



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Diseño de una máquina para  
compra y recarga de tarjetas  
para el transporte público**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Mecatrónico**

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

José Carlos Rodríguez Tenorio

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Vicente Borja Ramírez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

REPORTE DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE **INGENIERO MECATRÓNICO**

PRESENTADO POR:

José Carlos Rodríguez Tenorio

EN COLABORACIÓN CON:

Xala Xutzi Ixchel Guillermo Hernández  
Ruth Alain Licona Becerra  
Adrielly Nahomeé Ramos Álvarez  
Jordi Olivares Romero

CON LA DIRECCIÓN DE:

Dr. Vicente Borja Ramírez

LA CODIRECCIÓN DE:

D.I. Yesica Escalera Matamoros

Y LA ASESORÍA DE:

Dr. Alejandro Ramírez Reivich  
Dra. María del Pilar Corona Lira  
Dr. Adrián Espinosa Bautista  
Arq. Arturo Treviño Arizmendi

# **DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA COMPRA Y RECARGA DE TARJETAS PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO**



JOSÉ CARLOS RODRÍGUEZ TENORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | FACULTAD DE INGENIERÍA

2019



## RECONOCIMIENTOS

El presente trabajo fue posible gracias al apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de México a través del Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT) de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI) de la Facultad de Arquitectura; así como a la empresa Operadora de Transporte por su colaboración a lo largo del proyecto.

De igual forma, los íconos de esta tesis son autoría de Xala Xutzi Ixchel Guillermo Hernández.

## AGRADECIMIENTOS

A mis papás **JOSÉ** y **TERE** por su amor incondicional, por ser sinónimo de fortaleza, por impulsarme a seguir adelante y por enseñarme cada día a ser mejor persona; sin ustedes esto no sería posible. Los amo.

A mis hermanos **RODRIGO** y **JUAN CARLOS** por apoyarme en mis decisiones y por compartir momentos felices conmigo.

A mis abuelos por su amor y sus apapachos.

A **VICENTE** y a **YESICA** por permitirme formar parte de este proyecto; por su tiempo, paciencia, amistad y enseñanzas.

A mis amigos **AIME**, **TANIA** y **CHARLESTON** por compartir desvelos, estrés y diversión.

Finalmente, pero no por ello menos importante, a la **UNAM** por la oportunidad de estudiar y las grandes experiencias que me ha proporcionado.

# RESUMEN

En este reporte se documenta el proceso de diseño para una máquina de compra y recarga de tarjetas, las cuales se utilizan para ingresar al servicio de distintos modos de transporte público en la Ciudad de México.

El proyecto se realizó como parte del Laboratorio de Diseño en Innovación entre la Facultad de Ingeniería y el Centro de Investigaciones de Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura, en colaboración con una empresa Operadora de Transporte durante el periodo de Septiembre de 2017 a Julio de 2018.

El proceso de diseño utilizado fue la metodología centrada en el usuario a partir de ciclos de trabajo, los cuales a su vez se dividen en cinco etapas: Definir o redefinir, conocer, generar, probar y aprender.

Para el desarrollo del proyecto se llevaron a cabo cinco ciclos de trabajo, cuatro de los cuales se exponen en el presente documento:

- CICLO I. ESTADO DEL ARTE
- CICLO II. SOBRE EL USUARIO
- CICLO III. CONFIGURACIÓN
- CICLO IV. DISEÑO CONCEPTUAL
- CICLO V. DISEÑO DE DETALLE

Al finalizar el proyecto se contó con el análisis de los problemas y las necesidades de los usuarios que interactúan con las máquinas de compra y recarga de tarjetas; además de la documentación para la manufactura del primer prototipo, el cual se espera incorporar en un servicio de transporte para la validación de la propuesta y el análisis sobre la experiencia de los usuarios al interactuar con la máquina.

# ÍNDICE

	RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS	5
	RESUMEN	6
	ÍNDICE	7
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	<b>14</b>
	2.1 Contexto: Movilidad en la Ciudad de México	14
	2.2 Metrobús	15
	2.3 Sistema de peaje	18
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>DEFINICIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>22</b>
	3.1 Participantes	22
	3.2 El reto: Diseñar una TVM	24
	3.3 Metodología de diseño	25
	3.4 Objetivo del proyecto	28
	3.5 Alcances	29
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>CICLO I: ESTADO DEL ARTE</b>	<b>30</b>
	4.1 Definir	32
	4.2 Conocer	32
	4.2.1 Lista de requerimientos	32
	4.2.2 Patentes	33
	4.2.3 Análogos	36
	4.2.4 Tendencias tecnológicas	39
	4.3 Generar y probar	43
	4.3.1 Selección de modos de transporte	44
	4.3.2 Cuadros comparativos para observaciones	46



4.3.3 Observaciones en Metrobús	48
4.3.4 Observaciones en CETRAMs	54
4.3.5 Observaciones en otros modos de transporte	56
4.3.6 Observaciones en parquímetros	60
4.3.7 La máquina ideal	63
4.4 Aprender	66

## CAPÍTULO V

### CICLO II: SOBRE EL USUARIO

72

5.1 Redefinir	74
5.2 Conocer	75
5.2.1 Usuarios de una TVM	75
5.2.2 Nivel socioeconómico de los usuarios de una TVM	79
5.3 Generar y probar	81
5.3.1 Fichas sobre los usuarios	81
5.3.2 Entrevistas a usuarios activos	84
5.3.3 Observaciones y entrevistas a usuarios de servicio	89
5.3.4 Primeros simuladores	93
5.3.5 Sesión de pruebas	100
5.3.6 Encuesta en línea	123
5.4 Aprender	124

## CAPÍTULO VI

### CICLO III: CONFIGURACIÓN

130

6.1 Redefinir	132
6.1.1 De necesidades a requerimientos	132
6.2 Conocer	137
6.2.1 Distribución de efectivo en las TVMs	137
6.2.2 <i>Intertraffic</i> : Análisis comparativo	138
6.2.3 Antropometría y percentiles	141
6.2.4 Lista de componentes internos	142
6.3 Generar y probar	145
6.3.1 Volumen de la TVM	145
6.3.2 Forma de una TVM	147
6.3.3 Simuladores de función	152
6.4 Aprender	175

<b>CAPÍTULO VII</b>	<b>CICLO IV: DISEÑO CONCEPTUAL</b>	<b>180</b>
	7.1 Redefinir	182
	7.2 Conocer	182
	7.2.1 Sistemas de la TVM	182
	7.3 Generar y probar	183
	7.3.1 Propuesta conceptual	183
	7.3.2 Validación de la propuesta conceptual	193
	7.5 Aprender	200
<b>CAPÍTULO VIII</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>202</b>
	8.1 Sobre el proyecto	202
	8.2 Trabajo a futuro	203
	8.3 Conclusiones personales y aprendizajes	204
	REFERENCIAS	205
	Anexo A. Observaciones	211
	Anexo B. Fichas sobre los usuarios	214
	Anexo C. Primeros simuladores	216
	Anexo D. Prueba I: Comparación entre TVMs	218
	Anexo E. Prueba II: Modalidades de pago para el acceso al Metrobús	220
	Anexo F. Prueba III: Simulación	221
	Anexo G. Prueba IV: Innovaciones tecnológicas	223
	Anexo H. Prueba V: Alertas sonoras	224
	Anexo I. Prueba VI: Alertas visuales	225
	Anexo J. Encuesta en línea	226
	Anexo K. Simuladores de función	228
	Anexo L. Validación de la propuesta conceptual	230

# 1. INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta el proceso de diseño para una máquina de compra y recarga de tarjetas para el transporte público que se llevó a cabo en el Laboratorio de Innovación en Diseño durante los semestres 2018-1 y 2018-2 - de Septiembre de 2017 a Julio de 2018 - con profesores y alumnos de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial en colaboración con una empresa Operadora de Transporte.

La empresa Operadora de Transporte se dedica al desarrollo de sistemas de información y servicio de peaje para el transporte público dentro de la Ciudad de México.

Como referencia, Metrobús es utilizado por 950,000 personas al día (Metrobús, n.d.) y es el segundo modo de transporte más importante en la ciudad después del Sistema de Transporte Colectivo Metro, el cual moviliza a 5.5 millones de usuarios al día (Excelsior, 2016).

Para poder acceder al Metrobús es necesario adquirir y recargar una tarjeta en las máquinas llamadas TVM por sus siglas en inglés para *Ticket Vending Machine*; dichas máquinas solo aceptan pagos en efectivo, ya sea en monedas o billetes; cuentan con gráficos y sonidos que guían a los usuarios durante la interacción y en caso de error en la operación, emiten un recibo para que el usuario acuda a un módulo de atención y recupere su saldo.

Una TVM es utilizada por distintos usuarios como lo son estudiantes, amas de casa, oficinistas, personas de la tercera edad, turistas y personas con discapacidad motriz temporal; además del personal de servicio que proporciona mantenimiento a la máquina, como los técnicos, personal de limpieza, policías, abastecedores de tarjetas, personal de recolección de efectivo y la autoridad del Metrobús.

Al inicio del proyecto se determinó el reto: Diseñar una máquina de compra y recarga de tarjetas para el transporte público; para el cual se recurrió a la metodología centrada en el usuario: un enfoque de diseño que considera la experiencia humana en la interacción con productos y servicios (Ortíz, 2017); y a la metodología del Laboratorio de Innovación en Diseño que propone ciclos de trabajo que se dividen a su vez en cinco etapas: Definir (o redefinir), conocer, generar, probar y aprender.

Este reporte se integra por ocho capítulos, en los cuales se explica la introducción del documento, los antecedentes, la definición del proyecto, cuatro ciclos de trabajo y finalmente las conclusiones y el trabajo a futuro. A continuación se presenta una breve descripción sobre los capítulos 2 al 8:

## 2. ANTECEDENTES

En el capítulo 2 se define el concepto de movilidad y se explica el contexto de operación: La Ciudad de México.

Por otro lado, se presenta la estructura del Metrobús como institución, así como los sistemas que integra para proporcionar el servicio de transporte; uno de los cuales es el sistema de peaje, conformado por tres elementos: las TVMs, las tarjetas *sin contacto* y los validadores en la entrada de las estaciones de Metrobús.

## 3. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

En el capítulo 3 se presentan los participantes del proyecto, el reto, la metodología de diseño que se utilizó y posteriormente el establecimiento del objetivo inicial y los alcances del proyecto.

## 4. CICLO I: ESTADO DEL ARTE

El **Ciclo I - ESTADO DEL ARTE** presenta el primer acercamiento hacia el proyecto; explica la investigación documental y de campo que se realizó para identificar el panorama global y local en cuanto al sistema de peaje, así como los métodos de pago disponibles para adquirir el acceso al transporte público. En este ciclo se realizaron observaciones en el Metro, Metrobús, Tren Ligero y Tren Suburbano, entre otros modos de transporte; con el propósito de compararlos e identificar áreas de oportunidad.

Al finalizar, se presenta el análisis sobre los problemas que enfrentan los usuarios al utilizar las TVMs.

## 5. CICLO II: SOBRE EL USUARIO

El **Ciclo II - SOBRE EL USUARIO** presenta la identificación de los distintos usuarios que utilizan las TVMs y el análisis de su comportamiento, acciones, comentarios, su punto de vista y percepción sobre los elementos de interacción con los que cuenta una TVM. A pesar de que el Ciclo II hizo énfasis en la importancia de los usuarios para la toma de decisiones, en todos los ciclos se contó con la participación de personas de distintas edades y profesiones con el objetivo de validar los hallazgos que se generaron en cada etapa.

Al término de esta iteración se presentan los enunciados sobre las necesidades, los cuales describieron los atributos deseados por los usuarios sobre la TVM (Ulrich y Eppinger, 2013).

## 6. CICLO III: CONFIGURACIÓN

El **Ciclo III - CONFIGURACIÓN** transformó los enunciados de necesidades en requerimientos, los cuales se consideraron como un puente de trabajo para identificar soluciones potenciales sobre la interfaz que utilizan los usuarios que compran o recargan una tarjeta.

En esta iteración se realizaron modelos, maquetas, archivos de CAD y simuladores de una TVM con el propósito de validar cada idea a través de pruebas con usuarios de distintas edades, profesiones y estaturas.

## 7. CICLO IV: DISEÑO CONCEPTUAL

En el **Ciclo IV - DISEÑO CONCEPTUAL** se presenta la división de la TVM en sistemas que se realizó para clasificar los requerimientos de la orden de trabajo enviada por la Empresa Operadora de Transporte. Además, con las soluciones identificadas en el ciclo anterior, se generó una propuesta conceptual y se establecieron los enunciados para las especificaciones (descripción de la solución) por cada requerimiento.

La propuesta se validó con la construcción y las pruebas de interacción con un simulador. Finalmente se concluyó con la definición del enfoque para el siguiente ciclo de trabajo.

## 8. CONCLUSIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones del proyecto, el trabajo a futuro y finalmente los aprendizajes y las conclusiones personales.

Al final del documento se muestran las referencias y posteriormente los anexos; los cuales no se exponen en su totalidad pero permiten ejemplificar la recopilación de datos que se llevó a cabo a lo largo del proyecto.

El **CICLO V - DISEÑO DE DETALLE** se reporta en la tesis de Adrielly Nahomeé Ramos Álvarez como continuación del presente documento; en el cual se explican las soluciones para cada sistema propuesto en el ciclo IV, el análisis de distintos materiales para la TVM, el análisis mecánico de la estructura, el diseño de los mecanismos de seguridad y la construcción de un *mockup* como validación de la propuesta final de diseño.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 CONTEXTO: MOVILIDAD EN LA CIUDAD DE MÉXICO

La Ciudad de México es una de las ciudades más grandes del mundo, con 8,918, 653 habitantes; sin embargo, durante el día el número de personas que estudian, trabajan o realizan alguna actividad dentro de ella asciende a más de 18 millones (INEGI, 2015); lo cual hace que el traslado dentro de la metrópoli sea un elemento crucial de la vida, la productividad y la felicidad de sus habitantes.

De acuerdo a la Gaceta Oficial del Distrito Federal (2014), la movilidad se define como el conjunto de los desplazamientos de personas y bienes que se realizan en la Ciudad de México a través de los distintos modos de transporte disponibles en la capital.

#### ¿CÓMO NOS TRANSPORTAMOS?

El transporte en la Ciudad de México se puede clasificar como transporte público, privado y no motorizado. En la Tabla 2.1 se muestran los modos de transporte más representativos.

Transporte público	Transporte privado	Transporte no motorizado
Metro Metrobús Tren suburbano RTP Microbús Tren Ligero Trolebús SVBus Taxis	Automóvil Motocicleta	Bicicleta Patineta Patines Viajes a pie

Tabla 2.1. Clasificación de modos de transporte más representativos de la Ciudad de México (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2014).

A la elección del modo de transporte que eligen las personas para trasladarse se le conoce como reparto modal; que de acuerdo al Instituto de Políticas para el Transporte (2014), el transporte público representa el 48%; el transporte particular el 28% ocupando más del 85% del espacio vial disponible; y el 24% restante está representado por el transporte no motorizado (Figura 2.1).

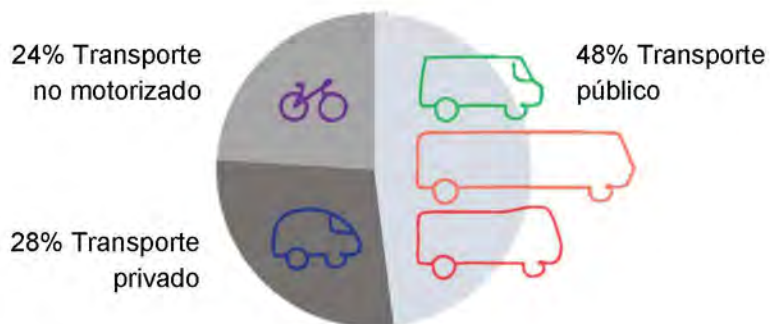


Figura 2.1. Reparto modal en la Ciudad de México (SETRAVI, n.d.).

La última actualización al Plan Integral de Transporte y Vialidad 2001 a 2006 de la Secretaría de Transporte y Vialidad (SETRAVI, n.d.) estima que existen 53 mil 500 microbuses, 28,000 vagones de metro, 10,071 RTP, 4,310 unidades de metrobús, 1,160 unidades de trolebús, 1,000 vagones de tren suburbano, 650 unidades de tren ligero y 320 unidades de Ecobús. Sin embargo, esta cantidad de unidades es insuficiente y no se cuenta con una cifra actualizada al 2018.

## 2.2 EL METROBÚS

El Metrobús es un modo de transporte BRT (por sus siglas en inglés para *Bus Rapid Transit* o autobús de transporte rápido) que incluye estaciones, vehículos y servicios tecnológicos para la compra y recarga de tarjetas (Metrobús, n.d.).



Figura 2.2. Metrobús de la Ciudad de México.



De acuerdo al Metrobús (n.d.), se integra como una institución a partir de tres elementos - uno de carácter público y dos de carácter privado - con el objetivo de garantizar la operación y el servicio del transporte público:



**Organismo Público** - Responsable de la administración, planeación y control del sistema de transporte.



**Concesionarios de operación** - Empresas privadas con la concesión para brindar el servicio de operación para la flota de autobuses.



**Concesionarios de recaudación** - Empresas privadas con la concesión para brindar el servicio de recaudación de efectivo.

Figura 2.3. Organización de Metrobús (Metrobús, n.d.)

