, Vivian, Alejandro, Tomás y todo aquel que sabe que llevo mejor en mi corazón que en mi memoria.
- A mis compañeros de tesis y a los que participaron para hacer posible el final exitoso de este proyecto: Sandra, Canito, Laura y Libeizi.
- En fin, agradezco a todo el que de una forma u otra me apoyó a lo largo de estos 17 años de estudio.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Por medio de la presente declaro que soy el único autor del presente Trabajo de Diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas a darle el uso que estime más conveniente.

RESUMEN

El presente Trabajo de Diploma aborda la inseguridad del cruce peatonal en las vías que confluyen en el nudo de entrada a Varadero, debido a la inexistencia de soluciones de infraestructura que garanticen la integridad física de los peatones. Por lo que se propone como objetivo elaborar la solución conceptual de pasarela peatonal en el nudo de entrada a Varadero, bajo la hipótesis de que, si se construye una, se logrará la seguridad del cruce peatonal. Para la determinación de las características geométricas de la pasarela se realizaron estudios de flujo peatonal y una revisión del estado del arte y la práctica sobre el tema, incluido un aforo peatonal que determinó los flujos y agrupó a los peatones por edades, lo que constituye una valiosa fuente de información para este proyecto. Se diseñaron modelos digitales de dos propuestas de soluciones diferentes y se analizaron las ventajas y desventajas de cada solución. Se basó el modelo digital en un levantamiento topográfico de la zona, para determinar la capacidad espacial con que se dispone en la zona para la instalación de la pasarela peatonal elevada. El presente trabajo de diploma es un esfuerzo por encaminar los estudios de infraestructura a humanizar las ciudades y crear entornos accesibles para todos los peatones.

Palabras claves: Peatones; Pasos, Flujo; Puente.

ABSTRACT

The present diploma work addresses the insecurity of pedestrian crossing in the roads that converge at the entrance node to Varadero, due to the lack of infrastructure solutions that guarantee the physical integrity of pedestrians. Therefore, it is proposed to develop the conceptual solution for the pedestrian walkway at the entry point to Varadero, under the hypothesis that, if one were built, the safety of the pedestrian crossing will be achieved. For the determination of the geometric characteristics of the walkway, pedestrian flow studies and a review of the state of the art and practice on the subject were carried out, including a pedestrian gauge that determined the flows and grouped the pedestrian by age, which constitutes a valuable source of information for this project. We designed digital models of two different solutions proposals and analyzed the advantages and disadvantages of home solution. The digital model was based on the topographic survey of the area, to determine the spatial capacity available in the area for the installation of the elevated pedestrian walkway. The present diploma work is an effort to direct the studies of infrastructure to humanize cities and create accessible environments for all pedestrians

Keywords: Pedestrians, walkway, flow, bridge.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Capítulo 1 Revisión Bibliográfica	7
1.1- Infraestructura peatonal. Términos y definiciones.	7
1.2- Tipos de Infraestructura peatonal	8
1.2.1- Clasificación funcional y técnica.....	10
1.2.2- Parámetros que caracterizan a la infraestructura peatonal.	11
1.2.3- Criterios generales para la localización	12
1.2.4- Criterios generales para la elección del tipo de paso de peatones.	13
1.3- Estudios de infraestructura peatonal.....	14
1.3.1- Estudios de oferta y demanda.	15
1.3.2- Estudios de volúmenes peatonales en infraestructuras urbanas.	16
1.3.3- Estudios de origen y destino. Objetivos. Tipos.....	17
1.4- Normativas cubanas y extranjeras.	17
1.5- Planeamiento de infraestructura peatonal.....	18
1.6- Oferta y demanda de accesibilidad y movilidad peatonal.	19
1.6.1- Demanda de accesibilidad y movilidad peatonal.	19
1.6.2- Oferta de infraestructura peatonal.....	21
1.7- Pasarelas peatonales.	21
1.7.1- Justificación del empleo de pasarelas peatonales.	22
1.7.2- Ventajas y desventajas de las pasarelas peatonales elevadas.....	22
1.7.2.1- Ventajas y desventajas de las pasarelas peatonales subterráneas.....	23
1.7.3- Análisis necesarios para el diseño de pasarelas peatonales.	24
1.7.4- Requisitos mínimos para Pasarelas Peatonales Elevadas.	25
1.7.4.1- Requisitos mínimos de los accesos.....	27
1.7.5- Elementos que conforman las Pasarelas Peatonales Elevadas.....	27
1.7.6- Tipologías y materiales empleados en la ejecución.....	28
1.7.7- Tendencias internacionales y nacionales en el diseño.	34
1.7.8- Impacto de las pasarelas peatonales en la accesibilidad y movilidad.	34
Capítulo 2 Materiales y métodos	36
2.1- Ejecución del aforo peatonal.	36
2.1.2- Análisis y procesamiento de los resultados del aforo peatonal.....	36
2.1.3- Determinación del flujo pico de peatones.....	37
2.1.3.1- Determinación del flujo promedio de peatones.....	37
2.1.3.2- Caracterización y descripción del fenómeno peatonal.	38
2.1.4- Determinación del ancho efectivo necesario para los valores presentes. ...	38
2.1.5- Determinación del nivel de servicio para el ancho efectivo calculado.	38
2.1.6- Proyección futura basada en el crecimiento poblacional.....	39
2.1.7- Determinación del nivel de servicio para los valores futuros.	39
2.2- Análisis de los resultados del levantamiento topográfico.	40
2.3- Análisis de las alternativas de pasarelas peatonales elevadas existentes.....	40
2.4- Cargas de diseño para puentes peatonales.....	41
Capítulo 3 Análisis de los resultados.	42
3.1- Desarrollo del aforo peatonal.	42
3.2.1- Análisis de los datos del aforo peatonal y descripción de la zona.	43

3.2.2-	Determinación del flujo pico de peatones.....	45
3.2.3-	Determinación del flujo promedio de peatones.	46
3.2.4-	Caracterización y descripción del fenómeno peatonal.....	46
3.3-	Determinación del ancho efectivo necesario para los valores presentes.....	49
3.3.1-	Determinación del nivel de servicio para el ancho efectivo calculado.....	50
3.4-	Proyección futura basada en el crecimiento poblacional.	52
3.5-	Determinación de los niveles de servicio futuros para 3,0 m.....	53
3.6-	Determinación de los niveles de servicios actual y futuro para 4,0 m.	54
3.7-	Análisis del levantamiento Topográfico.	55
3.8-	Propuestas de ubicación de pasarela peatonal elevada.....	57
3.9-	Análisis y recomendación de tecnología constructiva.	61
	Conclusiones	65
	Recomendaciones	66
	Referencias Bibliográficas	67
	Anexos	69
	Anexo 1 Indicaciones.....	¡Error! Marcador no definido.

INTRODUCCIÓN

Desde los primitivos troncos de madera sobre arroyos hasta asombrosas obras maestras de la ingeniería, los puentes y pasos siempre han tenido el objetivo de brindar un cruce seguro a las personas para salvar un obstáculo. La necesidad de estas soluciones lleva a la construcción de vías, puentes y túneles para cuya realización es necesario desarrollar investigaciones previas.

El nudo de acceso a Varadero en la provincia de Matanzas es una zona compleja, que da entrada y salida al transporte automotor de esta península de gran relevancia económica como principal polo turístico de Cuba. Varios autores como: (Llanera Betancourt, 2016; Santos Pérez, 2016; Vicet Kindelán, 2016; Díaz Mondéjar, 2017; Martínez Rizo, 2017; Reyes Ríos, 2017); ofrecen propuestas encaminadas a solucionar los problemas actuales de servicio de las vías que lo integran, sin embargo, tanto los estudios como las propuestas desarrolladas contemplan como elemento fundamental el flujo vehicular, dejando en un segundo plano las facilidades necesarias para el tránsito de peatones en el área.

Los peatones son muchas veces una parte olvidada de las soluciones que se brindan (Jerez y Torres, 2011). Al construir una carretera o una vía rápida en zonas urbanas se dividen espacios para dar prioridad al movimiento de vehículos motorizados, y se fragmentan zonas altamente pobladas, sin considerar que sus habitantes tienen la necesidad de movilizarse de un punto a otro, en algunos casos a pie y cargando mercancías (Taylor y Francis, 2000). El cruce en varios puntos es en la actualidad desordenado y sin protecciones de ningún tipo, lo que supone un grave problema. Las vías que integran el nudo de entrada a Varadero presentaban para el año 2017 un Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD₀) de 338 vehículos por hora en los carriles Matanzas-Cárdenas y una predicción al futuro para 40 años de 1523 veh/hora según (Santos Pérez, 2016). Estas vías cuentan con 4 carriles con un ancho de 3.50 metros cada uno, lo que genera una longitud de cruce de 14 metros de distancia; que podría aumentar si como solución al problema vehicular estos anchos de carril aumentan o se incorporan nuevos carriles.

Soluciones como los pasos de cebra son incompatibles para vías de alta categoría con intensidades de tráfico elevadas, donde la prioridad es garantizar una velocidad de circulación buena sin interrupciones. Esta solución prioriza el paso de los peatones interrumpiendo el de los vehículos (López y Neves, 2012). Otras soluciones como las isletas están destinadas a la estancia de los peatones con objeto de fraccionar el tiempo de cruce de las mismas y supondrían una modificación a la infraestructura vial existente incompatible con el espacio físico del emplazamiento. Descartadas las soluciones más simples los pasos a desnivel son la solución que más se adapta al problema existente.

Situación problemática: La inseguridad del cruce peatonal en las vías que confluyen en el nudo de entrada a Varadero, debido a la inexistencia de soluciones de infraestructura que garanticen la integridad física de los peatones.

Problema científico: Cómo alcanzar la seguridad necesaria del cruce peatonal en las vías que confluyen en el nudo de entrada a Varadero a través de soluciones de infraestructura que garanticen la integridad física de los peatones.

Objeto de Estudio: Proyecto de infraestructura peatonal.

Campo de Acción: Solución Conceptual de pasarela peatonal en el nudo de entrada a Varadero.

Variables Relevantes

Independiente: Solución Conceptual de Pasarela Peatonal Elevada en el nudo de entrada a Varadero

Dependiente: Seguridad del cruce peatonal en las vías que confluyen en el nudo de entrada a Varadero

Lo anterior supone como **hipótesis:** Si se construye una pasarela peatonal en el nudo de entrada a Varadero, se logrará la seguridad del cruce peatonal en las vías que confluyen en el nudo de entrada a Varadero.

Por tanto, se establece como **objetivo general**: Elaborar la Solución Conceptual de pasarela peatonal en el nudo de entrada a Varadero.

Para alcanzar este objetivo general se tienen como **objetivos específicos**:

- Analizar el estado del arte y la práctica del diseño de pasarelas peatonales a nivel nacional e internacional.
- Caracterizar el comportamiento de los flujos peatonales en el nudo de entrada a Varadero y el estado de la infraestructura peatonal existente.
- Determinar los parámetros característicos de una pasarela peatonal que dé respuesta a la demanda de flujos peatonales en el nudo de entrada a Varadero.

Métodos Científicos:

Para el desarrollo de la presente investigación se emplearán varios **métodos teóricos** entre los que se encuentran:

Análisis síntesis.

Conociendo los objetivos a desarrollar se recopilará la información necesaria referente al tema estableciendo puntos de contacto lógicos entre las mismas en cuanto a visión y perspectiva. Se realizará el fichaje de los datos bibliográficos para su procesamiento a la par que se realiza una revisión minuciosa de los mismos de forma que contribuya al cumplimiento de los objetivos previstos.

Histórico lógico

Como parte de la caracterización del objeto de estudio, y como resultado de la revisión bibliográfica, se elaborará una reseña con la descripción de los antecedentes de los estudios de circulación peatonal, tanto en el ámbito nacional como en el internacional.

Inducción deducción

Tomando como referente los resultados de investigaciones basadas en el procesamiento de datos provenientes de aforos peatonales se inducirá el comportamiento de parámetros

inherentes a las corrientes peatonales, utilizando un procesamiento matemático y probabilístico que permitirá identificar patrones de variaciones a corto, mediano y largo plazo, así como la caracterización de estos flujos.

Inferencia de datos

Partiendo de datos ofrecidos por las autoridades del MINTUR en el municipio de Varadero se gestarán escenarios bajo las pautas previstas para el desarrollo de la actividad social y económica ligada al transporte por diferentes medios, teniendo en cuenta el impacto del turismo como actividad económica fundamental de la región y el país.

Por otro lado, se emplearán métodos empíricos como:

Observación

La observación será externa y directa, pues la recogida de información se efectuará por observadores entrenados, que percibirán las manifestaciones externas del objeto de estudio mediante el contacto inmediato con vistas a ofrecer una interpretación o explicación de su naturaleza interna. Será además una observación de equipo y estructurada, pues se elaborará previamente un modelo con la información que indispensablemente debe ser registrada por el grupo.

Medición

Dado el hecho de que la medición como caso particular de la observación arroja datos más exactos y confiables, se reflejará la demanda mediante la cuantificación tanto de los peatones que circulan en el área como de los que se intercambian en las paradas de transporte público situadas en la zona de estudio. Por otra parte, los elementos básicos de la infraestructura peatonal serán registrados a través de mediciones directas en puntos de esta, que pudieran establecer puntos de comparación ente la oferta y la demanda peatonal en la zona de estudio.

Valores

Social: El trabajo de diploma posee valor social en cuanto está destinado a resolver un problema social, la seguridad y confort para los peatones que cruzan la autopista Cárdenas-Varadero entre los que se incluyen los alumnos y profesores del IPU Martín Klein que cruzan esta vía diariamente varias veces. Los peatones y su bienestar es el objetivo final de este trabajo.

Práctico: El presente trabajo incluye una propuesta de solución a un problema existente, y durante su desarrollo se realizan labores como un aforo peatonal que brindan valores actuales y relevantes sobre el fenómeno peatonal hasta ahora desconocidos.

Económico: La autopista Cárdenas-Varadero es una de las arterias que nutre de trabajadores y recursos a Varadero, el polo turístico más importante de Cuba la detención del tráfico en esta vía reiteradamente en horarios tan complejos como en de las primeras horas de la mañana donde se produce gran parte del flujo peatonal diario tiene una repercusión significativa desde el punto de vista económico en cuanto al valor innegable del tiempo para cualquier economía. Con este trabajo se propone una solución que eliminaría este problema, que además tendría un impacto positivo en la accidentalidad y la consiguiente repercusión económica que esto representa.

Metodológico: El presenta trabajo de diploma incluye la realización de un aforo peatonal y el posterior análisis de los valores obtenidos. Este procedimiento no ha sido realizado en la zona de Alturas de Varadero anteriormente por lo que sentará las bases para futuras investigaciones y estudios afines al tema peatonal ofreciendo una posible metodología a seguir.

Estructura

El trabajo de diploma está estructurado de la siguiente forma:

- Resumen
- Índice
- Introducción
- Capítulo I: Revisión Bibliográfica
- Capítulo II: Materiales y métodos
- Capítulo III: Análisis de los resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Bibliografía
- Anexos

CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En el presente capítulo se realizará una revisión del estado del arte y la práctica del diseño de pasarelas peatonales a nivel nacional e internacional.

1.1- Infraestructura peatonal. Términos y definiciones.

Mediante el análisis de los elementos que componen la infraestructura peatonal puede comprenderse el modo en que se comportará el movimiento de los flujos peatonales, basado en las facilidades y opciones que se les entregue a los mismos para desplazarse a pie desde su origen hacia su destino (Tangarife y Vásquez, 2011). No es factible el desarrollo de una ciudad o proyecto civil de cualquier magnitud que ignore la necesidad de viajar a pie para resolver distintas tareas, interactuando con vías, medios de transporte, puentes u obstáculos naturales. La infraestructura peatonal está destinada a brindar los canales de movilidad para un tránsito peatonal seguro y confortable (González Hernández, 2017), que permita acceder a los espacios públicos destinados a las personas, trasladarse entre ellos con la menor necesidad de transporte automotor, para esto conjuga diferentes elementos que por lo general se desarrollan a la par con las vías tanto en su longitud como de forma transversal.

