



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Rediseño geométrico en zona de  
conflicto en la ciclopista de  
Ciudad Universitaria**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Civil**

**P R E S E N T A**

Valeria Ordaz Segura

**DIRECTOR DE TESIS**

M.I. Francisco Javier Granados Villafuerte



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Señorita  
VALERIA ORDAZ SEGURA  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLAFUERTE, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERA CIVIL.

**"REDISEÑO GEOMÉTRICO EN ZONA DE CONFLICTO EN LA CICLOPISTA DE CIUDAD UNIVERSITARIA"**

- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVOS
- ANTECEDENTES
- I. CONCEPTOS BÁSICOS
- II. CAMINO PEATONAL Y CICLISTA
- III. HISTORIA DE BICIPUMA
- IV. CARACTERIZACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO
- V. PROPUESTA DE SOLUCIÓN
- VI. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 29 de junio del 2021.  
EL PRESIDENTE

M.I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS

MTMR/gar.

## **Agradecimientos**

A la UNAM y a la Facultad de Ingeniería por la formación que recibí como estudiante, que me permite ser una buena profesionista.

Al M.I. Francisco Javier Granados Villafuerte por toda la ayuda brindada para realización de este trabajo, su orientación permitió que esta tesis llegará a buen término.

A mi madre Julieta y mi hermano Manuel, por ser el pilar en mi vida que me ha apoyado incondicionalmente, llenándome de valores, amor, confianza, su guía y acompañamiento a lo largo de toda mi vida me han servido para ser una buena persona, los amo.

A mis mascotas porque han sido un soporte emocional en más de una ocasión y una fuente de alegría a lo largo de este camino, son parte de mi familia.

A mis amigos de la facultad, especialmente a Samuel, César, Adriana y Vanessa, por hacer mi estancia en la facultad más divertida (las risas no faltaron), por todo el cariño, sus consejos y por siempre mostrar interés en los proyectos del otro.

Al área de peritos y bienes inmuebles del CJF, sobre todo el Ing. Mateo, por compartir sus experiencias y conocimientos y brindarme su amistad, hicieron que el proceso del servicio social se convirtiera en una de las vivencias más increíbles que he tenido.

A mis Freyssiamigos porque son un ejemplo a seguir para crecer profesionalmente, gracias por su amistad y comprensión.

A Stephanie, Martha, Marlene y Suemi porque siempre han estado para mí desde hace 11 años y son mujeres que quiero y admiro de muchas formas.

Un agradecimiento especial a la Dra. Taylor Swift por ser siempre una inspiración, un icono de empoderamiento femenino y la industria musical.

Por ultimo para Rosa, Frida y Juana, mis hermanas menores, por ser una motivación para cumplir mis metas, a ellas les dedico esta tesis.



## CONTENIDO

<b>PRÓLOGO</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>OBJETIVOS</b> .....	3
<b>ANTECEDENTES</b> .....	3
<b>1. CONCEPTOS BÁSICOS</b> .....	5
1.1. Usuarios.....	6
1.1.1. Peatones.....	7
1.1.2. Ciclistas.....	7
1.2. Vehículo.....	7
1.2.1. Bicicleta.....	7
1.3. Vialidad.....	8
1.3.1. Infraestructura Peatonal.....	8
1.3.1.1. Calles peatonales.....	9
1.3.1.2. Banquetas.....	9
1.3.2. Infraestructura Ciclista.....	10
1.3.2.1. Exclusiva.....	11
1.3.2.2. Compartida con vehículos.....	11
1.3.3. Camino peatonal y ciclista compartido.....	11
1.3.4. Camino peatonal y ciclista delimitado.....	12
<b>2. CAMINO PEATONAL Y CICLISTA</b> .....	13
2.1. Riesgo.....	13
2.1.1. Velocidad ciclista.....	15
2.1.2. Percepción de peatones.....	17
2.1.3. Percepción de ciclistas.....	19
2.2. Experiencia internacional.....	21
2.2.1. Recomendaciones de diseño.....	21
2.2.1.1. Tipo de camino.....	22
2.2.1.2. Señalización.....	23
2.2.1.3. Dimensiones.....	24
<b>3. HISTORIA DE BICIPUMA</b> .....	30
3.1. Sistemas de bicicletas públicas.....	30

3.2. Sistema Bicipuma en Ciudad Universitaria .....	31
<b>4. CARACTERIZACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO .....</b>	<b>34</b>
4.1. Área de estudio.....	34
4.2. Usuarios.....	35
4.3. Vehículo .....	35
4.4. Vialidad .....	37
4.5. Estudios .....	39
4.5.1. Grabaciones .....	39
4.5.1.1. Volumen de usuarios .....	40
4.5.1.2. Conflictos.....	46
4.5.2. Modelo de asignación de tránsito ciclista.....	49
4.6. Riesgo.....	58
<b>5. PROPUESTA DE SOLUCIÓN .....</b>	<b>60</b>
5.1. Alternativa 1 .....	60
5.1.1. Alternativa 1.A .....	62
5.1.2. Alternativa 1.B .....	63
5.1.3. Alternativa 1.C .....	63
5.2. Alternativa 2.....	67
5.3. Educación vial .....	69
5.4. Comparación de las alternativas.....	71
5.4.1. Tiempo de implementación .....	71
5.4.2. Costo.....	73
5.4.3. Impacto ambiental .....	74
5.4.4. Calidad de la circulación .....	74
5.5. Evaluación de la propuesta de solución .....	78
<b>6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>81</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....</b>	<b>83</b>

## **PRÓLOGO**

El presente trabajo contiene los estudios y propuestas de solución realizados entre los años 2018 y 2019, derivado de la problemática existente en el tramo de ciclopista localizado frente al edificio A de la Facultad de Ingeniería, mismos que fueron considerados y sentaron un precedente para la modificación que se hizo en el año 2022.

Valeria Ordaz Segura

Marzo 2023

# INTRODUCCIÓN

La vida en las grandes ciudades es muy ajetreada lo cual implica que los traslados de un lugar a otro son importantes para el desarrollo de las actividades diarias de los habitantes, dichos traslados en una ciudad tan grande como lo es la Ciudad de México pueden verse afectados entre otras cosas por el tráfico, que no es más que el reflejo del aumento de población y la falta de planeación del transporte público. Es por ello que es de vital importancia encontrar alternativas que no solo sean más eficientes en cuanto a tiempo sino que además sean de fácil acceso para los usuarios, una de estas alternativas puede ser el uso de la bicicleta.

El uso de la bicicleta es una opción que se ha implementado en otras ciudades como Copenhague con buenos resultados ya que facilita el transporte de personas en distancias cortas y medianas, además de ser amigable con el ambiente, en este sentido cada kilómetro que se recorre en bicicleta significa 0.3 kg de CO<sub>2</sub> menos que serían emitidos por un auto (Bicycle Federation of Australia, 2007). Es importante considerar que para que las personas usen bicicletas se debe dotar de condiciones favorables, que garanticen su seguridad, de otro modo buscaran otra opción más confiable, por lo que si se quieren diseñar rutas para ciclistas lo anterior debe ser primordial.

Además al diseñar espacios para ciclistas hay que tomar en cuenta si por el sitio transitan o no peatones y en caso de haberlos se deben tener las condiciones necesarias que sigan permitiendo su paso seguro por la zona, de lo contrario podrían haber problemas desde rechazo por parte de los peatones a los ciclistas hasta accidentes.

Dentro de Ciudad Universitaria se cuenta con una red de ciclovía que permite el traslado a varios puntos de interés dentro de CU, por ejemplo es de gran ayuda para que los estudiantes vayan de una facultad a otra en menor tiempo del que invertirían caminando o bien para los visitantes sirve para recorrer las instalaciones de la universidad.

Debido al aumento de estudiantes que ingresan a la Universidad el tránsito a pie y en bicicleta se ha ido incrementando con el paso del tiempo y en algunas zonas se generan dificultades para pasar, por lo que al detectarse una zona de conflicto que los afecte se deben buscar las medidas necesarias para arreglar la situación. Este trabajo busca cumplir con ello, mejorar las circunstancias por las que se transita en el tramo de ciclovía localizado frente al edificio A de la Facultad de Ingeniería, de modo que tanto peatones como ciclistas se desplacen de manera segura por la zona.

## OBJETIVOS

### Objetivo Principal

Brindar una solución integral al conflicto que se presenta entre peatones y ciclistas en el segmento de ciclovía ubicado frente al edificio A de la Facultad de Ingeniería dentro de Ciudad Universitaria, la cual permita mejorar la calidad de circulación durante el trayecto por dicha sección para ambos usuarios.

### Objetivos Secundarios

- Identificar las razones por las cuales se genera un conflicto entre peatones y ciclistas en el tramo de estudio de la vialidad.
- Proponer cambios en el diseño de la vialidad que permitan mitigar los conflictos detectados.

## ANTECEDENTES

Ciudad Universitaria surgió como parte de un concurso de alumnos de la Escuela Nacional de Arquitectura, en el que los ganadores fueron Mario Pani y Enrique del Moral, mismos que dirigieron el proyecto y para 1949 se inicia la construcción en un terreno ubicado entre los pueblos de San Ángel y Tlalpan. El proyecto presentaba una supermanzana rectangular con un jardín central y los edificios de escuelas y otros servicios a los costados, lo que involucraba que la parte interior era solamente peatonal y la circulación vehicular perimetral (Artigas, J.B., 2010). En la construcción de Ciudad Universitaria se tardaron sólo 2 años las obras, pues en 1952 fue inaugurado el estadio Olímpico Universitario, y en 1954 se inició formalmente la ocupación del campus.



Imagen Ciudad Universitaria en 1954  
Fuente: Fundación UNAM

Actualmente el campus ha crecido bastante respecto a lo que se tenía en 1954 al igual que la matrícula de alumnos, y al ser un espacio tan grande la necesidad de transportarse es de gran importancia para los estudiantes, al crearse Ciudad Universitaria sólo habían 20 000 personas y tenía contemplado un aumento de hasta el 50%, 30 000 personas; sin embargo para 1984 ya eran 300 000 los integrantes de la comunidad universitaria (Artigas, J.B., 2010).

La expansión del campus y la cantidad de estudiantes significó una mayor cantidad de autos circulando por la universidad, lo que provocó que los estacionamientos tuvieran que aumentar su capacidad. Al ser un proyecto inicialmente planeado para tener únicamente circulación peatonal en el interior, el tener que contar con una mayor cantidad de superficie para automóviles disminuyó el espacio de los peatones. Del mismo modo ocurrió con la cantidad de usuarios de bicicletas que fueron aumentando, cosa que al igual que tampoco se tenía prevista y a pesar de esto actualmente contamos con una ciclopista, misma que también implicó una invasión a la zona peatonal.

Lo anterior también fue un reflejo de la inclusión a la Lista del Patrimonio Mundial el 28 de junio de 2007, ya que esto implicó que no se podían hacer modificaciones muy extremas a la infraestructura con la que se contaba, por lo que generar espacios nuevos de infraestructura ciclista no es una opción muy viable.

Esto ha traído consigo una serie de conflictos, generalmente entre ciclistas y peatones, puesto que las zonas por las que pasa la ciclopista y donde se tienen los módulos de bicicletas generalmente son cercanos a las facultades, las cuales también son el principal destino de los peatones que se encuentran dentro de Ciudad Universitaria. Uno de los conflictos más notables se encuentra en el segmento de la ciclopista que se encuentra frente al Edificio A de la Facultad de Ingeniería donde los peatones y los ciclistas compiten por el espacio, esto los pone en riesgo, por lo que es necesario encontrar una solución.

# 1. CONCEPTOS BÁSICOS

El transporte se deriva de nuestras necesidades, nos trasladamos de un lugar a otro para lograr un objetivo. Para realizar nuestras actividades diarias nos movemos por diferentes sitios y es por ello que es un concepto tan importante y que abarca a su vez una serie de componentes, así que es necesario definirlos para entenderlos como un todo. El transporte involucra un lugar de origen y uno de destino, el contenido que se transporta que pueden ser mercancías o personas, las conexiones de traslado, su operación y el tipo de traslado.

Si además de eso consideramos otras variantes más allá de los desplazamientos, como las condiciones políticas, sociales y culturales de quienes se movilizan entonces estamos hablando de movilidad, la cual se vincula a los individuos y busca que lleguen a su destino en condiciones de seguridad, en la mejor forma posible.

La Ingeniería de tránsito es la parte de la ingeniería del transporte relacionada con la planeación, diseño y operación del tránsito. De acuerdo con el Instituto de Ingenieros de Transporte (ITE, 2003), la ingeniería de transporte es la aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente.

Los elementos básicos de la Ingeniería de tránsito son el usuario, el vehículo y la vialidad, para el propósito de este trabajo identificaremos a cada uno de los componentes que se encuentran involucrados dentro del caso de estudio.



Figura 1.1 Usuario, Vehículo y Vialidad.  
Fuente: Elaboración Propia.

## 1.1. Usuarios

Se entiende por usuarios a todas las personas, peatones y conductores que transitan por calles y carreteras (Cal y Mayor, 2007), la identificación de los usuarios es muy importante pues los proyectos deben ser planeados para tomar en cuenta las características y necesidades de cada uno de ellos

La jerarquía de movilidad de acuerdo con la Ley de Movilidad del Distrito Federal (2016) considera el nivel de vulnerabilidad de los usuarios y otorga prioridad para la utilización del espacio vial de la siguiente forma:

- I. Peatones, en especial personas con discapacidad y personas con movilidad limitada
- II. Ciclistas
- III. Usuarios del servicio de transporte público de pasajeros
- IV. Prestadores del servicio de transporte público de pasajeros
- V. Prestadores del servicio de transporte de carga y distribución de mercancías
- VI. Usuarios de transporte particular automotor.

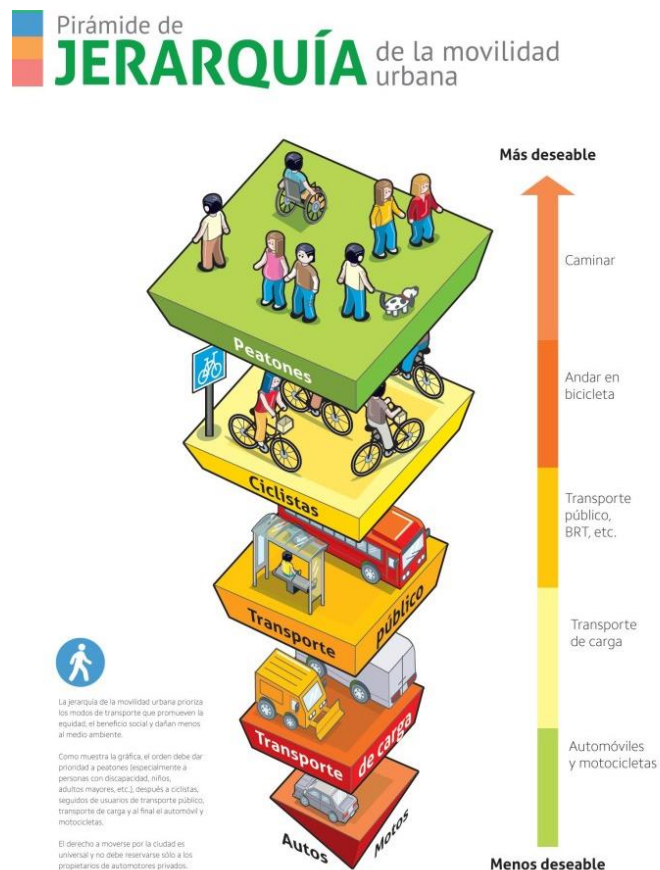


Figura 1.2 Pirámide de Jerarquía de la Movilidad Urbana  
Fuente: Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo (ITDP)



A continuación se presentara de forma más detallada a los primeros dos, ya que tienen participación directa en el conflicto que se busca solucionar.

### **1.1.1. Peatones**

La Ley de Movilidad del Distrito Federal lo define como: persona que transita por la vialidad a pie y/o que utiliza de ayudas técnicas por su condición de movilidad limitada, así como en patines, patineta u otros vehículos recreativos. También se puede considerar como peatón a menores de 12 años que conduzcan un vehículo no motorizado.

Prácticamente toda la población en un momento se convierten en peatones y como se explicó anteriormente debido a su grado de vulnerabilidad tienen prioridad, de acuerdo con los registros nacionales de la Secretaría de Salud en el año 2015 de los accidentes de tráfico señalan que murieron 7.780 peatones (48,5%), 2.622 motociclistas (16,3%) y 298 (1,8%) que iban en bicicleta, y es una de las principales causas de muerte en México, por lo que debemos considerar que es muy importante garantizar su seguridad.

### **1.1.2. Ciclistas**

La Ley de Movilidad del Distrito Federal define como ciclista al conductor de un vehículo de tracción humana a través de pedales. Se considera ciclista a aquellos que conducen bicicletas asistidas por motores eléctricos, siempre y cuando ésta desarrolle velocidades de hasta 25 kilómetros por hora. Los menores de doce años a bordo de un vehículo no motorizado serán considerados peatones. Y a su vez define como conductor a toda persona que maneje un vehículo en cualquiera de sus modalidades.

## **1.2. Vehículo**

Este componente se refiere al medio que se usa para transportar personas o mercancías. Su estudio es muy importante en cuanto a sus características geométricas, dimensiones y peso ya que estas nos ayudaran a dar dimensión durante el diseño de vialidades.

El vehículo de diseño o de proyecto es el más representativo que transite por la vialidad que se estudie, para este caso nuestro vehículo de diseño es una bicicleta, ya que es lo que transita la mayor parte del tiempo por la ciclopista.

### **1.2.1. Bicicleta**

Se entiende como bicicleta al Vehículo no motorizado de propulsión humana a través de pedales, su velocidad promedio es de 20 a 25 Km/h, sin embargo en medios urbanos es mayor. Al no generar emisiones como los autos, representa una mejor opción para el medio ambiente, además de promover el ejercicio al ser muy eficiente para trasladarse en distancias cortas.

### 1.3. Vialidad

También conocido como camino, este componente se define por la porción de terreno acondicionada para el paso de los vehículos. Para su diseño es que se toman muy en cuenta las características geométricas de los componentes anteriores. Existen varios tipos de vialidades pero de acuerdo a la forma en la que circula el vehículo se clasifican en: Vías de circulación continua o discontinua.

- Las vías de circulación continua son aquellas en las que el tránsito circula sin restricciones al no haber elementos de control del tránsito, solo se detiene por motivos accidentes, cobro de peaje, etc. ejemplo de estas son carreteras de un carril, entrecruzamientos y rampas de entrada y/o salida.
- Mientras que las vías de circulación discontinua son lo contrario de las anteriores, ya que tiene restricciones impuestas por las regulaciones de tránsito, por ejemplo las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas, infraestructura peatonal y las ciclistas.

Por otra parte en cuanto a su funcionalidad se clasifican por el grado de movilidad y accesibilidad que tengan en locales, secundarias y principales.

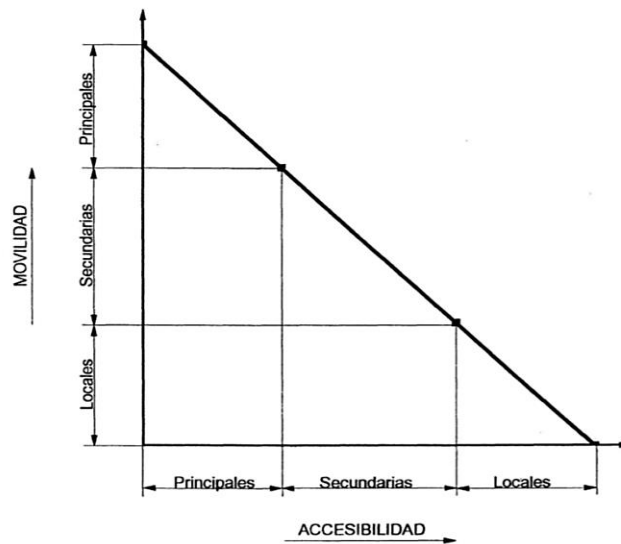


Figura 1.3 Clasificación funcional de vialidades  
Fuente: Cal y Mayor, 2007

#### 1.3.1. Infraestructura Peatonal

Las personas caminan por diferentes motivos, sin embargo todas buscan llegar a un destino determinado, por lo que debe existir la infraestructura que permita a los peatones caminar seguros hasta sus destinos, como las banquetas y las calles peatonales.

### 1.3.1.1. Calles peatonales

Las calles peatonales son vialidades exclusivas para peatones, pueden lograrse estos espacios con solo prohibirse el acceso a vehículos motorizados y ciclistas, además de ser de costo bajo son una buena opción en lugares donde se encuentran comercios o restaurantes.

De manera estética se pueden colocar macetas o vegetación pequeña para hacer más atractivo el tránsito en la zona, además de tener una superficie apta para que los peatones caminen; es importante otorgar un valor agregado y que automóviles sean reubicados en calles adyacentes sin que esto represente crear congestión vial.



Imagen 1.1 Corredor Peatonal Francisco I. Madero, CDMX, México  
Fuente: Vida de Peatón

### 1.3.1.2. Banquetas

Las banquetas deben diseñarse para ser accesibles, con una anchura adecuada para que también personas en sillas de ruedas puedan andar en ellas y que tengan buenas condiciones, así los peatones se sentirán seguros en su paso. Sus dimensiones deben corresponder a la cantidad de peatones que circulen por ellas, así como a l espacio disponible que se tenga para su construcción o en su caso la adecuación de estos elementos.

En este caso la dimensión mínima recomendada es de 1.50 m que permite el paso de 2 personas lado a lado o bien una persona en silla de ruedas. Por otra parte existen casos en los que las secciones viales son muy estrechas como en los centros históricos, por lo que se debe proporcionar de al menos 1.20 m.

Generalmente están hechas con concreto y se usan más en entornos urbanos y suburbanos que en áreas rurales donde las personas transitan en áreas no pavimentadas. Además de lo anterior se deben evitar obstáculos que impidan el tránsito peatonal y en el caso de que se quiera colocar vegetación a esa dimensión se le debe añadir las medidas mínimas antes explicadas para el tránsito peatonal, deben contar con una superficie estable y antideslizante.

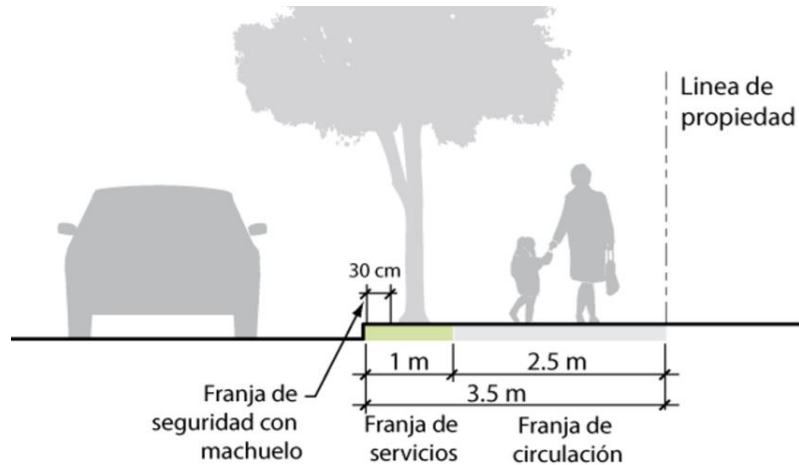


Figura 1.4 Ejemplo de configuración de una banqueta de 3.5 m de ancho  
Fuente: Manual de lineamientos y estándares para vías peatonales y ciclistas

### 1.3.2. Infraestructura Ciclista

Si se quiere garantizar la seguridad dentro de las vialidades destinadas para uso ciclista se deben cumplir con dimensiones mínimas que permitan el tránsito de bicicletas en movimiento, las dimensiones mínimas que se requieren varían de acuerdo a la tipología de los ciclistas y el flujo de circulación entre otras cosas. A continuación se muestran algunas dimensiones de distintos tipos de bicicletas.