Los concesionarios de las TVMs no se encuentran dentro de la integración como institución establecida por el Metrobús; sin embargo, son empresas privadas que de acuerdo a los requerimientos generados por el Organismo Público, se encargan de colocar y dar mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas para comprar y recargar tarjetas *sin contacto* con las cuales es posible acceder al servicio.

que integran al Metrobús, es posible proporcionar el con la infraestructura necesaria para el sistema BRT uso de suelo del espacio se clasifica de la siguiente

**do** - Carril que permite el libre tránsito de los articulados y biarticulados, promoviendo traslados

plataformas elevadas al nivel de las puertas de los permiten el ascenso y descenso de pasajeros.

Figura 2.4. Uso de suelo para el sistema de transporte Metrobús (Metrobús, n.d.).



Figura 2.5. Uso de suelo para el sistema de transporte Metrobús (Metrobús, n.d.).

En los carriles confinados opera exclusivamente la flota de autobuses articulados y biarticulados del sistema, aunque en ocasiones es utilizado por vehículos de emergencia como ambulancias, patrullas o grúas.

En las estaciones se encuentra el sistema de peaje, el cual es un sistema de pago automatizado con el uso de una tarjeta inteligente para que los usuarios accedan al servicio; incluye las TVMs o máquinas para comprar y recargar tarjetas, las tarjetas *sin contacto* y los validadores. En la figura 2.6 se observa la distribución del espacio al interior de una estación de Metrobús.

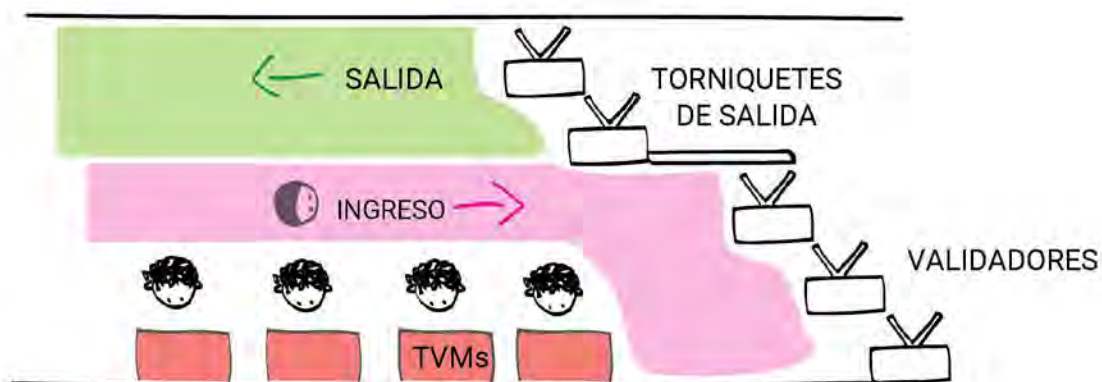


Figura 2.6. Vista superior de una estación de Metrobús.

Finalmente, la infraestructura del Metrobús incluye el sistema de control que opera en puntos externos a las estaciones y se encarga del monitoreo y seguridad de todo el sistema de transporte.

## 2.3 SISTEMA DE PEAJE

El sistema de peaje es un sistema concesionado a empresas privadas, integrado por tres elementos: TVMs, tarjetas con tecnología *contactless* o *sin contacto* y validadores.



Figura 2.7.  
TVM de la  
línea 3 de  
Metrobús.

### ¿QUÉ ES UNA TVM?

TVM son las siglas en inglés para *Ticket Vending Machine*, que se puede traducir como máquina expendedora de boletos. A pesar de que el usuario no recibe de forma física un boleto o ticket, es posible comprar o recargar una tarjeta *sin contacto* en una TVM con la cual accede al sistema de transporte público Metrobús (Figura 2.7).

Por lo anterior, en el presente documento se hace referencia al término TVM como aquella máquina de compra y recarga de tarjetas que se encuentran en las estaciones del Metrobús de la Ciudad de México.

Las TVMs son cada vez más comunes en la industria del transporte colectivo y son utilizadas en las grandes ciudades de todo el mundo debido a la agilidad con que se puede obtener un boleto o recargar una tarjeta, sin la necesidad de tener personal que las manipule.

Actualmente existen dos tipos de TVM: La TVM completa es una máquina que vende y recarga tarjetas y es posible pagar con monedas o billetes; y la TVM ligera que únicamente acepta monedas y permite realizar la recarga de tarjetas.

### COMPONENTES DE INTERACCIÓN DE UNA TVM

Los componentes de interacción de una TVM son aquellos elementos que los usuarios manipulan para realizar la compra y recarga de tarjetas; los cuales se mencionan a continuación:

1. Pantalla táctil
2. Lector de tarjeta
3. Aceptador o validador de monedas
4. Aceptador o validador de billetes
5. Dispensador de tarjeta
6. Bocina
7. Impresor de recibo



Figura 2.8. TVM completa de la Línea 3 del Metrobús de la CDMX.

### SECUENCIA DE USO DE UNA TVM

La secuencia de uso son los pasos que realizan los usuarios para poder obtener el beneficio de la TVM, en este caso para comprar o recargar una tarjeta.

En caso de que el usuario compre una tarjeta se siguen los siguientes pasos: De las opciones disponibles en la pantalla táctil (1) el usuario elige la opción de "Comprar". Posteriormente deposita en el aceptador de monedas (3) o en el aceptador de billetes (4) una cantidad en efectivo igual o superior al indicado en la pantalla. En caso de ingresar una cantidad superior, el excedente se carga como saldo a la tarjeta. Finalmente, el usuario puede recoger su tarjeta del dispensador (5).

Por otro lado, si el usuario decide recargar una tarjeta, debe introducirla en el lector de tarjeta (2) e ingresar la cantidad exacta a recargar en el aceptador de monedas (3) o en el aceptador de billetes (4), pues la máquina no da cambio. Al ser exitosa la transacción, se emite un sonido en la bocina (6) que le indica al usuario que puede retirar la tarjeta. En caso de error en la operación, se emite un recibo en el impresor (7).

### TARJETA SIN CONTACTO



Figura 2.9. Tarjeta *sin contacto*.

Las tarjetas empleadas en las TVM utilizan tecnología *contactless* o *sin contacto* con base en la norma ISO 14443 (Figura 2.9). Dicha norma es un estándar internacional para las tarjetas de identificación electrónicas o tarjetas de proximidad que operan en un rango menor a 20 centímetros de distancia (Finkenzeller, 2010) y que se comunican de forma inalámbrica por radiofrecuencia (RFID para *Radio Frequency Identification* o Identificación por radiofrecuencia).

Los sistemas RFID permiten la realización de protocolos de comunicación en tres rangos de frecuencia (Finkenzeller, 2010):

- Baja frecuencia (LF - *Low Frequency*): 30-300 kHz
- Alta frecuencia (HF - *High Frequency*): 3-30 MHz
- Ultra-alta frecuencia (UHF - *Ultra High Frequency*): 300 MHz-3 GHz

En este caso, las tarjetas operan en alta frecuencia a 13.56 MHz y el lector de tarjetas es el componente que realiza la comunicación al generar un campo magnético que es inducido a la tarjeta al acercarse ambos componentes entre sí; de esta forma, es posible realizar la lectura y la escritura de información (Figura 2.10).



Figura 2.10. Comunicación entre la TVM y la tarjeta de Metrobús.

## VALIDADOR

El validador es un sistema de control para el acceso a las estaciones y es en donde los usuarios validan su tarjeta para poder ingresar al andén del Metrobús (Figura 2.11).

Al igual que las TVMs, los validadores cuentan con un lector de tarjetas que realiza la validación y lectura de saldo.



Figura 2.11. Validador (Metrobús, n.d.).

## 3. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Al inicio del proyecto se estableció el equipo de trabajo y el reto; a partir del cual se generaron los objetivos, los alcances y la metodología de diseño.

### 3.1 PARTICIPANTES

Para el desarrollo del proyecto se integró un equipo multidisciplinario con profesores y alumnos de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial; ambos de la Universidad Nacional Autónoma de México. Además se contó con la asesoría de directivos e ingenieros de una empresa Operadora de Transporte.

#### ALUMNOS

Durante el Ciclo I, II y III se contó con la participación de tres estudiantes de la Facultad de Ingeniería y dos alumnas del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial:



José Carlos Rodríguez Tenorio  
Adrielly Nahomeé Ramos Álvarez  
Jordi Olivares Romero  
INGENIERÍA MECATRÓNICA

Xala Xutzi Ixchel Guillermo Hernández  
Ruth Alain Licona Becerra  
DISEÑO INDUSTRIAL

Figura 3.1. Alumnos participantes en el proyecto.

En los ciclos IV y V el equipo quedó integrado por Adrielly Ramos, Carlos Rodríguez y Xala Guillermo.

La función del equipo fue realizar actividades de investigación, construcción y pruebas con simuladores; así como la generación de propuestas de valor, documentación y presentación de reportes periódicos con los avances del proyecto.

### PROFESORES

Los profesores que proporcionaron asesoría y retroalimentación a lo largo del proyecto fueron:



Figura 3.2. Profesores participantes en el proyecto.

La función de los profesores fue supervisar e incentivar el trabajo en el equipo, establecer fechas de entrega de avances del proyecto, así como el intercambio de información con la empresa Operadora de Transporte.



## ASESORES DE LA EMPRESA

El equipo de asesores de la empresa se integró por directivos e ingenieros que proporcionaron la información necesaria para cada etapa del proyecto; brindaron retroalimentación y tuvieron una participación activa en la toma de decisiones.

### 3.2 EL RETO: DISEÑAR UNA TVM

El reto al cual nos enfrentamos fue diseñar una máquina de compra y recarga de tarjetas con base en las necesidades de los usuarios del transporte público de la Ciudad de México.

El sistema de peaje es el primer contacto de los usuarios con el servicio de transporte, por lo cual es de gran importancia comprar o recargar una tarjeta de forma ágil y sencilla.

De acuerdo al INEGI (2018), en un día entre semana se realizan 15.57 millones de viajes en cualquiera de las modalidades del transporte público en la Zona Metropolitana del Valle de México; y las filas generadas para utilizar las TVMs o adquirir un boleto en una taquilla dificultan el acceso y la salida de las personas que transitan por las estaciones (Figura 3.3).



Figura 3.3. Izquierda, fila para comprar un boleto para el Sistema de Transporte Colectivo Metro (El Universal, 2013); derecha, acceso a una estación de Metrobús.

### 3.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Para abordar el problema se utilizó la metodología del Laboratorio de Innovación en Diseño con un enfoque centrado en el usuario para conocer las necesidades y experiencia de las personas; determinar los requerimientos del proyecto y finalmente las especificaciones para la propuesta de diseño.

La metodología del Laboratorio de Innovación en Diseño es un proceso que propone generar ciclos o iteraciones de trabajo con la participación activa de los usuarios a través de su experiencia, emociones, sentimientos y estados de ánimo para generar productos o servicios.

El proyecto puede contar con tantas iteraciones como el proceso lo requiera hasta llegar al objetivo. En este caso, se realizaron cinco ciclos de trabajo como lo muestra la figura 3.5.



Figura 3.4. Ciclos del proyecto.

Cada ciclo se divide a su vez en cinco etapas: Definir o redefinir, conocer, generar, probar y aprender. En cualquiera de las etapas se generan hallazgos, que son información útil que proporciona ideas importantes o innovadoras que guían el proceso de diseño.

A continuación se explican las etapas que componen los ciclos de trabajo:

### DEFINIR O REDEFINIR

1

Es la primera etapa del ciclo en la cual se establece o modifica el objetivo del proyecto y se proponen los objetivos particulares que guían el trabajo durante la iteración. Para el primer ciclo se DEFINE y a partir del segundo se REDEFINE el problema, el enfoque o los objetivos en caso de ser necesario.



### CONOCER

2

En la segunda etapa se realiza una investigación documental para generar hipótesis con el objetivo de interpretar y proporcionar soluciones potenciales del problema.



### GENERAR

3

En la tercera etapa del ciclo se materializan aquellos hallazgos con base en las hipótesis generadas en la etapa anterior a través de simuladores, prototipos, dibujos, bocetos, modelos, maquetas, mapas mentales, entre otros. En esta etapa únicamente se construyen o planifican las actividades pero no se evalúan las ideas.



Tabla 3.1. Etapas de una iteración de la metodología de diseño.

**PROBAR**

En la cuarta etapa del ciclo se presentan y evalúan las actividades e ideas generadas. A partir de los resultados se obtienen hallazgos y se validan o refutan las hipótesis para identificar si una idea es viable e incorporable en la propuesta de diseño o no lo es.

4

**APRENDER**

En la quinta etapa del ciclo se documenta, resume y se concluyen las actividades de la iteración. Finalmente, se recibe retroalimentación entre los alumnos, profesores y asesores sobre los resultados obtenidos, los hallazgos y el curso del proyecto; estableciendo el enfoque para los siguientes ciclos.

5

Tabla 3.1. Etapas de una iteración de la metodología de diseño (Continuación).

La metodología de trabajo permite modificar el orden de las etapas de acuerdo a las necesidades del proyecto (Figura 3.5 y 3.6). En este documento se explica el proceso de diseño con el orden propuesto; sin embargo, “Generar” y “Probar” se unieron con el objetivo de facilitar la lectura del documento. De esta forma se explica cómo se llevó a cabo la planeación de las actividades, su ejecución, evaluación y posteriormente la identificación de los hallazgos a partir de los resultados.

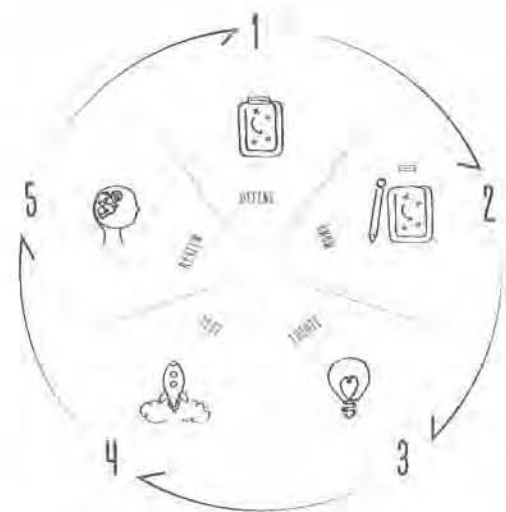


Figura 3.5. Etapas de un ciclo de trabajo.

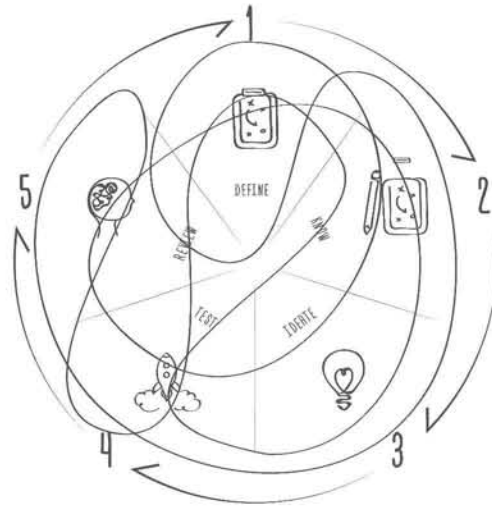


Figura 3.6. El orden de las etapas puede modificarse dependiendo de los requerimientos del proyecto.

Finalmente, la metodología utilizada en el Laboratorio de Innovación en Diseño se ha perfeccionado y mejorado por profesores del Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT) de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI) de la Facultad de Arquitectura con el objetivo de generar innovación en el desarrollo de productos y servicios.

### 3.4 OBJETIVO DEL PROYECTO

A partir de la definición del reto se adoptó como objetivo inicial el siguiente enunciado:

*Diseño de una máquina de compra y recarga de tarjetas para el transporte público.*

A lo largo de las iteraciones se redefinió y finalmente el objetivo quedó de la siguiente forma:

*Generar una experiencia de interacción ágil y eficiente entre el usuario y la máquina de compra y recarga de tarjetas a través del diseño mecánico de una TVM.*

### 3.5 ALCANCES

Al finalizar el proyecto se contó con los siguientes resultados:

- Análisis de las necesidades de interacción de los usuarios con una TVM.
- Resultados de las pruebas con los simuladores de masa y de función.
- Reportes para documentar los avances de cada ciclo de trabajo.
- Propuesta de diseño de una TVM.
- Validación de la propuesta de diseño con un *Mockup*.
- Documentación sobre el diseño mecánico de la TVM para la manufactura de un primer prototipo.

## 4. CICLO I: ESTADO DEL ARTE

El estado del arte es una modalidad de la investigación documental que establece el estudio del conocimiento generado al día de hoy como punto de partida para la toma de decisiones (Molina, 2005).

Para el ciclo I se realizó un primer acercamiento al proyecto a través de la revisión de material bibliográfico y el análisis de productos relacionados con el sistema de peaje con el propósito de identificar el panorama actual a nivel global y nacional.