La infraestructura para la movilidad, se define como el conjunto de elementos especiales, que permitan desplazamientos de personas y bienes, así como el funcionamiento del sistema de transporte público y privado (Díaz, 2014).

De los elementos que componen la infraestructura es esencial conocer (Equipo de trabajo IDOM ingeniería SA de CV) los siguientes:

Intersecciones: Punto de encuentro de dos o más cosas de forma lineal, en este caso, calles o avenidas

Espacio público: Territorio de la ciudad donde cualquier persona tiene derecho a estar y circular libremente; ya sean espacios abiertos como plazas, calles y parques, o cerrados como bibliotecas públicas, centros comunitarios, entre otros.

Peatón: Persona que va a pie por una vía pública.

Puente Peatonal: Puente construido para el uso exclusivo de peatones con el objetivo de franquear un obstáculo, como cuerpos de agua, valles o vías de tráfico vehicular.

Señalización: Señales colocadas especialmente en las carreteras y otras vías de comunicación para servir de guía a los usuarios.

La relación entre los elementos (López y Neves; 2012) de la infraestructura peatonal y los peatones generan términos como:

Velocidad de caminata: Es el promedio de velocidad de caminata, el cual generalmente se expresa en metros por minuto o por segundo.

Densidad: Número promedio de peatones por unidad de área dentro de una zona peatonal dada, expresado en peatones por metro cuadrado.

Volumen o flujo peatonal: El flujo peatonal por unidad de longitud (ancho de la instalación), es el flujo peatonal promedio por unidad de ancho efectiva de la instalación expresada en peatones por minuto por metro.

Esviaje: Angulo entre la perpendicular al eje de la vía y el eje virtual del obstáculo que se salva por el puente.

Gálibo vertical: Distancia vertical medida desde el intradós del puente a la cota superior de la vía, obstáculo o corriente fluvial que se salva.

1.2- Tipos de Infraestructura peatonal

Los elementos que están destinados a brindar servicio a los peatones para su desplazamiento o estancia componen la infraestructura peatonal. Tabla 1.

Tabla 1- Elementos que componen la infraestructura peatonal.

Elementos	(López y Neves, 2012)	(Jerez y Torres, 2015)	Equipo de trabajo IDOM ingeniería SA de CV
Aceras		X	X

Pasos peatonales	X		
Cruces semaforizados			X
Pasos de cebra		X	
Isleta			X
Banda libre peatonal	X		
Plataforma única peatonal	X	X	X
Diferencias de nivel	X		
Cruces Peatonales		X	
Puentes peatonales	X	X	X
Cruce a desnivel		X	
Cruces a media cuadra		X	X
Vados			X

Fuente: elaboración propia

Banda libre peatonal: Es la zona libre de obstáculos de un itinerario peatonal que se utiliza para la circulación de peatones. Generalmente, se trata de la franja de acera contigua a la alineación que se encuentra libre de salientes de fachada, de mobiliario urbano o de cualquier tipo de obstáculo que interfiera el tránsito peatonal

Plataforma única peatonal: Calle destinada únicamente al tránsito de peatones, en la que los vehículos sólo pueden circular de forma ocasional para acceso a aparcamientos privados, para carga y descarga y en situaciones de emergencia.

Plataforma única mixta: Calle en la que la circulación de vehículos y el tránsito peatonal se producen en el mismo plano, no existiendo diferencia de nivel entre aceras y calzadas. La circulación se organiza mediante cambios de color y textura en los pavimentos, colocación de mobiliario urbano.

Diferencias de nivel: En el medio urbano, nos referimos a las discontinuidades que se producen en los planos que conforman los itinerarios peatonales y que, en general, se han de resolver mediante planos inclinados de pendiente adecuada que absorban las diferencias de cota.

Pasos peatonales elevados y subterráneos: Se construyen en casos extremos, para atravesar vías urbanas o interurbanas con intensidades de tráfico de vehículos muy fuertes y con prioridad absoluta sobre el tránsito peatonal

Aceras: Zonas longitudinales elevadas respecto de la calle, carretera o camino, que hacen parte del espacio público, destinadas al flujo y permanencia temporal de todo tipo de peatón (Jerez y Torres, 2015).

1.2.1- Clasificación funcional y técnica.

Existen dos tipos de infraestructuras de tráfico peatonal de acuerdo a su tipo de flujo. Infraestructuras de flujo continuo o ininterrumpido donde los peatones poseen la prioridad total de forma ininterrumpida e Infraestructuras de flujo discontinuo o interrumpido donde los peatones solo poseen periodos de tiempo determinados para el cruce y la prioridad es para el tráfico rodante o compartida por tiempos semafóricos.

Flujo Continuo	Flujo Discontinuo
Aceras	Pasos de Cebra en intersecciones semaforizadas
Banda libre peatonal	Cruces peatonales en intersecciones no semaforizadas
Pasos Peatonales	Cruces a media cuadra
Plataforma única peatonal	Plataforma única mixta
Pasos de cebra	-----

Según sus clasificaciones técnicas pueden identificarse como: (López y Neves, 2012)

Franjas señalizadoras: Son tramos de un itinerario peatonal, con pavimento de textura y color diferente al del resto del itinerario, cuya función es avisar, orientar y dirigir a las personas ciegas, con deficiencias visuales o con graves problemas de orientación.

Vados peatonales: Son las modificaciones de las zonas de un itinerario peatonal, mediante planos inclinados que comunican niveles diferentes, que facilitan a los peatones el cruce de las calzadas destinadas a la circulación de vehículos.

Pasos Peatonales: Se define como la zona de intersección entre la circulación rodada y el tránsito peatonal, es decir, la parte del itinerario peatonal que cruza la calzada de circulación de vehículos al mismo o a diferente nivel.

Estos a su vez se clasifican como:

Pasos peatonales no regulados por semáforo: Se producen generalmente en calles estrechas y con poca intensidad de tráfico de vehículos, como es el caso de barrios residenciales céntricos o periféricos. Aunque con las lógicas limitaciones, en estas calles la prioridad de uso ha de tenerla el peatón, que deberá poder transitar con comodidad y seguridad.

Pasos peatonales regulados por semáforo: Se encuentran en vías de amplia sección, que comunican y distribuyen zonas de gran actividad (usos comerciales, oficinas...). En estos casos se produce una utilización alternativa del espacio del cruce por peatones y vehículos, siendo el semáforo el mecanismo que regula los tiempos de circulación de ambos. Dichos semáforos dispondrán de dispositivos acústicos que garanticen la seguridad de las personas ciegas y deficientes visuales.

Pasos peatonales elevados y subterráneos: Se construyen en casos extremos, para atravesar vías urbanas o Interurbanas con intensidades de tráfico de vehículos muy fuertes y con prioridad absoluta sobre el tránsito peatonal.

Isletas: Son zonas comprendidas en el ancho de grandes calzadas, destinadas a la estancia de los peatones con objeto de fraccionar el tiempo de cruce de las mismas.

1.2.2- Parámetros que caracterizan a la infraestructura peatonal.

Los parámetros que caracterizan la infraestructura peatonal están regulados por aspectos en común pero específicos para cada tipo pudiendo señalarse como características o elementos más generales los siguientes en lo que coinciden varios autores como (López y Neves, 2012; Salamanca y Moreno, 2014):

Infraestructura	Parámetros			
Franjas señalizadoras:	Longitud	Textura	Color	Ancho

Vados peatonales	Pendiente longitudinal máxima	Pendiente transversal máxima	Ancho mínimo	Resalte máximo
Pasos Peatonales	Ancho	Nivel	Alineación	Largo
Isletas	Ancho mínimo	Fondo mínimo	Resalte máximo	-----

1.2.3- Criterios generales para la localización

Potencialmente, pueden producirse cruces de la calzada por peatones en todos los puntos en que sus desplazamientos se ven interrumpidos por calzadas de circulación rodada, pero se concentran fundamentalmente en algunos puntos de la red viaria. Los Proyectos de Urbanización deberán estudiar la conveniencia de formalizar pasos de peatones, al menos, en los siguientes puntos: (IVP, 2000)

1. En los puntos en que una calzada interrumpe la continuidad lineal de las aceras o itinerarios peatonales: bulevares, calles peatonales, sendas.
2. En las proximidades de edificios generadores de tráfico peatonal intenso: escuelas, hospitales, centros administrativos, centros de empleo, grandes establecimientos comerciales
3. Junto a intercambiadores de transporte y paradas de transporte colectivo.
4. En puntos de elevada accidentabilidad peatonal.
5. En relación a la intensidad de tráfico, se recomienda formalizar pasos de peatones:
6. En vías con intensidades horarias de tráfico automóvil superior a 300 vehículos y de cruce peatonal superiores a 300 personas, en una distancia de 100 m en torno al punto de cruce.
7. En vías con intensidades superiores a los 1.000 vehículos hora, con intensidades peatonales de 100 personas por hora.

8. En la medida de lo posible, los pasos de peatones deben integrarse en las intersecciones viarias.
9. En áreas centrales y comerciales, se recomienda no separar los pasos de peatones formalizados más de 75 m.
10. Si el paso no coincide con una intersección viaria, debe localizarse en puntos que sean bien visibles para los conductores y, en los de frecuentación nocturna, deben iluminarse. Fuera de los ámbitos urbanos, una buena visibilidad es condición indispensable para localizar pasos de peatones.
11. Se debe procurar situar los pasos de peatones en la prolongación del recorrido natural de los peatones, ya que, a menos que resulte obvio al peatón, que utilizarlo es más fácil que cruzar siguiendo su itinerario natural, no le usará.

1.2.4- Criterios generales para la elección del tipo de paso de peatones.

En la elección del tipo de paso de peatones a utilizar en una situación concreta deben considerarse: (IVP, 2000; López y Neves, 2012; Salamanca y Moreno, 2014)

- Las intensidades de vehículos y peatones.
- El rango jerárquico de la vía y la importancia del itinerario peatonal.
- El carácter del área y los objetivos ambientales.

En general se recomienda:

Resolver mediante pasos cebra las situaciones con tráfico vehicular bajo e intensidades peatonales bajas o medias y no hacerlo en casos de intensidades peatonales altas, ya que penalizan excesivamente al tráfico rodado

Resolver mediante pasos semaforizados las situaciones con tráfico de vehículos medio e intensidad peatonal media o alta.

Resolver con pasos a distinto nivel la travesía de autovías o autopistas urbanas, con intensidades peatonales medias o, incluso, bajas.

Utilizar pasos sobre reductores de velocidad en calles y recintos con templado de tráfico.

1.3- Estudios de infraestructura peatonal.

La infraestructura peatonal debe ser estudiada para conocer la situación en la que se encuentra y la mejor forma de hacerlo es sobre el terreno (Olivas Ochoa, 2001; Cal y Mayor, 2010; González Hernández, 2017).

Levantamiento físico - geométrico. Es la descripción de todos los elementos que existen en la zona de estudio, que constituyen generalmente el primer paso en la recopilación de información en los estudios de ingeniería de tránsito. Se deben localizar todos aquellos puntos o elementos físicos como: postes, banquetas, guarniciones, construcciones, árboles, cercas, límites de propiedad, estacionamiento, semáforos, señales de tránsito.

Estudio de inventario. Su objetivo es determinar las características geométricas de la infraestructura peatonal y otras condiciones físicas como su estado, la localización de obstáculos, riesgos y condiciones que puedan afectar el movimiento de las personas. Los estudios de inventario también consideran la señalización vial para peatones, esto involucra: señales verticales, demarcación horizontal, dispositivos de control del tránsito, elementos de apoyo como barandas, rampas, zonas sensoriales, entre otras (Burgos, 2010). Como resultado de estos estudios, el ingeniero de tránsito determina las características de la oferta y puede detectar falencias de la misma.

El nivel de detalle del estudio de inventarios es relativo al nivel del proyecto que se esté desarrollando, de esta forma, un proyecto con fines de planificación de transporte requerirá un nivel de detalle bajo, mientras que un estudio de nivel operativo necesitará mayor precisión, especialmente si se van a calibrar modelos de flujo o modelos de simulación microscópica.

Debe tenerse especial cuidado al referenciar aquellos elementos que brindan accesibilidad a los peatones con movilidad restringida, como escalones, rampas, sensores, delimitadores, canalizadores, etc. así como los elementos propios del mobiliario urbano, como sillas, postes de servicios, iluminación, zonas verdes, entre otras.

1.3.1- Estudios de oferta y demanda.

Para conocer las características de los flujos peatonales de determinada zona, es necesario llevar acabo ciertos inventarios y estudios, que permitan establecer la demanda de espacios y verificar las necesidades físicas, para así revisar e incrementar la oferta en caso de ser necesario (Cal y Mayor, 2010). Los estudios sobre flujos e infraestructuras peatonales permiten determinar la relación entre la oferta y la demanda del espacio asignado y de esa forma poder proponer recomendaciones para optimizar la utilización de los espacios disponibles y/o planificar nuevas áreas que podrían utilizarse para la creación de infraestructuras peatonales.

Es necesario obtener la demanda presente y futura para poder analizar los cambios en el sistema, predecir su comportamiento y capacidad de respuesta, para conocer si son correctos dichos cambios o no. Esto no solo se verá reflejado en la capacidad y nivel de servicio de las vías peatonales, sino también en el diseño del esquema vial de la red urbana de la ciudad (González Hernández, 2017).

1.3-1. Estudios de capacidad y niveles de servicio en infraestructuras peatonales.

Estudios de inventario: Su objetivo es determinar las características geométricas de la infraestructura peatonal y otras condiciones físicas como su estado, la localización de obstáculos, riesgos y condiciones que puedan afectar el movimiento de las personas. Los estudios de inventario también consideran la señalización vial para peatones, esto involucra: señales verticales, demarcación horizontal, dispositivos de control del tránsito, elementos de apoyo como barandas, rampas, zonas sensoriales, entre otras (Valenzuela y García, 2015).

El Manual Highway Capacity 2000 HCM da a conocer algunas medidas que se refieren específicamente al flujo peatonal, y a factores relacionados con el entorno los cuales afectan la experiencia de caminar y la percepción del nivel de servicio tales como el confort, la comodidad la seguridad.

La Capacidad peatonal sirve para evaluar el nivel de servicio que presta una infraestructura peatonal, según los flujos existentes y proyectados las variables que se

deben tener en cuenta para el análisis de los flujos peatonales definidas como variables macroscópicas son: velocidad, densidad y volumen.

Estas se relación por medio de la ecuación 1:

$$Q = V\varepsilon * K \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

$Q =$ Tasa de flujo peatonal

$V\varepsilon =$ Velocidad media espacial de caminata

$K =$ Densidad peatonal

Los niveles de servicio son generalmente catalogados como un parámetro para estimar la calidad de una infraestructura peatonal (Jerez y Torres, 2015). El HCM clasifica el nivel de servicio con las letras A, B, C, D, E y F siendo A el indicador de mejor calidad y F la peor calidad. Cuando es A implica *Flujo libre* y F implica *sin flujo o flujo inestable*.

1.3.2- Estudios de volúmenes peatonales en infraestructuras urbanas.