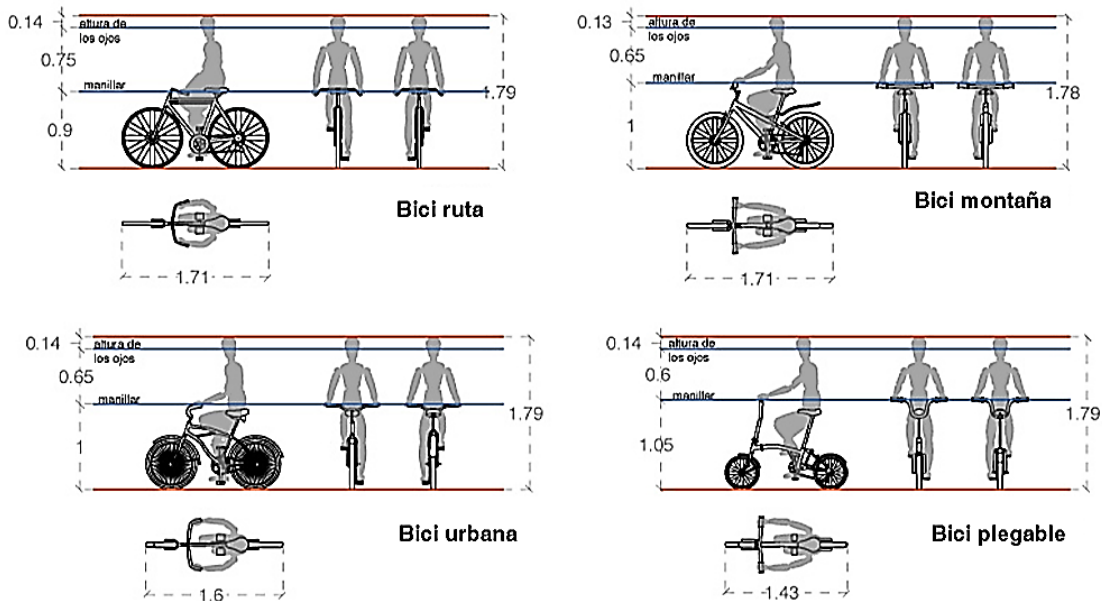


Figura 1.5 Dimensiones de distintos tipos de bicicletas en metros  
Fuente: Manual de lineamientos y estándares para vías peatonales y ciclista

En el diseño de vialidades ciclistas también debe considerarse que los trayectos deben ser directos, seguros, continuos y cómodos, es decir que se empleen pavimentos adecuados.

### **1.3.2.1. Exclusiva**

Como su nombre lo indica se trata de uso exclusivo para bicicletas, requiere de una señalización o división física a lo largo de la vía y existen dos tipos: unidireccional y bidireccional.

De acuerdo con los lineamientos de la Guía de diseño de infraestructura y equipamiento ciclista de la Ciudad de México, en el caso de una vía unidireccional se recomiendan 2.5 m ya que así se permite rebasar, aunque lo mínimo debería ser 1.4 m. Por otra parte cuando se tienen dos sentidos el ancho más recomendable es de 3.5 m y un mínimo de 2.5 m.

La exclusividad del tránsito representa ventajas de comodidad para los ciclistas ya que reduce el peligro y los conflictos con conductores de vehículos motorizados pero también tiene desventajas como que existe vulnerabilidad en las intersecciones, además de que cuando se tienen separaciones físicas del carril las barredoras no caben.

### **1.3.2.2. Compartida con vehículos**

El mismo espacio es compartido entre bicicletas y autos, por lo mismo requiere de señalización a fin de que los automovilistas adviertan la presencia de ciclistas y puede tener alguna separación física por ejemplo la elevación ligera del pavimento o una barrera o borde.

Cuando no se tiene una separación entre bicicletas y vehículos motorizados es muy peligroso ya que pueden ocurrir muchos accidentes. Las bicicletas siempre deben ir de lado derecho para evitar accidentes con automovilistas, esto es crucial en calles y avenidas primarias.

Además se recomienda que la zona ciclista sea solo de un sentido ya que en caso de tenerse dos puede correrse el riesgo de que en zonas donde no se cuenta con la separación de los usuarios al ir unos en sentido contrario al flujo vehicular sea más propenso a sufrir accidentes.

### **1.3.3. Camino peatonal y ciclista compartido**

Muchos problemas que afectan a peatones también perjudican a ciclistas durante sus trayectos, como las altas velocidades, volúmenes vehiculares y emisiones de los automóviles. Existen vialidades destinadas a tener un uso mixto de usuarios, por lo que se debe buscar un diseño que satisfaga las necesidades de todos ellos, siempre respetando la jerarquía de usuarios; un ejemplo son los andadores para uso de peatones y ciclistas.

Un andador peatonal y ciclista debe ubicarse en zonas completamente separadas de carreteras o vialidades con vehículos motorizados, son de carácter deseable para los ciclistas ya que

representan menor peligro al estar lejos del tránsito vehicular aunque también pueden surgir conflictos entre peatones y ciclistas.

Los andadores compartidos carecen de marcas delimitantes de las áreas de circulación y todos los usuarios son libres de transitar por todo el ancho de la vialidad, pueden ubicarse en áreas verdes, derechos de vía, camellones y áreas naturales protegidas entre otras zonas.

### 1.3.4. Camino peatonal y ciclista delimitado

Se trata de una vía de circulación que se comparte entre peatones y ciclistas, está cuenta con señalamiento para delimitar las áreas de circulación. El propósito del señalamiento es proporcionar seguridad y hacer que los usuarios respeten las indicaciones, por lo que las señales deben ser visibles tanto para ciclistas como para peatones.

Dentro de este tipo de camino existen tres subdivisiones:

- Segregado por usuario: El camino es dividido de manera visual, usualmente por líneas o por superficies de diferentes colores en los cuales se indica que por qué zonas puede transitar cada tipo de usuario.
- Segregado por dirección: En Países como Australia y Nueva Zelanda es más común dividir a los usuarios en los caminos por la dirección de viaje.
- Separado: En este caso para hacer la separación más evidente se pueden utilizar bordes o cambios en la elevación de la superficie, los cuales además facilitan su detección para personas ciegas y con deficiencias visuales.



Imagen 1.2 Andador delimitado por dirección  
Fuente: Victoria Walks, 2015

## **2. CAMINO PEATONAL Y CICLISTA**

Siempre por cuestiones de comodidad los usuarios de una vialidad van a preferir contar con un camino exclusivo para cada tipo de usuarios, ya que al compartir se ven más limitados en movimiento pues deben considerar también las necesidades de los otros usuarios. Sin embargo muchas veces esto no es posible debido a las dimensiones de la vialidad por la que transitan o el número de usuarios que la utilizan, por lo que es importante considerar la perspectiva de cada tipo de usuario y de esta manera se llegaran a mejores resultados, al implementar una solución que tome en cuenta las necesidades de cada uno.

Como se mencionó en el capítulo anterior el camino compartido por peatones y ciclistas se caracteriza por permitir el tránsito mixto de usuarios, en este caso de peatones y ciclistas, ya sea con una separación de espacio o no. La importancia de estos andadores es grande ya que puede representar una solución a las demandas de seguridad del tránsito ciclista y además proporcionar una serie de beneficios al brindar un espacio más seguro para peatones y ciclistas lejos de vehículos motorizados y si se planea de manera adecuada no debe representar ningún conflicto entre diferentes usuarios.

### **2.1. Riesgo**

Si bien los accidentes con vehículos motorizados son más frecuentes y de mayor gravedad que los relacionados con andadores peatonales y ciclistas, no por ello dejan de existir. Al permitir a los ciclistas pasar por zonas con restricción de tránsito motorizado se les brinda mayor seguridad, sin embargo cuando el espacio es compartido con peatones puede que estos últimos no estén del todo de acuerdo ya que pierden parte del espacio y se puede vulnerar su seguridad.

Existe una mayor investigación acerca del riesgo en vialidades compartidas entre usuarios de vehículos motorizados, generalmente automóviles, y ciclistas, dado que se presentan muchos accidentes dentro de estas vialidades, sin embargo poco se ha tratado el tema de los accidentes en caminos compartidos entre peatones y ciclistas ya que no se registran formalmente tantos incidentes de este tipo.

Un ejemplo de la falta de investigación es que se cuenta con ecuaciones que ayudan a predecir la velocidad de choque entre vehículos motorizados y peatones pero no para choques entre peatones y ciclistas, ni metodología para su estudio y esto podría ser muy importante para entender en qué circunstancias ocurren ciertos accidentes entre dichos usuarios, así como para poder establecer límites o rangos de velocidad en caminos compartidos por los mismos.

En la búsqueda por entender mejor las colisiones entre peatones y ciclistas y sus impactos en estos Arndt, Grzbieta y Short, en el 2007, realizaron el estudio de diferentes simulaciones de choques con ayuda del software tridimensional de simulación de impacto MADYMO versión 6.2.1, el cual ha sido validado contra numerosas pruebas de choques en laboratorios en todo el mundo y representa una opción menos costosa. Este software emplea maniqués dentro de la

simulación, los cuales son articulados como un maniquí de los que se emplean para pruebas en el mundo real y mediante el monitoreo de la aceleración y desviación de cada una de las partes del cuerpo establece la probabilidad de lesiones en la cabeza, el cuello, piernas y tórax.

Para dicho estudio se establecieron dos maniquíes, uno como peatón y el otro ciclista con una bicicleta generada a partir de formas elipsoides y se le dio a cada uno una velocidad inicial. Se generaron una serie de diferentes escenarios donde se modificaban distintos parámetros como la orientación y postura de los cuerpos, la velocidad y el coeficiente de fricción de la superficie en la que se movían y encontraron una correlación entre la velocidad de impacto y la distancia de lanzamiento resultante del impacto, por ejemplo para una distancia de tiro 5 metros se requiere una velocidad ciclista de aproximadamente 40 km/h, dicha distancia en el caso de situaciones automóvil-peatón corresponde a una velocidad de 25 km/h.

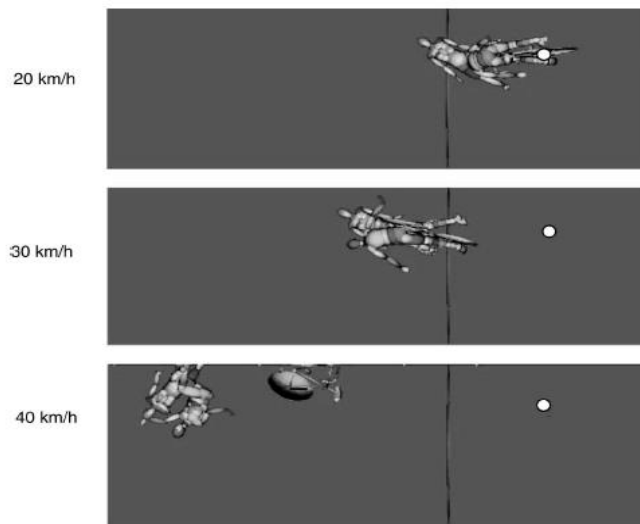


Figura 2.1 Distancias de lanzamiento dada una velocidad de impacto  
Fuente:Arndt et al, 2007

Los parámetros de lesión fueron muy variables dependiendo la posición del cuerpo y la zona de impacto, pero los resultados de las simulaciones indicaron que los ciclistas podrían tener cargas por compresión de cuello significativas por un impacto directo de la cabeza contra el pavimento, de acuerdo con investigaciones de Friedman comienzan a ocurrir lesiones graves en el cuello a partir de cargas de compresión axial de 7000 N, aunque estos impactos también son variables ya que en algunos casos los brazos y/o los hombros ayudan a reducir la gravedad del golpe amortiguando la caída.

Mientras que el choque más perjudicial para los peatones no es contra el ciclista o la bicicleta sino el que puede presentar en la parte posterior de la cabeza contra el pavimento donde el riesgo de lesión de cabeza y la carga por compresión en el cuello son los más altos, si bien este riesgo



de lesión se relaciona más con la gravedad del impacto contra el pavimento también se encontró que a mayor velocidad del ciclista se registran más rápido este tipo de impactos.

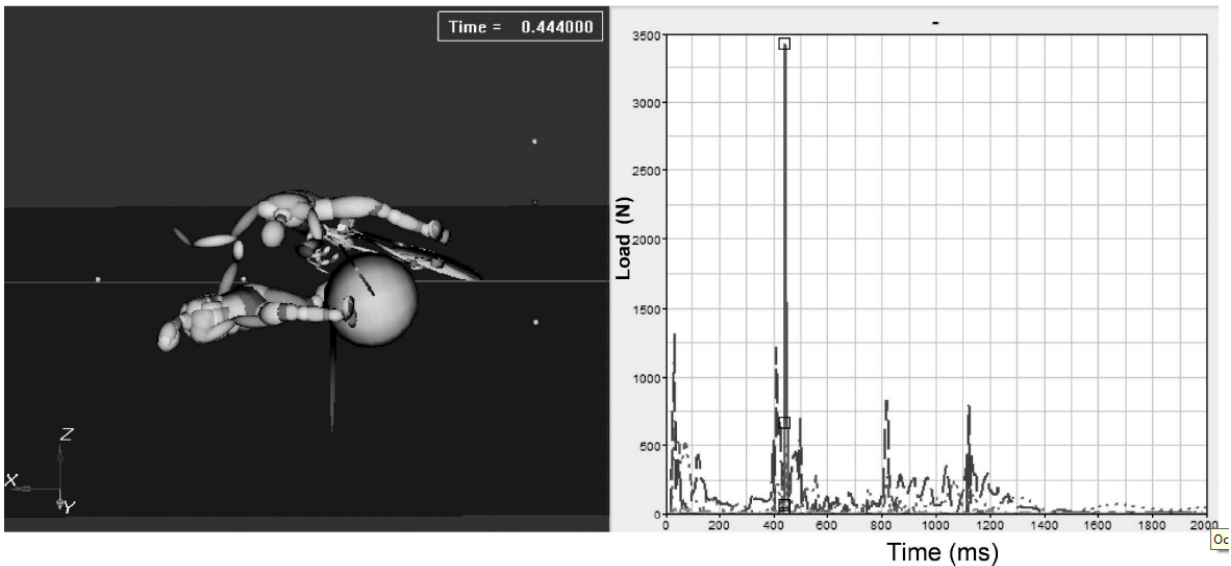


Figura 2.2 Carga de compresión axial en el cuello a través del tiempo durante un impacto

Fuente: Arndt et al, 2007

Por otra parte el trabajo de investigación de Graw y König, entre 1980 y 1998, en el cual identificaron tendencias en las lesiones de ciclistas y peatones en Alemania indica que generalmente cuando ocurre un choque entre peatones y ciclistas es el peatón quien resulta gravemente herido y puede incluso sufrir un trauma mortal en la cabeza debido al impacto con el suelo.

Considerando lo anterior resulta de gran importancia diseñar vialidades en las que de preferencia no puedan ocurrir choques entre usuarios, pues aunque pueda parecer un choque inofensivo podría resultar mortal y en especial para los peatones quienes son los más vulnerables dentro de los caminos compartidos.

### 2.1.1. Velocidad ciclista

La velocidad que cada ciclista tome dependerá de muchos factores como son su edad, condición física, estado de la vialidad, etc. además en presencia de peatones suelen disminuir la velocidad con el fin de evitar accidentes. La evidencia sugiere que los ciclistas en caminos compartidos suelen viajar entre 19 y 30 km / h, o más cuando las condiciones lo permiten.

Un estudio de Brisbane de cuatro caminos compartidos, contando un total de 198,000 movimientos, encontró velocidades promedio de ciclismo de 20.2, 22.8, 26.6 y 34.5 km / h (Rees, 2011). Las velocidades percentiles 85 fueron 25.6, 29.5, 31.3 y 39.2 km / h.

En el camino con las velocidades más altas (donde los ciclistas habían salido de una pendiente), el 6% de los ciclistas se registraron viajando entre 40 y 50 km / h, pero era muy raro que los ciclistas en otros caminos alcanzaran esa velocidad. A continuación se muestra una tabla con los resultados obtenidos:

Tabla 2.1 Velocidades Ciclistas en caminos compartidos en Brisbane

Velocidad [km/h]	Pasarela Toowong		Puente Goodwill		Ciclovía Normanby		Parque Mowbray	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
10-20	212	0.6	54410	50.40	9876	29.35	1545	6.83
20-30	3271	9.7	50331	46.62	21135	62.81	15923	70.37
30-40	28467	84.02	3205	2.97	2630	7.82	5153	22.77
40-50	1928	5.7	5	0	6	0	6	0
50-60	0	0	2	0	2	0	0	0

Fuente: Adaptado de Rees, 2011

Así mismo otro estudio evaluó la velocidad de ciclistas en diferentes tipos de infraestructura en la región de Sydney, para ello se emplearon ciclistas voluntarios equipados con dispositivos GPS (Grzebieta et al, 2011). Dicho estudio encontró poca variación en la velocidad entre diferentes entornos de conducción.

Las velocidades promedio para diferentes infraestructuras fueron: sendero (21 km / h); carril para bicicletas (23 km / h); ciclopista en un parque (19 km / h); carreteras con un límite de velocidad de 50 a 70 km / h (26 km / h); y carreteras con una velocidad igual o inferior a 50 km / h (21 km / h) (Victoria Walks, 2015).



Imagen 2.1 Reductores de velocidad ciclista

Fuente: Clarin

A pesar de no tratarse de velocidades muy altas en ocasiones se deben mantener controladas en algunos andadores compartidos o bien en ciertas zonas de estos para evitar accidentes, en especial con los peatones.

Controlar la velocidad ciclista es algo complicado ya que algunas opciones físicas como topes o reductores de velocidad pueden representar un riesgo para los ciclistas, e incluso ocasionar más accidentes de los que eliminan al reducir la velocidad, se puede optar por señalización que es de bajo costo, por otra parte se debe educar los ciclistas para respetar a los peatones y tener cuidado de reducir su velocidad en presencia de ellos.

### **2.1.2. Percepción de peatones**

Existen posibilidades de lesiones en caminos compartidos, principalmente para los peatones, ya que la diferencia en la energía cinética entre un peatón y un ciclista es similar a la diferencia entre un ciclista y un ciclista coche que viaja a 50 km / h (CDM Research 2012; Grzebieta et al 2011).

Un estudio realizado en Japón a finales de los 90 buscó conocer la percepción de riesgo que tienen los ciclistas y peatones que transitan por andadores compartidos, para esto se realizaron observaciones en la ciudad de Kyusyu, Fukuoka en un fin de semana (sábado y domingo).

El lugar de estudio tenía una longitud de 20 metros y consistía en un camino compartido de aproximadamente 6,3 metros de ancho, sin embargo, el ancho efectivo era solo de 3.5 metros, ya que había muchas bicicletas estacionadas ilegalmente en la banqueta. Se registraron alrededor de 800 incidentes entre ciclistas y peatones identificados durante la grabación (Kiyota et al,2000).

Se realizaron encuestas de la percepción de riesgo que tenían desde el punto de vista de los peatones al mostrarles diversas escenas de las grabadas en Fukuoka. En total se mostraron 38 escenas de las cuales se entrevistaron 2 veces a cada persona por cada escena.

La muestra de la encuesta consistió en 35 jóvenes estudiantes de la Universidad Saga (edad típica entre 20 y 22 años), 38 niños de escuela primaria (edad entre 9 y 10 años) y 83 personas mayores (generalmente mayores de 65 años).

El riesgo percibido se clasificó en una escala de 1 a 3, donde 1, 2 y 3 representaban no riesgoso, poco riesgoso y riesgoso, respectivamente. A continuación se muestran gráficamente los resultados obtenidos:

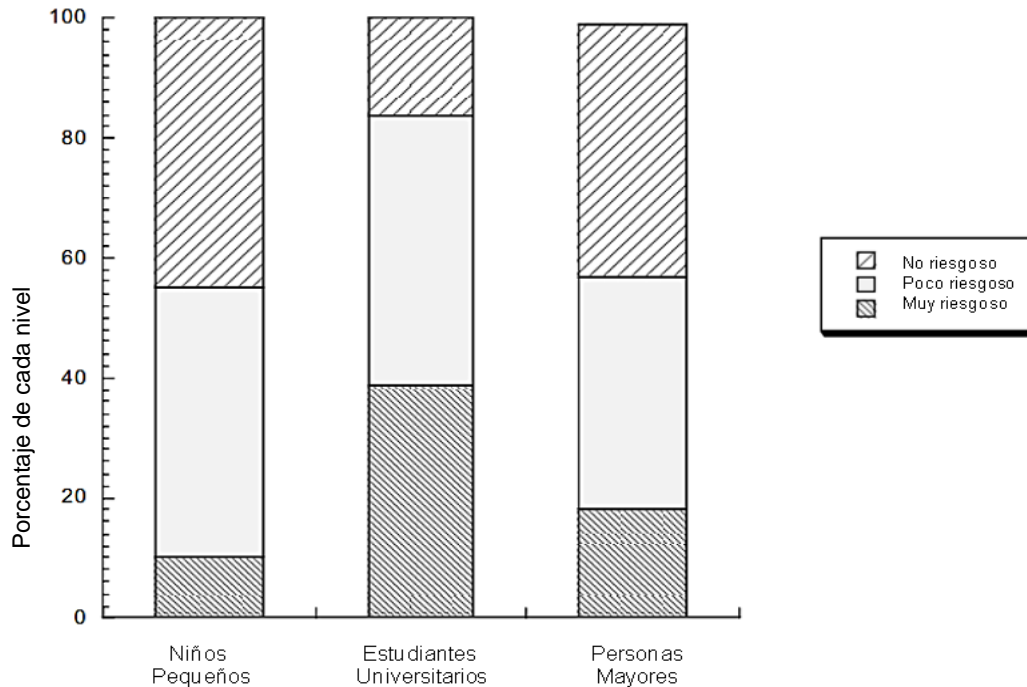


Figura 2.3 Niveles de riesgo percibidos por peatones

Fuente: Kiyota et al, 2000

En general con los resultados obtenidos se puede observar que los ancianos y los niños pequeños sienten un mayor nivel de riesgo que los estudiantes universitarios al usar un camino compartido con ciclistas.

Al ser los niños los que mostraron una mayor sensibilidad del riesgo que representaba compartir el espacio, se les prestó una mayor atención y se les encuestó acerca de los niveles de riesgo que representaba un ciclista de acuerdo con la velocidad a la que iba y se obtuvieron los siguientes resultados:

- El nivel de riesgo disminuye a mayor velocidad de la bicicleta.
- A menor velocidad se percibe un mayor nivel del riesgo.

Esto se explica ya que al haber una mayor de peatones en la vía los ciclistas tienden a reducir su velocidad y se tiene un menor espacio para moverse por lo que pueden ocurrir accidentes, mientras que si hay pocos peatones la bicicleta suele ir a mayor velocidad.

También se les cuestionó acerca del espacio, es decir la distancia a la que se sentían seguros y se encontró lo siguiente:

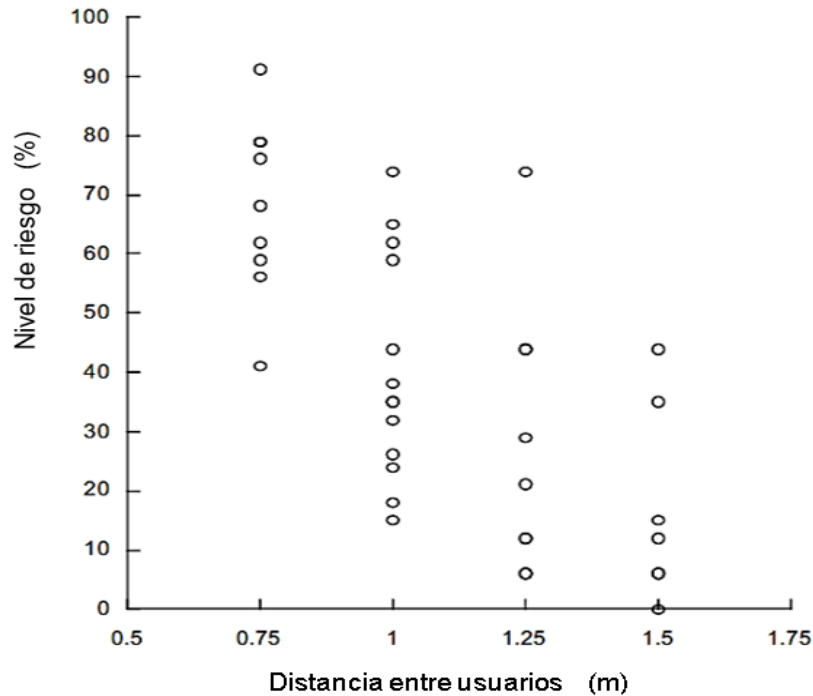


Figura 2.4 Nivel de riesgo percibido en relación al espacio entre usuarios  
Fuente: Kiyota et al, 2000

El nivel de riesgo tiende a disminuir con el aumento en el espacio con las bicicletas. Cuando la distancia (entre cráneo y cráneo) es inferior a 75 centímetros, el riesgo percibido es alto. Por otra parte el nivel de peligro es relativamente bajo cuando el espaciado observado es mayor de 150 centímetros.