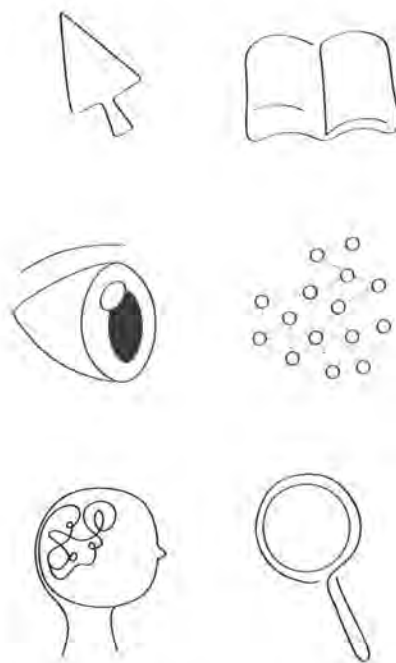
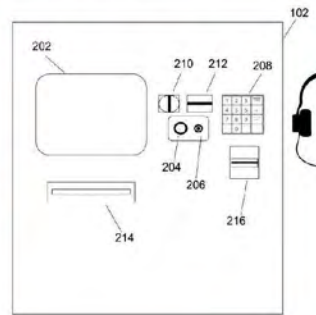
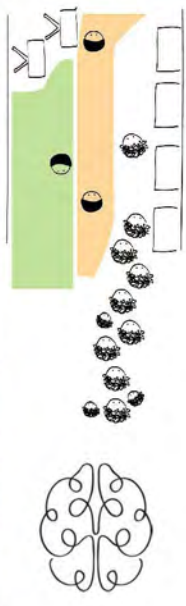
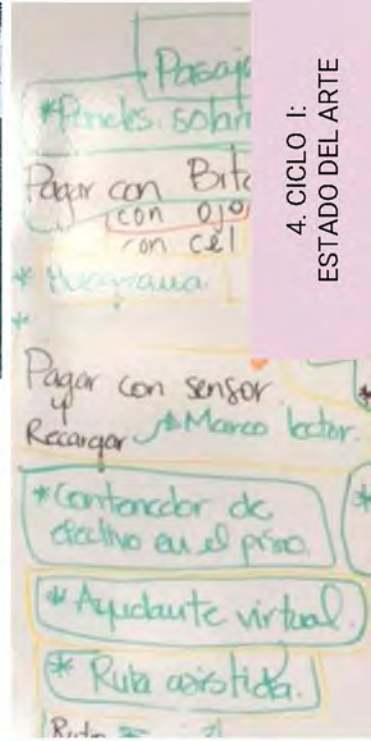


Figura 4.1. Ciclo I: Estado del arte.





## 4.1 DEFINIR

Para comenzar con el Ciclo I fue importante establecer objetivos particulares para guiar la investigación sobre las TVMs. Este primer acercamiento permitió conocer qué productos hay en el mercado a nivel global y nacional; y cómo se genera la innovación en las máquinas que venden un *ticket* o recargan una tarjeta para el uso del transporte público en las grandes ciudades de todo el mundo.

Los objetivos particulares se establecieron de la siguiente forma:

1. Identificación y revisión de los requerimientos enviados en la orden de trabajo por parte de la empresa Operadora de Transporte.
2. Análisis de patentes de diseño de distintas TVMs y de productos con una función igual o similar a las máquinas para comprar o recargar una tarjeta.
3. Clasificación de las tendencias tecnológicas sobre métodos de pago de acuerdo a su incorporación en el mercado a corto y mediano plazo.
4. Análisis del comportamiento de usuarios al adquirir un boleto o comprar y recargar una tarjeta para el acceso a los modos de transporte de la Ciudad de México.
5. Generación de ideas sobre la máquina ideal para el transporte público.

## 4.2 CONOCER

En esta etapa se trabajó con los objetivos particulares 1, 2 y 3 establecidos en la etapa 4.1 *DEFINIR*.

### 4.2.1 LISTA DE REQUERIMIENTOS

Para la primera actividad, se analizó la lista que la empresa envió con los requerimientos para una TVM. Dicha lista contenía 157 enunciados en total con respecto a la TVM completa y a la TVM ligera.

La orden de trabajo contenía los requerimientos que el Organismo Público que pertenece al Metrobús envía a los concesionarios de las TVMs sobre las expectativas de las máquinas que se instalan en las estaciones del servicio. La lista no se encuentra disponible para su consulta; sin embargo, a continuación se muestran dos de los enunciados a manera de ejemplo sobre los requerimientos para las máquinas:

**REQ\_GRS\_TVMF\_01.** La máquina expendedora de boletos completa (*Ticket Vending Machine Full*) está a cargo de la venta y recarga de tarjetas, acepta monedas y billetes, además de imprimir los recibos para reclamación y corte de valores. La TVM completa se instalará en estaciones y terminales, tendrá un diseño ergonómico y un sistema de iluminación que ayudará al usuario a completar la operación de compra o recarga de boletos. Durante la fase de diseño será posible personalizar algunos contenidos de la pantalla (animación, mensajes, color, logo...). Los usuarios podrán escoger el idioma que aparecerá en la pantalla como: español, inglés, francés e italiano.

**REQ\_TCS\_TVMF\_002.** La TVM estará de conformidad con la norma ISO 14443 A y B.

A partir de la revisión de la lista se identificó que las expectativas por parte de Metrobús sobre las TVMs es de gran importancia por ser el comprador potencial del producto.

En este ciclo se utilizó la lista de requerimientos para obtener información sobre los componentes necesarios para el funcionamiento de la máquina e investigar sobre ellos; pero fue hasta el ciclo IV, en la etapa *7.1 REDEFINIR*, que se utilizó nuevamente para clasificar cada requerimiento en uno de los siete sistemas propuestos - Soporte, gabinete, efectivo, recibo, tarjeta, seguridad y sujeción - con el objetivo de interpretarlos y establecer una posible especificación como solución para la propuesta final.

#### 4.2.2 PATENTES

De acuerdo al Instituto Nacional de la Propiedad Industrial, una patente es un derecho exclusivo que concede el Estado para la protección de una invención y permite utilizarla y explotarla, así como impedir que terceros hagan uso sin el conocimiento del inventor. Las patentes se aplican a procesos, productos físicos y químicos; y en general para cualquier dominio de la tecnología y se pueden vender o ceder a alguna empresa para que la comercialice bajo licencia (INAPI, n.d.).

El análisis de patentes brinda la oportunidad de comparar entre diseños y no infringir derechos de autor al momento de generar un nuevo producto, así como identificar tecnologías que pueden ser incluidas o adaptadas (Borja et al, 2006).

## ANALIZANDO PATENTES

En todo el mundo, los sistemas de transporte público utilizan TVMs para vender un boleto o recargar una tarjeta y así permitir el acceso; por ello existe una gran variedad de productos, con diferentes funciones según el contexto de operación (Figura 4.2). En esta actividad se analizaron 10 patentes sobre máquinas que realizan alguna función con efectivo y no solo aquellas relacionadas a la venta de boletos o a la compra y recarga de tarjetas; por lo que se realizaron cuadros comparativos como se muestra en la Tabla 4.1:

Ficha comparativa - Patente de diseño	
Nombre	
Número de patente	
Fecha	
País o región	
Inventores	
Descripción	
Función	
Observaciones	

Tabla 4.1. Cuadro de comparación para patentes de diseño.

Posteriormente, se analizaron patentes que hacen referencia a partes específicas de la máquina como recepción de efectivo, distribución de elementos o soporte, por lo que se amplió la investigación incluyendo 10 patentes de función específica con cuadros de comparación similares a los de la tabla 4.1.

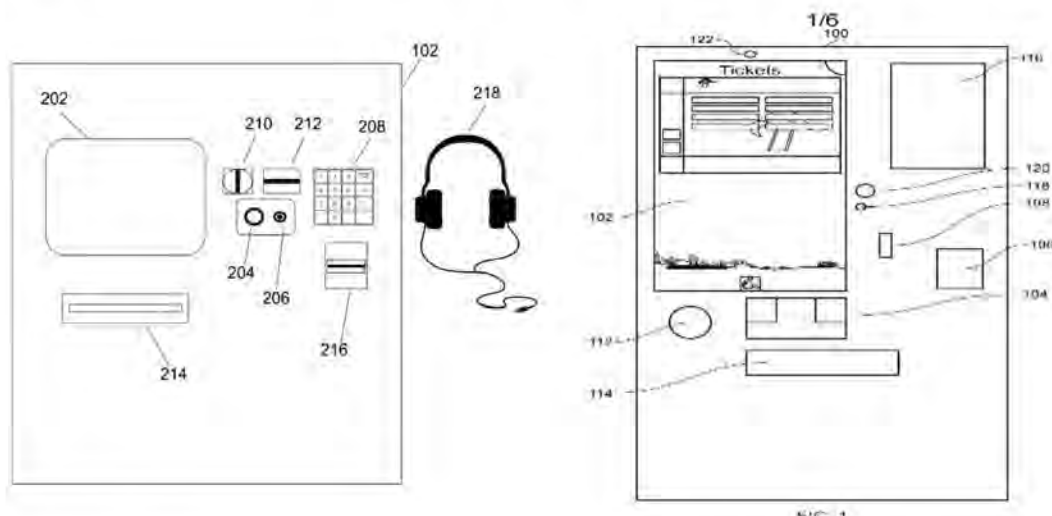


Figura 4.2. Patente US20170140355 (izquierda) y GB2541172 (derecha).

## HALLAZGOS SOBRE LAS PATENTES

Las patentes de diseño de máquinas que interactúan con los usuarios para recibir pagos en efectivo o con tarjeta de crédito hacen relación a la distribución de los elementos, a la forma de operar o al algoritmo utilizado para el procesamiento de la información, por lo que se consideró difícil infringir de alguna forma los derechos de autor con una nueva propuesta de diseño.

En cuanto a las patentes de función, son específicas al proceso que realizan: almacenar efectivo, recibir pagos, interfaz de operación, entre otros.

Finalmente, se identificó la importancia de seccionar por función la propuesta de diseño una vez concluido el proyecto con el objetivo de proteger de forma adecuada los derechos de autor.



Figura 4.3. Análogos de la TVM: a) Máquina para expedir actas de nacimiento. b) Cajero automático. c) Máquina para realizar el pago por el servicio de energía eléctrica.

### 4.2.3 ANÁLOGOS

Se considera análogo como aquél bien o servicio cuya función es similar o parecida a la del objeto de estudio pero que no es la misma. En este caso, los análogos de la TVM se definieron como cajeros automáticos, máquinas dispensadoras de alimentos, máquinas para el pago de estacionamiento, o cualquier otra máquina que proporcione un servicio y que el usuario tenga que manipular sin la necesidad de personal autorizado (Figura 4.3).

El objetivo de esta actividad fue comparar entre los productos disponibles en el mercado, identificar mejoras y analizar la competencia. Se revisaron 10 análogos y la información se organizó en fichas comparativas como lo muestra la Tabla 4.2. Cada ficha de trabajo se presentó con fotografías que brindaron información sobre el producto, los colores, la señalización y la disposición de los elementos.

Ficha comparativa - Análogo	
Nombre del producto	
Función	
Descripción	
Marca	
Sector	
Origen	
Presentación	
Lugar de venta	
Observaciones	

Tabla 4.2. Ficha comparativa para análogos de una TVM.

## HALLAZGOS SOBRE ANÁLOGOS

Los análogos analizados, al igual que las patentes, son productos muy diferentes entre sí y no se identificaron características en común en aquellas máquinas que tienen un mismo propósito de uso; por ejemplo, la distribución de los elementos de los cajeros automáticos es distinta en todos ellos a pesar de contar con los mismos componentes de interacción.

Por otro lado, todos los análogos utilizan gráficos en etiquetas con números, letras y/o flechas. Algunas máquinas además cuentan con guías de luz para indicarle al usuario donde comienza el proceso o el paso siguiente en la secuencia de uso (Figura 4.3.b). El exceso de información dificulta la interacción del usuario con la máquina y genera un mayor tiempo de uso por evento; haciendo posible utilizar el producto de forma ágil y rápida hasta que el usuario se ha familiarizado con él.

Las medidas de algunas máquinas no están en proporción con el cuerpo humano. En la figura 4.3.a se observa una pantalla colocada a 170 centímetros del suelo. Como consecuencia, las personas de baja estatura no pueden hacer uso de la máquina de forma eficaz ya que los reflejos de luz y la distancia no le permiten al usuario leer las instrucciones y los pasos siguientes.

En las “Practicajas”, máquinas en las que puedes realizar el pago de servicios y el depósito a cuentas de banco o tarjetas de crédito, se encuentra personal del banco que asesora a los usuarios en la secuencia de uso e incluso realizan la interacción en lugar de las personas de la tercera edad que en ocasiones muestran desconfianza y prefieren pasar a una caja donde un asistente les recibe el pago en efectivo y genera un recibo sobre la transacción.

Las máquinas que venden productos como refrescos y papas son las únicas que presentan una interfaz similar entre ellas; sin embargo los usuarios al recoger el producto adoptan posturas incómodas ya que la ranura de entrega se encuentra a pocos centímetros del piso (Figura 4.4).



Figura 4.4. Máquinas de alimentos y bebidas.  
(Portmas, n.d., Marketing Vending, n.d.)

### 4.2.4 TENDENCIAS TECNOLÓGICAS

Con el objetivo de identificar los métodos de pago que se podrían incorporar en la TVM, se realizó una investigación sobre las tendencias e innovaciones tecnológicas en México y el mundo.

Las ideas, tendencias e innovaciones se recopilaron de distintos sitios web sobre *gadgets* y tecnología como *blogs*, foros, sitios de noticias y redes sociales. Al inicio se estudiaron aquellos métodos de pago utilizados actualmente en México y en el mundo. Posteriormente se analizaron aquellas ideas que pueden incorporarse en un lapso de 1 a 3 años (corto plazo) y aquellas que requieren de 3 años o más (mediano plazo). En la figura 4.5 se observan los métodos de pago actuales y las tendencias identificadas en una línea del tiempo.

Los cambios que la tecnología genera pueden ser disruptivos, por lo que las tendencias pueden modificarse significativamente de un momento a otro.

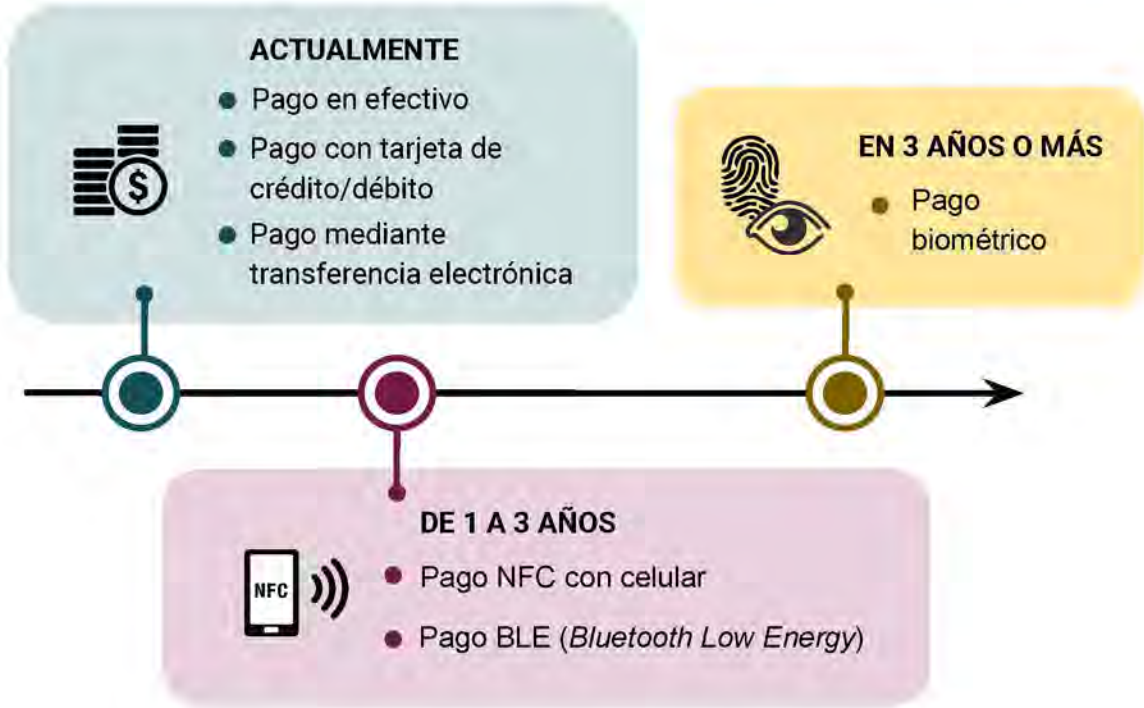


Figura 4.5. Línea del tiempo sobre métodos de pago actuales para el acceso al transporte público y tendencias tecnológicas a corto y mediano plazo.



El Servicio de Atención Tributaria (Grupo e-Digital, 2017) establece 18 formas de pago que son aceptadas en México, por ejemplo pago en efectivo, con cheque, transferencia electrónica de fondos, tarjeta de crédito y débito, monedero electrónico, vales de despensa, entre otros; sin embargo, con respecto a la movilidad de usuarios son tres los métodos aceptados para utilizar un servicio de transporte: Pago en efectivo, pago con tarjeta de crédito o débito y pago a través de una transferencia electrónica de fondos.

En el mundo, el 85% del total de transacciones se realizan en efectivo (Mastercard Advisors, 2013) con una transición hacia el uso de tarjetas de débito, crédito y transferencias electrónicas (Instituto Mexicano para la Competitividad, n.d.). Para promover dicha transición, algunos países como Dinamarca han dejado de imprimir billetes y para 2030 dejarán de aceptar pagos en efectivo (Forbes, 2018a).