2. Volumen de tránsito peatonal: También denominado aforo o conteo, es un estudio realizado comúnmente en ingeniería de tránsito, su objetivo es cuantificar la demanda de infraestructura peatonal, especialmente su variación espacial y temporal, distribución por sentidos o cruces en accesos de intersecciones y composición (de acuerdo con los atributos de los peatones, como género, edad y ocupación).
3. Con las condiciones tecnológicas actuales, los aforos peatonales son realizados mediante sensores que el peatón generalmente no detecta como lo son las cámaras de video, sin embargo, su utilización en los aforos implica contar con software especializado para conteo. Sin embargo, en muchos sistemas con altos flujos peatonales, los conteos son realizados en forma mecánica o mediante sensores electromagnéticos u ópticos (Valenzuela y García, 2015). En los estudios de ingeniería de tránsito aún se utiliza mucho el conteo manual, puesto que en ocasiones se requiere identificar algunas características del peatón, por ejemplo su edad; realizar esta identificación mediante el uso de sensores puede resultar muy costoso e

involucrar grandes errores de medición. Otro aspecto que ha inducido la continuidad en el uso de conteos manuales es el costo de la mano de obra dado que no se requiere preparación especial para realizar este tipo de estudio.

1.3.3- Estudios de origen y destino. Objetivos. Tipos.

Son estudios de campo que se utilizan para conocer información actualizada del movimiento peatonal. (Díaz, 2006) Hay diferentes tipos de estudios Origen-Destino, según la precisión y objetivos que quieran alcanzarse; pero todos se basan en el registro de las características de una muestra de viajes peatonales, cuyos resultados se expanden apropiadamente. Entre las características a recopilar están: origen y destino del viaje, hora del día en que se realiza, duración del mismo, ruta realizada, propósito.

Con este tipo de estudios se puede conocer los lugares de donde vienen las personas y hacia donde se dirigen y es posible determinar las trayectorias ideales que desean seguir. Ello tiene por objeto determinar específicamente la orientación de los viajes de la actividad humana y se llega por medio de los mismos a saber dónde se deben mejorar las vías y colocar una infraestructura peatonal. Además tienen gran importancia en la determinación de ciertas condiciones y características de los peatones, así como para estudios de planeamiento general y de carácter económico. Generalmente este tipo de estudios permite obtener las líneas de deseo que definen las trayectorias más deseables y las causas que originan los viajes.

Existen otros estudios que son más específicos y no menos importantes, entre ellos se pueden mencionar los estudios de gabinete, estudios demográficos, estudios de previsión de la ciudad, estudios de asignación de rutas, estudios de distribución, entre otros.

1.4- Normativas cubanas y extranjeras.

Tanto para Cuba como para el resto del mundo el diseño de las infraestructuras peatonales está regido por normas.

La Norma Técnica Colombiana (NTC 4774: Reglamentación puentes peatonales ICONTEC; AASHTO, 2001; NC 391-2,2004; NC-733,2009; NTC, 2009a; NTC, 2009b; NC, 2010; 2013 a, b, c; HCM, 2000).

Existen además diversos manuales que recogen valores y características con las dimensiones o requisitos mínimos para cada tipo de infraestructura (López Pereda and Neves Móuriz, 2000; Poblete Bennett and Saball Astaburuaga, 2009; Jerez Castillo and Torres Cely, 2009; Guadalajara, 2010; Prada Bretón et al., 2012; Itzel Tovar, 2015;Donaldo Colosio, 2017).

1.5- Planeamiento de infraestructura peatonal.

El planeamiento de la infraestructura peatonal está estrechamente relacionado con el análisis de los flujos de peatones y la demanda del mismo, como concuerda (González Hernández, 2017). En función de estos valores y de la estimación de su comportamiento futuro, así como de la evolución de las zonas, se debe diseñar una infraestructura que dé respuesta a dicha demanda. El planeamiento de la infraestructura peatonal está por lo general incorporado al de la infraestructura vial (Taylor y Francis, 2000).

Los planes de infraestructura peatonal están encaminados por regla general (Tangarife y Vásquez, 2011) a:

- Mejorar la movilidad y cobertura de las redes de transporte público propiciando servicios específicos como paradas; mejorando el acceso de las personas.
- Implementar estrategias que mejoren la movilidad especialmente en las principales vías.
- Identificar los problemas de accesibilidad y movilidad de peatones.
- Incentivar medidas de apoyo a los desplazamientos peatonales.
- Incrementar la movilidad peatonal frente a la vehicular.
- Implementar políticas coordinadas de circulación, estacionamiento y transporte público: reducir el uso del vehículo en la zona urbana.
- Regular la circulación de vehículos pesados y de carga y descarga.

- Incidir en colectivos ciudadanos, como los estudiantes, los trabajadores para promover medidas más sostenibles en la gestión de su movilidad.
- Reducir el consumo de combustibles fósiles por viaje realizado.
- Reducir la emisión de CO₂ y contaminantes a la atmósfera.

1.6- Oferta y demanda de accesibilidad y movilidad peatonal.

Para conocer las características de los flujos peatonales de determinada zona, es necesario llevar acabo ciertos inventarios y estudios, que permitan establecer la demanda de espacios y verificar las necesidades físicas, para así revisar e incrementar la oferta en caso de ser necesario (Cal y Mayor, 2010). Los estudios sobre flujos e infraestructuras peatonales permiten determinar la relación entre la oferta y la demanda del espacio asignado y de esa forma poder proponer recomendaciones para optimizar la utilización de los espacios disponibles y o planificar nuevas áreas que podrían utilizarse para la creación de infraestructuras peatonales.

Esta relación es la base de muchos proyectos y ha sido descrita desde diferentes ángulos por autores como: (Cedeño, 2015; González Hernández, 2017) se coincide en aspectos que permiten definirla como: relación directa obtenida mediante estudios de campo y teóricos sobre el número de peatones que necesitan usar el espacio físico, y las estructuras que existen para hacerlo en todas su variantes. Esta relación es además la que determina el nivel de servicio de una infraestructura peatonal (Traffic Research Board, 2000).

1.6.1- Demanda de accesibilidad y movilidad peatonal.

Se debe tomar en cuenta que el peatón es uno de los elementos más importantes de una ciudad. Como el resto de los usuarios de la vía pública, el peatón se ve obligado a convivir y a compartir el espacio con otros usuarios de la vialidad. Sin embargo, en un mismo viaje las personas cambian constantemente de modo de transporte, empezando como peatones, convirtiéndose en usuarios del transporte público, del vehículo privado e inclusive de la bicicleta. Sin embargo, en algún momento del viaje, todas las personas

somos peatones que demandamos determinados niveles de movilidad y accesibilidad (IDOM Ingeniería S.A. de C.V, 2017)

Demanda es la magnitud del flujo presente o previsto circulando a una determinada velocidad. Se usa en planeamiento, estudios de tránsito, proyectos de operación de vías. (Cal y Mayor Reyes Spíndola y Cárdenas Grisales, 2010). La intensidad de flujo es un factor muy importante al realizar estudios de oferta y demanda ya que es la variable que nos permite medir la capacidad de servicio de una vía. (Highway Capacity Manual, 2000).

En intersecciones donde la demanda peatonal sea superior a las 1.000 personas por hora se recomienda, según (Cuevas, 2005):

- Brindar oportunidad de cruce seguro en todos los accesos de la intersección con el fin de disminuir las probabilidades de accidentes y reducir los tiempos de demora de los viajes.
- Dar tiempo a peatones consistentes con la demanda peatonal, buscando categoría de nivel de servicio peatonal igual al vehicular.
- Evaluar el impacto económico y la disponibilidad de la sociedad de asumir los sobrecostos al ampliar las fases peatonales, garantizando que pérdidas sociales sean menores al 10%.

Movilidad según trata (Sanz, 1997) se refiere a la capacidad para desplazarse de un lugar a otro por medio de cualquier medio, en este caso la capacidad de llegar de un punto físico a otro a pie. Estos autores reconocen que se le da mayor importancia en las ciudades a la movilidad del transporte automotor por sobre el resto afectando seriamente a los peatones.

Teniendo en cuenta esto la demanda de accesibilidad y movilidad peatonal es la necesidad de desplazarse de un lugar a otro circulando a una determinada velocidad sin necesidad de emplear transporte alguno.

1.6.2- Oferta de infraestructura peatonal.

Se denomina oferta peatonal a la capacidad del sistema vial para admitir un determinado flujo peatonal (Cal y Mayor, 2010). La oferta está estrechamente relacionada con la capacidad peatonal que es flujo de personas que razonablemente puede esperarse que atraviese por un punto, sección uniforme o vía, durante un período de tiempo dado y en ciertas condiciones prevalecientes (Olivas Ochoa, 2001). Esto a su vez se traduce en diferentes niveles de servicios que son un indicador de los distintos grados de comodidad de la circulación peatonal y se define de manera subjetiva, con base en la realización de una serie de factores como lo son: la facultad de circular a la velocidad deseada, sortear a otros peatones más lentos y evitar situaciones de conflicto con otros viandantes (Olivas Ochoa, 2001).

La infraestructura peatonal debe ofrecer (Jerez y Torres, 2015):

Seguridad: Cualquier infraestructura peatonal debe estar libre de peligros minimizar conflictos con factores externos como el tráfico vehicular u obstáculos arquitectónicos, lo que favorece un entorno más tranquilo y seguro, reduciendo el riesgo de accidentes.

Funcionalidad: La infraestructura peatonal tiene características que la hacen práctica e imprescindible ya que mejora el sistema urbanístico, promueve todo tipo de actividades económicas, sociales y culturales. La construcción de espacios públicos fomenta el desarrollo de actividades con mayor cohesión social, accesible a niños ancianos, personas con limitaciones. Mejora la accesibilidad de los trabajadores ahorra energía y se disminuye la contaminación.

1.7- Pasarelas peatonales.

Desde el punto de vista de la seguridad del peatón y de la capacidad de las vías, la solución ideal es la separación de distintos niveles de peatones y vehículos, bien sea mediante pasos elevados sobre la calzada o subterráneos (Olivas Ochoa, 2001). Un puente es una estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como ríos, valles, lagos o brazos de mar; y obstáculos artificiales, como vías férreas o carreteras, con el fin de unir caminos y poder trasladarse de una zona a otra. El objeto de cruzar una vía de

comunicación con un puente, es el de evitar accidentes y facilitar el tránsito de viajeros, animales y mercancías (Trujillo Orosco, 1993).

1.7.1- Justificación del empleo de pasarelas peatonales.

Las pasarelas peatonales se utilizan cuando es necesario salvar obstáculos en el trazado de un camino natural, como cruces con carreteras, cauces; y no es posible realizar otro tipo de obra de fábrica (Pasarelas Peonales).

La construcción de un paso a desnivel para peatones, requiere, para su justificación, la observancia de los siguientes criterios (Olivas Ochoa, 2001).

- Se puede pensar en una estructura de este tipo cuando se considera que existen rutas escolares, cruzando un Boulevard o una autopista, o una vía rápida; o cuando los volúmenes peatonales en general son sensiblemente altos, en un determinado punto de las vías antes citadas.
- Es conveniente considerar algunas características físicas del lugar; como pueden ser: la sección por cruzar, la existencia de servicios públicos como postes de luz, líneas de drenaje y agua potable, cableado. Las características mecánicas del suelo y otras más.
- La economía es también uno de los aspectos más importantes a considerar; por lo que es conveniente evaluar las diferentes alternativas, seleccionando aquellas que económicamente se justifiquen, en el largo plazo.

1.7.2- Ventajas y desventajas de las pasarelas peatonales elevadas.

Las pasarelas o pasos peatonales elevados se emplean como solución cuando generalmente solo se puede decidir entre este tipo de estructuras y las soterradas. Es importante tener en cuenta las ventajas y desventajas que poseen para decidir la conveniencia de la elección entre una y otra siendo las elevadas por lo general las más recomendadas en lugares donde se requiere una solución más rápida, económica y no existen infraestructuras subterráneas de gran magnitud cercanas como metros o centros comerciales subterráneos. Los detractores de este tipo de estructuras generalmente se basan en la dificultad de subir las rampas de acceso sobre todo para personas de avanzada

edad o incapacidades físicas. (Hinojosa, 2015; Olivas Ochoa, 2001; Tapias Salamanca, 2014; Patiño Yépez, 2016).

Ventajas

- Son más económicas que los inferiores.
- Su construcción es muy sencilla, pues no requiere el cierre de la vía o parte de ella por tiempo prolongado.
- No necesitan equipos que requieran mantenimiento y sólo debe cuidarse su aspecto exterior.
- No requieren complejos sistemas de iluminación, drenaje o ventilación.
- Pueden constituir elementos de enorme belleza visual que aporte valor al patrimonio construido.

Desventajas

- Irrumpen brusca y totalmente en el medio urbano donde se sitúen, por lo que deben ser diseñados en armonía con el medio que los rodea.
- Requieren un gran desarrollo de los accesos para salvar los obstáculos, pues el peatón tiene que subir el gálibo de la vía (que frecuentemente rebasa los 5.50 m.), más el peralte del elemento.
- No es fácil obtener la combinación rampa-escalera y que armonice adecuadamente con el entorno circundante.
- Al peatón le desagrada subir primero y bajar después.

1.7.2.1- Ventajas y desventajas de las pasarelas peatonales subterráneas.

Ventajas (Olivas Ochoa, 2001; Tapias Salamanca, 2014; Patiño Yépez, 2016).

- Poco desarrollo de los accesos para salvar una luz determinada. El peatón debe bajar y subir menos que en los superiores (3.0 m aproximadamente).
- El peatón prefiere bajar primero, aunque después esté obligado a subir.
- Se combinan adecuadamente rampas y escaleras, lo que permite el uso simultáneo de peatones y sillas de ruedas.

- Su ubicación dentro del mobiliario urbano, no interfiere en la arquitectura del lugar.
- Ofrecen grandes posibilidades para la construcción de obra que atraen a los peatones como: tiendas subterráneas, cafeterías.
- Pueden combinarse adecuadamente con las líneas del metro para facilitar el acceso de los peatones a las estaciones.

Desventajas

- Construir los pasos peatonales inferiores, requiere de la construcción de otras obras inducidas, necesarias para mantener la circulación vial, tales como desviaciones.
- Son más costosos que los superiores, pues requieren técnicas constructivas y materiales más complejos; así como el movimiento de grandes volúmenes de materiales, con el consecuente costo de equipo.
- En el caso de un manto freático alto, la impermeabilización crea nuevas dificultades.
- Requieren equipos para el bombeo del agua de lluvia y de ventilación. En el caso de que superen determinada longitud, estos equipos obviamente requieren de un mantenimiento periódico y adecuado

1.7.3- Análisis necesarios para el diseño de pasarelas peatonales.

Para el diseño de pasarelas peatonales deben tenerse en cuenta diferentes elementos según: (Olivas Ochoa, 2001; Tapias Salamanca, 2014) los más importantes son:

Estéticos: Las pasarelas deben de integrarse en el entorno que las rodea y, en lo posible, poseerán características agradables al usuario.

Durabilidad: La vida útil de las pasarelas se establecerá como mínimo en 50 años, salvo justificación expresa. El proyecto debe considerar que ésta ha de alcanzarse minimizando los costes de conservación con una adecuada elección del tipo estructural, materiales, diseño, protección y plan de mantenimiento.

Constructivos: Gran parte de los elementos utilizados en la construcción de pasarelas son, o pueden ser, prefabricados. El empleo de este tipo de elementos implica una disminución de los costes asociados a estas estructuras, disminuyendo también el plazo de ejecución de las mismas.

Funcionales: En primer lugar, se deben definir cuáles serán las características esenciales de la pasarela, es decir, cuál será su función. En este sentido, será necesario especificar qué tipo de tránsito debe soportar: peatones, peatones y ciclistas, vehículos ocasionales mantenimiento, emergencias o vehículos con servidumbre de paso. Para todas las tipologías habrá que especificar el número considerando su simultaneidad en el tiempo. En general, las pasarelas están destinadas al uso de peatones y de ciclistas; sin embargo, en algunas ocasiones, es necesario el paso de vehículos de emergencias o de mantenimiento, debiendo considerarse este factor en el diseño de la sección tipo de la pasarela.

Económico: En relación a los criterios económicos, no solo hay que considerar el coste de la estructura, sino que también hay que tener en cuenta el mantenimiento necesario y su frecuencia, así como la posibilidad real de su realización, resultando normalmente más rentable un mayor coste de ejecución y menos mantenimiento, que lo contrario.