Por otra parte en el estado de Victoria, Australia se realizó una encuesta a 600 ciudadanos en la que se encontró que el 66% prefiere estar en una ruta segregada y en otra realizada a 1128 ciudadanos de 60 años el 39% considera que los ciclistas dificultan su andar y sugieren que si mejora el comportamiento ciclista y transitan a una menor velocidad harían que se sintieran más seguros (Garrard, 2013)

Otra encuesta hecha en la misma ciudad con 607 participantes con discapacidad visual arrojó que un 8% había estado involucrado en una colisión, 20% había estado cerca de una colisión como peatón y el 24% de estos accidentes fueron con ciclistas (Oxley et al, 2012)

### 2.1.3. Percepción de ciclistas

Como se explicó anteriormente la presencia de peatones provoca que los ciclistas disminuyan su velocidad, a mayor densidad peatonal menor velocidad. En el estudio hecho en Japón se hicieron observaciones de estas reducciones y se calculó un estimado de la velocidad con ayuda del tiempo marcado en las grabaciones, los resultados fueron los siguientes:

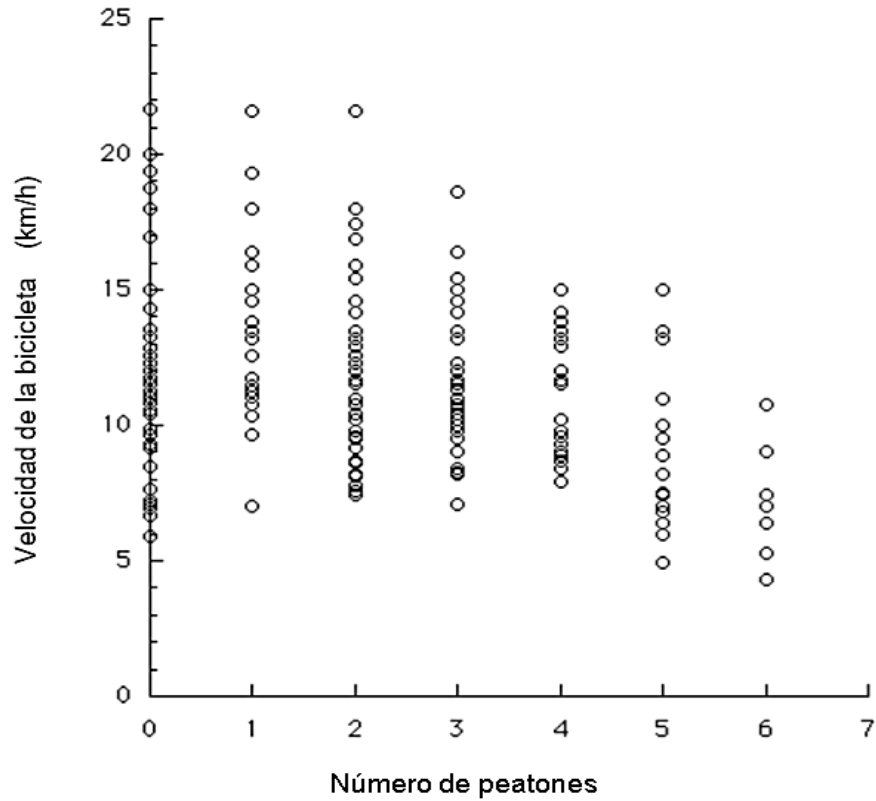


Figura 2.5 Relación entre la velocidad y el número de peatones  
Fuente: Kiyota et al, 2000

Los resultados de este estudio demuestran que la presencia de peatones en el camino significa una reducción del rendimiento de los ciclistas ya que se ven obligados a bajar la velocidad, por lo que la presencia de peatones no es algo deseado desde su punto de vista.

Por otra parte en una investigación financiada por VicRoads en el 2012, se realizaron 502 entrevistas a 502 ciclistas de 14 sitios en el interior de Melbourne, Australia, entre los meses de mayo y julio, y durante el periodo de mayor afluencia de usuarios en la mañana, de 7:00 a 9:00 am. Dentro de estas entrevistas se encontró que los 227 ciclistas entrevistados en caminos compartidos tenían diversas razones para utilizarlos, cuyos resultados se presentaron a modo de gráfica:

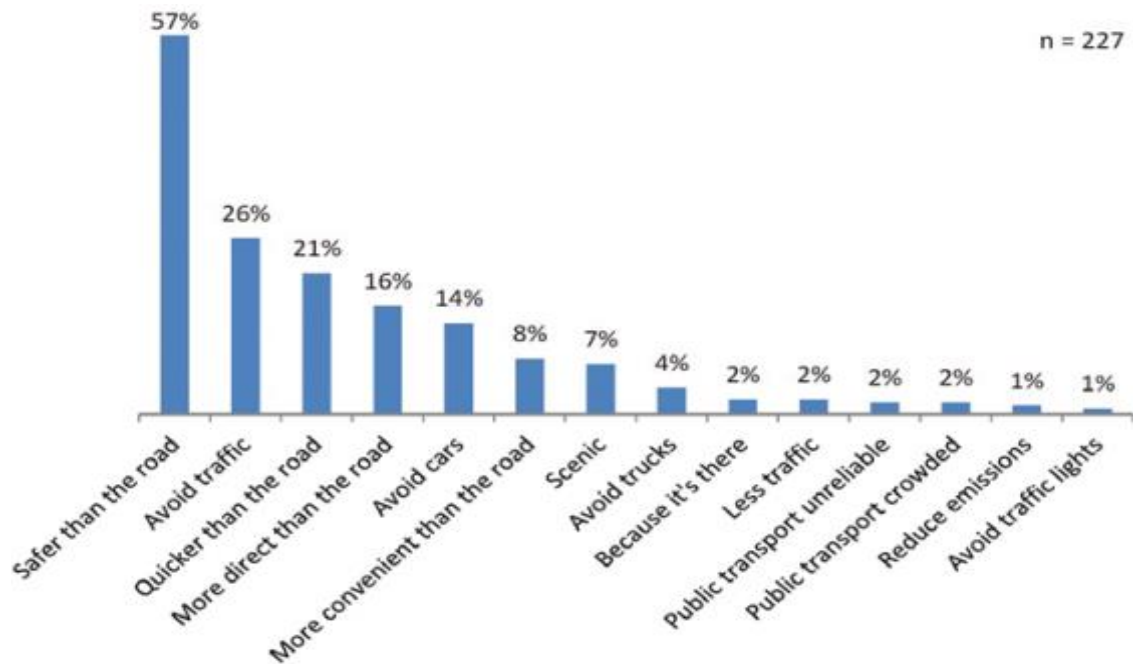


Figura 2.6 Motivos de ciclistas para usar caminos compartidos con peatones  
Fuente: Victoria Walks, 2015

## 2.2. Experiencia internacional

Como tal en nuestro país no se cuenta con una normativa a nivel nacional en cuanto a diseños de vialidades compartidas por peatones y ciclistas, la mayoría de las recomendaciones se enfocan en el diseño de vialidades ciclistas dentro del arroyo vehicular (compartida con automóviles), pero si existen manuales con algunas sugerencias acerca de estas. Por otra parte es importante tomar en cuenta las recomendaciones empleadas en otros países para tener un panorama más amplio en cuanto a las soluciones que pueden mejorar una vialidad de este tipo, ya que entre más propuestas se tengan al momento de diseñar una vialidad es más fácil visualizar los pros y contra de cada una de ellas y así definir la que mejor se adapte a un caso específico.

### 2.2.1. Recomendaciones de diseño

Las especificaciones para el diseño y construcción de caminos compartidos varían de región en región, mientras que en algunos lugares solo dan un ancho recomendado otros toman en cuenta el flujo de usuarios para determinar primero si el camino debe delimitarse o compartirse entre usuarios y luego dar un ancho.

Por ejemplo se sabe que los países con los estándares más rigurosos son los Países Bajos y Noruega, ya que los anchos recomendados son mayores que en cualquier otra parte y se tiene una preferencia por los camino con espacios separados, por otra parte en muchas zonas de Europa se basan en evidencia empírica (Victoria Walks, 2015).

### 2.2.1.1. Tipo de camino

Algunas de las recomendaciones para elegir el tipo de camino en Australia son en su mayoría propuestas por Austroads, dentro de las cuales se cuenta con un diagrama que mediante algunas preguntas puede ayudar a tener una idea previa del mejor tipo de vialidad a implementar en alguna zona:

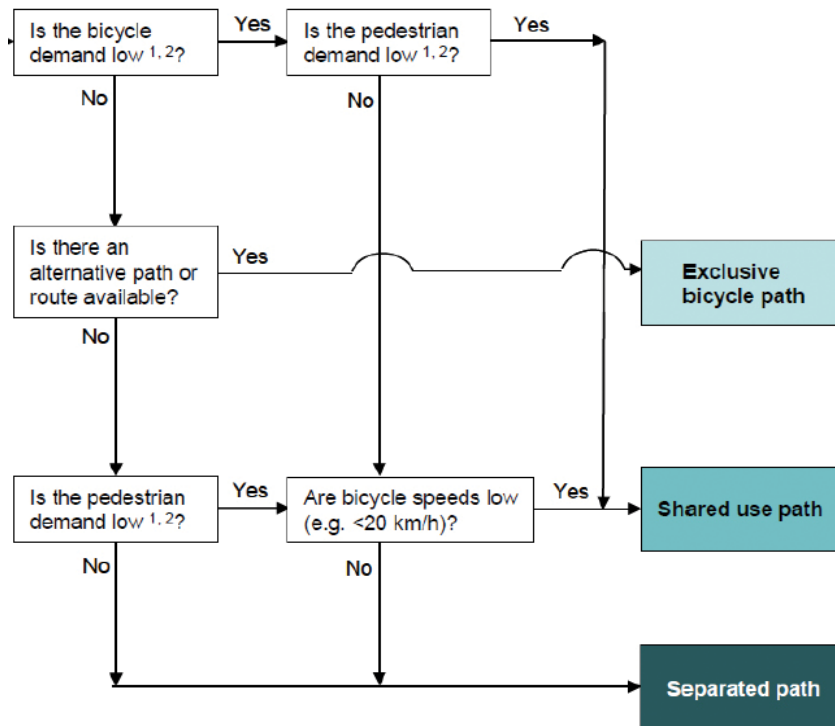


Figura 2.7 Guía simplificada para elegir un tipo de camino compartido  
Fuente:Austroads, 2009

Por otra parte de acuerdo con la guía de transporte del gobierno de Queensland, para elegir un tipo de camino es preciso considerar 3 aspectos importantes:

1. El número potencial de usuarios: Se debe tener un estimado de la cantidad de usuarios (peatones y ciclistas) que puede utilizar la vialidad, esta manera es posible tener una idea de las dimensiones requeridas y si es posible compartir o no la vialidad, pues a mayor número de usuarios pueden registrarse mayor ocurrencia de conflictos en el camino.
2. Atractores peatonales: Si el sitio donde se planea implementar la vialidad es más atractivo para los peatones es muy probable que se tengan mayor cantidad de estos usuarios, por lo que sería necesario que estos tengan un camino delimitado y separado.



3. Atractores ciclistas: Como en el caso anterior al tener un mayor de usuarios ciclistas es necesario separar la vialidad y que el área designada para los ciclistas cuente con el espacio y condiciones necesarias para su tránsito.

Mientras que en países con niveles altos de ciclismo como Dinamarca y Países Bajos a menudo se diseña de manera que ciclistas y peatones estén completamente separados y se busca que los ciclistas tengan su propia red de rutas. Las recomendaciones holandesas se basan en investigación empírica y sugieren que para elegir entre un camino delimitado o compartido se debe tomar en cuenta el volumen de usuarios de la siguiente manera:

Tabla 2.2 Recomendación de diseño holandesa

Peatones por hora por cada metro de ancho de la vialidad	Diseño de camino recomendado
<100	Completamente compartido
100 – 160	Solo con separación visual
160 – 200	Separación visual y de nivel
>200	No es posible compartir

Fuente: Adaptado de CROW, 2007

### 2.2.1.2. Señalización

En cuanto a señalización las recomendaciones de Países Bajos indican:

- Cuando se tiene separación visual se debe procurar que la ruta sea continua, fácil de reconocer y tienen que colocar flechas de dirección y líneas de separación en caso de haber dos sentidos y/o más de un carril.
- Si se trata de separación de nivel, esta debe ser suave para evitar que usuarios tropiecen con ella, aunque la ruta también puede ser subrayada con los muebles de la calle o por el uso de vegetación.



Imagen 2.2 Señalización de un camino compartido

Fuente: Victoria Walks

En Irlanda, The National Transport Authority advierte no usar líneas blancas pintadas en el camino para delimitar el espacio de ciclistas y peatones, en este sentido aplican el principio de “Arriba es igual a Seguro” (Up equals safe) (NTA, 2011), lo cual implica separar por medio de un cambio de nivel, ya que también sirve de guía para usuarios con discapacidad visual.

### 2.2.1.3. Dimensiones

En el Manual de lineamientos y estándares para vías peatonales y ciclistas de Guadalajara se recomienda un ancho mínimo de 3.0 m para un andador peatonal y ciclista compartido, aunque también depende del uso previsto, se prefiere un ancho mínimo de 3.7 m si se pronostica que circularan más de 300 usuarios en las horas pico, como tal no hacen recomendaciones acerca de caminos delimitados pero si se menciona que las dimensiones mínimas para infraestructura peatonal deben ser de 1.2 m y se recomiendan 2.5 m para ciclistas y un mínimo de 1.4 m.

Mientras que en la guía empleada en Países Bajos se aconseja un ancho de 4 m o más de ser posible para caminos compartidos, aunque para ellos es preferible contar con una vialidad exclusiva y separada para ciclistas ya que son los principales vehículos empleados y por lo tanto se tiende a dar una preferencia a estos usuarios en cuyos casos se recomienda un ancho mínimo de entre 2 y 4 metros de vía ciclista y a los peatones se les debe dotar del espacio suficiente para que no tengan necesidad de abandonar el espacio designado para ellos, dependiendo el volumen de usuarios que transiten por ella (Victoria Walks, 2015).

Y en Inglaterra se tienen las siguientes recomendaciones para caminos parcialmente separados:

Tabla 2.3 Ancho recomendado para caminos compartidos y parcialmente separados

Flujo	Ancho de caminos parcialmente separados	Compartido
Muy bajo/Bajo	3.0 m (Ciclopista 1.2m-1.5m*)	2.2 m
Medio/Alto	4.5 m (Ciclopista 2.5m-2.8m*)	3.0 m
Alto/Muy alto	5.9 m (Ciclopista 2.5m-3.5m*)	4.5 m

\*Los rangos toman en cuenta la variación en el flujo de peatones en la hora pico. Pero en zonas con flujos altos o muy altos puede requerirse un ancho mayor.

Fuente: Adaptado de Transport for London, 2014.

Dentro de estas mismas recomendaciones se tienen consideraciones especiales para las vialidades en Queen’s Walk y sus conexiones con los parques reales en Londres, el cual se refiere a un paseo ubicado en la orilla sur del río Támesis entre el Puente Lambeth y el Puente de la Torre.

Para caminos compartidos se requiere un ancho mínimo de 3 m y 4 m para caminos delimitados, los cuales son separados por usuario y a cada uno les corresponden 2 metros. Dado que la ruta está limitada por una cerca a cada lado, se requieren zonas de amortiguación de 25 cm para

garantizar que el ancho efectivo de las rutas peatonales y ciclistas sea suficiente, porque los usuarios suelen dejar un espacio entre ellos y las extensiones físicas en cada lado de la ruta.



Figura 2.8 Ancho mínimo para los caminos compartidos de Queen's Walk  
Fuente: Atkins, 2016

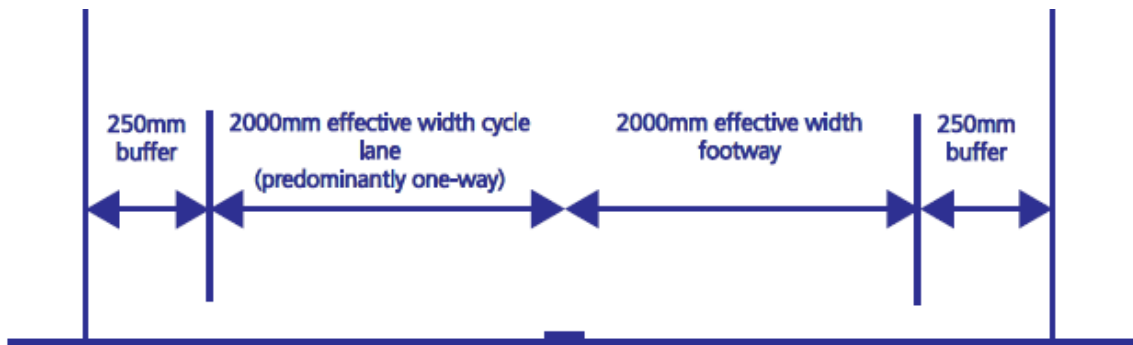


Figura 2.9 Ancho mínimo para los caminos delimitados de Queen's Walk  
Fuente: Atkins, 2016

Fowler, Lloyd y Munro, en marzo del 2010, durante la Conferencia del Grupo de Transporte de la Institución de Ingenieros Profesionales de Nueva Zelanda (IPENZ por sus siglas en inglés), celebrada en Christchurch, presentaron una gráfica que relaciona el ancho de las vialidades con el nivel de servicio, así a mayor flujo de usuarios un mayor ancho es necesario y también presenta límites para el tipo de camino a elegir (compartido o delimitado).

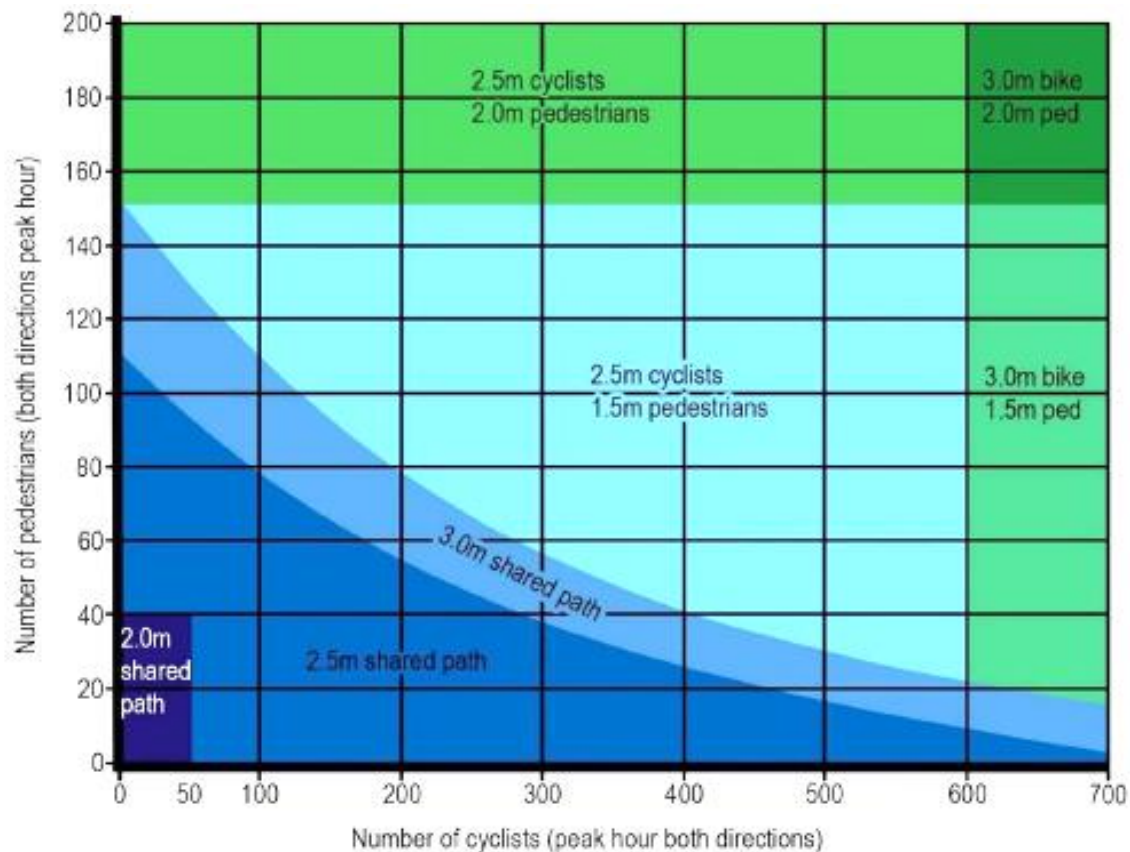


Figura 2.10 Ancho mínimo en función de la cantidad de usuarios.

Fuente: Fowler et al, 2010

La mayoría de las ciudades de Australia se guían por las recomendaciones de Austroads quienes de manera general toman en consideración el tipo de camino para las dimensiones de vialidades compartidas:

Tabla 2.4 Ancho recomendado en función del tipo de camino.

	Path width (m)		
	Local access path	Commuter path	Recreational path
Desirable	2.5	3	3.5
Acceptable range	2.0 - 2.5	2.0 - 3.5	3.0 - 4.0

Fuente:Austroads, 2009

Sin embargo también se cuenta con estudios para el dimensionamiento en diferentes estados y ciudades, como es el caso de Queensland y Victoria quienes cuentan con sus propias publicaciones (Queensland Transport y Victoria Walks) e investigaciones acerca de la planeación e implementación de la infraestructura ciclista, estas tienen un gráfico similar al presentado por Fowler, Lloyd y Munro en el 2010, ambos gráficos tienen la misma función de su predecesor al ayudar a elegir las dimensiones de la vialidad de acuerdo con el flujo de usuarios

que transitan por ella, pero tienen diferencias ya que el de Victoria toma en cuenta una mayor cantidad de ciclistas que el anterior mientras que el de Queensland es el que abarca una mayor cantidad tanto para ciclistas como para peatones, por lo que se podría considerar como el más completo.