En México el panorama es distinto pues se consideran 4 razones por las cuales el efectivo será más difícil de sustituir por algún otro método de pago (Forbes, 2018b):

1. Desconfianza de la población mexicana hacia las instituciones bancarias.
2. Gran cantidad de mexicanos sin una cuenta en el banco.
3. Existencia de economía informal.
4. Baja educación financiera en la mayor parte de la población.

En el caso del transporte público de la Ciudad de México, el pago para el acceso depende de la modalidad; en el Sistema de Transporte Colectivo Metro es posible comprar un boleto o recargar una tarjeta en las taquillas donde hay personal del servicio que realiza la transacción; en el Metrobús, Tren Ligero, Mexibús y Tren Suburbano existen TVMs para comprar y recargar una tarjeta; y en el SVBus es posible pagar en efectivo o con tarjeta de crédito pues cada camión cuenta con una terminal bancaria para realizar el cobro (Figura 4.6).



Figura 4.6. Pago en el SVBus con tarjeta de crédito o débito (Informando México, 2016).

Por otro lado, hay sectores de la población que se transportan utilizando una aplicación móvil instalada en su celular: tan solo Uber cuenta con 7 millones de usuarios registrados en México (Forbes, 2017), recurriendo al pago por transferencia electrónica.

En cuanto a las tendencias tecnológicas a corto plazo, es decir de uno a tres años, se identificó la sustitución del plástico de las tarjetas de crédito o débito por pagos con el celular gracias a la tecnología NFC - *Near Field Communication* - y BLE - *Bluetooth Low Energy* - para permitir la transferencia electrónica de fondos.

En 2014 se manufacturaron 200 millones de celulares con tecnología NFC (Harrop, 2014) por lo que su incorporación como método de pago para el transporte público sería sencillo pues ya se cuenta con la infraestructura necesaria para la escritura y lectura de información en tarjetas *sin contacto*.

BLE - *Bluetooth Low Energy* también conocido como *Bluetooth Smart* (Adafruit, 2015) es otra tendencia que podría sustituir el uso de los sistemas NFC pues su principal ventaja es el rango de operación de 50 a 300 pies, es decir entre 15 y 90 metros aproximadamente, así como la compatibilidad con dispositivos que ya cuentan con *Bluetooth 4.0* (Hackernoon, 2018).

Ambas tendencias - NFC y BLE - enfocan el método de pago hacia los dispositivos móviles como celulares o relojes inteligentes pues son artículos que, por lo general, traemos con nosotros la mayor parte del tiempo. Un ejemplo de pago mediante un dispositivo móvil es *Smart Mirror* (Mastercard, 2017), un espejo inteligente que despliega el precio y al acercar un dispositivo como un reloj inteligente es posible completar la transacción (Figura 4.7).

Figura 4.7. *Smart Mirror* (Mastercard, n.d.).

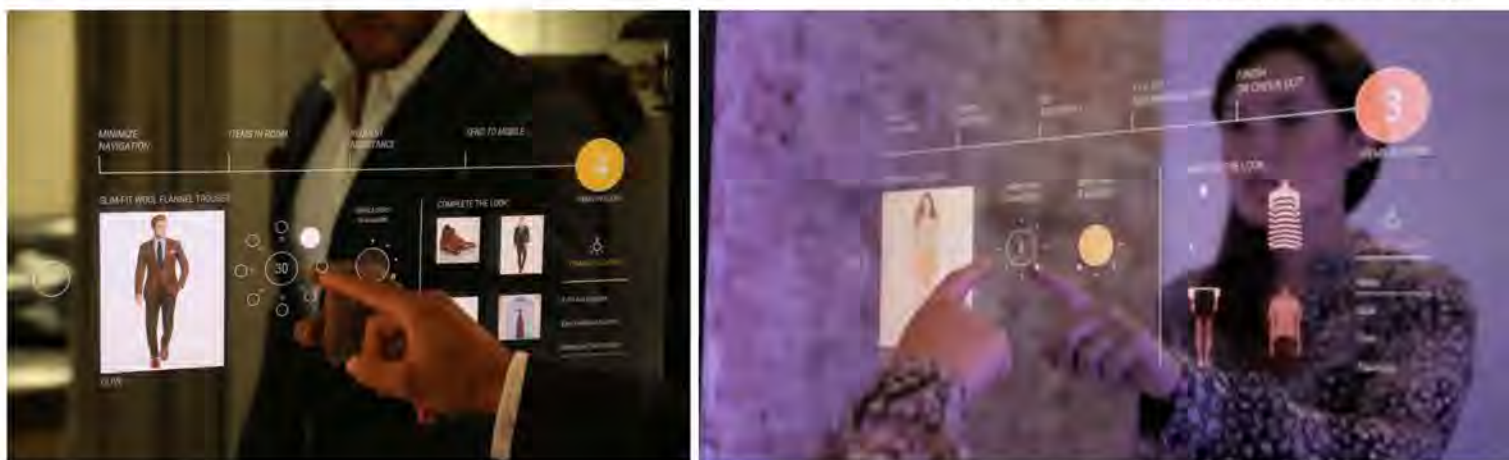




Figura 4.8. PalmSecure ID Match (Fujitsu, n.d.).

Finalmente, en cuanto a las tendencias a mediano plazo, en más de tres años, se espera reducir el uso de *gadgets* para realizar pagos e incorporar sistemas biométricos.

La biometría es una práctica tecnológica que permite identificar a un individuo por sus rasgos biológicos y conductuales como lo son las huellas dactilares, los patrones de distribución de los vasos sanguíneos en las retinas, el espectro de frecuencias de la voz, entre otros (¿Cómo ves?, 2007).

Fujitsu es una empresa japonesa que desarrolló *PalmSecure* (Figura 4.8 y 4.9) que identifica a un usuario mediante un patrón generado por sus venas para realizar pagos, asegurando que se obtienen mejores resultados que la lectura de las huellas dactilares (El Mundo, 2014).

El pago biométrico proporciona seguridad al garantizar que un individuo realiza una compra; sin embargo, también genera desconfianza en cuanto al mal uso de los datos personales que podría realizarse.

Como conclusión de la actividad, se identificó que la incorporación de nuevos métodos de pago genera un cambio en los componentes y la interfaz de la TVM y por ello fue importante identificar aquellos que podrían integrarse en la propuesta de diseño y cuáles se podrían implementar a futuro.

Figura 4.9. PalmSecure PSN900 (Fujitsu, n.d.).



Debido a la importancia de las transacciones en efectivo, se decidió conservar los componentes "Validador de monedas" y "Validador de billetes"; y contar con espacio al interior de la TVM para los depósitos que almacenan el efectivo.

Al realizar la TVM la escritura de tarjetas *sin contacto*, se consideró la posibilidad de incorporar el pago con celulares que utilizan la tecnología NFC; sin embargo, al requerir cambios en la programación de la máquina y debido a que en ciclo III, en la etapa 6.1 *REDEFINIR* se determinó que en esta primera fase del proyecto se realizaría únicamente el diseño mecánico de la TVM, se conservó la idea como posible trabajo a futuro.

En cuanto a la incorporación de un sistema BLE o pagos biométricos, se establecieron las siguientes preguntas para responder en el siguiente ciclo:

- ¿Cuál es el nivel socioeconómico de los usuarios del Metrobús?
- ¿La mayoría de los usuarios del Metrobús cuentan con un celular con Bluetooth 4.0 o con tecnología NFC?
- ¿Qué usuarios estarían dispuestos a utilizar un sistema BLE o biométrico para realizar pagos?
- ¿Cuál es la percepción y experiencia de los usuarios al utilizar las TVMs?

### 4.3 GENERAR Y PROBAR

Para las etapas "Generar" y "Probar" de este ciclo se trabajó con el objetivo particular 4 establecido en la sección 4.1 *DEFINIR*, el cual hace referencia al análisis de los usuarios en distintos modos de transporte de la Ciudad de México al adquirir un boleto o comprar y recargar una tarjeta.

El propósito de la actividad fue obtener información sobre las TVMs del Metrobús y compararlas con las máquinas utilizadas en otros modos de transporte; identificar los principales problemas que enfrentan los usuarios y analizar su comportamiento y sus acciones al interactuar con las TVMs. Como herramienta de trabajo se realizaron observaciones; ya que muchos datos no se pueden obtener de entrevistas o encuestas ante la posibilidad de que el usuario mienta o describa únicamente una parte de la situación; por lo cual no se realizaron preguntas o comentarios hacia las personas.

### 4.3.1 SELECCIÓN DE MODOS DE TRANSPORTE Y CETRAMS

La primera actividad de ésta etapa fue seleccionar los modos de transporte para las observaciones. En primer lugar se eligieron estaciones de Metrobús ya que es el servicio sobre el cual se diseñaría la TVM.

Debido a la similitud que presenta la infraestructura de las líneas de servicio de Metrobús, se tomó la decisión de elegir las estaciones que cumplieran con una o varias de las siguientes características:

- Estaciones con TVMs en su versión completa y ligera
- Estaciones que se encontraran a la mitad de la línea del servicio
- Estaciones terminales o con conexión hacia otros modos de transporte
- Estaciones con transbordo hacia otra línea de Metrobús

Al seleccionarlas se estableció como requisito indispensable elegir por lo menos una estación por línea de servicio. En Octubre de 2017 existían 6 líneas de Metrobús en operación pues la línea 7 comenzó el servicio en Marzo de 2018 (Metrobús, 2018), por ello no se incluye ninguna observación sobre dicha línea. De las 6 líneas de Metrobús se seleccionaron las 10 estaciones siguientes:



Figura 4.10. Estaciones de Metrobús seleccionadas.

En cuanto a otros modos de transporte, se seleccionaron aquellos que cuentan con TVMs para realizar la compra de un boleto o la compra y la recarga de una tarjeta como el Tren Ligero, Tren Suburbano y Mexibus. Las estaciones seleccionadas fueron las siguientes:



Figura 4.11. Estaciones seleccionadas de Tren Ligero, Tren Suburbano y del Mexibus.

El modo de transporte SVBus acepta el pago con tarjeta de crédito o débito, por lo cuál se incluyó dentro de las observaciones para identificar la aceptación de los usuarios sobre esta modalidad de pago. La ruta seleccionada fue la siguiente:



Figura 4.12. Ruta seleccionada del SVBus.

Por otro lado, ecoParq es un sistema de la Ciudad de México para el ordenamiento del estacionamiento en la vía pública a través de parquímetro (SEMOVI, n.d.), que son máquinas en donde los usuarios ingresan las placas de su vehículo, introducen las monedas y reciben un boleto que indica la hora límite que puede estar estacionado un automóvil. Debido a que el usuario realiza la interacción con la máquina sin ayuda de personal del servicio; se incluyó un parquímetro dentro de las observaciones de ésta actividad.



Figura 4.13. Parquímetro seleccionado.

Un Centro de Transferencia Modal (CETRAM) es un espacio en el cual se concentran diversos tipos de transporte público de la Ciudad de México y es por ello que mueven a grandes cantidades de usuarios todos los días. Se seleccionaron algunos de ellos con el objetivo de identificar los modos de transporte que integran y el sistema de cobro de cada servicio. Los CETRAMs seleccionados fueron los siguientes:



El Rosario / Tapo San Lázaro / Constitución / Santa Marta  
 Universidad / La Raza / Ciudad Azteca / Indios Verdes  
 Pantitlán / Tasqueña

Figura 4.14. CETRAMs seleccionados.

### 4.3.2 CUADROS COMPARATIVOS PARA OBSERVACIONES

Para documentar y comparar la información de las observaciones se generaron dos versiones de cuadros comparativos:

1. **Ficha comparativa para estaciones de Metrobús.**

Ficha comparativa - Estación del Metrobús	
Línea	
Nombre de la estación	
Tipo de maquina (Completa, ligera o ambas)	
Número de máquinas	
Ubicación de las máquinas	
Descripción del lugar	
Tiempo promedio de uso	
Secuencia de uso - RECARGA	
Secuencia de uso - COMPRA	
Problemas de uso	
Fecha y hora	
Nombre de observador	

Tabla 4.3. Ficha comparativa para estaciones de Metrobús.

**2. Ficha comparativa para CETRAMs y otros modos de transporte.**

Ficha comparativa - CETRAM y otros modos de transporte	
CETRAM / Modo de transporte	
Tipo(s) de transporte	
Descripción del lugar	
Afluencia (Horarios, descripción)	
Tipo de máquina/Forma de pago	
Número de máquinas o taquillas	
Ubicación	
Usuarios	
Problemática	
Fecha y hora	
Nombre del observador	

Tabla 4.4. Ficha comparativa para CETRAMs y otros modos de transporte.

Con la ficha de trabajo para las estaciones de Metrobús se registró la información sobre el contexto de operación, afluencia, tipo y número de máquinas, tiempo de uso (tiempo que tardó un usuario al interactuar con una TVM), así como problemas de uso.

En el caso de la ficha para CETRAMs y otros modos de transporte, se registró la información sobre el lugar, los modos de transporte disponibles, contexto de operación, afluencia, tipo y número de máquinas o taquillas, formas de pago y problemática del lugar. Ambos tipos de cuadros se complementaron con fotografías y videos.

En la siguiente actividad se explica el análisis y los resultados de las observaciones. Las fichas comparativas se pueden consultar en el *Anexo A. Observaciones*.



### 4.3.3 OBSERVACIONES EN METROBÚS

En esta actividad se realizaron las observaciones en las estaciones de Metrobús seleccionadas en la actividad 4.3.1. A continuación, en la tabla 4.5 se exponen los resultados y los hallazgos identificados.

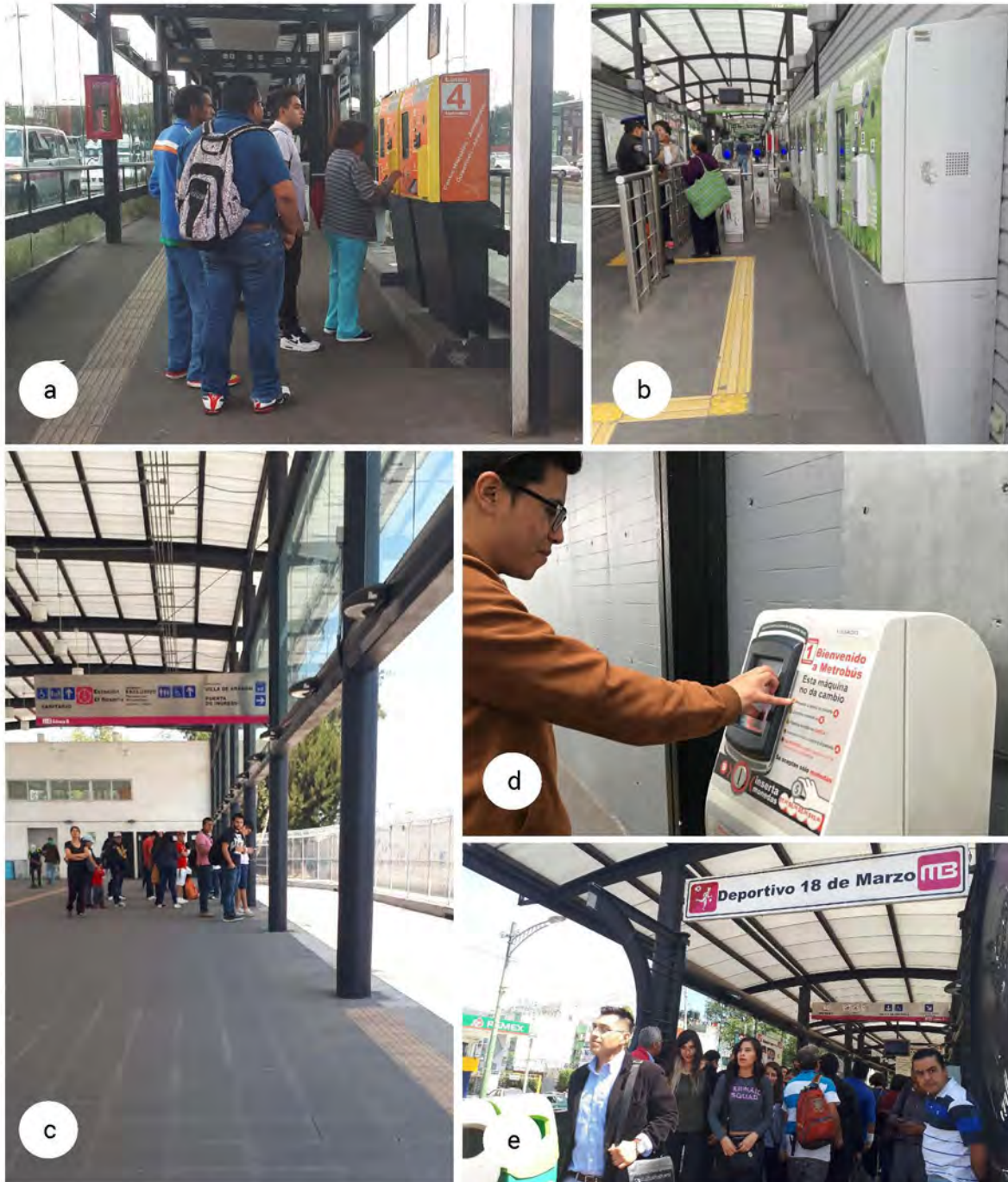


Figura 4.15. Observaciones en estaciones de Metrobús de la Ciudad de México.