Medioambientales: Durante la fase de diseño de la infraestructura se preverá la minimización del impacto (final y de ejecución) y la naturalidad de los elementos constituyentes de la estructura, utilizando materiales de la zona siempre que sea técnica y económicamente posible. Queda abierta la posibilidad de utilizar materiales provenientes de reciclado, siempre que cumplan los requerimientos propios de su función, o que puedan ser reutilizables en un futuro, al terminar su utilidad en la pasarela.

1.7.4- Requisitos mínimos para Pasarelas Peatonales Elevadas.

Varias normas según el país o la región indican un grupo de requisitos mínimos para las pasarelas peatonales elevadas pero los siguientes valores cumplen con el criterio de **accesibilidad universal**. (Instituto de desarrollo urbano de Bogotá, 2003; Ayuntamiento de Guadalajara 2008; Alvares y Comiêao, 2005).

- Ancho libre del tablero 2,40 m
- Gálibo vertical mínimo 5,20 m
- Gálibo horizontal 1,60 m a calzadas adyacentes
- Gálibo horizontal entre 5,00 y 10,00 m a fachadas de edificaciones
- Piso en material antideslizante
- Pendiente máxima de las rampas de acceso continuas 12% y en caso de utilizar rampa caballera (escalonada) ésta debe tener una pendiente del 15% con huella no menor a 1,0 metro
- Sistema de Alumbrado que garantiza la seguridad del usuario dentro y debajo del puente peatonal.
- Baranda con altura de 0,98 m sobre el nivel de la placa de caminado. La protección en barandas debe generar una barrera física pero manteniendo una transparencia visual.
- El puente es aterrizado en los extremos mediante polos a tierra.

Para Cuba los valores son establecidos por la **NC 733 del 2009** que define los valores de cálculo y diseño que deberán emplearse entre los cuales están:

- La pendiente máxima longitudinal deberá ser de un 8%, excepto en los accesos.
- El ancho mínimo entre barandas deberá ser de 2,25 m.
- En pasarelas peatonales habrá de adoptarse carga característica accidental distribuida de 4,50 kN/m².
- Las barandas de los pasos peatonales tendrán una altura mínima de 0,75 m y serán diseñadas para una carga transversal y vertical uniformemente distribuida de 0,75kN/m aplicada en el borde superior de la baranda.
- En la construcción de puentes de carretera se deberá asegurar un adecuado drenaje, tanto en el sentido longitudinal como transversal, como se especifica en la NC 53-02, en correspondencia con el tipo de terreno de la vía donde se construya el puente; pero, además se garantizará transversalmente una pendiente a la superficie del pavimento cuyos valores fluctuarán entre 1,5% y 2%.

1.7.4.1- Requisitos mínimos de los accesos.

Según la NC 391-2: 2004 las escaleras de los pasos peatonales elevados deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Las escaleras también deben estar dotadas con una doble barandilla a una altura de 950 mm y 700 mm respectivamente situada longitudinalmente al menos en uno de sus laterales, siendo conveniente su instalación en ambos lados e incluso en su parte central cuando exista un ancho superior a 200 mm, debiendo prolongarse en todos los casos 300 mm más sobre el comienzo y al final de los escalones aconsejándose que la altura de cada escalón no supere los 170 mm y el ancho o huella no sea inferior a 290 mm, debiendo ser todos iguales.
- Los materiales a emplear han de ser antirresbalantes, por tanto, debe descartarse las superficies pulimentadas o esmaltadas.

1.7.5- Elementos que conforman las Pasarelas Peatonales Elevadas.

Los elementos principales que se pueden distinguir en los puentes corresponden a la superestructura, y subestructura (Trujillo, 2009)

❖ Superestructura:

Losa: Constituye la base para el tránsito, sobre ella pasan las cargas móviles, transmiten las cargas a las vigas o elementos de soporte estructural existentes. (Aníbal Aquino, 2004).

Vigas: Las vigas se utilizan como elemento estructural vigas paralelas a la carretera, que soportan esfuerzos de componente vertical y transmiten las cargas recibidas a las pilas y estribos del puente.

Estructura Metálica: El acero es un material que soporta muy bien los esfuerzos de flexión, compresión y tracción, y esta propiedad se emplea en la construcción de puentes metálicos en arco o de vigas de acero.

❖ Subestructura

Apoyos: Son conjuntos estructurales instalados para garantizar la segura transferencia de todas las reacciones de la superestructura a la subestructura y deben cumplir dos requisitos básicos: distribuir las reacciones sobre las áreas adecuadas de la subestructura y ser capaces de adaptarse a las deformaciones elásticas, térmicas y de otras índoles inducidas por la superestructura, sin generar fuerzas restrictivas perjudiciales.

Estribos: Puede definirse como una combinación de muro de retención y cimentación que soporta un extremo de la superestructura de un puente y que a la vez transmite las cargas al suelo de cimentación, sostiene el relleno de tierra situado junto a su trasdós y también ofrece protección contra la erosión.

Pilas: Son las estructuras que brindan los apoyos intermedios del puente, en el caso de puentes de más de un tramo. En el caso de puentes de grandes luces, determinados apoyos intermedios reciben otra denominación, tal como pilones.

Cimientos: Las Fundaciones de una estructura son las bases sobre las cuales ésta se apoya de forma adecuada y estable sobre el terreno. Para las fundaciones de un puente se debe tomar en cuenta el tipo de suelo y la altura del puente. Las fundaciones se hacen más anchas en terrenos blandos, y más angostas en terrenos duros

1.7.6- Tipologías y materiales empleados en la ejecución.

Las tipologías empleadas generalmente definen los materiales a emplear y existen de diversas formas (Tapias Salamanca, 2014; Cedeño, 2015).

Algunos de los materiales más comunes son los recogidos en la siguiente tabla:

Tabla 2- *Materiales más usados en pasarelas peatonales, peso propio.*

Material	Densidad aparente kN/m ³
Acero	78,50
Hormigón ligero	10,00-20,00
Hormigón armado y pretensado	25,00

Madera de frondosas	5,30-9,00
Madera de coníferas	3,00-5,00

Fuente: Elaboración propia.

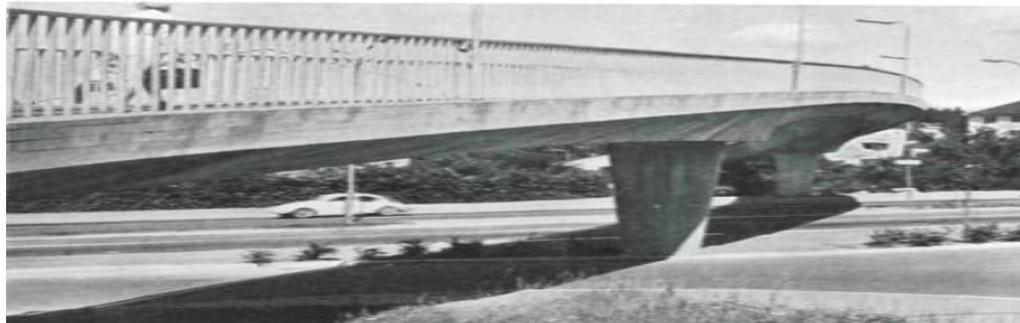
Tipologías

Puente Peatonal de hormigón armado

- Store Ringvei Oslo (Elliot Strizmmme, 1969)

Ficha técnica

- La estructura del puente es una viga cajón continuo, de tres tramos, cimentado directamente sobre roca.
- Está sostenida sobre cojinetes de neopreno en los estribos y sobre dos pilas simples fijadas al suelo. Las pilas forman un todo monolítico con la superestructura.
- Vigas cajón de la superestructura va reforzada con baldosas de hormigón de 5 cm de espesor y con una capa de 10 cm de hormigón in situ.
- Longitud tramos de: 18, 36 y 20 m. Total 74 m.
- Altura: 5,20 m para los andenes centrales; 4,50 m para los laterales y 2,20 m para las aceras.
- Ancho: 3.85 m
- Tiempo de ejecución: 7 meses
- Sin interrupción del tráfico



- Paso peatonal Pedro Menéndez Gilbert (Cedeño, 2015)

Ficha técnica

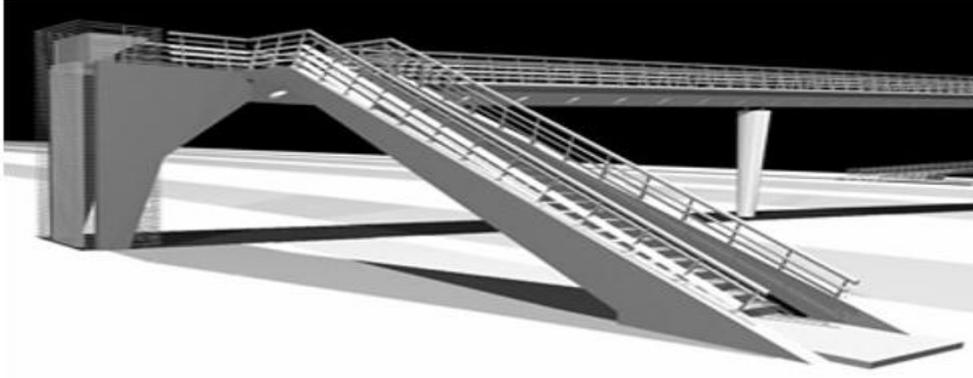
- Estructura de hormigón armado.
- Vigas prefabricadas y simplemente apoyadas.
- Longitud: 40.30 m.
- Ancho: 2.05 m.
- Altura pasarela: 6.80 m.
- Pasamanos de hierro negro: 1.00 altura.
- Cubierta de policarbonato: en pasarela.
- No dispone de rampas para discapacitados.



- Puente Peatonal en concreto (Esguerra y Mazzanti 2015)

Ficha técnica

- Estructura de hormigón armado
- Módulos prefabricados pos tensionados, que arman un cuerpo principal elemento estructural.
- Longitud variable
- Ancho: 2,5 m
- Altura. 5m
- Pasamanos de acero inoxidable de estructura tubular
- Rampas para discapacitados



Estructuras metálicas

- Pasarela de Vallparadís en España (Almunia y García, 2016)

Ficha Técnica

- Estructura: de celosías metálicas isostáticas.
- Pilas: de estructuras metálicas; una en forma de Y.
- Longitud: tres luces de 33 m, total 102 m.
- Ancho: tablero de 3 m formado por estructura mixta e acero y hormigón.
- Altura: 10,4 m.
- Tiempo de construcción 7 meses.



- Pasarela de Andoin sobre el rio Oria (España) (Almunia y García, 2016)

Ficha técnica

- Estructura: Pórtico de un único vano metálico empotrado en dos estribos extremos de hormigón armado.
- Longitud: 68 m una sola luz.
- Ancho: 3,6 m.
- Altura: 1,8 m
- Tablero: pavimento de madera resistente a la abrasión.



Estructuras Mixtas

- Paso peatonal 5 de Junio (Cedeño, 2015)

Ficha técnica

- Estructura mixta (acero estructural y madera).
- Columnas redondas con acero estructural.
- Su estructura es tipo arco.
- Longitud: 42.00 m.
- Ancho: 3.60 m.
- Altura de pasarela: 3.00 m.
- Pasamanos de acero inoxidable: 1.00 altura.

- No dispone de rampas para discapacitados.



- Paso peatonal centro comercial Mall del Sol (Cedeño, 2015)

Ficha técnica

- Estructura mixta (hormigón armado y acero estructural).
- Columnas de hormigón armado.
- Las vigas son tubos de 4" en acero estructural.
- Longitud: 41.00 m.
- Ancho: 2.10 m.
- Altura pasarela: 4.40 m.
- Pasamanos acero inoxidable: 1.00 altura.
- Cubierta de policarbonato: en pasarela.
- No dispone de escaleras.



1.7.7- Tendencias internacionales y nacionales en el diseño.

A nivel internacional hay una clara tendencia a convertir las pasarelas peatonales en verdaderas obras de arte. Los puentes urbanos de luces pequeñas o medias permiten explorar nuevas posibilidades formales o constructivas ya que el coste de construcción de las estructuras depende básicamente de la luz libre y de los materiales elegidos siempre que la construcción pueda llevarse a cabo con procedimientos convencionales (Almunia y García, 2017).

A nivel nacional la construcción de pasarelas peatonales no poseen un gran desarrollo por priorizarse formas más baratas e inmediatas de solucionar los problemas peatonales. En los casos que se desarrollan proyectos de pasarelas peatonales estos tienden hacia la prefabricación, el empleo de modelos reutilizables esencialmente de hormigón armado y estructuras metálicas. Existe una evidente primacía lo de funcional y económico por sobre lo estético y de valor cultural.

1.7.8- Impacto de las pasarelas peatonales en la accesibilidad y movilidad.

Las pasarelas peatonales constituyen un elemento de alto impacto en la accesibilidad y la movilidad peatonal y de la circulación en general (Olivas Ochoa, 2001; Trujillo, 2009; Tapias Salamanca, 2014; Patiño Yépez, 2016). Brindan un paso seguro a los peatones sobre un obstáculo donde otras soluciones no garantizan la ecuanimidad entre seguridad y compatibilidad con el tránsito motorizado. Las pasarelas peatonales también brindan acceso por los paisajes urbanos modernos donde las ciudades se desarrollan en diferentes niveles conectando no solo la infraestructura peatonal sino zonas comerciales o culturales. Si bien es complejo lograr diseños que se adecuen a los entornos y accesos cómodos para los peatones con mayor necesidad de facilidades (Hinojosa ,2015) las pasarelas peatonales bien diseñadas y colocadas son una garantía de seguridad vial así como de accesibilidad y movilidad para los peatones.

Conclusiones parciales

- La infraestructura peatonal determina la oferta y por tanto regula el flujo peatonal.
- La infraestructura peatonal y su desarrollo continúan subordinados al desarrollo vial.
- Existen diversos tipos de infraestructura peatonal con ventajas y desventajas que deben analizarse para decidir el empleo de la solución a utilizar.

CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente capítulo recoge los procedimientos para el desarrollo tanto del trabajo de campo, como de los métodos matemáticos empleados. El procedimiento para determinar los valores necesarios en la elección de las características geométricas de la solución conceptual de pasártela peatonal elevada.

2.1- Ejecución del aforo peatonal.

Para la ejecución del aforo peatonal pueden emplearse medios tecnológicos o manuales siendo estos últimos los más comunes por su disponibilidad y costo económico. Para su desarrollo se requiere (González Hernández, 2017):

- Evaluar los posibles puntos críticos donde se espera el mayor flujo de peatones y decidir cuántos puntos de conteo se colocarán, cuántas personas participarán por cada punto así como las facilidades que se les garantizarán a las mismas en función de la disponibilidad.
- Evaluar y decidir el momento del estudio intentando cubrir los horarios de posibles picos en la demanda, en tres escalas fundamentales: Mes, día de la semana y horario.
- Decidir los intervalos de tiempo en los que se tomarán los datos.
- Diseñar el modelo de planilla a utilizar para el conteo en función de los valores que se desean obtener, dirección, cantidad, tiempos de esperas, edades u otros.
- Instruir al personal en la materia así como en las características específicas del modelo a emplear y decidir la distancia válida en la que cada miembro deberá realizar el conteo, para esto es recomendable distancias no mayores de veinte metros y establecer puntos de referencia claros.

2.1.2- Análisis y procesamiento de los resultados del aforo peatonal.

Los valores obtenidos mediante el aforo manual deben ser tabulados y recomendablemente procesados a un modelo digital de Microsoft Excel. Una vez transformada la información en valores digitales se confeccionan flujogramas y gráficos

que permitan determinar los horarios picos, las variaciones en el tiempo, comparar el comportamiento con valores vehiculares como los picos de flujos en vehículos de transporte público, determinar los porcentos de peatones según la edad o la dirección en que viajan.

2.1.3- Determinación del flujo pico de peatones.