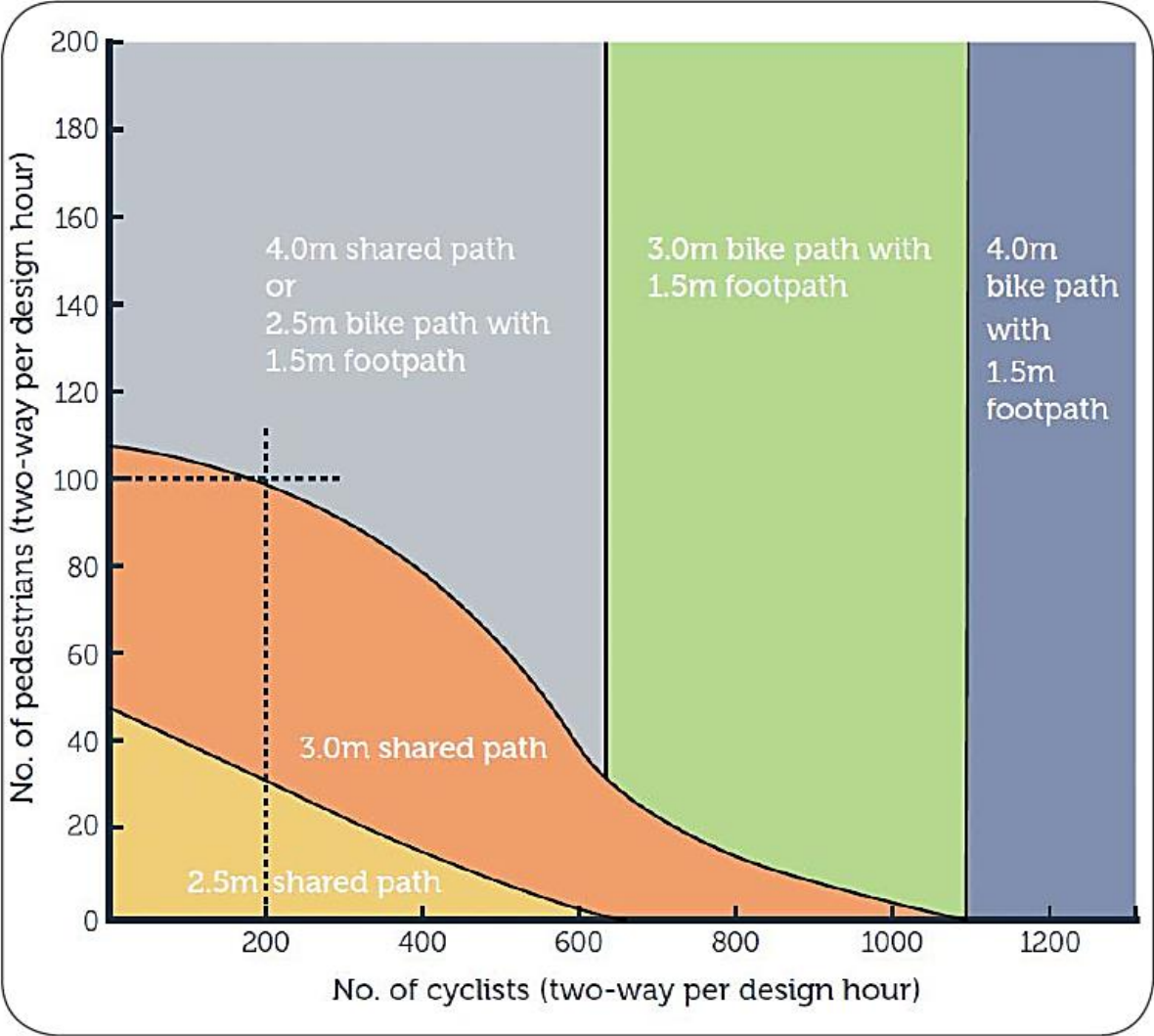


Figura 2.11 Grafico empleado en Victoria, Australia para el diseño de caminos compartidos  
 Fuente: VicRoads, 2013

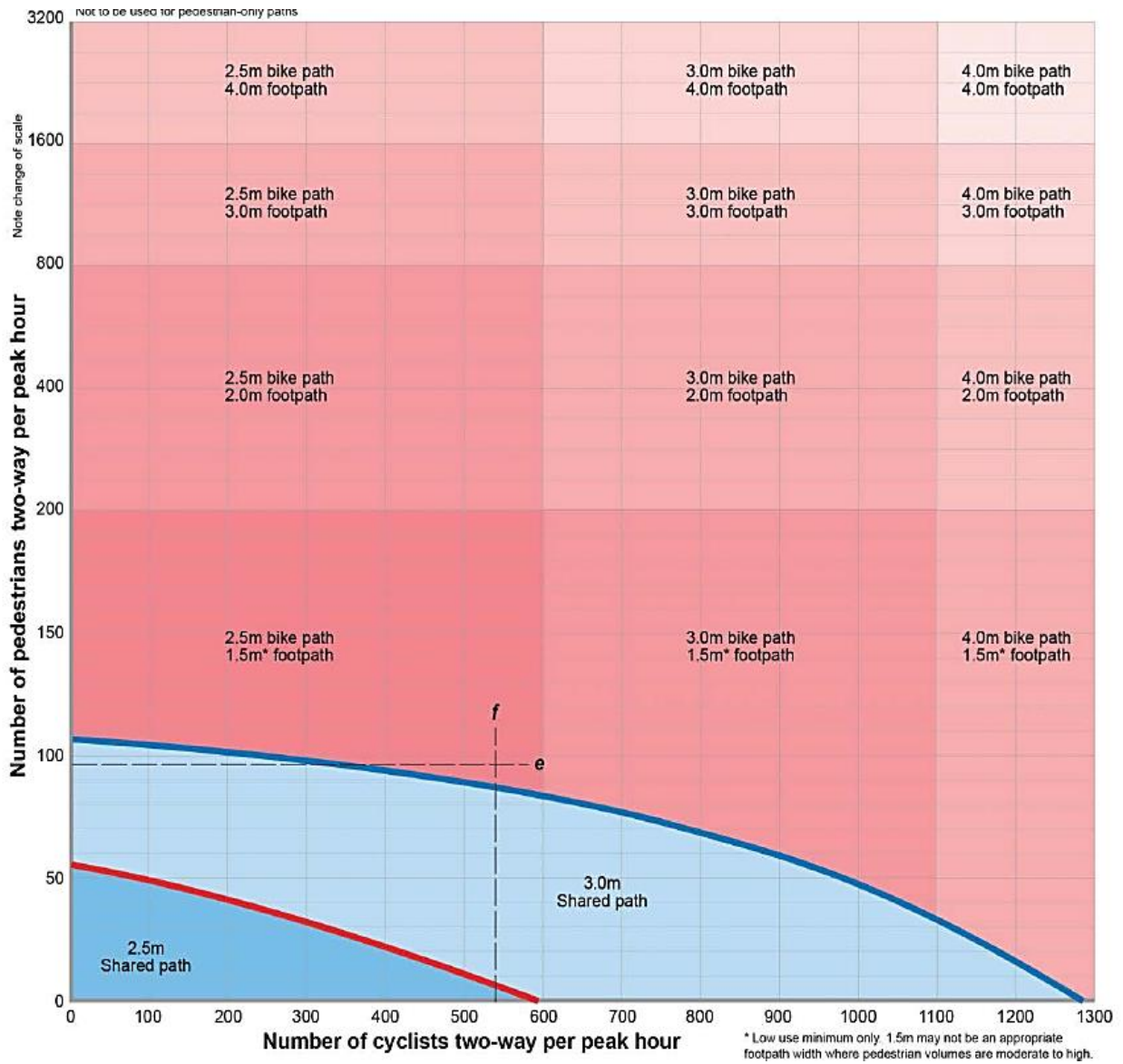


Figura 2.12 Grafico empleado en Queensland, Australia para el diseño de caminos compartidos  
 Fuente: Queensland DTMR, 2014

Analizando cada una de las propuestas es claro que para muchos países el flujo de usuarios influye mucho en el diseño del ancho de la vialidad. A continuación se presenta una tabla comparativa de las dimensiones mínimas recomendadas por los países anteriormente mencionados:

Tabla 2.5 Anchos mínimos recomendados para caminos en diferentes países y ciudades

País	Ancho mínimo en caminos compartidos (m)	Ancho mínimo en caminos delimitados (m)
Australia	2.5 – 3.0	
Australia (Queensland)	2.5 – 3.0	2.5 – 4.0 ciclistas 1.5 – 4.0 peatones
Australia (Victoria)	2.5 – 3.0	2.5 – 4.0 ciclistas 1.5 peatones
Inglaterra	2.2 – 4.5	1.2 – 2.5 ciclistas 1.8 – 3.4 peatones
Inglaterra (Queen's Walk)	3.0 +0.5 de amortiguamiento	2.0 ciclistas 2.0 peatones +0.5 de amortiguamiento
México	3.0 – 3.7	1.4 – 2.5 ciclistas 1.2 peatones
Nueva Zelanda	2.0 – 3.0	2.5 – 3.0 ciclistas 1.5 – 2.0 peatones
Países Bajos	4.0	2.0 – 4.0 ciclistas

Comparando los valores de cada país se puede observar una tendencia en los caminos delimitados a favorecer al ciclista con una mayor superficie y también que las dimensiones menores pertenecen a México.



### **3. HISTORIA DE BICIPUMA**

Para entender algunas de las características que presenta el caso de estudio es necesario conocer antecedentes importantes como lo es el sistema Bicipuma que opera dentro de Ciudad Universitaria, así mismo los precedentes de sistemas de bicicletas públicas que sirvieron como base para los sistemas empleados en México.

#### **3.1. Sistemas de bicicletas públicas**

En general los sistemas de bicicletas públicas permiten al usuario tomar en préstamo una bicicleta y devolverla en un punto distinto para que pueda ser utilizada por otro usuario.

Estos sistemas se implantaron por primera vez en Holanda en la década de 1960, y hasta finales de los años 90 experimentaron un periodo de desarrollo en el que toman la forma en que son conocidos actualmente, aunque en esa época muy pocas ciudades europeas los empleaban, con la entrada del siglo XXI comenzaron a volverse populares y el número se incrementó rápidamente (PROBICI, 2010).

Los sistemas ofrecen grandes ventajas como el hecho de que no se debe poner en riesgo el propio vehículo, además de fomentar el uso cotidiano de la bicicleta, por otra parte al aumentar el número de ciclistas en la ciudad provoca que otros usuarios (conductores y peatones) se vayan habituando a compartir la vía pública y reduce la inseguridad de otros ciclistas.

Para tener mayores beneficios los sistemas de bicicleta pública deben ser planeados de acuerdo con el modelo que mejor se ajuste las características de la zona en la que se desean implementar, de lo contrario pueden ocurrir problemas como que la demanda sea baja ya que la población es muy pequeña o bien, que muchas personas tengan su propio vehículo, lo que ocasionaría una muy baja rentabilidad.

En la ciudad española Burgos, se cuenta con el sistema BiciBur, mismo que fue implementado en el año 2006 por parte del ayuntamiento de Burgos. Algunas de las acciones que favorecieron el uso de la bicicleta en la ciudad fueron el control de acceso de vehículos motorizados en el centro histórico y el incremento de vías ciclistas en 23 km.

BiciBur opera las 24 horas del día durante todo el año, su costo es de 15 euros al año y las bicicletas tienen un tiempo de préstamo máximo de 2 horas. El sistema cuenta con 23 estaciones automáticas de préstamo ubicadas en diversos puntos de la ciudad, mismas que se controlan con un software de gestión general.

Pueden hacer uso del sistema cualquier persona mayor de 18 años o menores de 16 en adelante con la autorización de sus tutores. Los usuarios se pueden dar de alta online en la página de BiciBur o en la Oficina de Movilidad y se accede al préstamo por medio de un usuario o tarjeta.



En México el sistema más conocido es EcoBici que opera en la Ciudad de México, el cual fue implementado desde febrero de 2010; cuenta con 480 cicloestaciones, tiene una flota de 6,800 bicicletas y la extensión del sistema es de 38 km<sup>2</sup>.



Imagen 3.1 Bicicleta del sistema EcoBici  
Fuente: EcoBici

Al igual que BiciBur permite el registro vía online y su costo es de \$439.00 pesos mexicanos al año, pero también permite pagos para planes temporales desde 1 día. En este caso el tiempo máximo de préstamo de la bicicleta es de 45 minutos y excedido este tiempo se aplica una penalización monetaria.

El horario de servicio es de 5:00 a 0:30 horas de lunes a domingo y para hacer uso de las bicicletas se usa la tarjeta o se ingresa el código de acceso y PIN.

### **3.2. Sistema Bicipuma en Ciudad Universitaria**

En el año de 1995 la Dirección General de Obras de la UNAM construyó una ciclopista en el llamado Camino Verde y para el 2005 la Dirección General de Atención a la Comunidad Universitaria implementó un proyecto piloto llamado “Pumas sobre ruedas” para uso de los estudiantes, cuyo recorrido era desde la Facultad de Medicina al estacionamiento remoto del estadio Olímpico Universitario.

Dicho proyecto fue antecedente a lo que hoy conocemos como Bicipuma, cuyo crecimiento se explica a continuación. Aún el 2005 debido al gran éxito del proyecto piloto se implementaron 2,5 km de ciclovías segregadas en la zona central del campus con 208 bicicletas, y para el 2007 se amplió el sistema hasta el Metro C.U., incrementado su capacidad a 2039 bicicleta. Hasta el año 2010 se incrementó la cobertura de la ciclovía hacia la facultad de Ciencias Políticas y Sociales y la capacidad con a 1911 bicicletas (Cal y Mayor, 2009; DGACU Bicipuma, 2012, DGPL 2012).



Figura 3.1 Ciclopista en Ciudad Univeristaria  
 Fuente: Sociedad Mexicana de Cristalografía UNAM

Bicipuma es un sistema que facilita el préstamo de bicicletas a los estudiantes de la UNAM dentro de Ciudad Universitaria, no tiene costo alguno y se accede por medio de la credencial de estudiante. Además cuenta con 14 módulos de préstamo y los horarios del sistema son de 6:30 a 16:40 horas de lunes a viernes en los periodos semestrales de clases. Dentro del módulo Bicicentro en la planta alta se tienen Colocadas imágenes con los lineamientos a seguir y algunas de las responsabilidades que deben seguir los usuarios del sistema Bicipuma.



Imagen 3.2 Lineamientos del sistema Bicipuma de la UNAM  
 Fuente: Bicipuma

En caso de incumplir los lineamientos establecidos por Bicipuma, se sanciona a los usuarios con la negación del servicio en un periodo de entre 5 y 15 días dependiendo la gravedad de la falta y en el caso de incidencia se les suspende el servicio de manera indefinida hasta que se discuta su caso en las oficinas que se encuentran en la planta baja del Bicicentro.

## 4. CARACTERIZACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Con la expansión de la ciclopista en Ciudad Universitaria, el tramo que se localiza frente al edificio A de la Facultad de Ingeniería invadió un camino peatonal, mismo que se encuentra en medio de dos zonas de estacionamiento, y al no haber otra opción ahora ese camino se comparte entre peatones y ciclistas.

### 4.1. Área de estudio

El camino en estudio es aquel que se encuentra entre el estacionamiento para trabajadores, ubicado frente al edificio A de la Facultad de Ingeniería de Ciudad Universitaria. Es precisamente a lo largo de estos cajones de estacionamiento que la vialidad es compartida por peatones y ciclistas.



Figura 4.1 Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Google Maps

Otro punto a considerar es que a un costado de la Facultad de Ingeniería se encuentra un centro de préstamo de bicicletas, y este se vuelve en un lugar atractor de viajes ya que los estudiantes deben dejar sus bicicletas en las estaciones más cercanas a sus destinos.



Imagen 4.1 Estación de préstamo de bicicletas  
Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Usuarios

En su mayoría tanto peatones como ciclistas son estudiantes de la UNAM pero también pasan por el lugar trabajadores de las distintas facultades y personas externas a la universidad. El rango de edad así como el % de personas de cada sexo son variables debido a que no solo estudiantes pasan por ahí.

## 4.3. Vehículo

El vehículo en diseño se trata de las bicicletas que son prestadas a estudiantes por el programa Bicipuma ya que, aunque por el camino pasan bicicletas de visitantes de Ciudad Universitaria y también vehículos motorizados como motocicletas, son las bicicletas prestadas a estudiantes las que más transitan por la zona de estudio.



Imagen 4.2 Bicicletas del programa Bicipuma  
Fuente: Elaboración propia

Hoy en día se tienen distintos modelos de bicicletas pero el más reciente que se empezó a utilizar en el programa fue el desarrollado por la Facultad de Arquitectura, como parte de un proyecto



de tesis de licenciatura llevado a cabo por los alumnos David Torres Solano y Diego Contreras Luna del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial, quienes fueron apoyados por su asesor Roberto Gonzales Torres.

Se trata de un diseño ergonómico y que se adapte mejor a las condiciones del circuito ciclista de Ciudad Universitaria, cuyas características son las siguientes:

FICHA TÉCNICA BICICLETA UNAM		
 <b>Material:</b> Acero al carbón galvanizado	 <b>LLantas:</b> 26 x 2.35 pulg.	 <b>Altura mínima de asiento respecto al suelo:</b> 860mm
 <b>Acabados:</b> Pintura electrostática	 <b>Pedales:</b> Aluminio	 <b>Distancia entre ejes:</b> 1052 mm
 <b>Transmisión:</b> Cadena 1 velocidad 48 x 22 dientes	 <b>Rines:</b> Aluminio	 <b>Distancia de caja de centro al suelo:</b> 290 mm
 <b>Rodada:</b> R26	 <b>Medidas y Peso</b> <b>Peso total:</b> 16 kg	 <b>Altura del centro del manubrio al piso:</b> 1030mm
 <b>Componentes:</b> <b>Frenos:</b> B-brake Aluminio	 <b>Largo, ancho y alto:</b> 1725mm X 700mm X 1015mm	

Imagen 4.3 Ficha Técnica de la Bicicleta  
Fuente: FA, UNAM. Repentina, Marzo 2016



Imagen 4.4 Bicicleta diseñada por alumnos de la FA, UNAM  
Fuente: FA, UNAM. Repentina, Marzo 2016

#### 4.4. Vialidad

Podemos clasificar a la vialidad como local, puesto que sirve como un acceso para llegar a la facultad. La situación del pavimento es regular puesto que hay zonas con pequeñas grietas a lo largo del tramo, en cuanto la señalización al inicio del tramo estudiado se encuentra una señal en relieve que también está pintada, al no ser tan pronunciada no representa un peligro grave para los usuarios, pero el letrero de señalamiento se encuentra rayado.

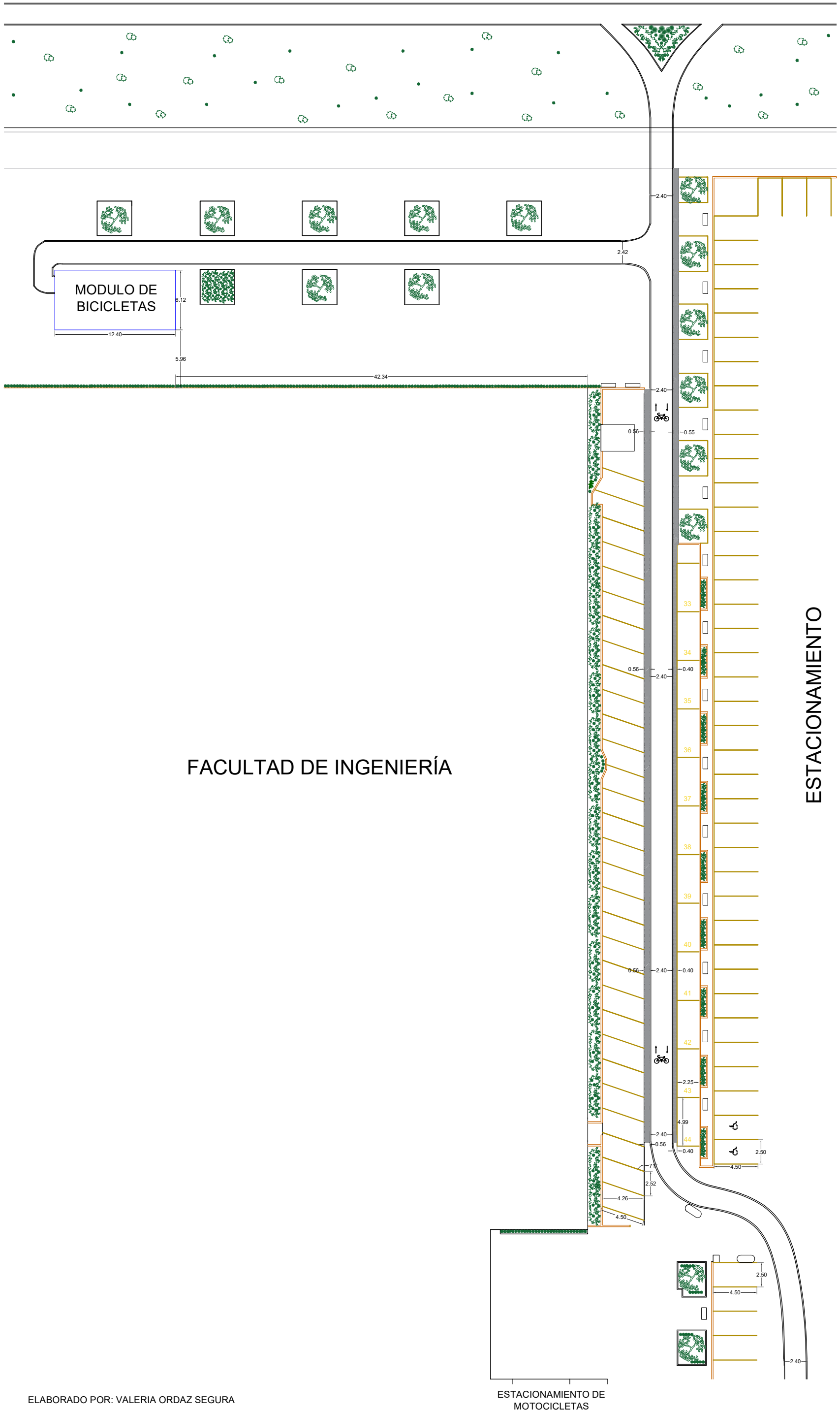


Imagen 4.5 Señal en relieve en la ciclista y señalamiento rayado.

Fuente: Elaboración propia

Para saber las dimensiones de la vialidad y otros elementos importantes para su estudio se realizaron mediciones en la zona de conflicto y con ellas se elaboró un plano que se presenta a continuación:

# SITUACIÓN ORIGINAL



ELABORADO POR: VALERIA ORDAZ SEGURA

ESTACIONAMIENTO DE MOTOCICLETAS



## 4.5. Estudios

Para tener más parámetros que ayuden a resaltar el problema que se presenta en el tramo de la ciclista fue necesario realizar algunos estudios, estos consistieron en grabaciones simultaneas de la vialidad y la realización de un modelo de asignación de transito ciclista, los cuales se presentan a continuación.

### 4.5.1. Grabaciones

Para obtener evidencia de los conflictos y la cantidad de usuarios que pasan en una hora por el tramo estudiado, se hicieron 2 grabaciones simultaneas desde los extremos de la zona de estudio mirando ambas cámaras hacia el centro de dicha zona y para tener una mayor visión se colocaron en soportes de metal de aproximadamente 3 metros de altura.



Imagen 4.6 Soporte y cámara el día de la grabación

Fuente: Elaboración propia

Las grabaciones se hicieron el día miércoles 24 de octubre del 2018, en un horario de 11:00 a 12:00, este horario fue escogido ya que entre otras cosas se observa que las horas en las que se registra mayor número de conflictos es cuando ocurre el cambio de clases, ya que algunos alumnos de la facultad salen de clases o bien, apenas comienzan su horario, y un día a la mitad de semana porque los días lunes o viernes pueden tener más variaciones en cuanto a la cantidad de alumnos que asisten a clases por lo que es representativo de los conflictos que se presentan a lo largo del día entre peatones y ciclistas.

#### 4.5.1.1. Volumen de usuarios

Una vez realizadas las grabaciones se procedió a realizar un conteo de los usuarios que pasaban durante el horario antes mencionado, ya que el volumen de usuarios es un importante criterio para el diseño de la vialidad. Para tener un mayor orden se clasificaron los 6 principales movimientos por los cuales se trasladaban los usuarios:

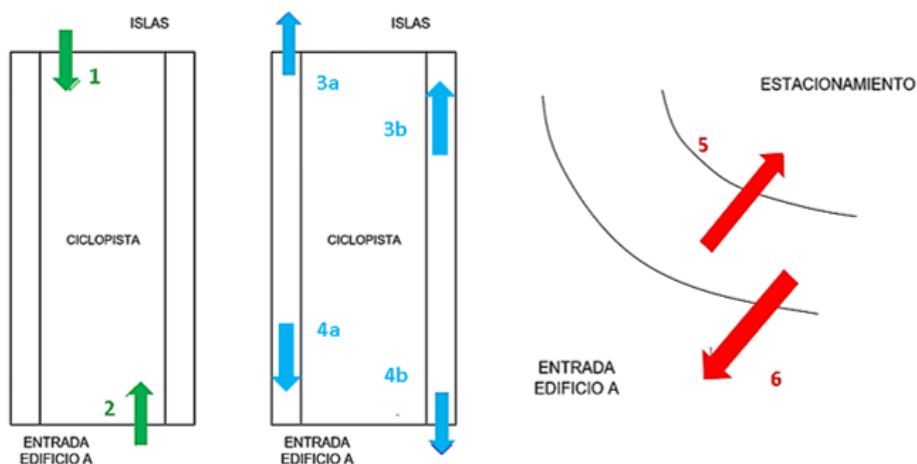


Figura 4.2 Movimientos de los usuarios en la vialidad

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los movimientos 5 y 6 además se contabilizaron las motocicletas ya que por ahí pasan algunos de ellos para dejar su vehículo en el estacionamiento para bicicletas y motocicletas que se encuentra localizado a lado de la entrada de la Facultad de Ingeniería del edificio A. Si bien los usuarios correspondientes a los movimientos 5 y 6 no se encuentran directamente ligados a la zona de conflicto si es necesario considerarlos puesto que como se mencionó anteriormente, cruzan la ciclopista y esto de alguna manera representa un obstáculo para los ciclistas.