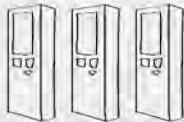
## RESULTADOS Y HALLAZGOS DE LAS OBSERVACIONES EN ESTACIONES DE METROBÚS



Las estaciones del Metrobús son espacios reducidos (Figura 4.15.b) con excepción de algunas estaciones terminales que son amplias como El Rosario de Línea 6 (Figura 4.15.c) o Indios Verdes de la Línea 1.



Las TVMs se encuentran en la entrada de las estaciones y las personas realizan una fila para utilizarlas (Figura 4.14.a); lo cual reduce el espacio disponible para la entrada y la salida de los usuarios.



En la estación terminal Indios Verdes de Línea 1 se identificaron 6 TVMs completas y 14 TVMs ligeras, mientras que en las demás estaciones se identificó un promedio de 3 TVMs.

La TVM con mayor visibilidad hacia los usuarios es la que se encuentra en la entrada de la estación. Dicha máquina es la más utilizada y es en ésta en donde comienza la fila para comprar o recargar una tarjeta. Los usuarios desde este punto no logran identificar si las demás máquinas están disponibles, en uso o fuera de servicio y prefieren esperar para utilizar la primera TVM.

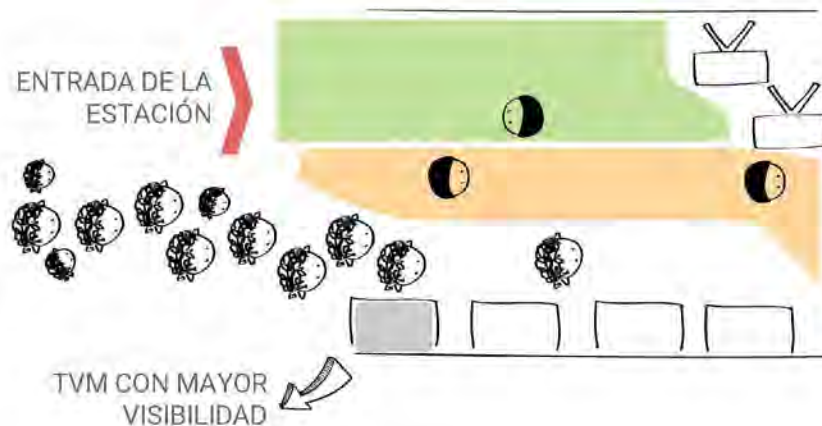


Tabla 4.5. Resultados y hallazgos de observaciones en Metrobús.



Al existir filas largas, los usuarios utilizan la máquina lo más rápido posible, lo cual hace que cometan errores al buscar la ranura donde se introduce la tarjeta o el efectivo, pues no se detienen a identificar los gráficos (números o letras) o las instrucciones sobre la secuencia de uso de la TVM.



Metrobús cuenta con módulos de atención en estaciones específicas - como Buenavista, Dr. Gálvez y El Rosario - en donde acuden aquellos usuarios con tarjetas bloqueadas o que no pudieron recargar saldo a su tarjeta.



Los usuarios retiran la tarjeta antes de que la recarga se realice ya sea por prisa o por confusión, por lo que deben regresar a introducir la tarjeta en la máquina nuevamente o en su defecto a recoger el recibo para poder reclamar en un módulo de atención del Metrobús.



Las personas piden ayuda a otros usuarios o al policía de la estación cuando tienen algún problema o duda al utilizar la TVM.



Las personas que no cuentan con una tarjeta; así como aquellos que la han olvidado o extraviado, le dan dinero a otro usuario con tarjeta para poder ingresar al Metrobús.



En la TVM ligera de Línea 1 (Figura 4.15.d) los usuarios deben colocar la tarjeta sobre la pantalla inclinada y al retirarla se llega a caer al piso.

Tabla 4.5. Resultados y hallazgos de observaciones en Metrobús (Continuación).



Los usuarios introducen monedas con denominaciones que el validador no identifica - 5, 10 y 50 centavos; así como monedas de 20 pesos - lo cual aumenta el tiempo de uso por usuario. En caso de que dichas monedas se lleguen a atorar al interior de la máquina, la TVM suspende el servicio hasta que un técnico llega a solucionar el problema.



Las TVMs generan un sonido que indica que la transacción fue exitosa y que el usuario puede retirar la tarjeta; sin embargo, los usuarios lo confunden con una alerta de error en la operación.



Las TVMs son distintas en cada línea de servicio de Metrobús (Figura 4.16).



El tiempo de uso de una TVM varía dependiendo del tipo de máquina, ya sea completa o ligera; de la línea de Metrobús a la que pertenece; de la afluencia de personas en los distintos días y horarios de operación; y del tiempo de respuesta de los componentes internos (por ejemplo, el tiempo que tarda el validador de billetes en identificar la denominación de un billete).

El tiempo máximo de uso que se identificó fue de 5 minutos en la estación Buenavista de línea 4 en una TVM completa (Figura 4.16.e) al comprar una tarjeta a las 14:00 en un día entre semana. Por otro lado, el tiempo mínimo de uso que se identificó fue de 22.21 segundos en la estación Indios Verdes de la línea 1 en una TVM ligera (Figura 4.16.b) al recargar una tarjeta a las 16:35 en un día entre semana.



El tiempo de espera promedio en la fila para utilizar las TVMs fue de 4 minutos con 29 segundos.

Tabla 4.5. Resultados y hallazgos de observaciones en Metrobús (Continuación).



Figura 4.16. TVMs de las líneas de Metrobús de la Ciudad de México.



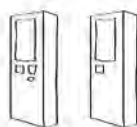
La TVM completa de línea 1 y de línea 5 (Figura 4.16.a y 4.16.f), así como las TVMs completa y ligera de línea 2 y 6 (Figura 4.16.c y 4.16.g) incorporan botones físicos y pantalla táctil para las mismas opciones.



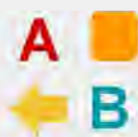
La bocina de las TVMs de la línea 3 y 4 (Figura 4.16.d y 4.16.e) se confunden con micrófonos en donde los usuarios intentan pedir ayuda cuando tienen dudas sobre el uso de la máquina.



Una tarjeta puede tener hasta 120 pesos de saldo; sin embargo, los validadores reconocen billetes de hasta 200 pesos y las TVMs no dan cambio.



La TVM ligera de línea 3 es la misma carcasa que la de una TVM completa; la diferencia es que la TVM ligera cuenta con módulos ciegos para cubrir la ranura para la compra de tarjeta y la ranura para aceptar billetes.



Los gráficos de las máquinas incluyen las instrucciones de uso, recuadros de colores y guías para el usuario con números, letras y flechas.

Tabla 4.5. Resultados y hallazgos de observaciones en Metrobús (Continuación).

Después de realizar las observaciones, recopilar los resultados y analizar los hallazgos, fue posible generar algunas preguntas para resolver en los siguientes ciclos:

- ¿Cuáles sonidos o gráficos son interpretados por los usuarios como “*Error en la operación*”? ¿Cuáles se interpretan como “*Transacción exitosa*”?
- ¿De qué forma se puede guiar a los usuarios para disminuir el tiempo de uso y los errores durante la interacción con la TVM?

- ¿Cómo diferenciar las ranuras para que los usuarios identifiquen rápidamente dónde ingresar billetes y dónde introducir la tarjeta?
- ¿Qué sucede si un usuario ingresa un billete de 200 pesos y el saldo máximo posible en una tarjeta es de 120 pesos?

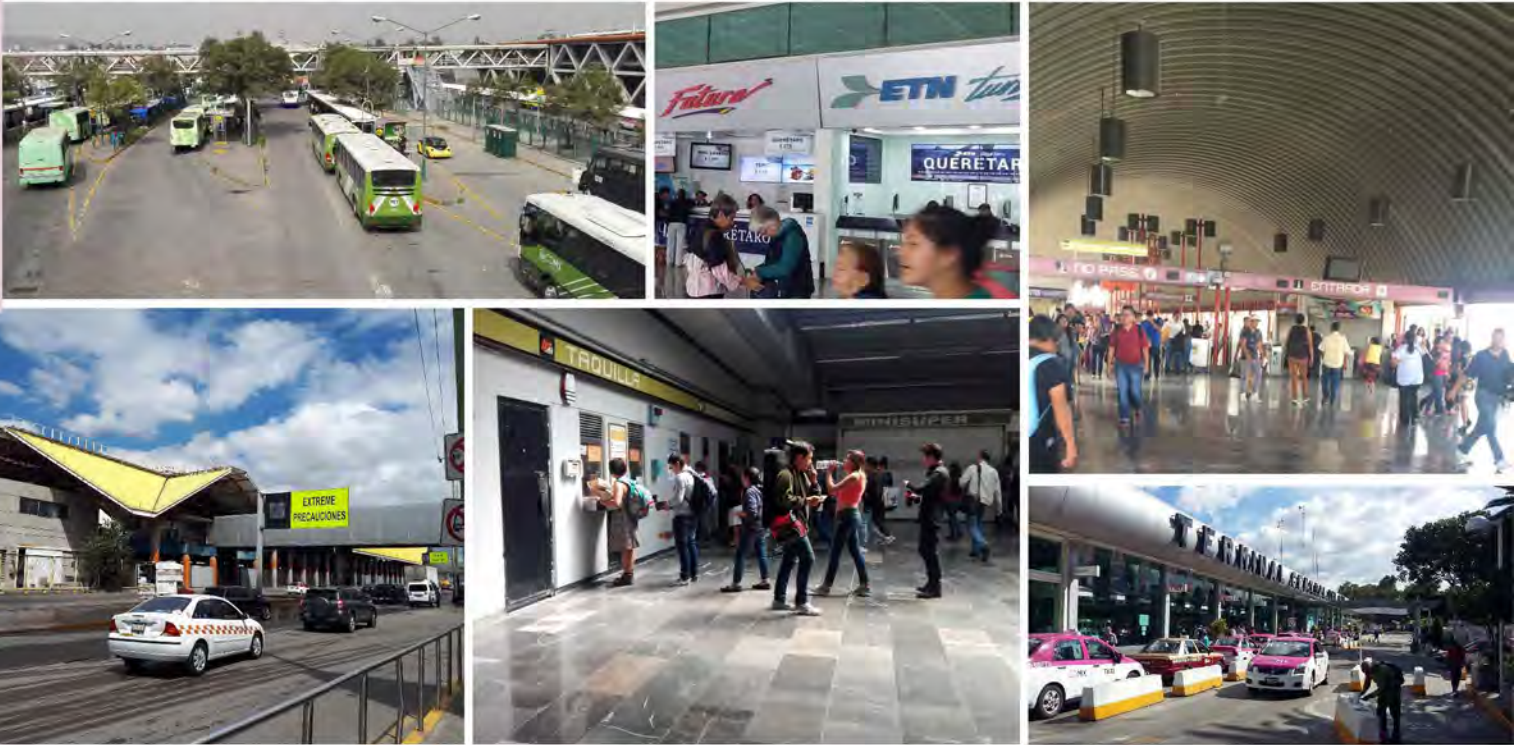


Figura 4.17. CETRAMs en la Ciudad de México.

**4.3.4 OBSERVACIONES EN CETRAMS**

En esta actividad se realizaron las observaciones en los CETRAMs establecidos en la actividad 4.3.1.

Como resultado de las observaciones se identificaron diversos modos de transporte que integran a los CETRAMs como estaciones y transbordos del Sistema de Transporte Colectivo Metro, estaciones y terminales de Metrobús, paraderos de autobuses, centrales de camiones que van a otros estados de la República Mexicana, sitios de taxis y conexiones con el Mexibus, Tren Ligero y Tren Suburbano (Figura 4.17). La característica en común de los CETRAMs analizados es que todos ellos cuentan con una estación del Sistema de Transporte Colectivo Metro.

Para el acceso a este servicio es necesario adquirir un boleto o comprar y recargar una tarjeta en una de las taquillas en donde el personal del Metro atiende a los usuarios; por lo cual fue posible realizar las observaciones con un enfoque en las taquillas y comparar la experiencia con las TVMs del Metrobús.

En las taquillas se identificó que el tiempo de espera en la fila fue mayor en comparación con las TVMs del Metrobús, con un tiempo promedio de 7 minutos. Por otro lado, al llegar el usuario a la taquilla, el tiempo promedio de interacción con el personal del Metro fue de 58 segundos.

Al considerar el tiempo total que invierte un usuario en ambas experiencias, se identificó que es mayor el tiempo invertido en las taquillas, lo cual puede deberse a varias razones:

- El Sistema de Transporte Colectivo Metro es el principal modo de transporte en la Ciudad de México y el Metrobús es el segundo (Excelsior, 2016).
- El flujo de personas en los CETRAMs es mayor debido a la concentración de diversos modos de transporte: Metro, Metrobús, camiones, taxis y autobuses, entre otros.
- El personal de las taquillas invierte una parte del tiempo de interacción en verificar que la cantidad de dinero recibida o devuelta al usuario sea correcta pues son los responsables de la recolección de efectivo.
- Por lo general, los CETRAMs analizados cuentan con 4 taquillas que proporcionan servicio; sin embargo, en algunas de ellas, como el caso del CETRAM Universidad, existen filas exclusivas para compra de boletos y filas exclusivas para recargar una tarjeta.

Figura 4.18. Fila en taquilla del Metro de la Ciudad de México (Bernal, n.d.).





#### 4.3.5 OBSERVACIONES EN OTROS MODOS DE TRANSPORTE

En esta actividad se realizaron las observaciones en modos de transporte distintos al Metrobús y al Metro; como el SVBus, Mexibus, Tren Ligero y Tren Suburbano, en las estaciones definidas en la actividad 4.3.1. A continuación se exponen los resultados y los hallazgos identificados.

##### SBVUS



Figura 4.19. SVBus (El Universal, 2016).

El SVBus es un modo de transporte *express* que no realiza paradas intermedias y utiliza la Super Vía y el Segundo Piso del Periférico de la Ciudad de México. Cada autobús cuenta con una terminal para aceptar pagos con tarjeta de crédito y débito; sin embargo, también es posible realizar el pago en efectivo al chofer de la unidad.

Dentro de las observaciones realizadas en este modo de transporte se identificó que 1 de cada 3 usuarios realizó el pago con tarjeta. Al existir escuelas, oficinas y construcción de inmuebles, los principales usuarios son estudiantes, oficinistas y personal dedicado a la construcción.

Una desventaja identificada fue que al recibir el chofer los pagos en efectivo, tarda en dar el cambio a los usuarios y transporta el dinero durante todo el trayecto.

## MEXIBUS

El Mexibus es un modo de transporte que opera en el Estado de México. Para el acceso al servicio es necesario comprar y recargar una tarjeta en las TVMs que se encuentran en la entrada de la estación (Figura 4.20).

Mediante las observaciones se identificó un tiempo de uso promedio de 3 minutos y 10 segundos y un tiempo de espera en la fila de 15 minutos. Las TVMs no cuentan con tarjetas disponibles para compra, lo cual tiene como consecuencia que las personas pidan ayuda a otro usuario para poder acceder al servicio y esto aumenta el tiempo de espera de los demás usuarios en la fila.

En la estación de Ciudad Azteca se observó a un solo usuario que recibió dinero de 19 personas y utilizó la TVM durante 4 minutos con 15 segundos, invirtiendo el 80% del tiempo de uso en ingresar todas las monedas recibidas por los demás usuarios.

Por otro lado, el saldo máximo que se puede recargar en una tarjeta es de 300 pesos, las máquinas no cuentan con instrucciones de uso ni guías para el usuario y las ranuras no están identificadas, lo cual genera confusión en los usuarios.



Figura 4.20. Observaciones en el Mexibus.

## TREN SUBURBANO

El tren suburbano es un modo de transporte entre el Estado de México y la Ciudad de México (Ferrocarriles Suburbanos, n.d.). Para el acceso al servicio es necesario comprar y recargar una tarjeta en las TVMs que se encuentran en la entrada de la estación.

Como resultado de las observaciones se identificó que la tarjeta es personal e intransferible por lo cual no es posible que varias personas ingresen al servicio con una misma tarjeta. Por otro lado, el espacio en donde están colocadas las TVMs es la planta baja de una plaza comercial y se encuentran distribuidas por el lugar, lo cual permite que los usuarios puedan transitar por el lugar (Figura 4.21.a).

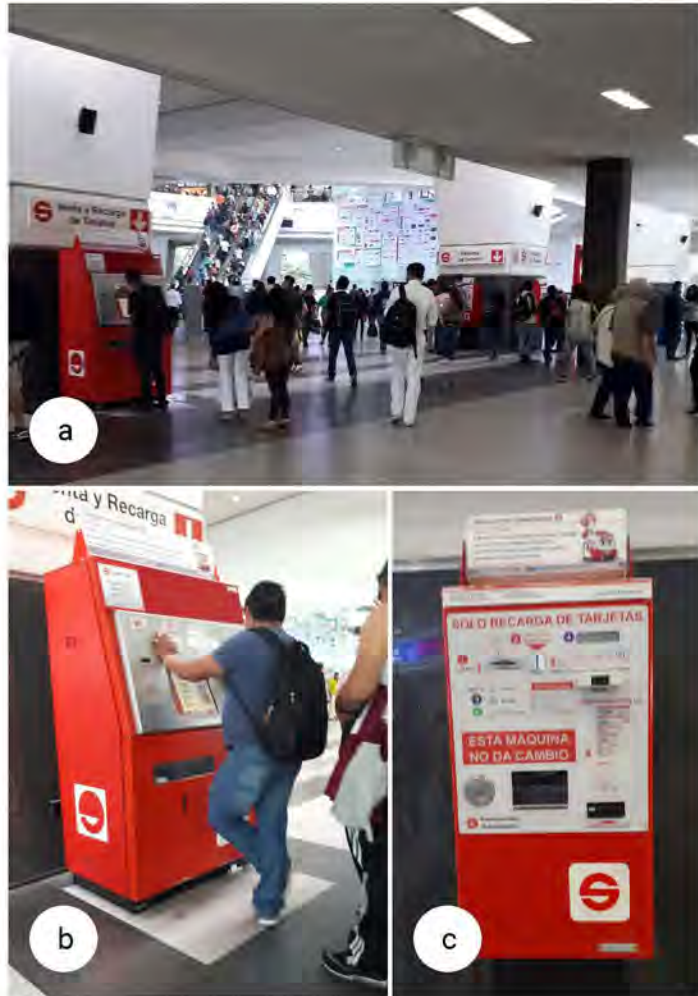


Figura 4.21. Observaciones en el Tren Suburbano.