Para determinar el flujo crítico de peatones en periodos de quince minutos es necesario tabular los valores obtenidos en el aforo, separados por periodos de quince minutos y contabilizados como el total de personas que cruzan en ese periodo, independientemente del rango de edad.

En caso de que se empleen estos valores para la revisión de un puente o paso peatonal ya construido se contabiliza el total independientemente de su dirección pues las personas ocupan el mismo espacio físico sin importar el sentido de la caminata.

En caso de que se pretenda construir un nuevo paso y el número de cruces estén dispersos en un área se utilizará el valor total puesto que se pretende encauzar este flujo de personas por la pasarela peatonal.

2.1.3.1- Determinación del flujo promedio de peatones.

Para determinar el flujo promedio de patones es necesario separar los valores por periodos de quince minutos luego realizar la sumatoria de todos los datos y dividirlos entre en número de periodos de quince minutos.

Para este tipo de análisis es recomendable emplear solo los horarios picos previamente determinados y periodos de aproximadamente dos horas según el documento “Criterios y parámetros de diseño para los puentes peatonales” del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) de Colombia, país con una gran experiencia en este tipo de proyectos. Para el cálculo de cualquier valor promedio es posible, no obligatorio, eliminar el mayor y el menor valor de la muestra a consideración de los investigadores.

2.1.3.2- Caracterización y descripción del fenómeno peatonal.

A partir de todos los datos obtenidos y un análisis matemático, estadístico y lógico se debe proceder a caracterizar el fenómeno peatonal de la zona como un todo para describir los movimientos más típicos de los peatones. Describir las zonas de interés que generan y atraen peatones, los posibles lugares de cruce o conflicto con el fin de contribuir a comprender el fenómeno como primer paso para solucionar cualquier problema.

2.1.4- Determinación del ancho efectivo necesario para los valores presentes.

El método de Ancho Efectivo (A_e) para pasarelas peatonales que emplea los valores anteriores (Oswaldo Torres, 2016). Este método toma en cuenta la elipse corporal de los peatones como valor para definir la capacidad de un sistema.

$$A_e = \left(\frac{Q_{15}}{q * 4} \right) = \left(\frac{Q_{15}}{\left(\frac{\Sigma 15}{4} * 4 \right)} \right) = \left(\frac{Q_{15}}{\Sigma 15} \right)$$

Donde:

- Q_{15} = Flujo pico de peatones en un periodo de 15 minutos.
- q = flujo promedio de peatones (Peatones/min/m).
- $\Sigma 15$ = Peatones que pasan en una hora.
- A_e = Ancho efectivo de la losa del puente.

Una de las ventajas de este método es que permite determinar el ancho necesario de la losa del puente independientemente de su tecnología constructiva. Los valores finales obtenidos en metros no deben ser menores al mínimo establecido por las normas vigentes en correspondencia al lugar de emplazamiento, que por ejemplo para Colombia son de 2,3 m; para España 1,80 m y México 2,3 m.

2.1.5- Determinación del nivel de servicio para el ancho efectivo calculado.

Para la determinación del nivel de servicio deben tenerse en cuenta los criterios siguientes:

1. Espacio (m^2 /peatón): El espacio puede ser directamente observado en el terreno, delimitando un área de la infraestructura peatonal y registrando el máximo número de personas que pasan por ella en un tiempo determinado (González Hernández, 2017)
2. Volumen peatonal o flujo promedio de peatones (q) (Peatones/min/m)
3. Velocidad de caminata: La velocidad de caminata depende de la proporción de peatones de la tercera edad (de 65 años en adelante) dentro de la población caminante. Si esta proporción se encuentra entre (0-20) %, el valor definido por (Highway Capacity Manual, 2000) es de 1,2 m/s como velocidad recomendada en aceras y pasos exclusivamente peatonales. En caso de que la proporción antes mencionada rebase el 20 %, se recomienda considerar 1,0 m/s como velocidad de caminata. Por otra parte, una pendiente ascendente de 10 % o mayor reduce la velocidad de caminata a 0,1 m/s.
4. Relación velocidad-capacidad (v/c) es el cociente de ambos valores.

2.1.6- Proyección futura basada en el crecimiento poblacional.

Para el caso de infraestructuras peatonales como pasos elevados es más conveniente el empleo de los valores del crecimiento poblacional, ya que estos valores están directamente relacionados con el volumen de personas que se transportan por diferentes motivos. Mientras más personas existan habitando un espacio más personas habrá trasladándose en este.

El segundo paso es determinar el periodo de diseño para el cual se debe proyectar la estructura según las normativas vigentes, es decir hasta que tiempo en el futuro se desea mantener un determinado nivel de servicio.

2.1.7- Determinación del nivel de servicio para los valores futuros.

Una vez determinada la proyección futura de los flujos peatones será necesario calcular el nivel de servicio en el que estará funcionando la estructura. De esta forma valorar si puede cumplir con un ciclo de vida útil esperado de cuarenta años antes de estar en el

nivel de servicio crítico. Esto se realizará valorando los mismos parámetros anteriores pero con los valores futuros.

2.2- Análisis de los resultados del levantamiento topográfico.

Los resultados del levantamiento topográfico deben ser analizados para obtener valores del terreno que ayudan a determinar la localización final del paso peatonal elevado:

- Perfil de la vía.
- Cotas del terreno.
- Obstáculos naturales.
- Redes Técnicas.

El levantamiento topográfico también permite caracterizar la zona y estudiar factores importantes para la futura ejecución del proyecto como:

- Posibles ubicaciones para las facilidades Temporales.
- Soluciones para mantener los niveles de servicio vehiculares.

2.3- Análisis de las alternativas de pasarelas peatonales elevadas existentes.

Para realizar la mejor elección de una tipología constructiva adecuada deben ser estudiadas a fondo la mayor cantidad posible de soluciones disponibles, así como sus ventajas y desventajas en cuanto a:

- Disponibilidad: Ser objetivos y acordes a la realidad económico y técnica con que se cuenta es muy importante para saber si la tecnología que pretendemos está al alcance.
- Economía: En economías emergentes y planificadas como la de Cuba el factor económico es fundamental porque por lo general se disponen de recursos limitados y es importante ajustarse a estas restricciones.
- Estética: Para estructuras como las pasarelas peatonales elevadas el elemento estético es importante por el elevado impacto visual que estas suelen tener.

Siendo un elemento notable en el paisaje que debe enriquecer el patrimonio construido a la par que se adapta a él.

- Durabilidad: Las pasarelas peatonales deben garantizar un tiempo de vida útil adecuado en el que garanticen el mayor nivel de servicio posible con el menor costo de inversión en reparaciones posible.

Para la selección de la tipología constructiva es importante evaluar además las afectaciones que estas provocan durante su construcción a la infraestructura vial existente, así como la capacidad de adecuarse a cambios futuros en la misma.

2.4- Cargas de diseño para puentes peatonales.

- Los puentes peatonales se proyectan considerando las siguientes cargas y fuerzas cuando existan:
- Carga Muerta
- Carga por publicidad, se deberá considerar cargas para las condiciones más críticas de estructuras publicitarias que pudieran ser instaladas en cada puente peatonal.
- Carga Viva.
- Impacto o Esfuerzo dinámico sobre la carga viva.
- Cargas por Viento.
- Otras Fuerzas cuando existan tales como: Fuerzas longitudinales, fuerzas centrífugas, fuerzas por cambio de temperatura, empuje de tierra, sub presión, esfuerzos por contracción de concreto, acortamiento por contracción del acero, esfuerzos durante el montaje, esfuerzos por sismo, entre otras.

Conclusiones Parciales

- A partir de la teoría de flujos instituciones especializadas crean formas de determinar los valores necesarios para crear infraestructuras acordes a los volúmenes peatonales.
- Los estudios de campo son una fuente importante de información y su forma de realización y estudio está bien definida por diversos autores.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

En el presente capítulo se desarrollará el análisis de los resultados obtenidos en los estudios de campo. La evaluación de las alternativas de solución de pasarela peatonal elevada, el diseño geométrico de la pasarela y sus accesos, así como sus posibles emplazamientos.

3.1- Desarrollo del aforo peatonal.

Para determinar los flujos peatonales en la zona del nudo de entrada a Varadero, y caracterizar dicho fenómeno con el fin de brindar una solución al punto de conflicto que se encuentra a lo largo de la autopista Cárdenas-Varadero en la zona que abarca desde el Servi-Centro Oro Negro hasta la terminación del IPU Martín Klein se desarrolló el día viernes 16 de marzo de 2017 un aforo peatonal manual con las siguientes características:

- Dos puntos de conteo espaciados a cuarenta metros entre sí, con tres personas en cada uno, con un ancho de implicación de veinte metros. El primer punto (Punto 1) fue ubicado frente al IPU Martín Klein en el lado este de la autopista Cárdenas-Varadero; el segundo punto (Punto 2) fue ubicado a veinte metros hacia el sur de la intersección entre la autopista Cárdenas-Varadero y la calle de la "Cueva del Muerto", en el lado este aproximadamente frente a la estación de la PNR Santa Marta.
- Personal del tercer y quinto año de la carrera de Ingeniería Civil, supervisado por el Ing. Orlando Santos Pérez y con preparación previa del Ing. Homero Morciego Esquivel.
- Los conteos se realizaron en periodos de quince minutos comenzando a las 7:00 am y concluyendo a las 11:30 am. Este intervalo de tiempo fue escogido por coincidir con el de mayor movimiento peatonal en la zona, basándose en estudios previos sobre flujos vehiculares, donde se analizaron los picos para el transporte público, así como la experiencia de los habitantes de la zona, personas vinculadas a las instituciones colindantes, choferes de ómnibus y peatones que emplean la zona de forma cotidiana.

- Fue escogido un día viernes por coincidir con el traslado de una parte considerable de las personas que regresan de instituciones como la Universidad de Matanzas o Ciencias Médicas a sus hogares en el municipio de Cárdenas.
- Se realizó el conteo en dos direcciones principales, longitudinal diferenciando este según la dirección de caminata: hacia Varadero; desde Varadero, con el fin de determinar el flujo de personas que emplean las aceras en la longitud del tramo de estudio y su procedencia. Cruce o transversal, para determinar el número de personas que cruzan en estos periodos de tiempo la autopista Cárdenas Varadero en el tramo caso de estudio, los valores fueron divididos en tres rangos fundamentales de edad: niños, jóvenes y adultos; adultos mayores. Con el fin de poder caracterizar mejor el flujo obtenido y estudiar valores como la Velocidad de Caminata, así como la necesidad o no de emplear facilidades especiales para personas con determinado grado de discapacidad.

3.2.1- Análisis de los datos del aforo peatonal y descripción de la zona.

Los datos obtenidos en planillas de forma manual por el personal que participó en el aforo peatonal fueron tabulados en Microsoft Excel con el fin de poder realizar los análisis matemáticos y estadísticos necesarios con mayor facilidad.

A partir de analizar y procesar los datos del aforo peatonal en ambos puntos (Punto 1 y Punto 2) se deben destacar los datos siguientes en la tabla 3.1 donde se reflejan tanto Cruce (C) como Longitudinal (L).

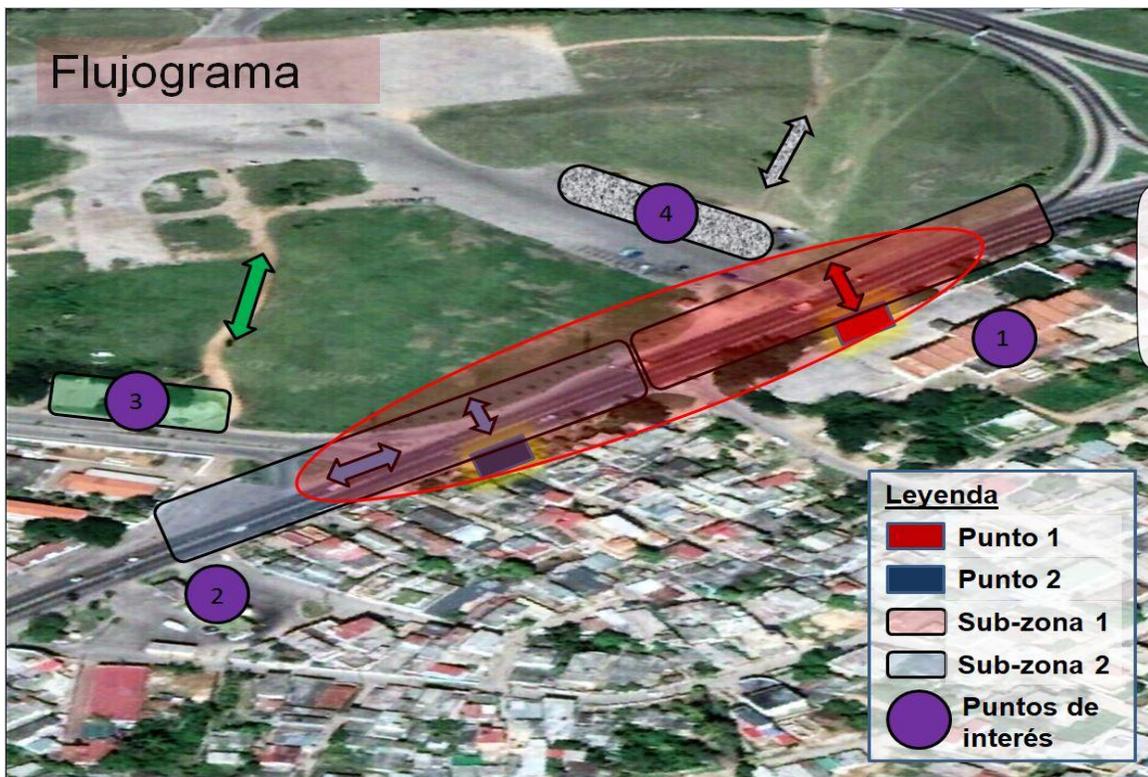
Tabla 3.1-Valores del aforo peatonal

<i>Puntos</i>	<i>Flujo total en el Cruce. (peatones)</i>	<i>Flujo longitudinal total.(peatones)</i>	<i>Promedio de peatones en intervalos de 15 min(C-L)</i>	<i>Valores máximos en intervalos de 15 min(C-L)</i>	<i>Valores mínimos en intervalos de 15 min(C-L)</i>
<i>Punto 1</i>	<i>1157</i>	<i>345</i>	<i>57-20</i>	<i>159-38</i>	<i>17-4</i>
<i>Punto 2</i>	<i>1042</i>	<i>1310</i>	<i>58-73</i>	<i>86-106</i>	<i>22-27</i>

Fuente: elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos, la observación del fenómeno peatonal por el autor y el trabajo matemático estadístico es posible describir y caracterizar el comportamiento del fenómeno peatonal en la zona. Para facilitar este análisis se decide dividir la zona de estudio en varias sub-zonas usando como referencia los puntos escogidos para la realización del aforo peatonal según se muestra en el diagrama1; que señala los principales sentidos de circulación, los sitios generadores y atractores de tráfico peatonal y la zona crítica para el cruce de las personas.

Figura 3.1- Flujo-grama de comportamiento peatonal



Fuente: elaboración propia.

Sub-zona 1: Comprende la zona que recorre en toda su longitud el IPU Martín Klein en ambos lados de la autopista Cárdenas-Varadero donde en el periodo de 7:00 am a 11:30 am se contabilizaron 1157 cruces en ambos sentidos y para todas las edades y 345 peatones en recorrido longitudinal en ambas direcciones. El porcentaje de adultos mayores fue solo del 1,64%.

Sub-zona 2: Comprende la zona que recorre desde la carretera de la "Cueva del Muerto" al lado oeste del IPU Martín Klein hasta la entrada del SERVI CENTRO "Oro Negro" en

ambos lados de la autopista Cárdenas-Varadero donde en el periodo de 7:00 am a 11:30 am se contabilizaron 1042 cruces en ambos sentidos y para todas las edades y 1310 peatones en recorrido longitudinal en ambas direcciones. El porcentaje de adultos mayores fue solo del 4,99%.