Se elaboró un formato para registrar la cantidad de ciclistas y peatones así como el género al que pertenecían, todo esto en intervalos de 5 minutos desde las 11:00 hasta completar la hora, los formatos fueron los siguientes:



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

CONTEO DE CICLISTAS Y PEATONES

VALERIA ORDAZ SEGURA



Fecha: \_\_\_\_\_

Horario: \_\_\_\_\_

Tipo de Usuario: \_\_\_\_\_

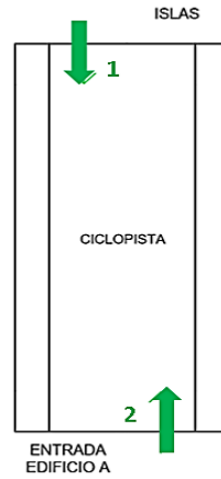
Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Horario/ Movimientos	1		2	
	M	H	M	H



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

CONTEO DE CICLISTAS Y PEATONES

VALERIA ORDAZ SEGURA



Fecha: \_\_\_\_\_

Horario: \_\_\_\_\_

Tipo de Usuario: \_\_\_\_\_

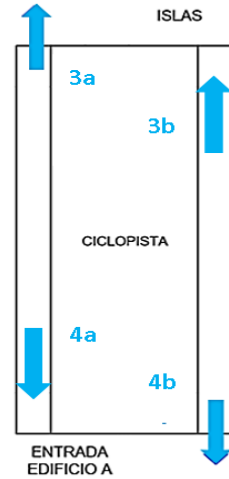
Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Horario/ Movimientos	3a		3b	
	M	H	M	H



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

CONTEO DE CICLISTAS Y PEATONES

VALERIA ORDAZ SEGURA



Fecha: \_\_\_\_\_

Horario: \_\_\_\_\_

Tipo de Usuario: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

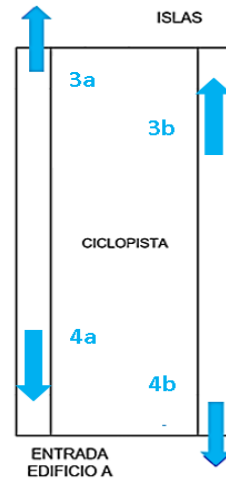
---

---

---

---

---



Horario/ Movimientos	4a		4b	
	M	H	M	H



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

CONTEO DE CICLISTAS Y PEATONES

VALERIA ORDAZ SEGURA



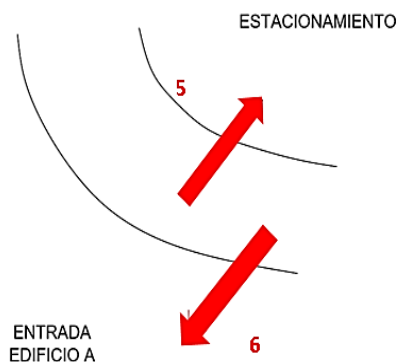
Fecha: \_\_\_\_\_

Horario: \_\_\_\_\_

Tipo de Usuario: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



Horario/ Movimientos	5				6			
	PEATONES		MOTOCICLISTAS		PEATONES		MOTOCICLISTAS	
	M	H	M	H	M	H	M	H

Finalmente se integraron todos los resultados dentro de una tabla y se sumaron los totales en cada intervalo de 5 minutos, el total por movimiento y el total horario, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 4.1 Resultados del aforo

Horario/ Movimientos	1		2		3a		3b		4a		4b		5		6		TOTAL
	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	
11:00 – 11:05	9	12	0	12	2	16	6	30	8	37	4	11	5	19	4	11	186
11:05 – 11:10	6	5	3	18	0	8	12	22	12	50	4	3	5	20	2	5	175
11:10 – 11:15	0	6	2	17	5	11	1	19	7	32	2	3	2	8	0	11	126
11:15 – 11:20	3	6	2	4	1	9	4	17	11	24	3	9	1	6	0	4	104
11:20 – 11:25	2	3	1	8	1	5	5	18	12	28	3	7	1	2	3	8	107
11:25 – 11:30	0	9	0	6	6	4	4	10	8	31	3	3	2	1	1	8	96
11:30 – 11:35	2	5	7	6	4	8	8	14	7	39	0	4	6	12	3	10	135
11:35 – 11:40	2	2	0	8	4	7	13	18	7	25	2	3	1	8	1	12	113
11:40 – 11:45	0	9	1	11	3	6	4	14	6	30	2	4	0	9	1	6	106
11:45 – 11:50	2	7	0	3	6	4	7	14	3	17	0	2	4	12	3	3	87
11:50 – 11:55	4	3	2	6	8	9	2	13	4	11	0	5	1	5	2	6	81
11:55 – 12:00	0	1	6	16	7	13	3	13	6	21	0	3	3	5	2	6	105
<b>TOTAL</b>	<b>98</b>		<b>139</b>		<b>147</b>		<b>271</b>		<b>436</b>		<b>80</b>		<b>138</b>		<b>112</b>		<b>1421</b>

Lo cual indica que dentro de la zona de conflicto transitaron un total de 1184 peatones (Movimientos 3a, 3b, 4<sup>a</sup> y 4b) y 237 ciclistas (Movimientos 1 y 2) y 250 usuarios que cruzan la ciclopista cerca del comienzo de dicha zona.

A continuación se presenta a detalle el volumen por tipo de usuarios dentro de los movimientos 5 y 6:

Tabla 4.2 Resultado por tipo de usuarios dentro de los movimientos 5 y 6

Horario/ Movimientos	5				6			
	PEATONES		MOTOCICLISTAS		PEATONES		MOTOCICLISTAS	
	M	H	M	H	M	H	M	H
11:00 – 11:05	5	18	0	1	4	10	0	1
11:05 – 11:10	5	20	0	0	2	4	0	1
11:10 – 11:15	2	8	0	0	0	11	0	0
11:15 – 11:20	1	5	0	1	0	2	0	2
11:20 – 11:25	1	2	0	0	3	8	0	0
11:25 – 11:30	2	1	0	0	1	5	0	3
11:30 – 11:35	6	11	0	1	2	7	1	3
11:35 – 11:40	1	8	0	0	1	12	0	0
11:40 – 11:45	0	9	0	0	1	6	0	0
11:45 – 11:50	3	9	1	3	3	3	0	0
11:50 – 11:55	1	4	0	1	2	6	0	0
11:55 – 12:00	3	5	0	0	2	6	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>21</b>	<b>80</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
	<b>130</b>		<b>8</b>		<b>101</b>		<b>11</b>	
	<b>138</b>				<b>112</b>			

#### 4.5.1.2. Conflictos

Por otra parte con ayuda de las grabaciones se hizo un registro de los conflictos y/o interacciones que ocurrieron entre los distintos usuarios en el horario seleccionado, al igual que con el conteo de peatones y ciclistas que transitan por la zona se analizaron las grabaciones en fragmentos de 5 minutos cada uno, se revisaron ambas grabaciones para este conteo ya que al estar las cámaras en distintos extremos de la vialidad y a su alcance visual resulta más fácil observar los problemas ocurridos al principio o al final del tramo de estudio.

Algo importante para considerar es que algunos de estos pueden ser resultado de otros, por ejemplo cuando se acumula una gran cantidad de peatones en determinado sitio hace que puedan chocar entre ellos y que se muevan a donde hay más espacio, pero también al “invadir” la ciclista los ciclistas tienen menor espacio para maniobrar lo que podría crear dificultades o accidentes entre ellos mismos o bien con los peatones.

Se contabilizaron de acuerdo al lado en el que estaban en la vialidad tomando en cuenta el siguiente formato:





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

CONTEO DE CONFLICTOS EN LA CICLOPISTA

VALERIA ORDAZ SEGURA



Fecha: \_\_\_\_\_

Horario: \_\_\_\_\_

Tipo de Usuario: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

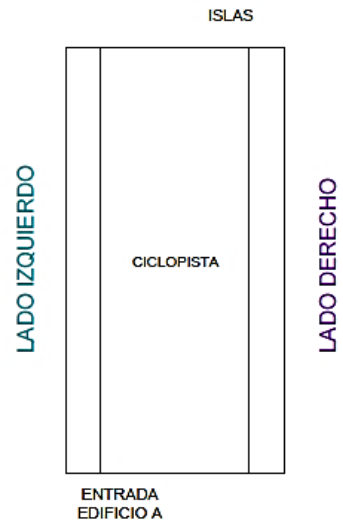
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Horario / Lado de la Vialidad	Izquierdo	Derecho
11:00 – 11:05		
11:05 – 11:10		
11:10 – 11:15		
11:15 – 11:20		
11:20 – 11:25		
11:25 – 11:30		
11:30 – 11:35		
11:35 – 11:40		
11:40 – 11:45		
11:45 – 11:50		
11:50 – 11:55		
11:55 – 12:00		

Una vez que se contabilizaron los conflictos entre usuarios, se resumió la información en la siguiente tabla:

Tabla 4.3 Conflictos registrados

Horario/Lado de la Vialidad	Izquierdo	Derecho	TOTAL
11:00 – 11:05	3	0	3
11:05 – 11:10	2	2	4
11:10 – 11:15	2	1	3
11:15 – 11:20	2	2	4
11:20 – 11:25	1	2	3
11:25 – 11:30	3	1	4
11:30 – 11:35	4	4	8
11:35 – 11:40	1	0	1
11:40 – 11:45	2	2	4
11:45 – 11:50	2	0	2
11:50 – 11:55	1	1	2
11:55 – 12:00	0	2	2
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>17</b>	<b>40</b>

Algunos ejemplos de conflictos que se pudieron ver dentro de las grabaciones son los siguientes:



Imagen 4.8 Peatones impiden el paso de ciclistas

Dentro de otras observaciones se encontró que durante la hora de grabación por la ciclovía transitaban diferentes vehículos como motocicletas o motonetas y un triciclo, y en el espacio de peatones pasaron personas con perros lo que muchas veces implica que necesitan más espacio.



Imagen 4.9 Vehículos motorizados transitan por la ciclopista



Imagen 4.10 Usuarios de Bicipuma saliendo de la ciclopista

#### **4.5.2. Modelo de asignación de tránsito ciclista**

Existen muchas formas de realizar un modelo de asignación de tránsito considerando distintas variables, en este caso nos interesa la elección de ruta que realizan los usuarios. La selección de ruta se modela a menudo usando un modelo de elección discreta, el cual requiere un conjunto de alternativas a ser escogidas. Por ejemplo sabiendo el origen y destino de un viaje lo más lógico sería pensar que los usuarios elegirían la ruta más corta, aunque no siempre sucede ya que intervienen otros factores como las condiciones del camino y el nivel de seguridad que experimenten los usuarios en determinada ruta.

Para este caso de estudio se pretende realizar un modelo de asignación de tránsito ciclista que refleje el volumen promedio de usuarios que transitan en distintos tramos de la ciclopista en un año contando con los registros de préstamos de bicicleta de Bicipuma del año 2017, los cuales incluyen el lugar de préstamo y el sitio de devolución, así como los horarios de cada uno.

Para realizar una comparación entre lo observado en las grabaciones se seleccionaron los datos de registros entre las 11:00 am y 12:00 pm, además de que se descartaron los datos de los meses de enero, junio, julio y diciembre ya que corresponden a vacaciones o periodos intersemestrales durante los cuales la cantidad de bicicletas prestadas es muy baja o nula y de ser tomadas en cuenta bajaría mucho el promedio considerando los meses en los cuales se tienen clases y la demanda es mucho mayor.

Otros aspectos a considerar dentro de la cantidad de bicicletas prestadas dentro del año 2017 son que en ese año ocurrió el sismo del 17 de septiembre, por lo que durante el mes de septiembre no hubieron clases en los días posteriores a esa fecha y por otra parte debido a los daños que ocasionados, cuando se retomaron las clases no todos los alumnos asistían.

Una vez seleccionados los datos que pasaron por los filtros anteriormente mencionados, se obtuvo una matriz origen destino para cada mes (sin contar enero, junio, julio y diciembre) y otra sumando los datos de cada matriz individual, la cual representaría el total del año 2017. Posteriormente los valores obtenidos se dividieron entre 155 que representa los días de préstamos de bicicletas considerados al año para la matriz general y los días de hábiles de cada mes y se obtuvieron los valores promedio.

Tabla 4.4 Matriz Origen destino con los datos totales del año 2017

MATRIZ DATOS ANUALES	ANEXO DE INGENIERÍA	ARQUITECTURA	BICICENTRO P.A.	BICICENTRO P.B.	CIENCIAS	CIENCIAS POLÍTICAS	DERECHO	ESTADIO OLÍMPICO	ESTADIO TAPATÍO MÉNDEZ	FILOSOFÍA	INGENIERIA	MEDICINA	PALOMAR	QUIMICA	Total general
ANEXO DE INGENIERÍA	354	417	1479	40	269	13	912	392	397	839	1419	2944	75	332	<b>9882</b>
ARQUITECTURA	291	140	213	8	137	5	233	100	77	66	169	957	68	77	<b>2541</b>
BICICENTRO P.A.	2013	232	173	13	1955	24	431	132	196	671	879	331	49	529	<b>7628</b>
BICICENTRO P.B.	54	9	19	80	60	1148	14	8	3	14	30	15	0	17	<b>1471</b>
CIENCIAS	411	254	1221	36	164	27	488	137	230	564	852	662	38	744	<b>5828</b>
CIENCIAS POLÍTICAS	13	2	37	1813	19	58	13	5	6	22	24	12	0	7	<b>2031</b>
DERECHO	941	217	270	12	281	12	202	225	128	204	103	281	43	72	<b>2991</b>
ESTADIO OLÍMPICO	714	98	67	2	114	1	278	99	35	96	691	320	56	171	<b>2742</b>
ESTADIO TAPATÍO MÉNDEZ	700	53	152	1	164	2	263	42	117	186	408	307	12	692	<b>3099</b>
FILOSOFÍA	741	80	339	8	348	19	163	85	140	183	266	818	265	158	<b>3613</b>
INGENIERÍA	765	70	498	18	547	26	65	219	164	237	208	1387	76	56	<b>4336</b>
MEDICINA	1575	625	158	7	274	3	245	263	192	1228	939	271	130	114	<b>6024</b>
PALOMAR	137	150	27	0	44	1	81	106	14	438	136	172	40	45	<b>1391</b>
QUÍMICA	452	45	305	8	744	3	73	90	304	222	54	118	37	185	<b>2640</b>
<b>Total general</b>	<b>9161</b>	<b>2392</b>	<b>4958</b>	<b>2046</b>	<b>5120</b>	<b>1342</b>	<b>3461</b>	<b>1903</b>	<b>2003</b>	<b>4970</b>	<b>6178</b>	<b>8595</b>	<b>889</b>	<b>3199</b>	<b>56217</b>

Tabla 4.5 Matriz origen destino con los datos promedio del año 2017

MATRIZ PROMEDIO ANUAL	ANEXO DE INGENIERIA	ARQUITECTURA	BICENTRO P.A.	BICENTRO P.B.	CIENCIAS	CIENCIAS POLITICAS	DERECHO	ESTADIO OLIMPICO	ESTADIO TAPATIO MENDEZ	FILOSOFIA	INGENIERIA	MEDICINA	PALOMAR	QUIMICA	Total general
ANEXO DE INGENIERIA	2	3	10	0	2	0	6	3	3	5	9	19	0	2	64
ARQUITECTURA	2	1	1	0	1	0	2	1	0	0	1	6	0	0	16
BICENTRO P.A.	13	1	1	0	13	0	3	1	1	4	6	2	0	3	49
BICENTRO P.B.	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	9
CIENCIAS	3	2	8	0	1	0	3	1	1	4	5	4	0	5	38
CIENCIAS POLITICAS	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
DERECHO	6	1	2	0	2	0	1	1	1	1	1	2	0	0	19
ESTADIO OLIMPICO	5	1	0	0	1	0	2	1	0	1	4	2	0	1	18
ESTADIO TAPATIO MENDEZ	5	0	1	0	1	0	2	0	1	1	3	2	0	4	20
FILOSOFIA	5	1	2	0	2	0	1	1	1	1	2	5	2	1	23
INGENIERIA	5	0	3	0	4	0	0	1	1	2	1	9	0	0	28
MEDICINA	10	4	1	0	2	0	2	2	1	8	6	2	1	1	39
PALOMAR	1	1	0	0	0	0	1	1	0	3	1	1	0	0	9
QUIMICA	3	0	2	0	5	0	0	1	2	1	0	1	0	1	17
<b>Total general</b>	<b>59</b>	<b>15</b>	<b>32</b>	<b>13</b>	<b>33</b>	<b>9</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>32</b>	<b>40</b>	<b>55</b>	<b>6</b>	<b>21</b>	<b>363</b>

Al comparar los valores obtenidos para cada una de las 9 matrices se seleccionó la mayor, correspondiente al mes de Noviembre. Los datos promedio se utilizaron mediante el programa TransCAD, donde solicita una matriz de origen destino, así como el trazo de la red de vialidad o ciclopista, para este caso se tienen las diferentes estaciones de bicicletas del sistema Bicipuma y los tramos de ciclopista que conectan a estas mismas, además se considera una velocidad de 15 km/h para que el usuario vaya por el camino que represente menor tiempo de trayecto, lo cual está relacionado con la distancia de recorrido.

En este caso solo se contaba con el trazo de la red ciclista que no tiene el tramo que va hacia la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales ni hacia el modulo en Palomar, por lo que para propósitos del modelo de asignación se omitieron los datos referentes al módulo de dichos tramos (FCPyS, Bicicentro Planta Baja y Palomar) , no afecta mucho puesto que el promedio los datos de viajes realizados desde estos módulos hacia otros lugares de la Universidad por los que forzosamente debieran pasar por la zona de estudio son 0, con lo que se llegó a la matriz origen destino final que se utilizaría para el modelo de asignación.

Entonces el programa realiza una selección de ruta tomando en cuenta el menor tiempo de recorrido dado un origen y un destino, el cual como se mencionó anteriormente va relacionado a la distancia y a una velocidad propuesta de 15 km/h, así para cada uno de los datos proporcionados por la matriz. Se registra cuantos usuarios pasaron por cada tramo de la red considerando su ruta y se suman para obtener los totales por cada sentido de la vialidad o bien el total general.

Tabla 4.6 Matriz origen destino con los datos totales de noviembre del 2017

DATOS DE NOVIEMBRE	ANEXO DE INGENIERIA	ARQUITECTURA	BICICENTRO P.A.	BICICENTRO P.B.	CIENCIAS	CIENCIAS POLITICAS	DERECHO	ESTADIO OLIMPICO	ESTADIO TAPATIO MENDEZ	FILOSOFIA	INGENIERIA	MEDICINA	PALOMAR	QUIMICA	Total
ANEXO DE INGENIERIA	45	63	232	2	42	2	148	27	69	97	188	495	6	38	<b>1454</b>
ARQUITECTURA	31	15	29	0	22	0	42	18	8	9	8	162	14	12	<b>370</b>
BICICENTRO P.A.	255	28	21	0	368	3	70	11	30	91	100	45	9	95	<b>1126</b>
BICICENTRO P.B.	0	0	5	10	0	198	0	1	0	1	0	1	0	0	<b>216</b>
CIENCIAS	52	36	191	0	22	6	68	14	30	84	160	87	2	100	<b>852</b>
CIENCIAS POLITICAS	1	0	3	287	1	4	3	0	0	3	3	5	0	1	<b>311</b>
DERECHO	135	23	43	0	29	3	32	31	25	19	16	69	7	20	<b>452</b>
ESTADIO OLIMPICO	74	14	16	0	7	0	55	14	7	8	86	44	13	18	<b>356</b>
ESTADIO TAPATIO MENDEZ	104	3	29	0	16	1	54	18	28	36	74	63	1	92	<b>519</b>
FILOSOFIA	96	10	38	0	39	0	20	4	20	25	31	113	34	20	<b>450</b>
INGENIERIA	103	7	58	0	88	4	11	25	20	18	26	229	19	9	<b>617</b>
MEDICINA	194	107	36	0	36	0	41	37	48	205	158	25	18	30	<b>935</b>
PALOMAR	12	29	7	0	5	0	11	17	1	50	21	24	5	2	<b>184</b>
QUIMICA	59	16	45	0	77	1	13	11	36	13	16	17	1	24	<b>329</b>
<b>Total</b>	<b>1161</b>	<b>351</b>	<b>753</b>	<b>299</b>	<b>752</b>	<b>222</b>	<b>568</b>	<b>228</b>	<b>322</b>	<b>659</b>	<b>887</b>	<b>1379</b>	<b>129</b>	<b>461</b>	<b>8171</b>



Tabla 4.7 Matriz origen destino con los datos promedio de noviembre del 2017

DATOS PROMEDIO DE NOVIEMBRE	ANEXO DE INGENIERIA	ARQUITECTURA	BICICENTRO P.A.	BICICENTRO P.B.	CIENCIAS	CIENCIAS POLITICAS	DERECHO	ESTADIO OLIMPICO	ESTADIO TAPATIO MENDEZ	FILOSOFIA	INGENIERIA	MEDICINA	PALOMAR	QUIMICA	Total
ANEXO DE INGENIERIA	2	3	12	0	2	0	8	1	4	5	10	26	0	2	77
ARQUITECTURA	2	1	2	0	1	0	2	1	0	0	0	9	1	1	19
BICICENTRO P.A.	13	1	1	0	19	0	4	1	2	5	5	2	0	5	59
BICICENTRO P.B.	0	0	0	1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	11
CIENCIAS	3	2	10	0	1	0	4	1	2	4	8	5	0	5	45
CIENCIAS POLITICAS	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
DERECHO	7	1	2	0	2	0	2	2	1	1	1	4	0	1	24
ESTADIO OLIMPICO	4	1	1	0	0	0	3	1	0	0	5	2	1	1	19
ESTADIO TAPATIO MENDEZ	5	0	2	0	1	0	3	1	1	2	4	3	0	5	27
FILOSOFIA	5	1	2	0	2	0	1	0	1	1	2	6	2	1	24
INGENIERIA	5	0	3	0	5	0	1	1	1	1	1	12	1	0	32
MEDICINA	10	6	2	0	2	0	2	2	3	11	8	1	1	2	49
PALOMAR	1	2	0	0	0	0	1	1	0	3	1	1	0	0	10
QUIMICA	3	1	2	0	4	0	1	1	2	1	1	1	0	1	17
<b>Total</b>	<b>61</b>	<b>18</b>	<b>40</b>	<b>16</b>	<b>40</b>	<b>12</b>	<b>30</b>	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>35</b>	<b>47</b>	<b>73</b>	<b>7</b>	<b>24</b>	<b>430</b>

Tabla 4.8 Matriz origen destino con los datos elegidos para el modelo de asignación

ORIGEN / DESTINO	ANEXO DE INGENIERIA	ARQUITECTURA	BICICENTRO P.A.	CIENCIAS	DERECHO	ESTADIO OLIMPICO	ESTADIO TAPATIO MENDEZ	FILOSOFIA	INGENIERIA	MEDICINA	QUIMICA	Total
ANEXO DE INGENIERIA	2	3	12	2	8	1	4	5	10	26	2	75
ARQUITECTURA	2	1	2	1	2	1	0	0	0	9	1	19
BICICENTRO P.A.	13	1	1	19	4	1	2	5	5	2	5	58
CIENCIAS	3	2	10	1	4	1	2	4	8	5	5	45
DERECHO	7	1	2	2	2	2	1	1	1	4	1	24
ESTADIO OLIMPICO	4	1	1	0	3	1	0	0	5	2	1	18
ESTADIO TAPATIO MENDEZ	5	0	2	1	3	1	1	2	4	3	5	27
FILOSOFIA	5	1	2	2	1	0	1	1	2	6	1	22
INGENIERIA	5	0	3	5	1	1	1	1	1	12	0	30
MEDICINA	10	6	2	2	2	2	3	11	8	1	2	49
QUIMICA	3	1	2	4	1	1	2	1	1	1	1	18
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>17</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>31</b>	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>31</b>	<b>45</b>	<b>71</b>	<b>24</b>	<b>385</b>

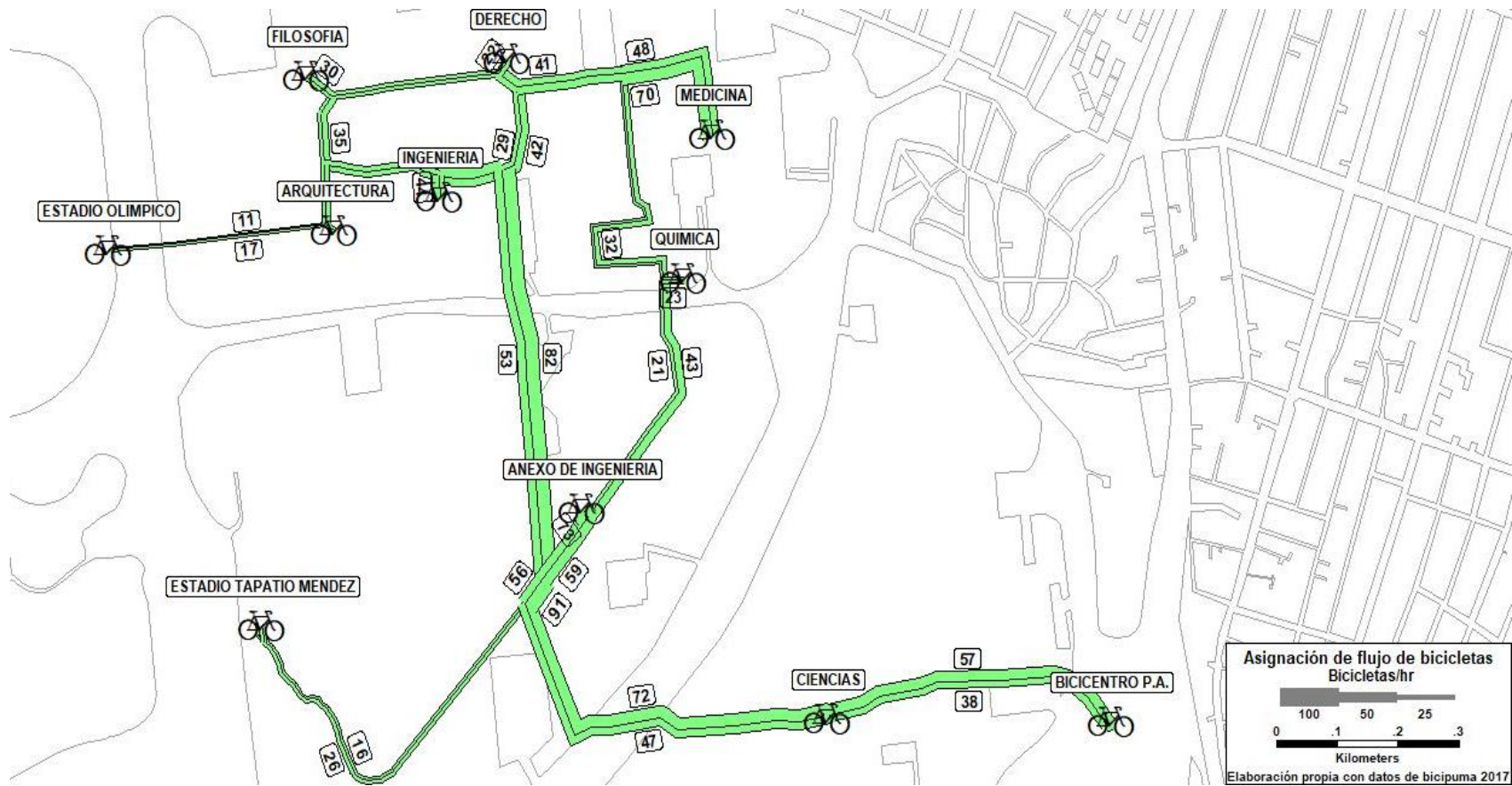


Figura 4.3 Modelo de asignación de tránsito ciclista en Ciudad Universitaria  
 Fuente: Elaborado por el M.I. Francisco J. Granados Villafuerte

Al elegirse el mayor promedio se buscó que no existiera un sesgo tan grande entre los datos de un año y otro, si bien para los datos de Bicipuma en el 2017 se obtuvo un total de 135 ciclistas en una hora y en el aforo de 2018 se contó un total de 237 esto puede explicarse por el aumento de la población estudiantil, por otra parte la proporción de usuarios de bicicletas entre un sentido y otro no tuvo una variación tan grande ya que para el 2017 se tiene que del total de ciclistas un 60.74% iban en el sentido de sur a norte y 39.26% en el sentido contrario, mientras que para el año 2018 se obtuvo un 58.65% de usuarios que iban de sur a norte y un 41.35% en el sentido opuesto.