Se identificaron dos tipos de TVM que pueden definirse como completa y ligera ya que sus características son similares a las máquinas del Metrobús: En la TVM completa (Figura 4.21.b) es posible la compra y recarga de tarjetas mientras que en la TVM ligera (Figura 4.21.c) únicamente se puede recargar. Ambas máquinas cuentan con números y flechas para guiar a los usuarios durante la interacción.

La TVM ligera no da cambio e indica que acepta billetes de hasta 1000 pesos; sin embargo, la página web de Ferrocarriles Suburbanos (n.d.) indica que las máquinas aceptan billetes de hasta 200 pesos. Por otro lado, la TVM completa requiere que el usuario indique la cantidad a recargar con la posibilidad de devolver cambio.

A diferencia de las máquinas de Metrobús, las TVMs del Tren Suburbano aceptan monedas de 50 centavos y la tarjeta se valida tanto en la entrada como en la salida del servicio pues maneja dos precios: uno para viajes cortos de hasta 12.39 km y otro para viajes largos de hasta 25.59 km (Ferrocarriles Suburbanos, n.d.).

## TREN LIGERO

El Tren Ligero pertenece al Servicio de Transportes Eléctricos (STE) y opera al sur de la Ciudad de México (n.d.). Para el acceso al sistema existen dos opciones: La primera es realizar la compra y la recarga de una tarjeta y la segunda es adquirir un boleto en una de las taquillas.

El espacio en la terminal es amplio y permite que los usuarios adquieran un boleto y utilicen las TVMs sin entorpecer el tránsito de las personas; sin embargo, los usuarios prefieren adquirir un boleto en las taquillas pues las TVMs no cuentan con tarjetas disponibles para compra y no dan cambio.

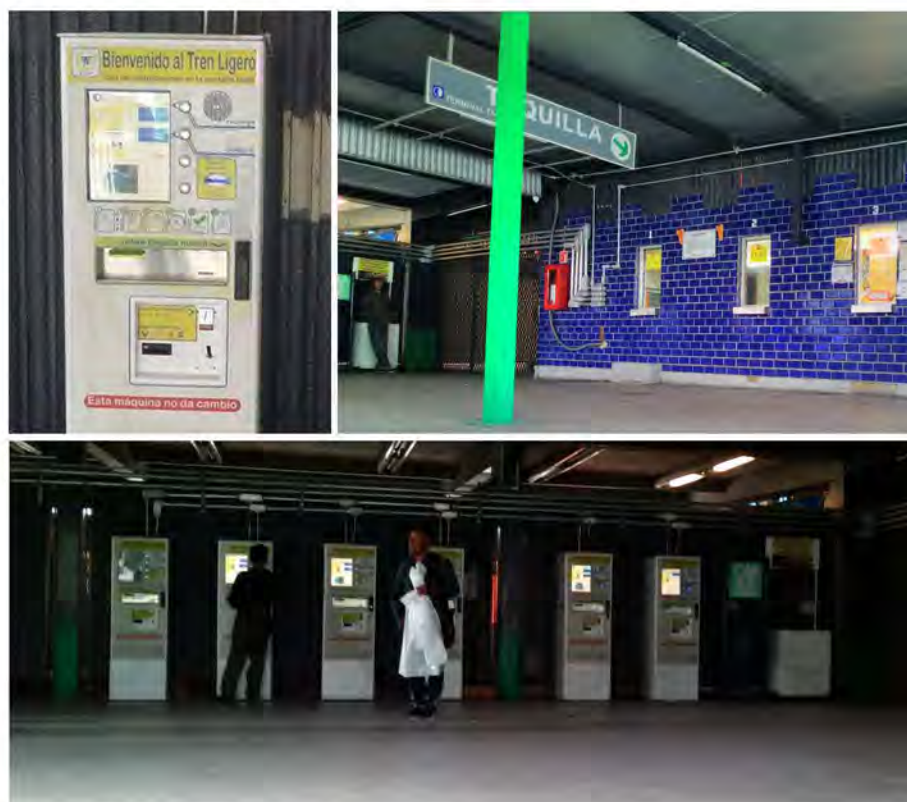


Figura 4.22. Observaciones en el Tren Ligero.

### 4.3.6 OBSERVACIONES EN PARQUÍMETROS

En esta actividad se realizaron las observaciones en los parquímetros que se encuentran cerca de la estación del Metro Mixcoac.

Como resultado se identificó que la máquina cuenta con instrucciones de uso para los usuarios e incluye un panel solar para disminuir el consumo de energía eléctrica. La pantalla se encuentra apagada hasta que el usuario presiona alguna tecla, con el objetivo de ahorrar energía. Por otro lado, cuenta con dos ranuras: Una para el ingreso de monedas y otra donde entrega al usuario un recibo como comprobante por el pago del servicio. La máquina está a la intemperie y está manufacturada en metal con un acabado de pintura electrostática.



Figura 4.23. Parquímetro de la Ciudad de México.



### CONCLUSIONES DE LAS OBSERVACIONES

Después de analizar los resultados se concluyó que el tiempo de uso al interactuar con una TVM se relaciona con los aspectos mostrados en la Figura 4.24 y que se explican a continuación.

Figura 4.24. Aspectos relacionados con el tiempo de uso de una TVM por usuario.

El **tiempo de respuesta de los componentes internos** incluye:

- Tiempo en que los validadores identifican y validan una moneda o un billete.
- Tiempo en que se realiza la escritura de información en una tarjeta.
- Tiempo en que la interfaz envía respuestas al usuario.
- Tiempo en que la impresora genera un recibo.

Para poder contar con un sistema ágil se requiere que la comunicación entre todos los componentes internos sea eficiente y eficaz; con una programación que contemple todas las posibilidades de interacción de un usuario con la TVM.

El **tiempo de espera en la fila** se relaciona con el tiempo de uso pues entre más tiempo invierta un usuario al interactuar con la máquina, mayor será el tiempo de espera de las demás personas.

La **ergonomía** es el diseño de sistemas de trabajo, que en un sentido más amplio se refiere a las situaciones en las que se diseñan productos y servicios para que el ser humano desempeñe sus tareas (Cañas, 2001). Es decir, en la relación entre las personas y el sistema de trabajo se integran dos aspectos:

- Ergonomía física, que hace referencia al diseño con base en las medidas antropométricas de las personas (características de la estructura del cuerpo humano).
- Ergonomía cognitiva, que hace referencia a cómo actúa una persona ante el sistema de trabajo, cómo recibe los estímulos del ambiente, a la percepción, y al razonamiento (International Ergonomics Association, n.d.).

Por lo anterior, el tiempo que tarda un usuario en utilizar la TVM tiene relación con la altura de la pantalla, a no adoptar posiciones incómodas al utilizarla, a identificar las ranuras para el ingreso de la tarjeta y de billetes; además de la experiencia del usuario, a interpretar de forma correcta las alertas e imágenes que despliega la interfaz, a seguir las instrucciones señaladas como **información en las etiquetas de la TVM** y a localizar las flechas, números o letras que sirven como **guías de interacción**.

Finalmente, otro factor que influye en el tiempo de uso de la TVM es el **mantenimiento preventivo y correctivo**. El mantenimiento preventivo es la revisión y reparación periódica de los sistemas para garantizar la operación de la TVM; de esta forma se verifica que los componentes internos funcionan adecuadamente, que la máquina cuenta con tarjetas disponibles para compra y que la recarga se realice de forma exitosa. Por otro lado, el mantenimiento correctivo es la reparación de defectos en la TVM como validadores con monedas y billetes atorados, botones que no funcionan y errores en la programación.

Además de los conceptos relacionados con el tiempo de uso de la TVM, se identificaron las características en común que presentaron todas las máquinas:

- El material es metal con acabado de pintura electrostática.
- Las TVMs están ancladas al piso y/o a la pared.
- Aceptan pagos en efectivo.
- No aceptan pagos con tarjeta de crédito o débito.

De las características anteriores se concluyó que el material con el cual se generaría la propuesta de la TVM sería metal; sin embargo, fue necesario generar propuestas de metales para comparar sus características físicas, sus propiedades mecánicas y la disponibilidad en México. Dicho análisis se realizó en el Ciclo V.

Por otro lado, la TVM contaría con un acabado en pintura electrostática pues proporciona resistencia en el uso cotidiano y ante los cambios ambientales como la lluvia o los rayos UV, con una durabilidad de 10 años al exterior (Mapirel, n.d.); tal como se observó en los parquímetros.

Sobre la incorporación del pago con tarjeta de crédito o débito se conservó como una idea con potencial de ser implementada a futuro, ya que en el Ciclo III se estableció el diseño mecánico de la TVM como alcance del proyecto, conservando los componentes internos actuales.

Las ventajas sobre la incorporación del pago con tarjeta de crédito o débito son las siguientes:

- Mayor vida útil de los validadores de billetes y monedas.
- Menos monedas y billetes atorados.
- Transferencia bancaria del dinero.
- Menos eventos para la recolección y transporte de efectivo.
- Mejor aprovechamiento de los almacenamientos de monedas y billetes.

De las características particulares de algunas TVMs, no se identificaron ideas con potencial de ser implementadas en el proyecto; sin embargo, se observó la existencia de información desactualizada que se despliega en las etiquetas, como en el caso de la TVM ligera del Tren Suburbano que indica que acepta billetes de más de 200 pesos cuando la recarga máxima a una tarjeta es de 120; lo cual generaría problemas al usuario pues perdería su dinero o la tarjeta sería bloqueada; en especial al considerar a los turistas o a personas que no saben leer y que hacen uso de la máquina.

### 4.3.7 LA MÁQUINA IDEAL

Con base en el objetivo particular 5 establecido en la etapa 4.1 y a partir de la pregunta: “¿Cómo sería la máquina ideal para el acceso al transporte público?” se buscó generar conceptos con potencial de ser incorporados en el diseño de la TVM. Para ello, se recurrió a la herramienta de trabajo conocida como lluvia de ideas.

Una lluvia de ideas o *brainstorming* (Institute of Design at Stanford, n .d.) es una herramienta cuyo objetivo es generar tantas ideas como sea posible sin evaluar su dificultad o posibilidad de implementación; en este caso, la lluvia de ideas se obtuvo de las respuestas a la pregunta definida al inicio de la actividad. La recopilación de conceptos se muestra en la figura 4.25.

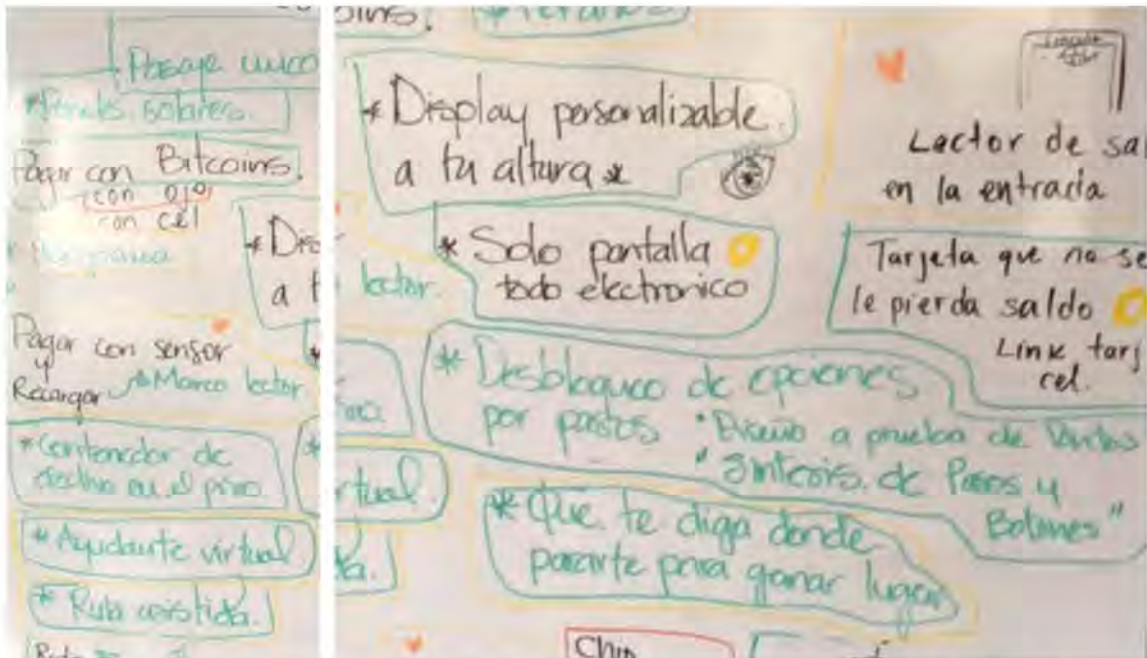


Figura 4.25. Resultado de la lluvia de ideas.

Posteriormente se clasificaron las ideas en dos categorías:

- Conceptos con posibilidad de implementarse en el diseño de la TVM.
- Conceptos relacionados con tendencias tecnológicas sobre métodos de pago e innovación en sistemas de transporte que pueden ser incorporados a mediano o largo plazo en una TVM.

En la figura 4.26 y 4.27 se observan los conceptos ya clasificados.



### CONCEPTOS CON POSIBILIDAD DE IMPLEMENTARSE EN EL PROYECTO



- Paneles solares
- Despliegue de horarios en pantalla y ruta asistida
- Pago mediante una *app* (aplicación en el teléfono móvil)
- Desbloqueo de opciones por pasos (En la pantalla se van desplegando únicamente algunas opciones)
- Cuenta personal en *app* en caso de pérdida de una tarjeta con saldo
- Guías con luz que sustituyan los gráficos en la máquina

Figura 4.26. Ideas con posibilidad de implementarse en el proyecto.

### CONCEPTOS RELACIONADOS CON TENDENCIAS TECNOLÓGICAS E INNOVACIÓN EN SISTEMAS DE TRANSPORTE



- Pago biométrico
- Pago con bitcoins
- Pantalla ajustable a la altura de las personas
- Recarga de tarjeta en internet
- Sin contenedores de efectivo
- Asistente virtual en la pantalla
- Marco que identifique al usuario al entrar a la estación y realice el cobro mediante transferencia electrónica

Figura 4.27. Ideas incorporables a mediano y largo plazo.

De los conceptos de la figura 4.26 se identificó que el **pago con una aplicación móvil** y la **cuenta personal en una app** se analizaron en la actividad 4.2.4 de este ciclo; por lo cual ya se habían establecido las conclusiones de la investigación sobre las tendencias tecnológicas en cuanto a las modalidades de pago.

Con respecto a los **paneles solares** se consideró como un concepto para trabajo a futuro ya que el proyecto no permitía la incorporación de componentes a la TVM.

El despliegue de **horarios y rutas asistida** se descartó al considerarse opciones secundarias que generarían un mayor tiempo de uso por usuario.

Finalmente, los conceptos con los cuales se trabajó en el siguiente ciclo fueron el desbloqueo de opciones por pasos y las guías con luz para sustituir los gráficos en la máquina.

El **desbloqueo de opciones por pasos** hace referencia a la cantidad de información que se despliega en la pantalla; en caso de que una persona ingrese una tarjeta para recargar saldo, el sistema permite inmediatamente el ingreso de monedas o billetes sin la necesidad de que el usuario tenga que seleccionar la opción de "Recargar" en la pantalla táctil. De esta forma se agiliza el proceso y el tiempo de uso disminuye.

Las **guías con luz** fue un concepto que proponía indicarle al usuario el paso siguiente mediante la iluminación de la sección que el usuario debía utilizar; de esta forma, el usuario localiza e interactúa con los elementos correctos.

## 4.4 APRENDER

En esta etapa se realizó la revisión de las actividades de esta iteración para recopilar las conclusiones y proponer el enfoque del siguiente ciclo.

De la primera actividad - **4.2.1 LISTA DE REQUERIMIENTOS** - se obtuvieron 157 enunciados, de los cuales 33 hacían referencia al diseño de la TVM, por lo que se analizaron y clasificaron en sistemas en el Ciclo IV, etapa 7.1.

**33** REQUERIMIENTOS  
SOBRE EL DISEÑO DE LA  
TVM COMPLETA Y LIGERA

Los requerimientos eran enunciados sobre:

- **Soporte** y estructura de la máquina.
- **Sujeción** de elementos al interior del gabinete.
- **Seguridad** para el mantenimiento y recolección de **efectivo**.
- Componentes internos para la compra, recarga de **tarjeta** e impresión de **recibo**.