Puntos de Interés:

1. IPU Martín Klein, institución atractora y generadora de tráfico peatonal que cuenta con una plantilla de 497 estudiantes que ingresan en el horario de la mañana, entre las 7:00 am y las 8:00 am durante diez de los doce meses del año, cinco días a la semana.
2. SERVI CENTRO "Oro Negro", es una entidad de servicios automovilísticos, la única en Santa Marta y una de las dos que existen en Varadero. Además, cuenta con una tienda de productos varios.
3. Parada de coches de tracción animal, esta zona funciona como parada para las personas que viajan a las zonas de Guácimas, el Central Humberto Álvarez o Santa Marta empleando vehículos de tracción animal, así como las que se trasladan hacia las calles Independencia y Libertad.
4. Parada de ómnibus y piquera de taxis, en esta zona funciona una piquera de taxis con destino a Cárdenas a la par que funciona como parada de ómnibus de transporte público en el horario de la mañana aproximadamente de 8:00 am a 11:00 am, partiendo alrededor de veinticinco ómnibus con una capacidad de cuarenta y cinco asientos.

3.2.2- Determinación del flujo pico de peatones.

Para determinar el flujo máximo o pico Q_{15} de peatones en periodos de quince minutos se analizan los datos del aforo en ambos puntos, comparando los valores obtenidos. Siendo el máximo valor 159 personas. Este valor sobrepasa de la media por un margen elevado, pero se empleará considerando que se pretende unificar las corrientes peatonales hacia un punto en común, lo que podría aumentar significativamente el valor pico de peatones.

Para determinar el número de peatones que pasan en una hora $\Sigma 15$ se pueden realizar varios procedimientos, multiplicar por 4 el valor pico, realizar la sumatoria de la hora con el mayor valor de personas o multiplicar por 4 el valor promedio de peatones.

$$1-Q_{15} * 4 = 636 \text{ peatones} \quad 2- \Sigma 15_{\text{máx}} = 377 \text{ peatones} \quad 3- \Sigma 15_{\text{pro}} * 4 = 232 \text{ peatones}$$

Para los cálculos se empleará 377 como valor de los peatones en una hora por ser un dato real más lógico y fiable estadísticamente porque fue tomado directamente del aforo peatonal.

3.2.3- Determinación del flujo promedio de peatones.

El flujo promedio de peatones q se calcula con la sumatoria del total de valores entre la cantidad de periodos de quince minutos para ambos puntos de conteo. Para los cálculos se empleará el más crítico.

Punto 1

$$\Sigma 15_{\text{total}} = 1157 \quad \text{periodos} = 18 \quad \text{promedio} = 57 \text{ peatones.}$$

Punto 2

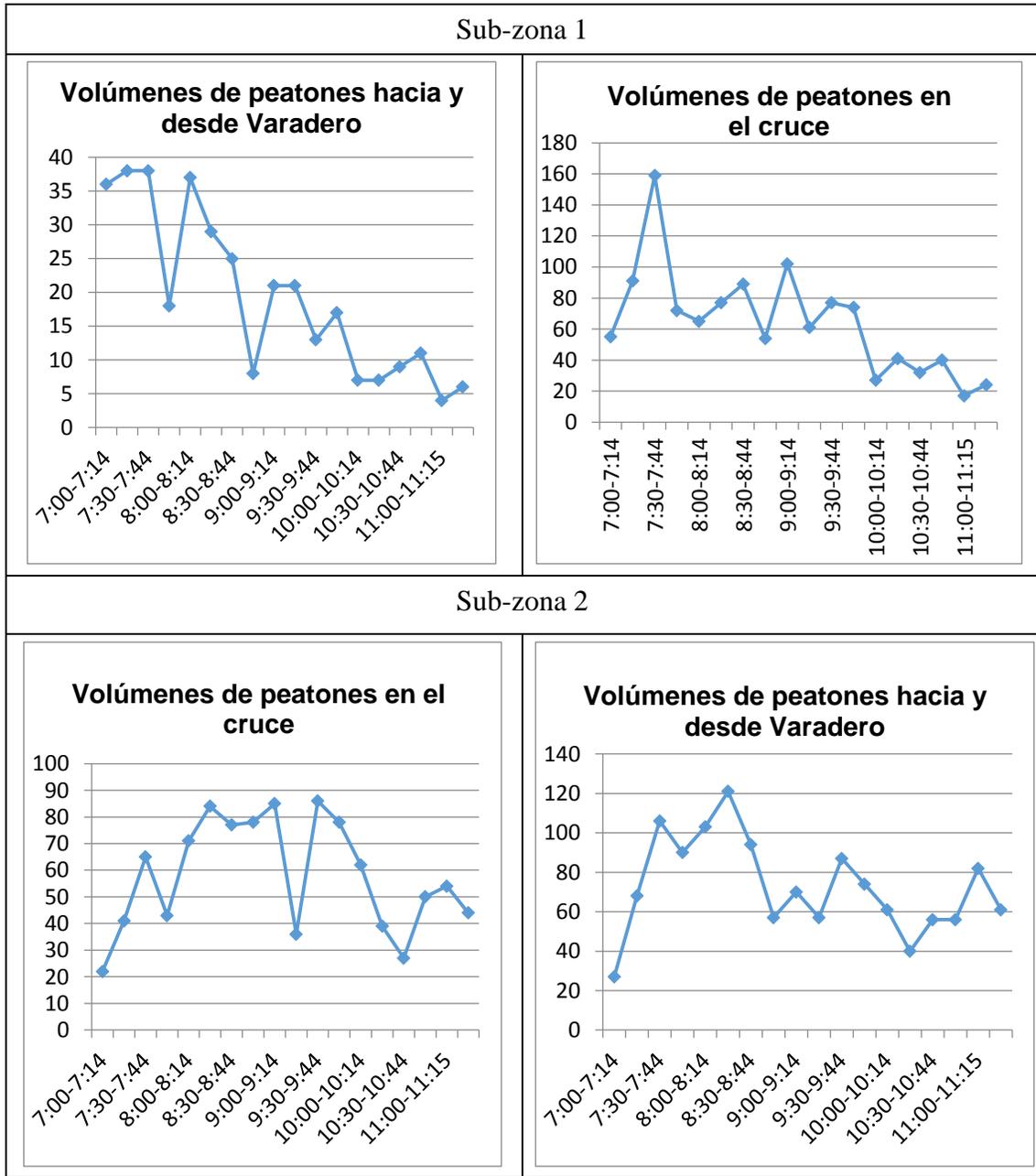
$$\Sigma 15_{\text{total}} = 1042 \quad \text{periodos} = 18 \quad \text{promedio} = 58 \text{ peatones.}$$

3.2.4- Caracterización y descripción del fenómeno peatonal.

El fenómeno peatonal y su comportamiento en esta zona del nudo de entrada a Varadero están determinados por la necesidad de los peatones de moverse entre Matanzas – Varadero –Cárdenas y Santa Marta.

Los mayores volúmenes de peatones se desplazan en la mañana entre las 7:30 am y las 9:30 am pero los valores son bastante estables y solo comienzan a disminuir significativamente sobre las 11:00 am. Este desarrollo se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2- Desarrollo del movimiento peatonal



Fuente: elaboración propia.

Este comportamiento coincide con el horario de servicio del transporte público hacia la ciudad de Matanzas, la entrada de los estudiante y profesores al IPU Martín Klein, el horario de apertura (8:00 am) de la mayoría de los servicios públicos y el traslado de los trabajadores hacia sus empleos.

En la sub-zona 1: el movimiento fundamental de los peatones es el cruce que se produce mayoritariamente en la mitad oeste del IPU Martín Klein, 1157 en total en el horario de realización del aforo, mientras que en la dirección longitudinal solo se desplazaron 345 personas en ambas direcciones. Esto demuestra que durante un periodo significativo del año el mayor volumen de peatones solo emplea esta área para cruzar la autopista en ambas direcciones. Sólo el 40% provienen desde varadero lo que significa que desde esta dirección se desplaza el menor número de personas en sentido general como peatones.

La figura 3.2 muestra dos grupos de peatones intentando cruzar la autopista Cárdenas-Varadero por el carril sur mientras se ven expuestos al tráfico vehicular en ambas direcciones. El grupo señalado en rojo queda recluido en el espacio de la pequeña franja separadora que no ofrece garantía alguna de seguridad mientras que el grupo señalado en azul se desplaza por la vía entre ambos carriles centrales de forma longitudinal para poder cruzar la autopista prolongando el tiempo de cruce a la vez que aumentan su exposición a posibles accidentes.

Figura 3.2-Cruce peatonal a nivel Sub-zona 1



Fuente: elaboración propia

En la sub-zona 2: la mayor parte del volumen de peatones solo se desplaza de forma longitudinal desde la Parada de Cárdenas hasta la intersección de la calle lateral oeste del IPU Martín Klein por la senda sur, por la senda norte lo hacen desde santa Marta hasta la parada de autobuses y en ambos casos el número de personas que lo hacen viniendo desde la dirección Varadero-Cárdenas sólo representa el 24,35%. Del total de 1310 personas contabilizadas, 1042 realizaron el cruce en algún punto lo que demuestra que la mayor parte de las personas que se trasladan en esa zona cruzan la autopista en algún punto.

La figura 3.3 muestra un conjunto de peatones de composición variada, incluyendo un niño. Además, se puede observar que dos de las personas sostienen equipaje de mano de tamaño significativo, lo cual obstaculiza su movilidad durante el cruce. Sumado a las condiciones de circulación de los peatones, se encuentra el tráfico de las corrientes vehiculares Cárdenas-Varadero y Varadero-Cárdenas, y las paradas momentáneas de transporte de pasajeros en el punto de embarque hacia Cárdenas. Estas interferencias en el desplazamiento peatonal impiden que el cruce se realice de forma continua, es decir, desde un lado hasta el otro de la vía, sin necesidad de hacer paradas en la línea separadora de los carriles bidireccionales, la cual no se encuentra diseñada para este fin.

Figura 3.3- Cruce peatonal a nivel. Sub-zona 2.



Fuente: elaboración propia.

3.3- Determinación del ancho efectivo necesario para los valores presentes.

Para determinar el ancho efectivo necesario se emplearán los siguientes valores que son resultado de la combinación de los valores obtenidos en ambos aforos.

- Q_{15} (Flujo pico de peatones en un período de 15 minutos) = 224 peatones
- q flujo promedio de peatones = 122 peat/min.
- $\Sigma 15$ Peatones que pasan en una hora = 448peatones
- Ae Ancho efectivo de la losa del puente (Cálculo) = 1,83

$$Ae = \left(\frac{Q_{15}}{q*4} \right) = \left(\frac{Q_{15}}{\frac{\Sigma 15}{4}*4} \right) = \left(\frac{Q_{15}}{\Sigma 15} \right) Ae = \left(\frac{224}{\frac{448}{4}*4} \right) = \left(\frac{224}{122} \right) Ae = 1.83m$$

Comparación del valor obtenido con normas por países:

Es importante comparar el valor obtenido en los cálculos con los valores mínimos establecidos por las diferentes normas tabla 3.3

Tabla 3.3 - Ancho mínimo por países.

País	Ancho mínimo(m)	Cumple	No Cumple
Cuba	2,25		x
Colombia	2,3		x
México	2, 3		x
España	1,8	x	
Ecuador	1,6	x	
Universal	2,4		x

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta los valores de cálculo y los mínimos empleados internacionalmente se decide emplear un valor de diseño inicial recomendable de **2,3 m**.

3.3.1- Determinación del nivel de servicio para el ancho efectivo calculado.

Para determinar el nivel de servicio es necesario comparar los valores:

$$\text{Espacio (m}^2/\text{peatón)} = 1,0\text{m} \times 2,3\text{m} = 2,3\text{m}^2$$

$$\text{Volumen peatonal (p/min)} = 122 \text{ peatones} / 2,3 \text{ m} = 54 \text{ p/m/min}$$

$$\text{Velocidad de Caminata (m/s)} = 1,2 \text{ m/s}$$

$$\text{Relación (v/c)} = 122/150 = 0,81$$

Asumiendo velocidad de 1,2 metros a tres peatones por todo el ancho respetando una elipse corporal de 75 cm^2 se puede estimar de forma conservadora una capacidad de 150 peatones/metro/min. Con estos valores y según el (Highway Capacity Manual, 2000) se puede comparar con los valores tabulados y obtener una categoría o nivel de servicio.

Nivel de servicio	Espacio (m ² /p)	Volumen peatonal (p/min/m)	Velocidad de caminata (m/s)	Relación (v/c)
A	> 5,60	≤ 16	> 1,30	≤ 0,21
B	> 3,70-5,60	> 16-23	> 1,27-1,30	> 0,21-0,31
C	> 2,20-3,70	> 23-33	> 1,22-1,27	> 0,31-0,44
D	> 1,40-2,20	> 33-49	> 1,14-1,22	> 0,44-0,65

E	> 0,75-1,40	> 49-75	> 0,75-1,14	> 0,65-1,00
F	≤ 0,75	variable	≤ 0,75	variable

Para el valor obtenido la estructura presentaría problemas de funcionamiento indicando aspectos del nivel de servicio E lo que no es aceptable para una estructura nueva, por lo cual se decide aumentar el ancho efectivo a **3,0 metros**.

$$\text{Espacio (m}^2\text{/peatón)} = 1,0\text{m} \times 3,0 = 3,0\text{m}^2$$

$$\text{Volumen peatonal (p/min)} = 122 \text{ peatones} / 3,0 \text{ m} = 41 \text{ p/m/min}$$

$$\text{Velocidad de Caminata (m/s)} = 1,2 \text{ m/s}$$

$$\text{Relación (v/c)} = 122/200 = 0,61$$

Asumiendo velocidad de 1,2 metros a cuatro peatones por todo el ancho respetando una elipse corporal de 75 cm² se puede estimar de forma conservadora una capacidad de 200 peatones/metro/min.

Nivel de servicio	Espacio (m ² /p)	Volumen peatonal (p/min/m)	Velocidad de caminata (m/s)	Relación (v/c)
A	> 5,60	≤ 16	> 1,30	≤ 0,21
B	> 3,70-5,60	> 16-23	> 1,27-1,30	> 0,21-0,31
C	> 2,20-3,70	> 23-33	> 1,22-1,27	> 0,31-0,44
D	> 1,40-2,20	> 33-49	> 1,14-1,22	> 0,44-0,65
E	> 0,75-1,40	> 49-75	> 0,75-1,14	> 0,65-1,00
F	≤ 0,75	variable	≤ 0,75	variable

Con un ancho efectivo de 3,0 m la estructura se comporta entre el nivel de servicio C y D para los valores presentes bajo el criterio del (Highway Capacity Manual, 2000) cuyo nivel de exigencia es elevado. Además este valor cumple con el estándar de movilidad universal. Falta comprobar con las normas y el comportamiento futuro.

País	Ancho mínimo(m)	Cumple	No Cumple
Cuba	2,25	x	
Colombia	2,3	x	
México	2,3	x	
España	1,8	x	
Ecuador	1,6	x	

Universal	2,4	x	
-----------	-----	---	--

3.4- Proyección futura basada en el crecimiento poblacional.

Para proyectar los valores futuros de crecimiento poblacional y emplearlos como razón de crecimiento para el cálculo del valor estimado de flujo en un periodo de diseño se van a emplear los datos obtenidos de la Oficina Nacional de Estadística e Información ONEI mostrados en la tabla 3.4.