Por otra parte en la imagen que representa la asignación de viajes a mayor volumen de ciclistas es mayor el grosor del tramo de vialidad y se puede observar que en la vialidad de la zona de estudio es uno de los sitios por los que más transitan los ciclistas, solamente superado por el segmento que pasa entre la Facultad de Contaduría y Administración y el Anexo de Ingeniería. Al ser un tramo tan importante y por el cual posiblemente en los siguientes años vayan a transitar una mayor cantidad de peatones y ciclistas a las registradas previamente es muy importante tener las condiciones necesarias para todos los usuarios y evitar accidentes a futuro.

#### 4.6. Riesgo

Además de los conflictos registrados en la hora de estudio se tomaron fotografías la semana siguiente a las grabaciones realizadas entre las 13:00 y 14:00 horas el día martes 30 de octubre del 2018, con el objetivo de visualizar que la problemática se encuentra presente en distintos horarios, sobre todo cuando son cambios de clase pues hay alumnos que van hacia la facultad y otros que se retiran, algunos de los percances fotografiados fueron los siguientes:



Imagen 4.11 Dificultad de tránsito entre peatones y ciclistas

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las fotografías, en momentos en los que la cantidad de peatones aumenta estos tienden a buscar un mayor espacio, invadiendo el área asignada para ciclistas, lo que ocasiona que los usuarios de bicicletas deban reducir su velocidad o incluso frenar para no golpear a los peatones que interrumpen su paso.

A grandes rasgos el riesgo que se presenta es el de colapso entre ciclistas y peatones ya que los dos están ocupando el mismo espacio, sin embargo también puede existir un choque entre peatones con otros peatones cuando se trata de no circular dentro de la ciclopista, o bien entre los mismos ciclistas cuando por evitar chocar con un peatón se mueven al carril de sentido contrario.

Después del aforo realizado se obtuvo un total de 40 conflictos entre los usuarios, lo que nos da una mejor idea en términos cuantitativos del riesgo para peatones y ciclistas al transitar por la vialidad.

## 5. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Tomando en cuenta la situación actual y los espacios disponibles se pensó en un reacomodo que permitiera hacer más grande la vialidad por la que pasaran los peatones. Al considerar por lo tanto la propuesta es la reubicación de la ciclopista y se llegó a dos alternativas que se revisaran a continuación:

### 5.1. Alternativa 1

En esta opción se propone mover el tramo donde se generan los conflictos a la derecha, donde se encuentran 12 cajones de estacionamiento correspondientes a los lugares asignados para trabajadores de la Facultad de Ingeniería. Y la propuesta de reubicación de los cajones es situarlos en el espacio que se encuentra entre el módulo de bicipuma y el edificio A de la Facultad de Ingeniería.

Con ayuda de AutoCAD se trazó el nuevo plano, moviendo la ciclopista a 10 cm de distancia de la guarnición más próxima situada a la derecha de la vialidad, además se dibujaron las 3 opciones de acomodo de los 12 cajones tomando como referencia las dimensiones y grados de inclinación de las líneas de la Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico se procedió a analizar el acomodo que tendrían los cajones con 90°, 60° y 45°.

#### DIBUJO 1.2.2-A. AUTOS GRANDES

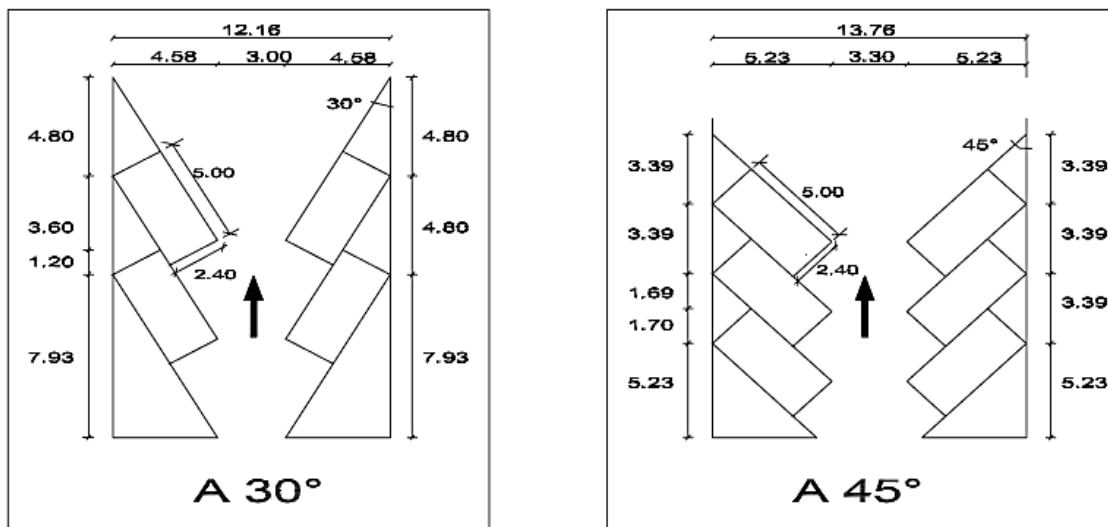


Figura 5.1 Cajones de estacionamiento orientados a 30° y 45° para autos grandes.

Fuente: Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico

## DIBUJO 1.2.2-B. AUTOS GRANDES

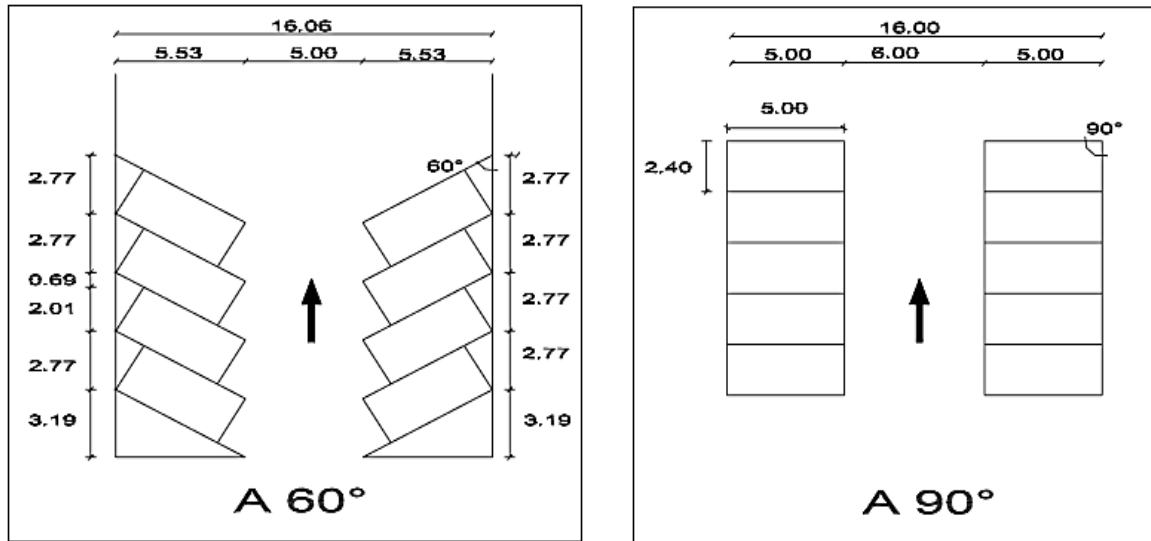


Figura 5.2 Cajones de estacionamiento orientados a 60° y 90° para autos grandes.  
Fuente: Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico

La elección de la orientación de los cajones se debió a las dimensiones disponibles en la zona en la que se querían mover, ya que a menor grado de inclinación se necesitaría más espacio, por otra parte la clasificación de autos grandes se escogió ya que los cajones actuales tienen dimensiones de 2.25 m de ancho por 4.95 m de largo en promedio, por lo que encajan mejor para no afectar las condiciones geométricas a las que se encuentran habituados los usuarios de dichos cajones.

Además de los planos elaborados se realizó un modelado de las alternativas con ayuda del programa VISSIM versión 9, ya que la simulación nos ayuda a apreciar mejor espacios y volúmenes de usuarios y con ello a tener una mejor perspectiva de la situación.

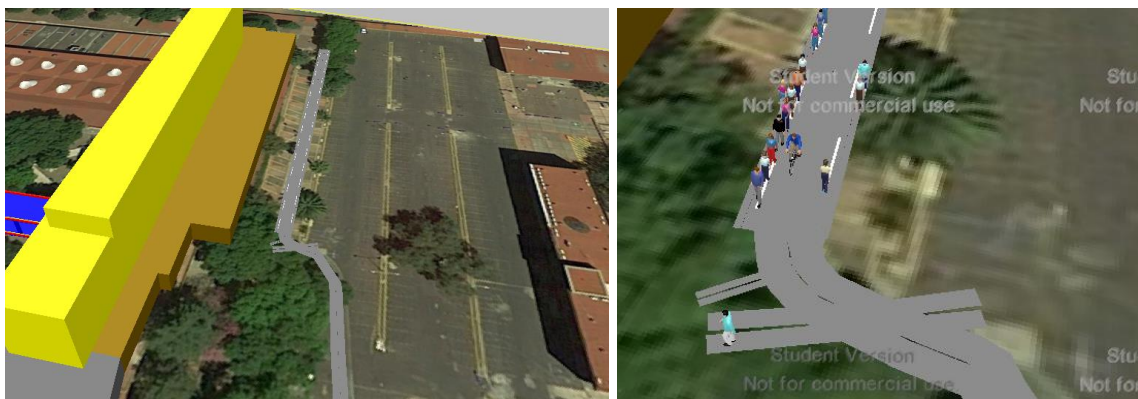


Imagen 5.1 Capturas del modelado de la situación actual.  
Fuente: Elaboración propia





Imagen 5.2 Capturas del modelado de la alternativa 1.  
Fuente: Elaboración propia

### 5.1.1. Alternativa 1.A

Al colocar los cajones de estacionamiento a  $90^\circ$  se ocupa menos espacio lateral, sin embargo en el sentido vertical necesitan una superficie mayor pero se contaría con una superficie muy limitada entre los cajones y las áreas designadas para árboles, lo cual dificulta el acceso a los cajones de estacionamiento.

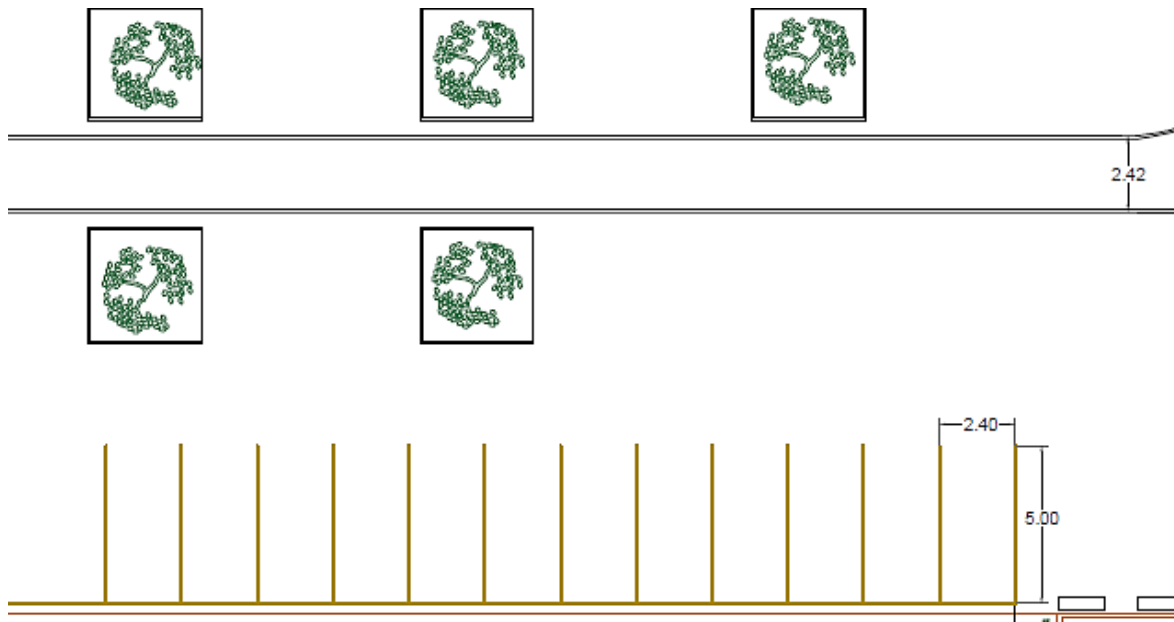


Figura 5.3 Dimensiones de la propuesta de cajones orientados a  $90^\circ$   
Fuente: Elaboración propia



### 5.1.2. Alternativa 1.B

Al ir disminuyendo el ángulo de inclinación de los cajones de estacionamiento hasta  $60^\circ$  se podría contar con un área mayor para realizar movimientos, pero también aumentan las dimensiones requeridas horizontalmente.

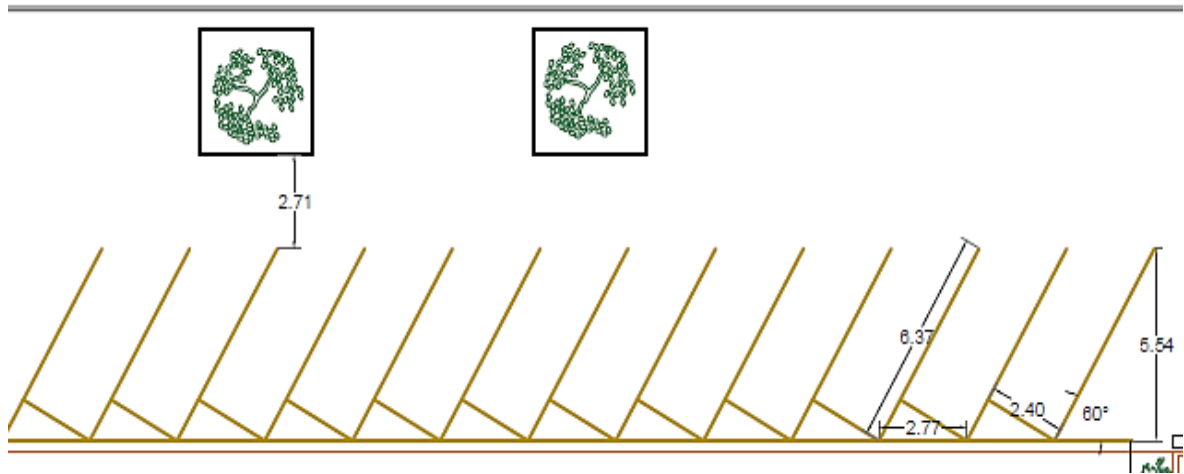


Figura 5.4 Dimensiones de la propuesta de cajones orientados a  $60^\circ$

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3. Alternativa 1.C

Como se explicó anteriormente para esta alternativa se requiere reubicar cajones de estacionamiento para poder reubicar la ciclo pista y contar con un mayor espacio para los peatones, en este caso los cajones a reubicar tendrían una orientación a  $45^\circ$ , lo cual implica que verticalmente se tendría un mayor espacio para realizar maniobras y estacionarse adecuadamente, aunque por otra parte requiere mayor espacio horizontalmente.

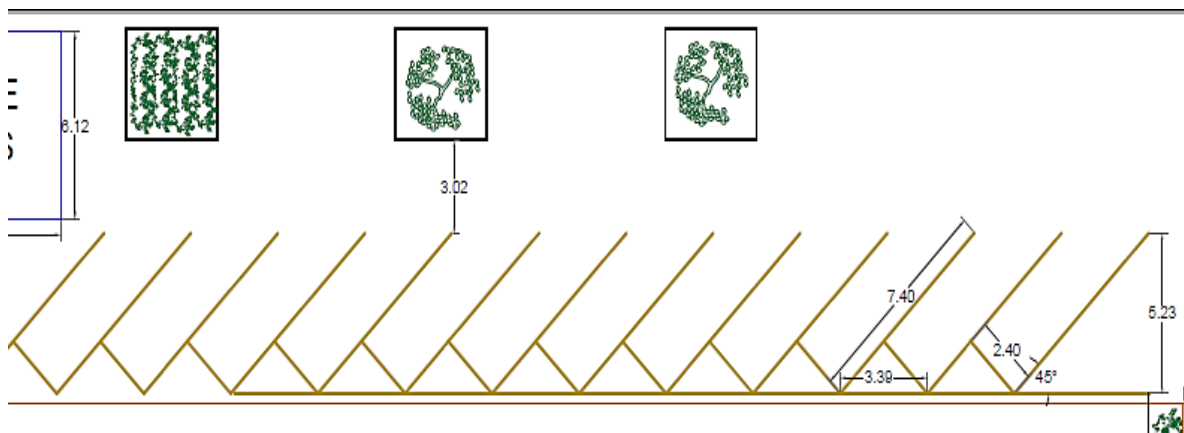
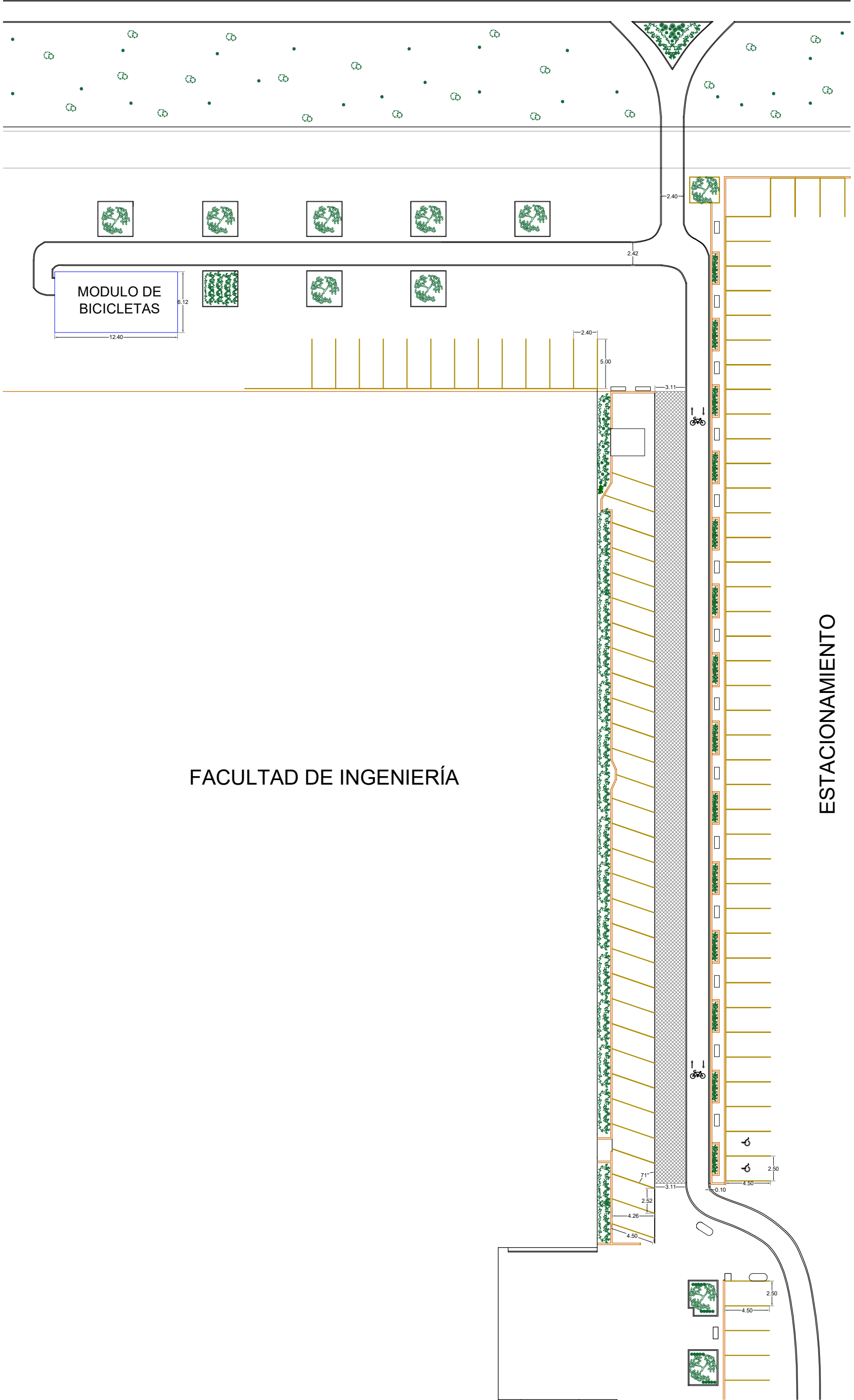