Figura 4.28. Requerimientos de la orden de trabajo enviada por la empresa.

Los requerimientos de la orden de trabajo hacían referencia a las características físicas de la TVM pero no a las necesidades de los usuarios al interactuar con la máquina; por lo cual se tomó la decisión de que el siguiente ciclo de trabajo se enfocara en conocer a los usuarios y así generar hallazgos sobre las siguientes preguntas:

- ¿Quién interactúa con una TVM?
- ¿Qué opinan los usuarios de las máquinas?
- ¿Con qué frecuencia utilizan la TVM?
- ¿Qué problemas han tenido? ¿Han pedido ayuda?

De la segunda actividad - **4.2.2 PATENTES** - se concluyó que la propuesta de diseño podría seccionarse por función o por sistemas al finalizar el proyecto para proteger los derechos de autor y contar con un registro para su uso.

En la actividad **4.2.3 ANÁLOGOS**, se identificaron las siguientes características:



Figura 4.29. Hallazgos del análisis de análogos de una TVM.

Ulrich y Eppinger (2013) indican que se obtiene una mayor cantidad de información al identificar las necesidades de los usuarios extremos, es decir de aquellas personas que usan el producto en formas poco comunes o que tienen necesidades especiales. En el caso de las TVMs los usuarios extremos son los adultos mayores, personas con alguna discapacidad motriz temporal o permanente, personas que no saben leer y turistas que no hablan español; por lo cual el análisis del usuario se enfocó en conocer la experiencia y percepción de estas personas.

De la actividad **4.2.4 TENDENCIAS TECNOLÓGICAS** se concluyó que la TVM incorporaría los elementos necesarios para aceptar pagos en efectivo; mientras que en la siguiente iteración se realizaría el análisis para conocer la percepción de los usuarios ante la posibilidad de incorporar el pago con tarjeta de crédito / débito y con un sistema NFC, BLE o biométrico.

Por otro lado, se estableció que en el Ciclo II se investigaría sobre el nivel socioeconómico de los usuarios que utilizan el Metrobús y así identificar si la mayoría cuenta con un celular inteligente para realizar pagos con los sistemas NFC y BLE.

Posteriormente, en la etapa **4.3 GENERAR Y PROBAR** se realizó la planeación y la ejecución de las observaciones en distintas estaciones del Metrobús, en CETRAMs, estaciones del Tren Ligero, Tren Suburbano, Mexibus, SVBus y parquímetros.

Los problemas en las estaciones de Metrobús que se identificaron fueron los siguientes:

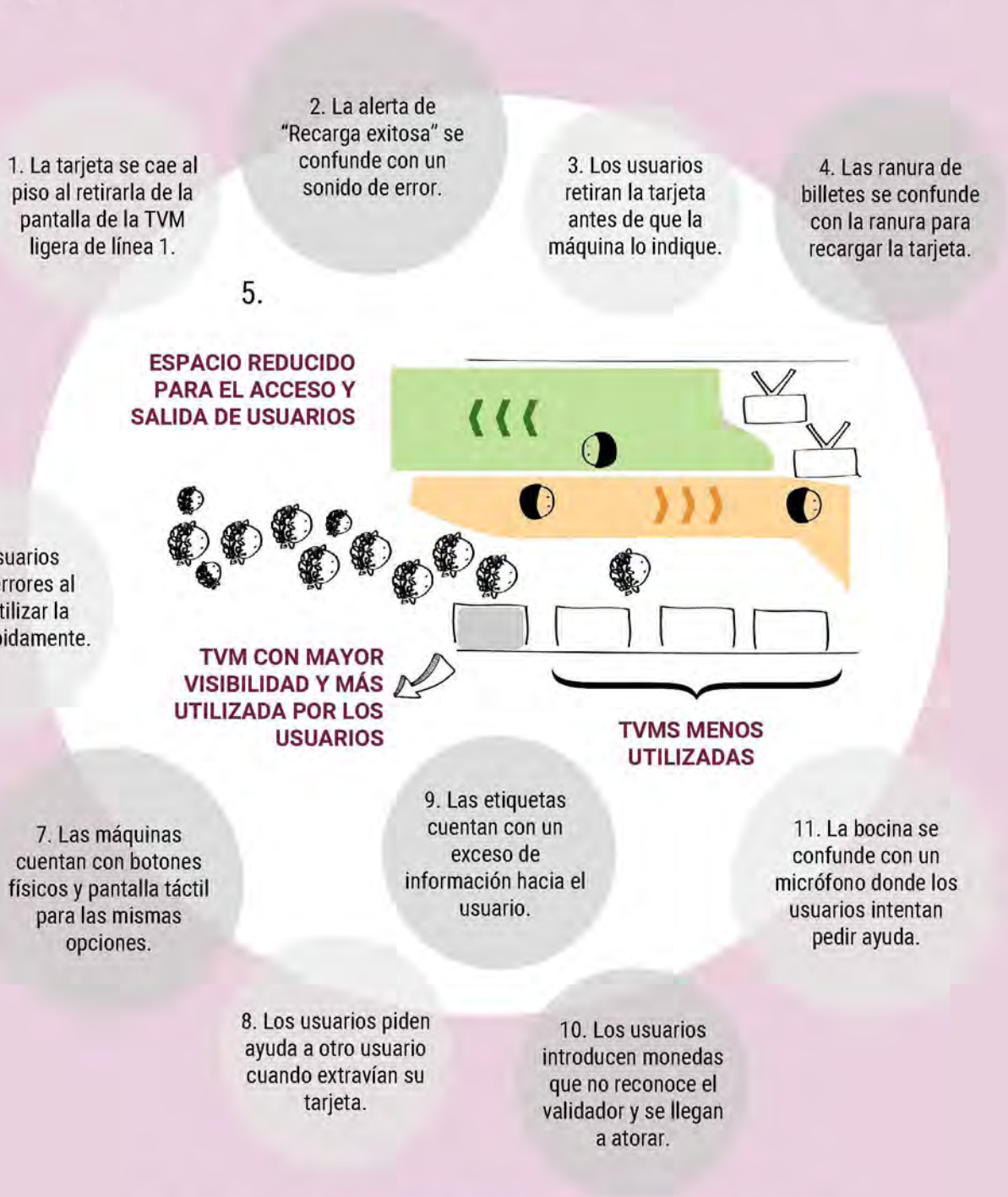


Figura 4.30. Problemas identificados en las estaciones de Metrobús.

10 de los 11 **problemas** identificados son **de interacción**; es decir, no existe el intercambio de información de forma satisfactoria entre los usuarios y la máquina.



Figura 4.31. Problemas de interacción entre el usuario y la TVM.

La interacción (Ortíz, 207) se define como el medio de relación entre las personas y el producto que requiere reciprocidad para completar una tarea; y es por ello que los problemas identificados están relacionados con señales auditivas o visuales que el usuario no logra interpretar al utilizar una TVM.

Por otro lado, además de los problemas que se observaron en las estaciones de Metrobús, se identificaron aquellos elementos relacionados con el tiempo de uso de un usuario con la TVM:

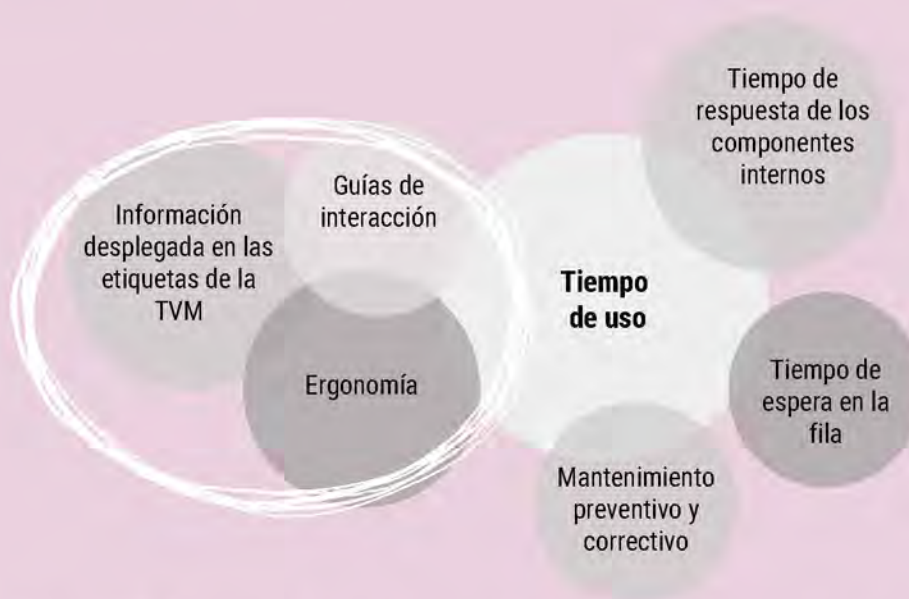


Figura 4.32. Aspectos relacionados con el tiempo de uso de un usuario con la TVM.

De los elementos de la figura 4.32, se decidió trabajar en el siguiente ciclo con aquellos conceptos relacionados con la ergonomía de la TVM; con el objetivo de encontrar diversas propuestas que solucionen los problemas de interacción para definir la altura ideal de la máquina, la distribución de los componentes para comprar y recargar una tarjeta, los sonidos, colores y las guías de interacción.

Finalmente, en la actividad **4.3.7 LA MÁQUINA IDEAL** se concluyó con la definición de dos conceptos con los cuales se trabajó en el siguiente ciclo:



El **desbloqueo de opciones por pasos** para disminuir la cantidad de información presentada en la interfaz hacia el usuario con el objetivo de mejorar su interacción con la TVM.



Las **guías con luz** para iluminar la sección de interacción hacia el usuario y disminuir los errores al utilizar una TVM.

Figura 4.33. Conceptos recuperados de la lluvia de ideas.

Con la revisión de la lluvia de ideas se concluyó con las actividades del Ciclo I.

El Estado del Arte proporcionó un primer acercamiento al proyecto y al sistema de peaje de distintos modos de transporte de nuestra ciudad. De esta forma se identificaron los principales problemas de interacción de los usuarios al adquirir su acceso al Metro, Metrobús, Mexibus, Tren Ligerero y Tren Suburbano con el propósito de analizar las áreas de oportunidad con las cuales trabajar en el diseño de la TVM.

A partir de las actividades realizadas en este ciclo fue posible identificar la necesidad principal de los usuarios: **Un sistema de peaje ágil y eficiente.** Es decir, una TVM que el usuario pueda utilizar en el menor tiempo posible obteniendo el beneficio de ella a través de una interacción satisfactoria.





## 5. CICLO II: SOBRE EL USUARIO

Una metodología de diseño centrada en el usuario es un enfoque que considera la experiencia humana en la interacción con productos y servicios (Ortiz, 2017); de esta forma, conocer la opinión y la percepción de las personas es de utilidad para validar un producto antes de construirlo.

En este ciclo se identificó a los usuarios que manipulan u obtienen el beneficio de una TVM y se obtuvo información sobre su experiencia, acciones, punto de vista, opinión y percepción del sistema de peaje de Metrobús con el propósito de identificar los problemas y definir las necesidades para cada uno de los usuarios.

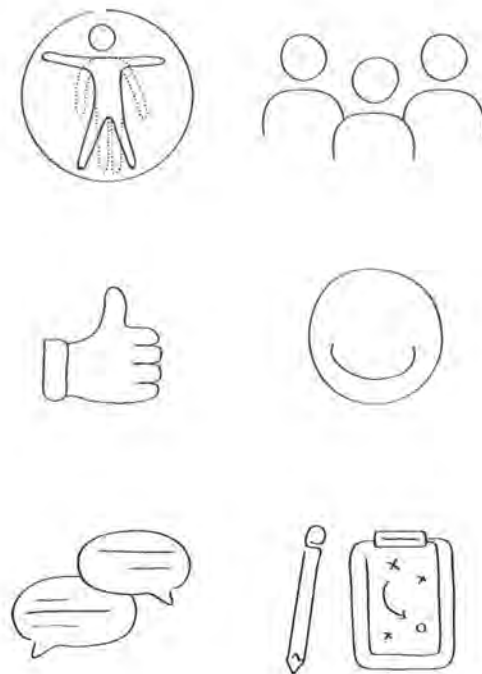


Figura 5.1. Ciclo II: Sobre el usuario.



5. CICLO II:  
SOBRE EL USUARIO



## 5.1 REDEFINIR

Después de identificar que la mayoría de los problemas al utilizar una TVM se debe a la falta de comunicación entre el usuario y la máquina, se decidió reformular el enunciado del objetivo global:

*Generar una experiencia de interacción ágil y eficiente entre el usuario y la máquina de compra y recarga de tarjetas.*

Por otro lado, este ciclo se enfocó en el usuario con el propósito de obtener la mayor cantidad de información sobre su experiencia, su forma de pensar y de actuar ante las TVMs; por lo cual se establecieron los objetivos particulares que sirvieron como guía para las actividades de ésta segunda iteración:

1. Identificación de los usuarios que utilizan la TVM y su perfil socioeconómico.
2. Clasificación de los usuarios de acuerdo al grado de interacción con la TVM.
3. Análisis de las acciones, la experiencia y el punto de vista de los usuarios sobre la TVM.
4. Análisis de la percepción de los usuarios sobre la distribución de los componentes de interacción, altura de la máquina, volumen y forma.
5. Comparación entre distintas configuraciones de TVM de acuerdo a la distribución de los componentes de interacción, etiquetas y guías.
6. Aceptación de distintos métodos de pago para el acceso al transporte público.
7. Evaluación de la secuencia de uso actual de una TVM a partir de las emociones y acciones de los usuarios activos.
8. Aceptación de los usuarios ante las innovaciones tecnológicas en una TVM.
9. Interpretación de las alertas visuales y sonoras de una TVM.

## 5.2 CONOCER

Esta etapa se enfocó en los objetivos particulares 1 y 2 establecidos en la etapa 5.1 *REDEFINIR* que hacen referencia a la identificación y clasificación de los distintos tipos de usuarios para definir su grado de interacción con la TVM y su nivel socioeconómico.

### 5.2.1 USUARIOS DE UNA TVM

Como primera actividad del ciclo II, se identificó a los usuarios que interactúan con la TVM; ya sea para comprar o recargar una tarjeta, para proporcionar mantenimiento y seguridad o que simplemente dan dinero a otro usuario para poder ingresar al servicio del Metrobús.

Los usuarios identificados fueron:

- Adultos mayores (60-69 años)
- Estudiantes
- Oficinistas
- Amas de casa
- Trabajadores de la construcción
- Foráneos/Turistas
- Personas con alguna discapacidad auditiva / del habla
- Personas con alguna discapacidad motriz temporal
- Técnicos de mantenimiento
- Personal de limpieza
- Policía de la estación
- Personal de recolección de efectivo
- Abastecedor de tarjetas
- Autoridad del Metrobús
- Personas que dan dinero a otro usuario ya que no tienen o extraviaron su tarjeta

Por otro lado, Metrobús (n.d.) establece en su página web que algunas personas son acreedoras a la exención del pago de la tarifa y pueden acceder de forma gratuita al servicio. Dichas personas no utilizan la TVM ni los validadores, por lo cual no se consideraron como usuarios de la máquina y se mencionan a continuación:

- Personas de 70 años en adelante con un documento o identificación vigente que acredite la edad del usuario.

- Personas con discapacidad con un documento o identificación que acredite dicha condición o que sea evidente la disminución de sus facultades físicas, intelectuales o sensoriales que limiten la realización de sus actividades normales.
- Niños y niñas menores de 5 años de edad, que ingresan por el torniquete acompañados de un adulto.

De acuerdo al grado de interacción; es decir, de la forma en que utilizan la TVM, se clasificó a los usuarios en tres categorías: Usuarios activos, usuarios pasivos y usuarios de servicio.

## USUARIOS ACTIVOS

Los usuarios activos son aquellos que manipulan el objeto de estudio, en este caso la TVM; y obtienen el beneficio de ella: Adquirir o recargar una tarjeta (Figura 5.2).



Figura 5.2. Usuarios activos.

En esta categoría se encuentran los adultos mayores, estudiantes, oficinistas, personas que se dedican a la construcción, amas de casa, foraneos o turistas y personas con alguna discapacidad auditiva o del habla. Estos usuarios enfrentan los problemas de interacción que se identificaron en el ciclo anterior y no logran generar un intercambio de información con la TVM de forma satisfactoria.

## USUARIOS PASIVOS

Los usuarios pasivos son aquellos que no manipulan el objeto de estudio pero que reciben el beneficio de la TVM. En esta categoría se encuentran aquellos usuarios que dan su dinero a otra persona para poder ingresar al Metrobús o que piden ayuda a otro usuario y dejan que ellos realicen la compra o recarga de una tarjeta.

Esta categoría incluye a los adultos mayores que prefieren no interactuar con la TVM, a los turistas que no saben español, a las personas que no saben leer, a los niños que esperan a que sus padres utilicen la máquina, a las personas con discapacidad motriz temporal (usuarios con muletas o con un brazo enyesado) o a cualquiera que extravía su tarjeta y decide no adquirir una nueva; por lo cual requieren de otro usuario que realice la interacción con la TVM en su lugar, pero que finalmente les permite acceder al sistema de transporte (Figura 5.3).



Figura 5.3. Usuarios pasivos esperando a otro usuario que interactúa con la TVM.