Tabla 3.4- Relación población-crecimiento

Años	Matanzas		Cuba	
	Población	Crecimiento.	Población	Crecimiento.
2012	695 336	2,7	11 173 151	-0,2
2014	700 846	4,7	11 238 317	2,5
2016	707 741	6,5	11 239 224	0,02
2020	854915	1,0	11 280 651	-5,5
2025	889628	5,9	11 309 665	3,9
2030	1119803	0,9	11 288 750	-5,0

Fuente: elaboración propia

Para la fecha actual el municipio de Cárdenas incluye la población de Varadero. Si para el 2009 se suma la población total se obtendrá 136 722 habitantes, para el año 2016 Cárdenas (incluyendo Varadero) posee una población de 151 960 habitantes lo que indica un crecimiento de 15238 personas en siete años, un ritmo de 2177 personas por año representando un 1,6% anual. Cuba para el año 2020 y adelante tiene un pronóstico de decrecimiento poblacional pero el factor de migración interno muestra a Matanzas como una de las provincias con mejor tasa de migración interna del 5,8%. Por lo tanto, se emplea como razón de crecimiento inicial 1,6%. Para el resto de los años se adoptan valores tomados de la razón de crecimiento de Matanzas como provincia, de Cuba como país, de la tasa de migración interna y el resto de los valores ofrecidos por la ONEI para obtener valores de crecimiento a corto (2020), mediano (2025y 2030) y largo plazo

(2040,2050 y 2058). Las razones de crecimiento y los flujos obtenidos se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.5- Determinación de flujos futuros

Años	Flujo Inicial	Razón de crecimiento	Flujo Futuro
2018	2199	0.016	2235
2020	2235	0.01	2325
2025	2325	0.05	2826
2030	2826	0.009	3064
2040	3064	0.018	3597
2050	3597	0.027	4335
2058	4335	0.033	5441

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta que para el ancho efectivo calculado no se cumple con el periodo de diseño de cuarenta años brindando un nivel de servicio aceptable se toma un nuevo ancho efectivo de: 4,00m

3.5- Determinación de los niveles de servicio futuros para 3,0 m.

Empleando la tabla de niveles de servicio del Highway Capacity Manual, 2000; para infratesructura peatonal, cuyos parámetros de calidad son elevados y están basados en el índice de masa corporal de EUA. Se determina el nivel de servicio en que funcionará la estructura durante los diferentes momentos de su vida útil. La pasarela peatonal elevada funcionará en su nivel de diseño C y disminuirá hasta el nivel F para el año 2050 como se muestra en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6-Nivel de servicio para años futuros

Años	Flujo	Q_{15}	q	V	V/c	Nivel
2018	2199	267	126	42	0.63	C
2020	2325	279	131	44	0.655	D
2025	2826	340	159	53	0.795	E
2030	3064	368	172	58	0.86	E
2040	3597	432	202	68	1.0	E
2050	4335	521	248	83	1.24	F

2058	5441	653	305	102	1.52	F
------	------	-----	-----	-----	------	---

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta que para el ancho efectivo calculado no se cumple con el periodo de diseño de cuarenta años brindando un nivel de servicio aceptable se toma un nuevo ancho efectivo de: 4,00m

3.6- Determinación de los niveles de servicios actual y futuro para 4,0 m.

Se determinarán los niveles de servicio para el valor final de 4,0m:

$$\text{Espacio (m}^2/\text{peatón)} = 1,0\text{m} \times 4,0 = 4,0\text{m}^2$$

$$\text{Volumen peatonal (p/min)} = 122 \text{ peatones} / 4,0 \text{ m} = 31 \text{ p/m/min}$$

$$\text{Velocidad de Caminata (m/s)} = 1,2 \text{ m/s}$$

$$\text{Relación (v/c)} = 122/290 = 0,42$$

Nivel de servicio	Espacio (m ² /p)	Volumen peatonal (p/min/m)	Velocidad de caminata (m/s)	Relación (v/c)
A	> 5,60	≤ 16	> 1,30	≤ 0,21
B	> 3,70-5,60	> 16-23	> 1,27-1,30	> 0,21-0,31
C	> 2,20-3,70	> 23-33	> 1,22-1,27	> 0,31-0,44
D	> 1,40-2,20	> 33-49	> 1,14-1,22	> 0,44-0,65
E	> 0,75-1,40	> 49-75	> 0,75-1,14	> 0,65-1,00
F	≤ 0,75	variable	≤ 0,75	variable

Tabla 3.7-Nivel de servicio para años futuros

Años	Flujo	Q ₁₅	q	V	V/c	Nivel
2018	2199	267	126	31	0.42	C
2020	2325	279	131	33	0.45	C
2025	2826	340	159	40	0.55	D
2030	3064	368	172	43	0.59	D
2040	3597	432	202	51	0.70	E
2050	4335	521	248	62	0.86	E
2058	5441	653	305	76	1.05	F

Fuente: elaboración propia

El valor de diseño de 4,0 m es definitivo porque no solo cumple con las normas cubanas e internacionales

3.7- Análisis del levantamiento Topográfico.

El área de posible emplazamiento de la pasarela peatonal elevada es una zona predominantemente llana. Los mayores valores de cota están determinados por la explanación sobre la cual se sustenta el IPU Martín Klein que se encuentra aproximadamente 1,5 m por encima del nivel de la acera y 1,7 m por encima del nivel de la rasante de la autopista Cárdenas-Varadero. En la figura 3 se observa la diferencia de nivel así como la pendiente de la calle lateral del IPU Martín Klein que a partir de los primeros veinte metros aumenta progresivamente.

Figura 3.4- Diferencias de Nivel.



Fuente: elaboración propia.

Como obstáculos destacables se encuentran tres postes del tendido eléctrico, uno de hormigón armado y dos de madera curada en la Figura 4 postes 1,2 y 3 más cercanos a la zona de emplazamiento. La conexión entre los postes 2 y 3 atraviesa la autopista lo que limita el posible emplazamiento de la pasarela peatonal elevada. Los postes 1 y 2 están sujetos con tensores de acero cuya existencia y posición es clave para su estabilidad por lo que debe ser respetada. Es importante señalar que a lo largo de esa zona se encuentra de forma soterrada la instalación eléctrica que abastece Varadero proveniente desde Santa Marta por lo que existe la posibilidad de emplear este sistema para remplazar el tendido aéreo más inseguro. Además, se encuentran dos postes del alumbrado público

4 y 5. Así como más alejados dos postes de transformadores que alimentan las casas del lado sur-este de la autopista.

Figura 3.5- Tendido eléctrico y luminarias.



Leyenda:

■ : Poste Eléctrico 1 ■ : Poste Eléctrico ■ : Poste Eléctrico 3

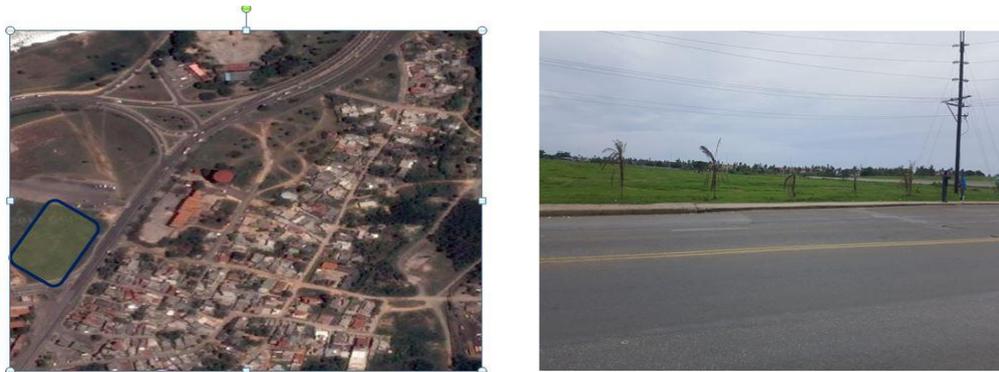
■ :Luminaria 1 ■ :Luminaria 2

Fuente: elaboración propia.

Con el fin de disminuir la distancia de cruce lo más recomendable es atravesar la autopista de forma perpendicular con un esviaje de cero grados, para ello es necesario que de ambos lados sea posible la instalación de las rampas de acceso, así como de los apoyos.

En el lado oeste de la autopista existe una gran franja de terreno en desuso, prácticamente llano que abarca la zona por donde se realizaron la mayor cantidad de cruces durante el aforo peatonal como se observa en la figura 5.

Figura 3.6- Lado oeste.



Fuente: elaboración propia.

En el lado este el espacio disponible es más reducido por la presencia de propiedad privada, así como del IPU Martín Klein por lo tanto la disponibilidad para colocar los apoyos de este lado de la autopista será determinante para concebir la ubicación final de la pasarela peatonal elevada. En la figura 6 se puede observar una zona libre de edificaciones con un espacio relativamente adecuado para el posible emplazamiento de ese lado de la vía.

Figura 3.6-Lado este.



Fuente: elaboración propia.

3.8- Propuestas de ubicación de pasarela peatonal elevada.

Según los resultados del levantamiento topográfico, cumpliendo con las indicaciones de las diferentes normas incluidas la (NC- 733,2009) y el criterio de accesibilidad universal las propuestas de pasarelas peatonales elevadas serán:

Propuesta 1.

Colocación de la pasarela peatonal en el lado sur de la calle lateral del IPU Martín Klein. Para la colocación de los aparatos de apoyo y los accesos se emplea la zona disponible que se muestra en la figura 3.6. La pasarela posee las siguientes características:

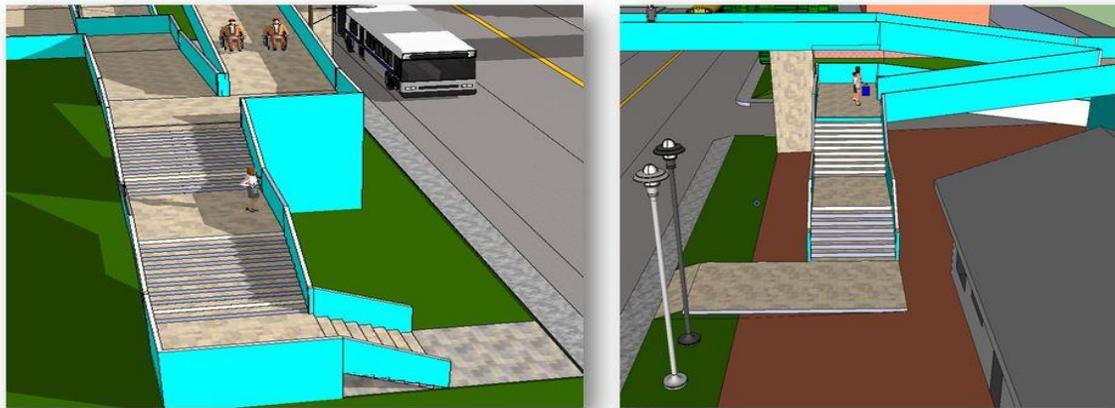
- Gálibo vertical de 5,2 m de altura.
- Pasamanos de 1 m de altura.
- Rampas con pendiente longitudinal del 12%, tramos de 10m y tres descansos.
- Esviaje de cero grados.
- Longitud total entre los apoyos 19,6 metros, sin apoyos intermedios.

- Ancho libre de 4,0 metros.
- Pendiente vertical del 2%

Escaleras:

Lado	Altura	Descansos	Huella	ContraHuella	Escalones	Longitud
Este	4 m	1	0,3m	0,15m	28	22m
Oeste	2,5	1	0,3m	0,15m	18	11m

Figura 3.7- Diseños de escaleras



Fuente: Elaboración propia

Además, el puente debe contar con iluminación tanto sobre como debajo de la pasarela, material antideslizante para las rampas, y colores contrastantes que sirvan de guía para las personas débiles visuales.

Ventajas

Esta variante se encuentra ubicada en la zona donde se realizan la mayor cantidad de cruces en esta vía. No interfiere con las paradas de autobuses ni en el sentido Cárdenas-Varadero ni Varadero-Cárdenas. Emplea espacios que se encuentran actualmente en desuso y los peatones no tendrían que cruzar la calle lateral del IPU Martín Klein para empelar la pasarela peatonal.

Desventajas

Para la realización de esta propuesta será necesaria la reubicación de parte del tendido eléctrico, la creación de las aceras de la calle lateral del IPU Martín Klein. Las escaleras

no alcanzan la altura total del puente por lo que en un punto todos los peatones deben emplear las rampas de acceso. Las personas con discapacidad que emplean las rampas de acceso deben alejarse unos 15m de la vía para descender y ascender a la pasarela.

Figura 3.8 –Propuesta número 1.



Fuente: elaboración propia.

Propuesta 2

La propuesta de pasarela peatonal elevada número 2. Se encuentra localizada en lo que es actualmente la parte oeste del IPU Martín Klein, colocándose unos de sus apoyos en parte del área actual de la institución. La pasarela cuenta con las siguientes características:

- Gálibo vertical de 5,2 m de altura.
- Pasamanos de 1,0 m de altura.
- Rampas con pendiente longitudinal del 12%, tramos de 10m y tres descansos.
- Esviaje de cero grados.
- Longitud entre los apoyos de 22,6 metros sin apoyos intermedios.
- Ancho libre de 4,0 metros.
- Pendiente vertical del 2%.

Figura 3.9- Propuesta número 2.



Fuente: elaboración propia

Escaleras

Lado	Altura	Descansos	Huella	Contrahuella	Escalones	Longitud
Este	3,15	1	0,3m	0,15m	22	12m
Oeste	5,2	2	0,3m	0,15m	34	21m

Figura 3.9- Diseño de escaleras:



Fuente: elaboración propia

La pasarela debe contar con iluminación tanto sobre como debajo de la pasarela, material antideslizante para las rampas, y colores contrastantes que sirvan de guía para las personas débiles visuales.

Ventajas

La propuesta número dos aprovecha la diferencia de nivel y la plataforma del IPU Martín Klein para disminuir de forma considerable la longitud de los accesos, brinda a esta institución un paso privilegiado a sus casi quinientos estudiantes. No interfiere con las paradas de los ómnibus.

Desventajas

Esta solución requiere emplear parte del área del IPU Martín Klein, necesitaría la creación de aceras libres de barreras arquitectónicas para que los usuarios con limitaciones especiales puedan incorporarse a las aceras de la autopista.

3.9- Análisis y recomendación de tecnología constructiva.

Tras analizar los requisitos de la luz libre de la pasarela peatonal de 19,6 y 22,6 metros respectivamente para las variantes 1 y 2, así como pasarelas peatonales construidas o proyectadas tanto en Cuba como en el mundo se recomienda el empleo de una estructura mixta con las siguientes características:

Columnas:

Se recomienda el empleo de una estructura de hormigón armado cuya sección y refuerzos de acero sean determinados mediante las normas cubanas establecidas para tales efectos. La dimensión debe ser igual o menor al ancho efectivo de la pasarela. Estos apoyos deben permitir la unión entre ellos y las vigas y perfiles de acero del tablero, así como la continuidad estructural con las rampas de acceso y escaleras.

Tablero:

Se recomienda para el tablero el empleo combinado de acero estructural y madera. Las vigas, viguetas y el resto de uniones y apoyos en perfiles de acero y el tablero de madera laminada. Las características geométricas y mecánicas serán calculadas según las normas cubanas correspondientes a tal efecto. Tomando como base la estructura que se muestra en la figura 3.10, pasarela en el Hotel Punta Arena en Varadero con más de 25 años en explotación.

Figura 3.10- Tablero de acero estructural y madera:



Fuente: elaboración propia.