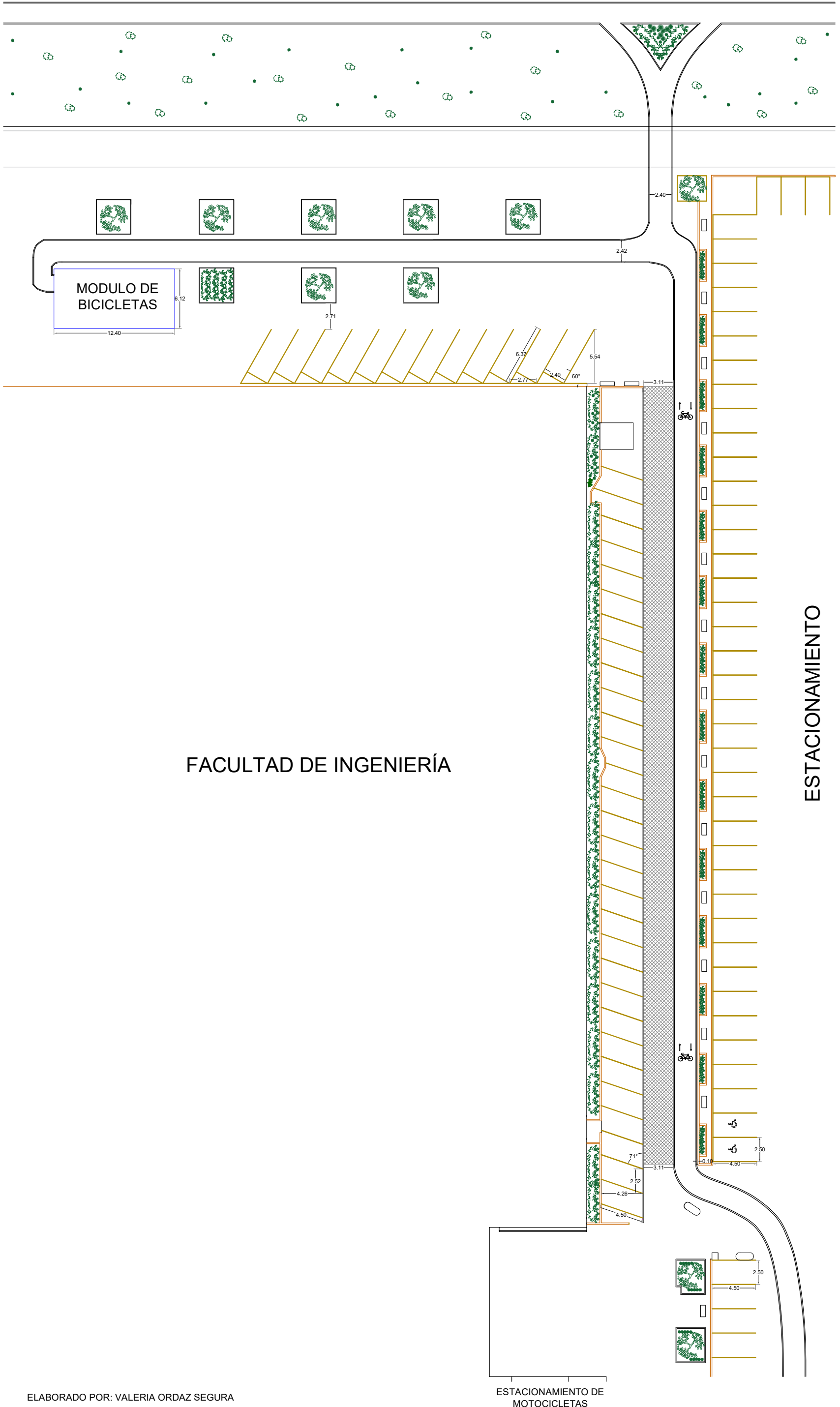
Figura 5.5 Dimensiones de la propuesta de cajones orientados a  $45^\circ$

Fuente: Elaboración propia

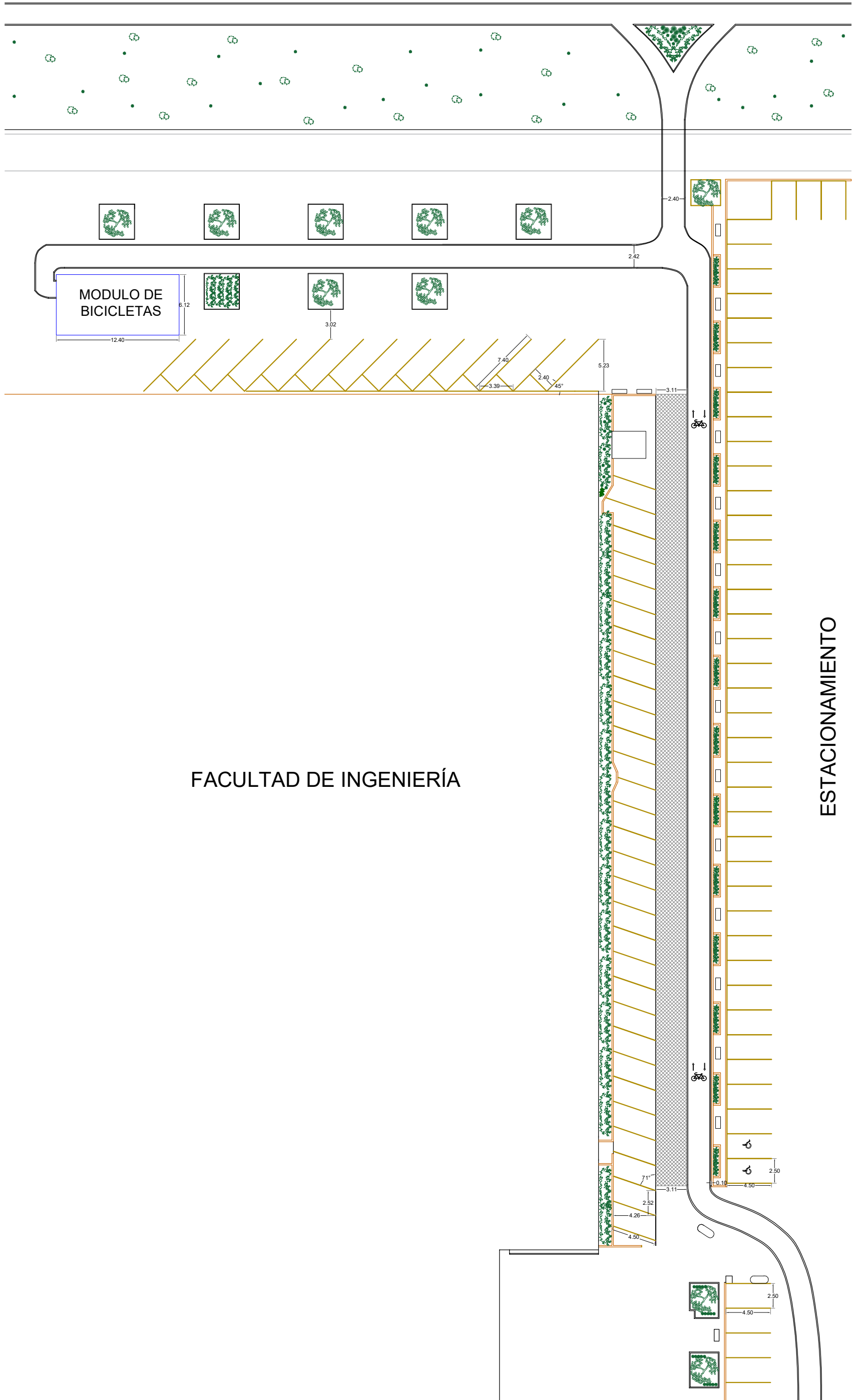
# ESTACIONAMIENTO 90°



# ESTACIONAMIENTO 60°



# ESTACIONAMIENTO 45°



ELABORADO POR: VALERIA ORDAZ SEGURA

ESTACIONAMIENTO DE MOTOCICLETAS

## 5.2. Alternativa 2

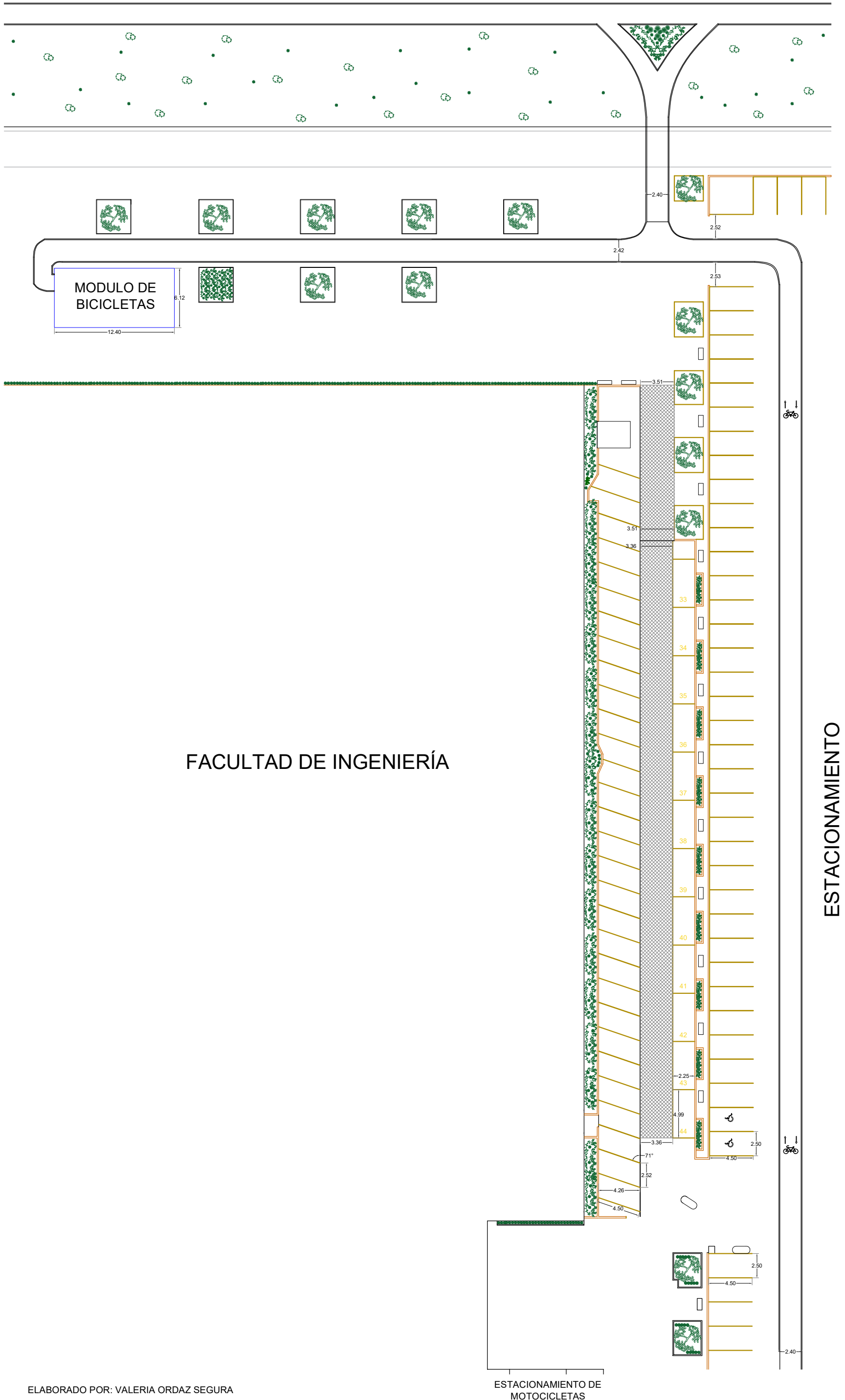
En este caso en vez de mover los cajones se optó por mover la ciclopista dentro de la zona del estacionamiento para estudiantes, lo que necesita la eliminación de 3 cajones de estacionamiento pero solo necesitaría la reubicación de un árbol, como se muestra en el siguiente plano:



Imagen 5.3 Capturas del modelado de la alternativa 2

Fuente: Elaboración propia

# PROPUESTA 2



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTACIONAMIENTO

### **5.3. Educación vial**

El correcto diseño y planeación de una vialidad evitará conflictos entre los usuarios, sin embargo no es suficiente si estos no cuentan con educación vial por lo que es importante saber el comportamiento que tienen dentro de la zona de estudio y como poder evitar y corregir acciones riesgosas para ellos.

Gracias a las grabaciones realizadas pudimos ver que en la zona de estudio la mayoría de los conflictos ocurren porque los peatones invaden el carril de los ciclistas y si bien está justificado porque el volumen de usuarios es muy grande para el espacio que tienen, muchas veces los mismos peatones no tienen consideración para con los ciclistas pues estos últimos son quienes deben tratar de esquivarlos y de alguna manera llamar su atención para que se muevan y a pesar de esto no todos se mueven o los dejan pasar.

Por otra parte muchos usuarios del sistema Bicipuma no cumplen con el reglamento y aunque existen sanciones si son sorprendidos rompiendo las reglas, en las grabaciones se vio que estando fuera de la vista de las autoridades encargadas del sistema estas reglas no son cumplidas, como por ejemplo respetar y transitar solamente por el área asignada para bicicletas. Al no ser una zona visible para los encargados de los módulos de bicicletas se puede desacatar muy fácilmente las reglas sin tener una sanción y eso puede generar problemas e incluso accidentes entre los usuarios, por lo que es importante que la Universidad promueva la educación vial a través del programa Bicipuma.

Esto puede ser a través de folletos y/o carteles en los módulos Bicipuma donde se oriente a los usuarios acerca de sus derechos y obligaciones, no solo como ciclista sino también como peatón para que de este modo se respeten los espacios asignados para usuario y se tenga una mejor perspectiva desde lo que concierne a cada uno.





Figura 5.6 Derechos y obligaciones de los peatones  
 Fuente: Dirección General de Servicios Generales y Movilidad

La imagen anterior se encuentra en la página de la Dirección General de Servicios Generales y Movilidad y es un buen ejemplo de campaña de educación vial, pero hace falta un apartado más específico referente a sus derechos y obligaciones en los caminos compartidos entre peatones y ciclistas, por ejemplo se podrían agregar los siguientes puntos:

- Respetar los espacios exclusivos asignados a ciclistas u otros usuarios.
- Ser precavido al cruzar vialidades que son utilizadas por ciclistas y vehículos motorizados.

De añadirse dicha información estas imágenes deberían estar de manera visible y permanente en todos los módulos del sistema, del mismo modo en que se encuentra el reglamento.



## 5.4. Comparación de las alternativas

Para elegir la mejor solución a un problema es necesario comparar todas las opciones, en este caso para las cuatro alternativas se tomarán en cuenta los criterios de tiempo de implementación, costo, impacto ambiental y calidad de la circulación, mismos que se explicarán a detalle para cada una a continuación.

### 5.4.1. Tiempo de implementación

A grandes rasgos las tres variantes de la alternativa 1 requieren la eliminación de aproximadamente 2.1 metros lineales de guarnición que delimitan el final de los cajones en cordón pero también la construcción de aproximadamente 35 metros lineales de guarnición en el área donde se localizan actualmente los árboles, 5 jardineras y 5 bancas más, pintar de nuevo el trazo de la ciclista y de los 12 cajones de estacionamiento en el nuevo sitio, y el desplante de 5 árboles, por lo que en términos de tiempo se necesitan más días para llevarla a cabo.

Además adecuar el espacio para la nueva ubicación del estacionamiento puesto que la calidad de la superficie no es la óptima para el paso de vehículos, esto se debe principalmente a que existen ciertos desniveles y grietas en el suelo provocados por las raíces de los árboles que se encuentran en el lugar, mismos que si no se arreglan los conductores no querrán la reubicación.



Imagen 5.4 Zona para la posible reubicación del estacionamiento

Fuente: Elaboración propia

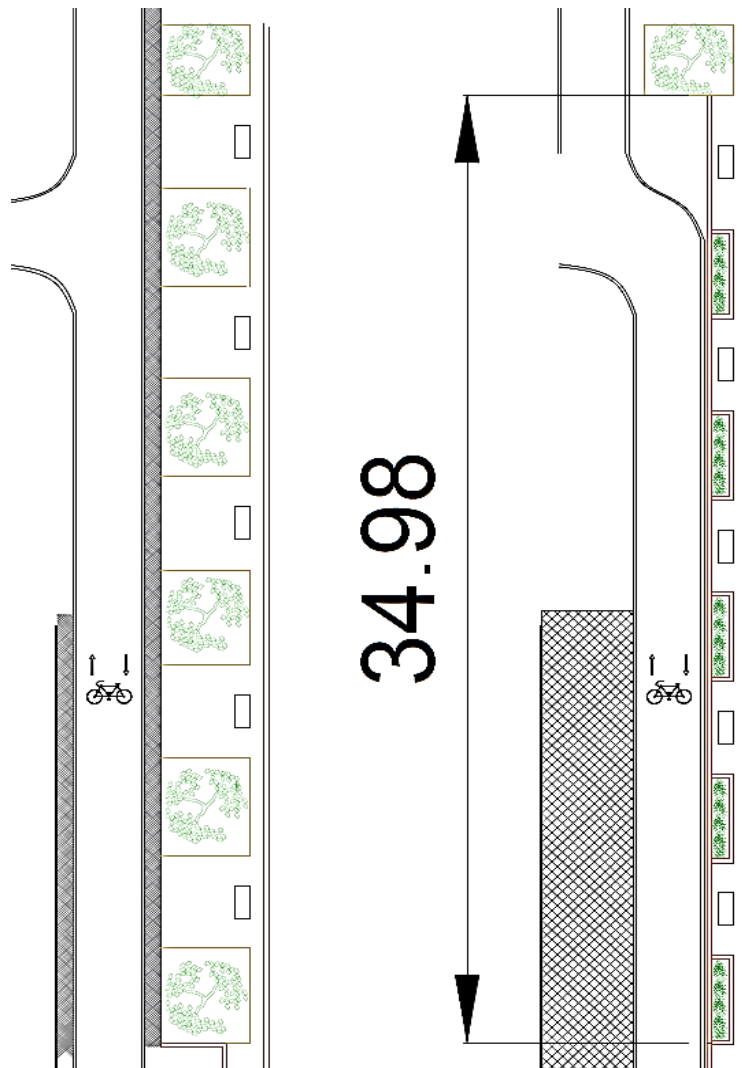


Figura 5.6 Comparación entre la alternativa 1 y la situación actual  
 Fuente: Elaboración propia

Por otra parte la alternativa 2 requiere la eliminación de aproximadamente 7.2 metros lineales de guarnición y de dos bancas, pintar de nuevo el trazo de la ciclopista y el desplante de 1 árbol, al remover menor cantidad de guarnición y no tener la necesidad de trasplantar tantos árboles el tiempo empleado para los trabajos será menor.

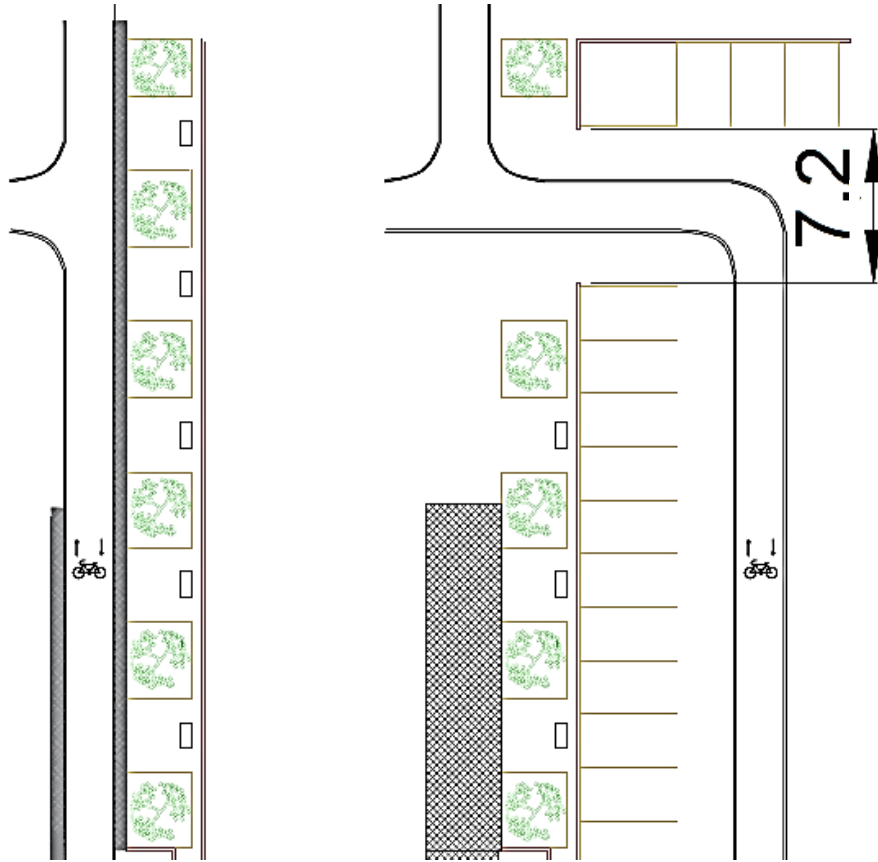


Figura 5.7 Comparación entre la alternativa 2 y la situación actual  
Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.2. Costo

Para realizar cualquiera de las variantes de la alternativa 1 se necesitan realizar más trabajos puesto que se debe eliminar una gran parte de la guarnición existente, construir más jardineras lo cual también implica que se debe plantar vegetación en ellas, desplantar 5 árboles para posteriormente reubicarlos y en la zona donde se desplantaron se debe adecuar para que sea de los mismos materiales de la ciclovía, se debe volver a pintar el trazo de la vialidad y de los 12 cajones que se moverán de lugar, así como la adecuación de la superficie destinada para ello.

En cambio la alternativa 2 requiere remover una cantidad menor de guarnición equivalente al paso de la vialidad y una banca, el desplante y reubicación de 1 árbol, la adecuación del sitio de origen de ese árbol para la vialidad y volver a pintar la delimitación de la ciclovía.

### 5.4.3. Impacto ambiental

Aun cuando para las 3 opciones de esta alternativa se considera la compra de vegetación para las jardineras, por las dimensiones de estas, son más aptas especies de un tamaño mediano, por otra parte se deben reubicar 5 árboles para poder cambiar el trazo de la ciclo pista.

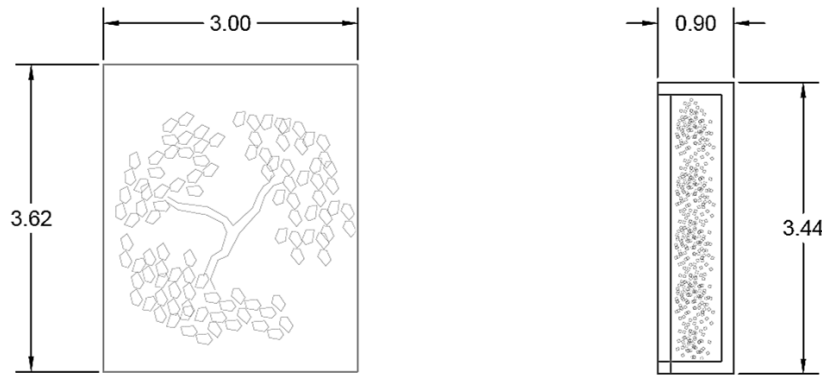


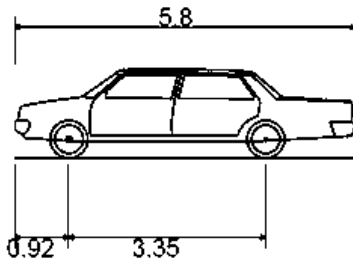
Figura 5.8 Comparación entre las jardineras actuales y las requeridas por la alternativa 1  
Fuente: Elaboración propia

Mientras que las características de la alternativa 2 permite que no ocurran cambios tan drásticos a la vegetación con la que se cuenta actualmente pues solo se necesita reubicar 1 árbol para poder cambiar el trazo de la ciclopista,

### 5.4.4. Calidad de la circulación

En este punto se deben considerar a todos los usuarios que transitan por la vialidad: ciclistas, peatones y automovilistas, aun cuando estos últimos no tengan una circulación continua ya que la finalidad por la que se trasladan es para estacionarse. Para los automovilistas de los 12 cajones a reubicar se realizó la comparación mediante el programa Vehicle Tracking el cual sirve para identificar el radio de giro de algún vehículo, y el área de influencia dada una velocidad y su trayectoria.

En este caso, las trayectorias correspondían al recorrido que deberían hacer los automóviles desde la entrada del estacionamiento de servicio (en la entrada del edificio A) hasta la zona en la que se busca mover los 12 cajones, la cual corresponde al espacio entre el módulo de Bicipuma y el Edificio A. El vehículo de diseño se eligió de entre los autos precargados con los que cuenta en software, tomando en cuenta el apartado que pertenece a la normatividad mexicana, la cual se indica como SCT MDGV 1991 y la velocidad elegida fue de 15 km/h porque no pueden ir muy rápido para estacionarse al haber peatones en la zona.



<b>DE - 335 Vehiculos Ligeros</b>	
<b>Overall Length</b>	<b>5.800m</b>
<b>Overall Width</b>	<b>2.140m</b>
<b>Overall Body Height</b>	<b>1.509m</b>
<b>Min Body Ground Clearance</b>	<b>0.270m</b>
<b>Track Width</b>	<b>1.830m</b>
<b>Lock to lock time</b>	<b>4.00s</b>
<b>Kerb to Kerb Turning Radius</b>	<b>7.320m</b>

Figura 5.8 Ficha técnica del vehículo de diseño  
Fuente: Vehicle Tracking

Tomando en cuenta las variantes de la alternativa 1 las dimensiones de la ciclista se mantienen pero se mueve de lugar unos metros hacia la derecha, por lo que geoméricamente hablando no se tienen cambios tan drásticos y los ciclistas cuentan con el mismo espacio para circular.

En el caso de los peatones las condiciones mejoran notablemente pues su espacio aumenta casi 3 veces más y ya no hay necesidad de invadir el área signada para ciclistas.

Por ultimo para los automovilistas se encontraron diferencias en cada caso de la propuesta 1 cuyos resultados fueron los siguientes:

- 1. A Cajones a 90°: al encontrarse los cajones de manera vertical se necesita más espacio para maniobrar en esa dirección, los resultados obtenidos con Vehicle Tracking demuestran que esta posición de los cajones dificulta a los conductores poder estacionarse correctamente, sobre todo por la existencia de espacios con árboles cercanos a la zona.

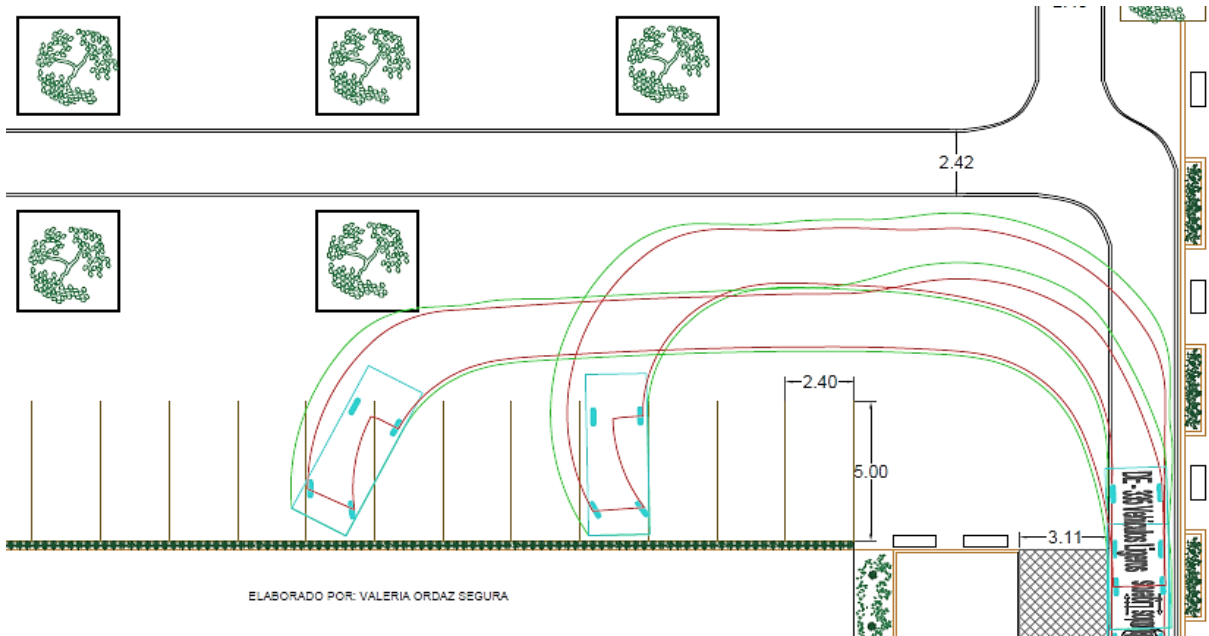


Figura 5.9 Zona de influencia del vehículo para el estacionamiento a 90°  
Fuente: Elaboración propia

- 1.B Cajones a 60°: este ángulo de inclinación reduce la necesidad de espacio vertical pero aumenta la horizontal, en los cajones más próximos resulta fácil estacionarse pero al igual que en la opción anterior, pasando a los cajones que se encuentran cerca de las jardineras, el espacio horizontal no es suficiente, se necesitaría pasar encima de las zonas con vegetación.

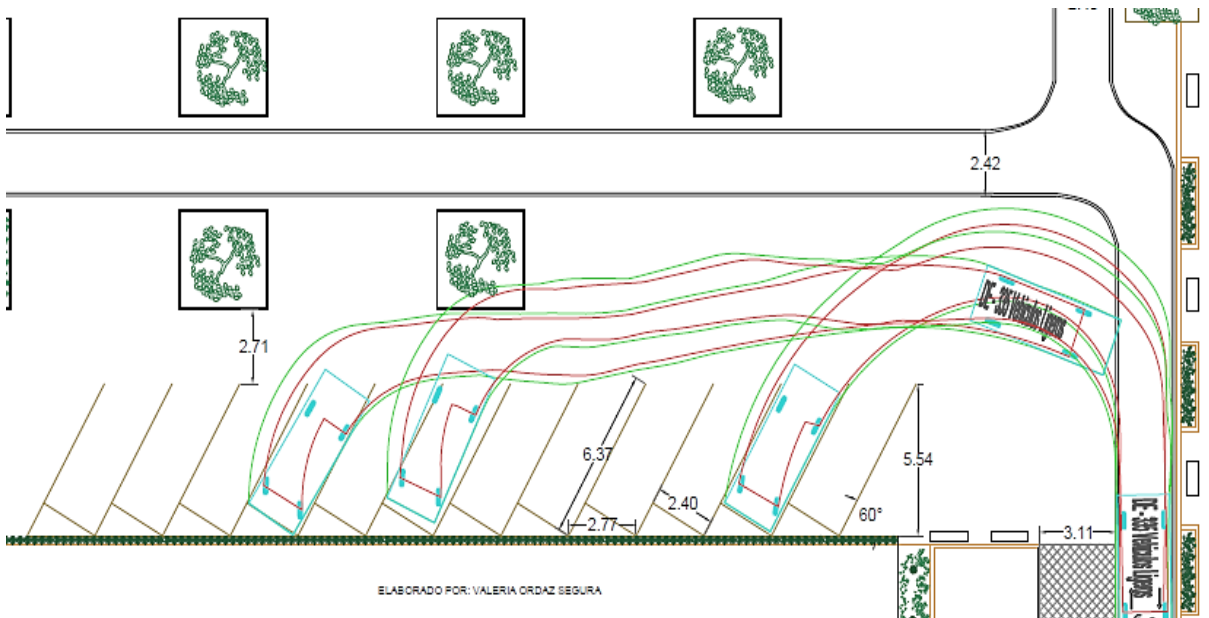


Figura 5.10 Zona de influencia del vehículo para el estacionamiento a 60°  
Fuente: Elaboración propia

- 1.C Cajones a 45°: al reducir nuevamente el ángulo se requiere mayor espacio horizontal que vertical, lo cual deja el ultimo cajón muy cercano al módulo de bicicletas, pero por otra parte de acuerdo con el programa empleado este ángulo si permite que los conductores puedan estacionarse con facilidad, aunque el hecho de que este ángulo requiera más espacio horizontal también hace que el ultimo cajón quede muy cerca del módulo de bicicletas lo que no sería muy agradable para los conductores.

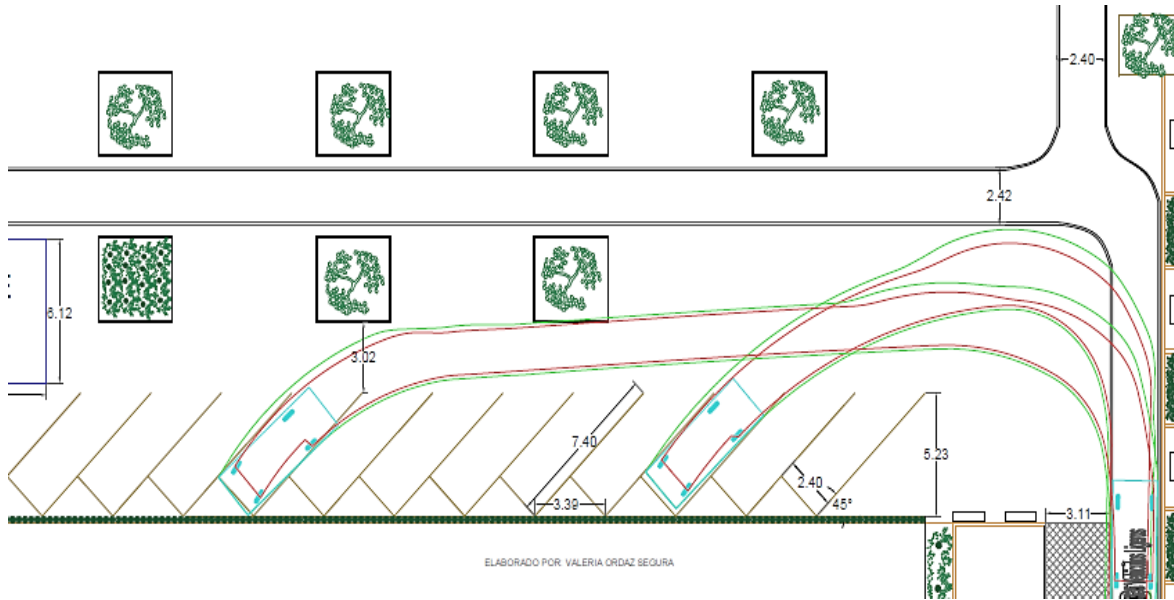


Figura 5.11 Zona de influencia del vehículo para el estacionamiento a 45°  
Fuente: Elaboración propia

Y por último en el caso de la alternativa 2 se mantendrían las dimensiones del ancho de la ciclista pero se trasladan a la zona de estacionamiento para estudiantes, lo cual implica que respecto a las condiciones actuales seguirá quedando en una zona con cajones de estacionamiento en ambos lados pero ya más alejados del flujo peatonal con el que se veían obligados a “compartir” espacio.

El espacio de los peatones sería mayor y ya no tendrían por qué haber conflictos con los ciclistas ya que el fragmento de vialidad solo se compartiría con automovilistas, mismos que no se encuentran en movimiento constante. Y desde la perspectiva los usuarios de automóviles sus condiciones de ubicación y dimensiones permanecerían iguales, por lo que la experiencia de estacionarse sería la misma.

Tabla 5.1 Cuadro comparativo de las diferentes propuestas de solución

Opción/ Criterio	Tiempo	Costo	Impacto Ambiental	Calidad de Circulación
<b>1.A</b>	Necesita más tiempo	Más cara	Mayor, requiere reubicar 5 árboles	Mala
<b>1.B</b>	Necesita más tiempo	Más cara	Mayor, requiere reubicar 5 árboles	Mala
<b>1.C</b>	Necesita más tiempo	Más cara	Mayor, requiere reubicar 5 árboles	Buena
<b>2</b>	Puede hacerse en menor tiempo	Menos cara	Menor, se debe reubicar 1 árbol	Buena

Comparar estos criterios nos dio como resultado que la mejor opción es representada por la alternativa 2, puesto que es la que requiere menos tiempo de implementación, es más económica respecto a las otras, la que tiene un menor impacto al ambiente y a la vegetación de la zona y en la que mejoran las condiciones de tránsito para peatones y se tiene una vialidad exclusiva para ciclistas.

Además es necesario recordar que Ciudad Universitaria fue incluida en la Lista del Patrimonio Mundial en el año 2007, lo cual implica que se debe ser muy cuidadoso al momento de hacer modificaciones dentro del campus. Tomando esto en cuenta la alternativa que requiere menos modificaciones a la situación actual es la número 2, lo que reafirma lo obtenido con los demás criterios.

### 5.5. Evaluación de la propuesta de solución

Por otra parte es necesario ponernos en perspectiva de lo que consideran los usuarios es mejor para ellos, la mejor solución para todos es tener una vialidad exclusiva para cada tipo de usuario y no compartir, dadas las condiciones de la zona de estudio es muy difícil lograr esto, así que se presentara un análisis de cada una de las alternativas desde los ojos cada tipo de usuario:



Tabla 5.2 Cuadro comparativo de las perspectivas de los usuarios de la vialidad.

Usuario	Alternativa 1 y sus 3 variantes	Alternativa 2
<b>Peatones</b>	Es buena porque se tendría una vialidad segregada y ellos contarían con un mayor espacio para transitar, sin embargo seguirían caminando con los ciclistas a un lado y no es lo más deseable, pero si preferible a tener una vialidad compartida.	Es la mejor para ellos dado que no tienen que compartir con ciclistas y el tamaño de la vialidad es mayor con respecto al que cuentan actualmente.
<b>Ciclistas</b>	Es la mejor opción para ellos pues es mejor tener a un lado a peatones que a vehículos motorizados, además de que al tener los peatones una mayor área de tránsito no tendrían por qué invadir el carril ciclista como lo venían haciendo hasta ahora.	No es lo más deseado porque en la zona hay un mayor número de cajones de estacionamiento y si bien no se encuentran autos en circulación permanente si representa una mayor entrada y salida de autos a los mismos, por otra parte es un tramo exclusivo para ciclistas y en este caso no pasan por ahí la misma cantidad de peatones por lo que no deberían ocurrir interacciones de riesgo entre estos ni invasiones constantes a su carril como si pasaba antes.
<b>Automovilistas</b>	Esta alternativa afectaría a principalmente a los trabajadores y profesores de la Facultad pues son ellos quienes se pueden estacionar en los cajones que se reubicarían, por una parte no se perdería ningún cajón lo que es bueno para ellos pero al estacionarse más lejos puede significar una molestia al tener que trasladarse una distancia mayor para estacionarse y posteriormente ingresar en el edificio.	Afectaría a los automovilistas del estacionamiento para estudiantes porque perderían 3 cajones de estacionamiento y por otra parte puede ser molesto para ellos que se tenga que transitar en la misma zona que ciclistas puesto que puede afectar el tiempo y las maniobras a realizar para poderse estacionar.

Si bien no es lo más deseado que se comparta una zona entre ciclistas y automovilistas no es el único tramo de ciclopista que pasa cerca de cajones estacionamiento en Ciudad Universitaria, por las limitaciones de espacio con las que se cuenta, la alternativa 2 representa la mejor solución al problema.



Imagen 5.5 Tramos de ciclista cercanos a estacionamientos.

Fuente: Elaboración propia

Además de que al realizarse las grabaciones se pudo observar que en el lugar de conflicto la cantidad de peatones (1184) es mucho mayor que la de ciclistas (237), pues representa una proporción de 83.32% peatones contra un 16.68% de ciclistas, por lo que se les debería dar prioridad a ellos y si a esto sumamos que representan al usuario con más vulnerabilidad y el de mayor importancia dentro de la jerarquía de usuarios lo lógico es que la vialidad sea pensada y diseñada para favorecer a su tránsito por la zona.

## 6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Después de un análisis riguroso de la situación que se presenta en el tramo de ciclista ubicado frente al Edificio A de la Facultad de Ingeniería, se logró identificar los factores que ocasionaban conflictos en la zona de estudio, además de dar propuestas que puedan solucionarlo y se eligió la mejor considerando los recursos de espacio con los que se cuenta, el costo, tiempo de implementación e impacto ambiental, y que sea la opción más benéfica para los usuarios implicados en los conflictos y así poder erradicarlos.

Es de gran importancia realizar un análisis de la situación actual de una vialidad para poder después pensar en una posible solución, la falta de análisis de elementos característicos de una vialidad en la planeación no solo de infraestructura entre peatones y ciclistas, sino vialidades en general, ocasiona que muchas veces al implementarse una solución no siempre se cumplan con los objetivos.

Es importante revisar toda la información disponible, no solo a nivel nacional ya que en el caso concreto de México no se cuenta con una normativa establecida para la planeación y diseño de caminos compartidos entre peatones y ciclistas, la mayoría se centra en la implementación de infraestructura ciclista compartida con vehículos motorizados, por lo que muchas veces es necesario recurrir a criterios utilizados en otros países donde se utilizan más estos modos de transporte, como es el caso de Países Bajos o Australia pero sin dejar de considerar las características propias de la zona de estudio porque lo que funciona en un país no necesariamente funcionará en otro y esto tiene que ver con muchas cuestiones que van desde tipo de suelo, clima y hasta la educación de los habitantes del mismo.

Dentro del país existe una tendencia a copiar lo que funciona en países de primer mundo y muchas veces no se tiene los mismos resultados, por ejemplo en el caso de Avenida Revolución donde se colocó infraestructura ciclista dentro de una vialidad para automóviles, existen zonas donde el tránsito de bicicletas es muy bajo lo cual no justifica para nada su implementación y al contrario incluso ha traído ciertos problemas como el aumento del tráfico, especialmente cerca de la estación del metro Mixcoac, por el hecho de que cuenta con un paradero de autobuses a un costado y con la ciclista básicamente quitaron un carril para automóviles lo cual redujo su área de tránsito.

Lo que si se debería copiar, basado en la experiencia internacional, sería el hacer estudios previos de demanda, de perspectiva y comportamiento de usuarios, para saber si una propuesta puede convertirse en solución y no solo eso sino que generaría un precedente para el futuro diseño y planeación de infraestructura, lo cual evitaría muchos problemas de tránsito.

Centrándonos en la educación vial este es un punto necesario para reducir conflictos para todo tipo de usuarios pues si bien existen conflictos por errores de diseño también existen por falta de educación y no sirve de nada que se dote a los usuarios de la mejor infraestructura y condiciones si ellos mismos no respetan sus derechos y obligaciones para con los demás usuarios, por ejemplo cuando los peatones no respetan el auto y se atraviesan corriendo una vialidad para automóviles o bien no utilizan los espacios destinados para el cruce, lo cual es muy peligroso para ambos usuarios.

Por ello es preciso que las autoridades responsables dentro de la Universidad tomen cartas en el asunto y se dediquen a la difusión de que es lo que nos corresponde como usuarios de distintas vialidades que se encuentran en sus campus, así como los límites que debemos respetar, aunque la educación vial no solo debería enseñarse en la Universidad sino a nivel nacional y en todos los niveles educativos.

Y finalmente pero no menos importante es necesario tomar en cuenta la creciente demanda de lugares de estacionamiento ya que fue una de las razones por las que se llegó a este problema. Hay que solucionar un problema sin generar otros pues la expansión de los estacionamientos solo resta espacio para peatones y ciclistas, quienes deberían ser prioridad antes que los automóviles. Por lo tanto también es necesario revisar que las estrategias para satisfacer la demanda de lugares de estacionamiento no terminen afectando a otros usuarios y que puedan generar conflictos en un futuro. En cualquier planeación de infraestructura dentro de Ciudad Universitaria se debe de tomar en cuenta la pirámide de jerarquía de los usuarios antes de plantear los proyectos.

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

100 años de la UNAM, Construcción (2010). Recuperado el 30 de enero de 2019 de <http://www,100.unam.mx/>, Construcción.

100 años de la UNAM, Transporte (2010). Recuperado el 30 de enero de 2019 de: <http://www,100.unam.mx/>, "La Universidad en 2010: Transporte.

Short A, Grzebieta R & Arndt N (2007). *Estimating bicyclist into pedestrian collision speed*. International Journal of Crashworthiness.

Artigas, J.B. (2010). *La ciudad universitaria de México y su inclusión en la Lista del Patrimonio Mundial de la unesco*. México.

Atkins (2016). *Queen's Walk and Connecting Route Between Queen's Walk and Devonshire Gates for The Royal Parks*. London.

Austroroads (2009). *Guide to Road Design Part 6A: Pedestrian and Cyclist Paths*. Australia.

Austroroads (2014). *Cycling Aspects of Austroroads Guidelines*. Australia.

BicBur (2018): Red de vías ciclistas. Recuperado el 4 de noviembre de 2019 de: <https://www.bicibur.es/red-vias-ciclistas/>

Bicycle Federation of Australia (2007). *Environmental benefits of cycling*. Melbourne, Australia.

C.R.O.W (1993). *Sign Up for The Bike; Design Manual for A Cycle-friendly Infrastructure, Center for Research and Contract Standardization in Civil and Traffic Engineering Record 10*. Netherlands.

Cal y Mayor R. Rafael y Cárdenas G., J. (2007). *Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones*. 8ª edición. México. Alfaomega.

Cal y Mayor y Asociados (2007). *Sistema de Movilidad Universidad Nacional Autónoma de México "Pumabús" y "Bicipuma"*. México.

CDM Research (2012). *Cyclist Route Choice Survey*, unpublished report to VicRoads. Australia.

Clarín (2018): Ciudades. Recuperado el 3 de Agosto del 2019 de: [https://www.clarin.com/ciudades/saavedra-ciclistas-vecinos-reductores-velocidad\\_0\\_HJqt1Lofg.html](https://www.clarin.com/ciudades/saavedra-ciclistas-vecinos-reductores-velocidad_0_HJqt1Lofg.html)

C.R.O.W. (2007). *Design Manual for Bicycle Traffic*. Utrecht, Netherlands.

DGACU Bicipuma (2018), Recuperado el 22 de julio de 2019 de: <http://www.tucomunidad.unam.mx/Bicipuma>.

DGSGM Bicipuma (2017). Recuperado el 12 de febrero de 2020 de: <https://www.dsggm.unam.mx/bicipuma>

Ecobici (2018). “Información del Servicio” Recuperado el 13 de Diciembre de 2019 de: <https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/que-es-ecobici>

Fowler M, Lloyd W & Munro C. (2010). *Shared Path Widths*. IPENZ Transportation Group Conference, Christchurch, March 2010.

Friedman D, Nash C. E. & Bish J. (2007). *Observations from repeatable dynamic rollover tests*, International Journal Crashworthiness.

Garrard, J. (2013). *Senior Victorians and Walking: obstacles and opportunities*. Victoria Walks. Australia.

Gobierno de Jalisco (2008). *Manual de lineamientos y estándares para vías peatonales y ciclistas*. México.

Gobierno del Distrito Federal (2011). *Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico*. México.

Secretaría del Medio Ambiente de la CDMX, UNAM (2017). *Guía de diseño de infraestructura y equipamiento ciclista*. México.

Grzebieta R, McIntosh A, & Chong S (2011). *Pedestrian-Cyclist Collisions: Issues and Risk*. “A Safe System: Making it Happen!” Melbourne 1-2 September 2011, Australasian College of Road Safety Conference.

Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (2011). *Manual de Ciclociudades*.

Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (2013). *Piramide de Jerarquía de la movilidad urbana*.

Kiyota M, Vandebona U, Katafuchi N. & Inoue S. (2000). *Bicycle and pedestrian traffic conflicts on shared pavements*. Velomondial, Amsterdam.

- Graw M. & Konig H. G. (2002). *Fatal pedestrian–bicycle collisions*. Forensic Sciences International.
- Monsivais, B. (2016). *Las Nuevas Bicipuma son FA*. Repentina, Boletín electrónico de la Facultad de Arquitectura de la UNAM.
- National Transport Authority (2011). *National Cycle Manual*. Ireland
- Oxley J, Liu S, Langford J, Bleachmore M. & Guaglio A. (2012). *Road Safety for Pedestrians Who Are Blind or Have Low Vision*. Monash University Accident Research Centre and Vision.
- PROBICI (2010). *Guía de la Movilidad Ciclista*. Madrid, España.
- Queensland Department of Transport and Main Roads (2014). *Calculating the widths of shared paths and separated bicycle paths, technical note under development*, Australia.
- Rees, N. (2011). *Speed Limit Setting on Shared Paths, extended journal abstract for submission to the Journal Accident Analysis and Prevention*.
- Secretaría de Salud. (2008). *Programa de Acción Específico 2007 – 2012. Seguridad Vial*. México: Subsecretaría de Prevención y Promoción de Salud.
- Sociedad Mexicana de Cristalografía. Recuperado el 5 de Agosto del 2019. <http://www.smcr.fisica.unam.mx/d%20contacto/localizacion.htm>
- Transport for London (2014). *London Cycling Design Standards*. London.
- VicRoads (2012). *Shared Path Audit Guidelines*. Victoria, Australia
- VicRoads (2013). *Cycle Notes 21: Widths of off-road shared use paths*. Australia.
- Victoria Walks (2015). *Shared Paths: The Issues*. Australia.
- Vida de Peatón. Recuperado el 28 de septiembre del 2019. <https://jorgalbrtotranseunte.wordpress.com/tag/corredor-peatonal-francisco-i-madero/page/5/>