Pasamanos:

Los pasamanos serán de 1 metro de altura de acero estructural y policarbonato con un diseño igual o similar al mostrado en la figura 3.11

Figura 3.11- Pasamanos de acero y policarbonato:

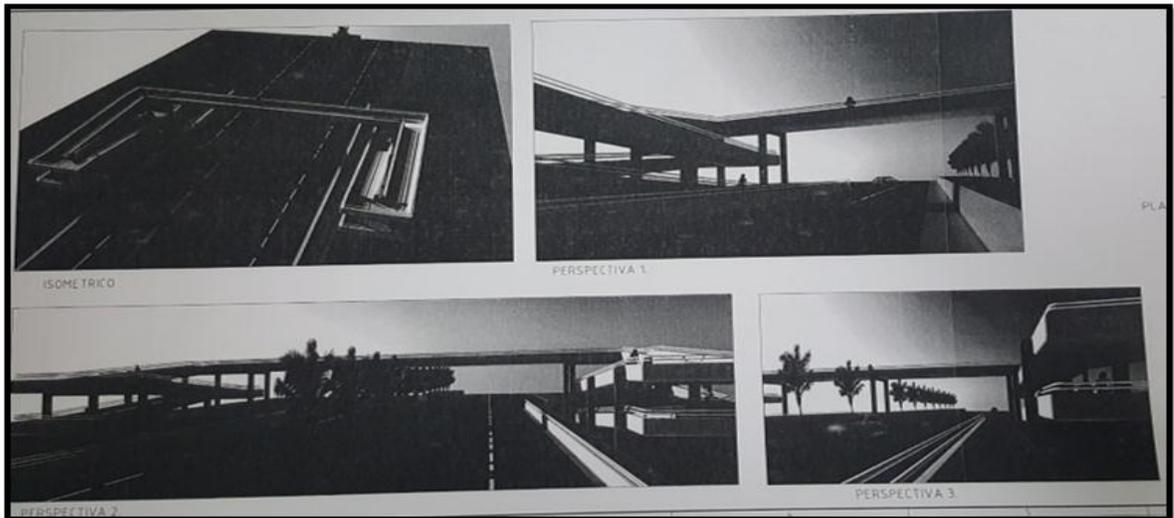


Fuente: elaboración propia.

Otras alternativas:

Podría como solución emplearse una estructura de hormigón, pero las longitudes libres harían aconsejable el empleo de elementos pretensados o postensados siendo, poco aconsejable empelar vigas de hormigón armado para luces cercanas a los veinte metros. Una posible referencia sería un paso peatonal proyectado por la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas EMPAI, en el año 2016, para la vía Blanca en el poblado de Boca de Camarioca. Como se muestra en la figura 3.12. Este modelo requiere pilas en el centro de su luz, lo que podría ser evitado empelando otras tecnologías constructivas para el tablero de losas aligeradas en combinación con vigas postensadas.

Figura 3.12-Pasarela de Hormigón Armado.



Fuente: elaboración propia.

La EMPAI estimó el costo de este proyecto en 44 800 CUC y 96 100 MN según el PRECONS II lo que puede emplearse como referencia inicial para el coste de este tipo de proyectos en Cuba.

Conclusiones Parciales

- Los estudios de campo demuestran los altos volúmenes de flujo peatonal presentes en el nudo de entrada a Varadero.
- Será necesario un ancho efectivo de pasarela de 4,0 metros para cumplir con todos los requisitos de diseño establecidos por las normas cubanas.
- Es físicamente posible construir una pasarela peatonal elevada en el nudo de entrada a Varadero que cuente con accesos de tipo rampa y escalera.

CONCLUSIONES

1. A través del estudio del estudio del estado del arte y de la práctica realizado sobre el diseño y construcción de pasarelas peatonales elevadas a nivel nacional e internacional se concluyó que no existe una norma en Cuba específica para el tema y fue necesario basarse en la experiencia internacional.
2. Se describieron y caracterizaron, tanto el comportamiento de los flujos peatonales en la zona más crítica del nudo de entrada a Varadero como el estado de la infraestructura peatonal existente.
3. Se realizó la propuesta de pasarela peatonal elevada en la fase de solución conceptual determinando los parámetros característicos que darían respuesta a la demanda de los flujos peatonales actuales y futuros en la zona más crítica del nudo de entrada a Varadero.

RECOMENDACIONES

1. Es aconsejable la continuidad de este trabajo de diploma más allá de la fase de Solución Conceptual según se indica en las etapas del proceso inversionista para concluir con la elaboración del proyecto técnico ejecutivo.
2. Se recomienda la continuidad y profundización del estudio del fenómeno peatonal en el nudo de entrada a Varadero en su totalidad, y no solo en la zona crítica escogida por el presente proyecto a partir de las soluciones futuras de soluciones viales.
3. A las autoridades del MINTUR, IPF; PNR u otras relacionadas con la vialidad y movilidad a nivel municipal y provincial se les insta a contribuir a la continuación del mismo más allá de la fase de solución conceptual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

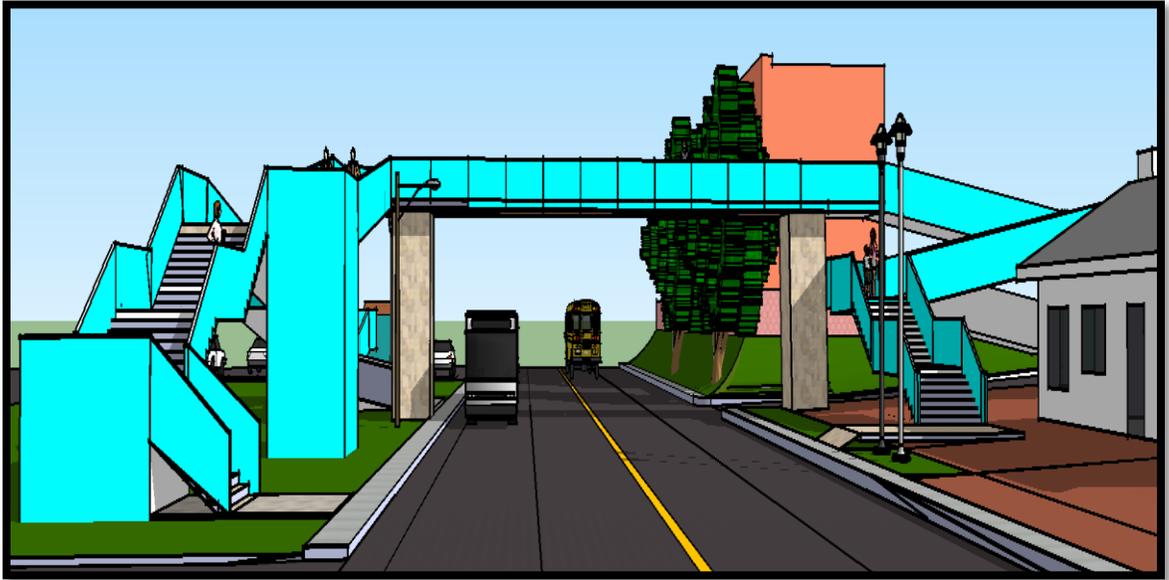
1. Cal y Mayor Reyes Spíndola, R.; Cárdenas Grisales, J. Ingeniería de Tránsito. 8va. ed; 2010.
2. Donaldo Colosio, L. Guía de diseño de infraestructura peatonal.; 2017. p. 62.
3. Díaz Coronado, M. Evaluación del nivel de servicio peatonal en la avenida Chachapoyas distrito de Bagua Grande, Utcubamba, Amazonas. [Trabajo de Diploma en Ingeniería Civil]. Universidad Nacional de Cajamarca; 2014. 86 p.
4. Esquivel Fernández, W. Elementos de diseño y planeamiento de intersecciones urbanas. [Trabajo de diploma en Ingeniería Civil]. Pontificia Universidad Católica del Perú; 2011. 97 p.
5. Febres Cabrera, M. La gestión pública del urbanismo. 2011.
6. Guío Burgos, F.A. Pedestrian Flows in Continuous Infrastructures: Conceptual Framework and Representative Models. Revista Virtual Universidad Católica del Norte; 2010. p. 179-203.
7. Jerez Castillo, S.M.; Torres Cely, L.P. Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana. 2009:206.
8. Itzel Tovar, P. Diseño de infraestructura para la movilidad.; 2015. p. 4.
9. Lopez y Neves, P. Manual de Vados y Pasos Peatonales 2016. p. 101.
10. Transport, D.o.; Planning, D.o. Planning and designing for pedestrians: guidelines. Public Transport Authority; 2016. p. 219.
11. Poblete Bennett, P.; Saball Astaburuaga, P. Manual de vialidad urbana denominado recomendaciones para el diseño de elementos de infraestructura vial urbana.; 2009. p. 331.
12. AASHTO, A.A.o.S.H.a.T.O. A policy on geometric desing of highways and streets 2001. p. 942.
13. Martínez Villa, A. Facilidades explícitas para peatones y ciclistas. Vol. Capítulo 6; 2014. p. 36.
14. López Pereda, P.; Neves Mouriz, E. Manual de vados y pasos peatonales. 2000. p. 101.
15. Pleno, A. Plan general de ordenación urbanística de el puerto de Santa María.;
16. Guadalajara., P.M.d.M.U.N.M.d.Á.M.d. Manual de lineamientos y estándares para vías peatonales y ciclovías.; 2010. p. 277.
17. Prada Bretón, L.E.; Laurens Acevedo, N.; Martínez Cortes, G.; Cristancho Varela, S.A.; Pardo Gaona, L. Guia práctica de la movilidad peatonal urbana. 2012. p. 107.
18. (NC), O.N.d.N. Urbanismo.— parte 1: Elementos generales. Vol. NC 219: 2002.
19. (NC), O.N.d.N. Punetes y alcantarillas. Vol. NC- 52-125-1984: 2002.
20. (NC), O.N.d.N. Carreteras.Punetes y alcantarillas.Requissitos de diseño y métodos de cálculo. Vol.NC 733. 2009.
21. (NC), O.N.d.N. Accesibilidad y utilización del entorno construido por las personas — parte 1: Elementos generales. Vol. NC 391-1: 2010 2010. p. 46.
22. (NC), O.N.d.N. Accesibilidad y utilización del entorno construido por las personas — parte 2: Urbanismo. Vol. NC 391-2: 2013; 2013a. p. 47.

23. (NC), O.N.d.N. Accesibilidad y utilización del entorno construido por las personas — parte 4: Puentes. Vol. NC 391-3: 2013; 2013b. p. 139.
24. (NC), O.N.d.N. Accesibilidad y utilización del entorno construido por las personas — parte 4: Comunicaciones, señalización e información. Vol. NC 391-4: 2013; 2013c.
25. NTC, N.t.c. NTC 4145. 2009a.
26. HCM, A.A.o.S.H.a.T.O. Highway Capacity Manual. 2000. p. 36.
27. NTC, N.t.c. NTC 4143. 2009b.
28. NTC, N.t.c. NTC 4902. 2011.
29. Olivas Ochoa, A. Propuesta de una metodología para justificar pasos peatonales a desnivel utilizando la distribución probabilística de Poisson. [Tesis de Maestría]. Universidad Autónoma de Nuevo León.; 2001. 184 p.
30. Reyes Rios, A. Solución Conceptual de interseccion a desnivel con rotondas en el nudo de entrada a Varadero [Trabajo de Diploma en ingeniería Civil]. Universidad de Matanzas, 2017. 96 p.
31. Solución Conceptual de interseccion a desnivel semidireccional en el nudo de entrada a Varadero [Trabajo de Diploma en ingeniería Civil]. Universidad de Matanzas, 2017. 96 p.
32. Santos Pérez, O. Solución Conceptual de interseccion a desnivel semidireccional en el nudo de entrada a Varadero [Trabajo de Diploma en ingeniería Civil]. Universidad de Matanzas, 2017. 96 p.
33. Tangarife Cifuentes, R.; Vásquez Montoya, J.H. Estudio para mejorar y dinamizar la movilidad de peatones y vehículos en la zona urbana del municipio de Guatapé. [Trabajo para optar al título de especialista en gerencia de construcciones]. Universidad de Medellín; 2011. 94 p.

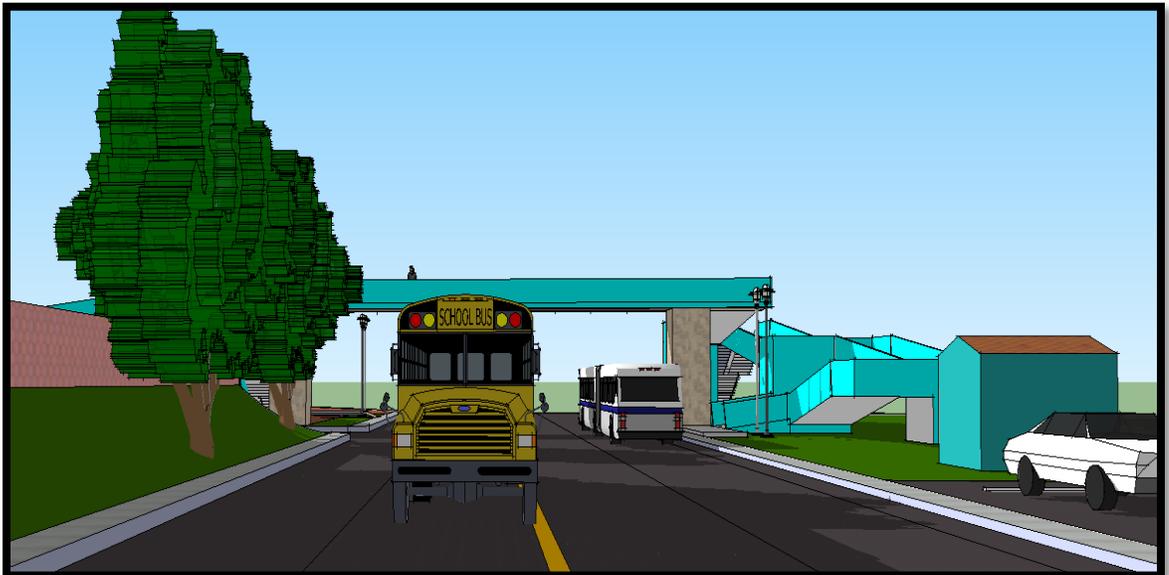
ANEXOS

Vistas de la Propuesta 1

Desde Cárdenas

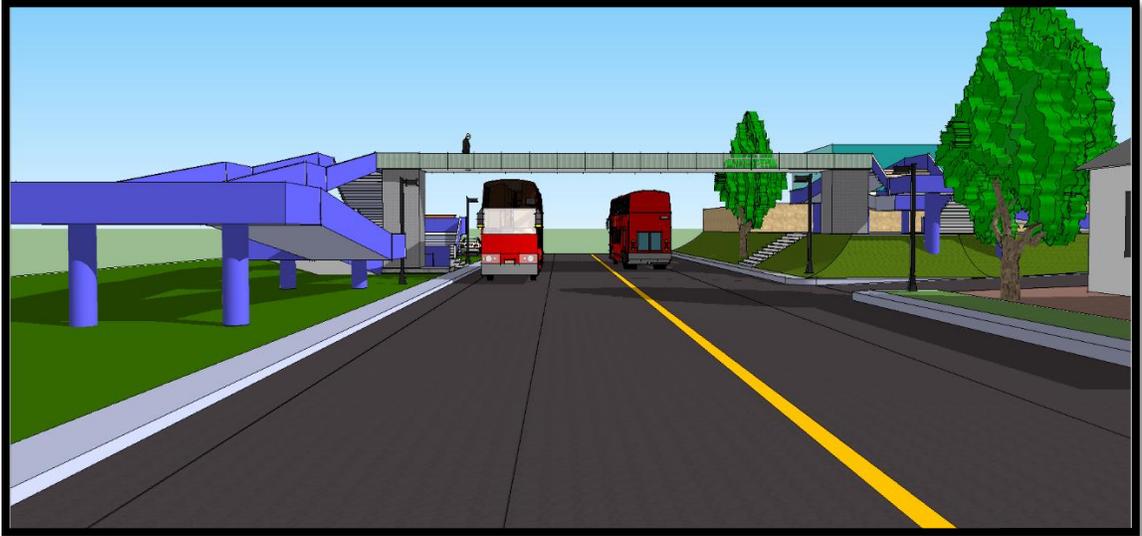


Desde Varadero



Vistas de la Propuesta 2.

Desde Cárdenas



Desde Varadero