## USUARIOS DE SERVICIO

Los usuarios de servicio son aquellos que manipulan parcialmente la TVM a través del mantenimiento, limpieza y seguridad de la máquina; por lo que no reciben el beneficio de la TVM. En esta categoría se encuentra el personal de limpieza, los técnicos de mantenimiento, el policía de la estación, el abastecedor de tarjetas, el personal de recolección de efectivo y la autoridad del Metrobús.

La descripción de cada uno de los usuarios de servicio se muestra a continuación con el propósito de explicar su función y los componentes de la TVM con los que interactúan:

**Personal de limpieza** - Sus actividades contemplan la limpieza de la estación de Metrobús; así como retirar basura y polvo del exterior de las TVMs, validadores y torniquetes de salida.

**Técnicos de mantenimiento** - Personal que pertenece a la compañía con la concesión del sistema de peaje. Sus actividades son proporcionar mantenimiento preventivo y correctivo de la TVM como retiro de polvo y basura al interior de la máquina, verificar que no existan cables rotos, colocar papel para la emisión de recibos, entre otras cosas. Estos usuarios no cuentan con acceso a los depósitos de efectivo.

**Abastecedor de tarjetas** - Personal encargado de colocar tarjetas nuevas en las TVMs de tipo completa. Tiene acceso a los componentes que se encuentran al interior de la TVM pero no a los depósitos de efectivo.

**Personal de recolección de efectivo** - Usuarios que realizan la recolección de valores de la TVM. Se encargan de retirar los depósitos de efectivo y de colocar depósitos vacíos. Dependiendo de la TVM es que tienen acceso a los componentes internos de la máquina.

**Policía de la estación** - Encargado de la seguridad de la estación, de que los usuarios no hagan mal uso de las TVMs, validadores y torniquetes.



Figura 5.4. Usuarios de servicio.

**Autoridad de Metrobús** - Usuarios que monitorean la estación y el sistema de peaje desde puntos externos con el propósito de garantizar la continuidad del servicio.

## 5.2.2 NIVELES SOCIOECONÓMICOS DE LOS USUARIOS DE UNA TVM

Después de realizar la identificación y clasificación de los usuarios de acuerdo al grado de interacción con la TVM se realizó la investigación sobre el nivel socioeconómico de los usuarios de Metrobús con el propósito de identificar la viabilidad de la integración del pago con celulares NFC y BLE a la propuesta de diseño.

De acuerdo al Instituto de Investigaciones Sociales (IIS) en colaboración con el organismo *Interactive Advertising Bureau* (IAB), el nivel socioeconómico se define como el nivel de bienestar de un hogar o el nivel en que están satisfechas las necesidades del hogar y la familia (Octubre 2014).

Cinco M Dos, una empresa dedicada a la publicidad exterior en sistemas de transporte público, incluyendo al Metrobús de la Ciudad de México; realizó un estudio sobre el perfil socioeconómico y sociodemográfico de 1, 047, 709 usuarios del Metrobús de la línea 1 a la 5, así como del Tren Ligero; reportando que el 5% son de nivel A,B y C+; 45% son nivel C; 31% nivel D y 19% E (Cinco M Dos, n.d.). Dichos porcentajes se muestran en la Figura 5.5.



Figura 5.5. Nivel socioeconómico de 1,047,709 usuarios de Metrobús y Tren Ligero (Cinco M Dos, n.d.).



De acuerdo a la gráfica de la figura 5.5 se concluyó que la mayoría de usuarios pertenece a los niveles socioeconómicos C, D y E; cuyas características son las siguientes:

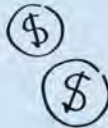

<p><b>NIVEL C</b></p> 	<p>Integra familias en donde la escolaridad promedio del jefe de familia es la preparatoria o la universidad; viven en una casa o departamento rentado con un baño para toda la familia. Su principal fuente de ingresos es un trabajo asalariado en donde 2.5 miembros de la familia contribuyen al ingreso del hogar y las decisiones de compra se enfocan a un análisis sobre el costo-beneficio del bien o servicio con el objetivo de tener una vida práctica sin lujos ni excedentes.</p>
<p><b>NIVEL D</b></p> 	<p>Integra familias con niños, madres solteras o parejas jóvenes sin hijos; el poco espacio de las viviendas se utiliza para dormir y comer, en ocasiones el baño es compartido o muy pequeño. Su principal fuente de ingresos es un trabajo en una empresa o fábrica con ayuda gubernamental o remuneración en especie. Sus decisiones de compra están enfocadas en el precio y sus mayores gastos son alimentos, transporte y el pago de servicios.</p>
<p><b>NIVEL E</b></p> 	<p>Integra familias con valores individualistas y unipersonales. La escolaridad promedio del jefe de familia es menor a la primaria. Destinan sus ingresos a alimentos básicos y necesarios y no cuentan con los aparatos electrónicos necesarios para facilitar las labores del hogar; por lo que cuentan con problemas permanentes para subsistir.</p>

Tabla 5.1 Características de los niveles socioeconómicos C, D y E (IIS y IAB, Octubre 2014)

De la información anterior se determinó que incorporar un sistema que permita realizar pagos con un dispositivo móvil que cuente con tecnología NFC o BLE proporcionaría un beneficio al 50% de los usuarios, los cuales pertenecen a un nivel socioeconómico C o superior; mientras que para la otra mitad de los usuarios no sería

sería de utilidad pues el poder adquisitivo de los niveles socioeconómicos D y E se enfoca en adquirir productos para satisfacer necesidades básicas de alimentación, transporte o vivienda.

Como conclusión de la actividad se estableció continuar con el análisis de la incorporación de un método de pago adicional al efectivo a partir de la opinión, el punto de vista y la aceptación o rechazo por parte de los usuarios; ya que se tomó en consideración las ventajas en cuanto al pago con tarjeta de crédito y débito enlistadas en las conclusiones de la etapa 4.3 *GENERAR Y PROBAR*.

## 5.3 GENERAR Y PROBAR

En esta etapa del proyecto se trabajó con los objetivos particulares restantes establecidos en la etapa 5.1 *REDEFINIR* con el propósito de ampliar la investigación sobre las actividades, acciones, toma de decisiones y problemas de los usuarios al utilizar las TVMs; pues hasta el momento no se había analizado el punto de vista o los comentarios de las personas sobre el tema.

Para cada una de las actividades realizadas en esta etapa se describe el objetivo particular sobre el cual se trabajó, la planeación, ejecución, los resultados y las conclusiones o hallazgos identificados.

### 5.3.1 FICHAS SOBRE LOS USUARIOS

Con el propósito de identificar qué preguntar, a quién invitar o sobre qué tema enfocar las pruebas; se realizó esta actividad que consistió en generar fichas de trabajo sobre los usuarios previamente identificados en la actividad 5.2.1 *USUARIOS DE UNA TVM*.

La herramienta "Personas" (Goodwin, 2008) permite crear perfiles de usuario para describir a un grupo de usuarios, personas, clientes o segmentos de mercado mediante el establecimiento de arquetipos; es decir, dicha herramienta permite crear patrones de usuario con base en las similitudes en cuanto a la vida diaria, experiencia, nivel socioeconómico, necesidades y opiniones.

De los usuarios identificados se seleccionaron aquellos de los cuales se podría obtener una mayor cantidad de información sobre las necesidades o problemas al utilizar una TVM; y a partir de ello se elaboraron fichas de trabajo en las que se establecieron personajes que representaban al usuario; al cual se le asignó un nombre, edad y una profesión (Borja et al, 2009).

La información que se recopiló en las fichas se muestra en la figura 5.6. Las fichas de trabajo se pueden consultar en el *Anexo B. Fichas sobre los usuarios*.



Figura 5.6. Fichas de trabajo para la descripción de los personajes.

Como resultado de la actividad se obtuvo la siguiente información de algunos usuarios, la cual funcionó como hipótesis sobre la actitud, las acciones y la experiencia de las personas. Dicha información se utilizó como base para el planteamiento y planeación de las actividades posteriores.

- **Adultos mayores de 60 a 69 años de edad** - Prefieren no interactuar con dispositivos electrónicos, tienen problemas para identificar los gráficos derivado de la pérdida gradual de la vista. Algunos llevan bastones o artículos que les facilita caminar; sin embargo, por ello requieren de un mayor espacio al transitar por la estación de Metrobús.
- **Estudiantes** - Usuarios que muestran disposición a la incorporación de innovaciones tecnológicas en su vida diaria; se transportan con una mochila y por ello ocupan un mayor espacio al transitar en la estación.
- **Oficinistas** - Usuarios que traen consigo un portafolio o mochila y que ocupan un mayor espacio al transitar por la estación de Metrobús. Su interacción con la TVM es semanal pues deciden recargar en su tarjeta la cantidad necesaria para transportarse por 5 días.
- **Personas con discapacidad auditiva / del habla** - Usuarios que no distinguen las alertas sonoras de la TVM y basan su interacción en la información que se despliega en la pantalla, así como de las letras, números y flechas que se encuentran en la etiqueta de las máquinas.
- **Personas con discapacidad motriz temporal** - Usuarios en muletas o con un brazo enyesado; presentan dificultad para interactuar con la TVM pues en ocasiones solo cuentan con una mano para manipular todos los elementos.
- **Turistas / Foráneos** - Usuarios que no saben español y que piden ayuda a otra persona para acceder al Metrobús. Al no utilizar el servicio de forma regular deciden no comprar una tarjeta.
- **Policías** - Usuarios de servicio que auxilian a las personas que tienen dudas o problemas al interactuar con la TVM; cuentan con una tarjeta que prestan a las personas que no cuentan con una para que accedan al Metrobús.
- **Técnicos de mantenimiento** - Usuarios que al realizar el mantenimiento de la TVM entorpecen el tránsito de las personas por la estación de Metrobús. Realizan recorridos periódicos para identificar las máquinas que se encuentran fuera de servicio y las reparan.

### 5.3.2 ENTREVISTAS A USUARIOS ACTIVOS

En esta actividad se trabajó con el objetivo particular 3 que plantea el análisis de las acciones, el punto de vista y la experiencia del usuario con el propósito de identificar con qué frecuencia los usuarios activos utilizan la TVM, con qué regularidad se transportan en Metrobús, cuánto recargan en su tarjeta y a qué problemas se han enfrentado al interactuar con el sistema de peaje.

Al inicio de la actividad se generó un cuestionario con preguntas dirigidas a los usuarios que acababan de interactuar con una TVM. Si bien el formato del cuestionario sirvió como guía para realizar la entrevista a diferentes usuarios activos de distintas edades y profesiones; su función principal fue que el usuario proporcionara su opinión sobre el sistema de peaje, que mencionara aquellos aspectos que le agradaban o molestaban del servicio, así como anécdotas sobre los problemas que ha enfrentado durante los eventos en los que ha interactuado con las TVMs.

El cuestionario se presenta a continuación:

**CUESTIONARIO**

Edad: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_

1. ¿Cuántas veces a la semana utilizas el Metrobús?
2. ¿Qué línea(s) del Metrobús utilizas?
3. ¿Hacia dónde te diriges cuando utilizas el Metrobús? (Casa, trabajo, escuela, plazas, hospital, etc.)
4. ¿Has interactuado con las máquinas para comprar o recargar una tarjeta del Metrobús?
5. ¿Qué cantidad recargas a tu tarjeta y con qué regularidad?
6. ¿Has tenido problemas mientras utilizas la máquina para comprar o recargar una tarjeta? En caso de que la respuesta anterior sea afirmativa, ¿Cuáles? ¿Pediste ayuda para solucionar tu problema?
7. ¿Se ha atorado tu dinero en alguna de las máquinas? ¿Cómo solucionaste el problema?
8. ¿Has olvidado o perdido tu tarjeta? En caso de que la respuesta anterior sea afirmativa, ¿Qué acciones realizas para poder ingresar al servicio? (Adquirir una nueva tarjeta, darle mi dinero a otro usuario que sí cuente con una tarjeta).

Figura 5.7. Cuestionario para las entrevistas a usuarios activos.

9. ¿Has utilizado la información en las etiquetas de la máquina? ¿Crees que la información es útil? ¿Por qué?

10. ¿Le agregarías o cambiarías algo a la máquina? (Botones, funciones, etc.) ¿Agregarías alguna de estas opciones?

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Ayuda    | <input type="checkbox"/> Mapas    |
| <input type="checkbox"/> Idiomas  | <input type="checkbox"/> Horarios |
| <input type="checkbox"/> Regresar | <input type="checkbox"/> Otra:    |
| <input type="checkbox"/> Rutas    |                                   |

11. En ocasiones la máquina falla y la recarga de una tarjeta no se realiza de forma satisfactoria. ¿Sabías que la máquina te entrega un ticket para reclamar en uno de los módulos de atención a clientes de Metrobús?

12. Comentarios adicionales:

Figura 5.7. Cuestionario para las entrevistas a usuarios activos (Continuación).

Eppinger y Ulrich (2013) establecen como directriz práctica que 10 entrevistas resulta inadecuado y que 50 serían demasiadas; por lo cual se recomienda realizar las entrevistas de forma secuencial y terminar cuando ya no se descubran más necesidades o problemas. Por lo anterior, en esta actividad se recopilaron las respuestas de 27 usuarios activos de distintas edades y ocupaciones.

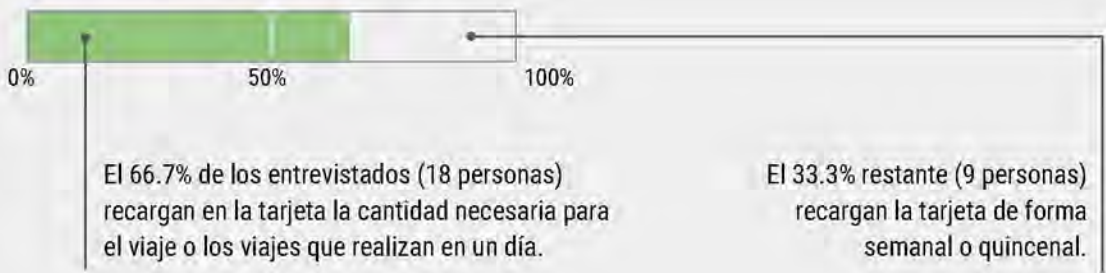


Figura 5.8. Entrevistas a usuarios activos.

Los resultados y los hallazgos de las entrevistas fueron los siguientes:



**Periodicidad de recarga de una tarjeta en las TVMs**



“

*“No me gusta recargar más saldo del necesario porque si pierdo la tarjeta o me la roban ya no puedo recuperar ese dinero.”*

- Comunicóloga, 23 años.

*“Traigo el dinero justo para gastar en el día.”*

- Estudiante, 19 años.

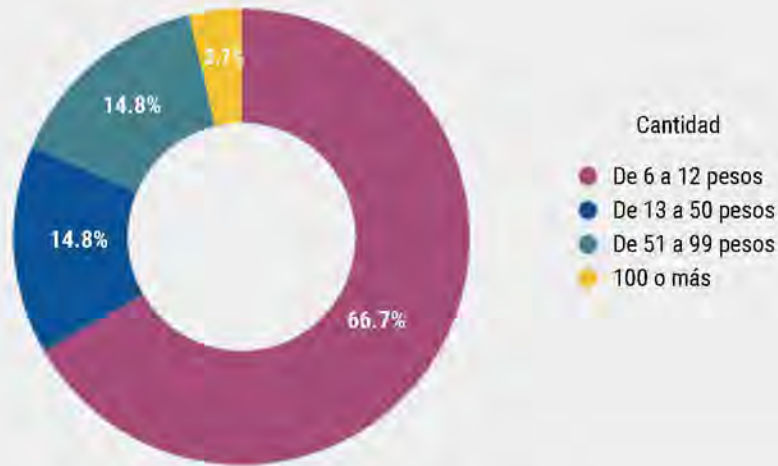
*“Prefiero recargar una vez a la semana porque en ocasiones la fila es muy larga y puedo llegar tarde a mi trabajo.”*

- Oficinista, 34 años.

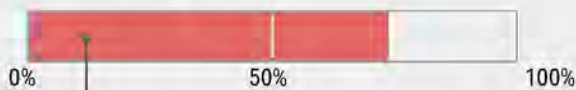
”

Figura 5.9. Resultados de las encuestas a usuarios activos.

### Cantidad que recargan los usuarios en una tarjeta



### Pérdida de tarjeta



El 74% de los entrevistados (20 personas) han perdido u olvidado su tarjeta para poder acceder al Metrobús.

“

*“Cuando no traigo tarjeta le pido ayuda a otra persona, no me gusta volver a comprar otra.”*

- Comunicóloga, 23 años.

*“Me acerco a otra persona que está recargando su tarjeta. Solo una vez una señora me dijo que no podía ayudarme.”*

”

- Nutriólogo, 33 años.

### Opciones adicionales a la TVM



El 85% de los entrevistados (23 personas) incorporarían una opción de "Ayuda".



El 52% de los entrevistados (14 personas) opinaron que incorporarían la opción de "Regresar"; a pesar de que dicha función ya se encuentra disponible en las TVMs actuales.

Al presionar "Compra de tarjeta" se despliega la opción de "Regresar" que devuelve al usuario al menú inicial.

Figura 5.10. Resultados de las encuestas a usuarios activos.



## Problemas de interacción con la TVM

- Máquinas fuera de servicio
- Validación incorrecta de monedas y billetes
- Máquinas lentas
- Estrés en los usuarios al tener a personas esperando detrás para ocupar la TVM
- El usuario no cuenta con el tiempo suficiente para leer las instrucciones
- La información de las etiquetas no guían de forma satisfactoria al usuario durante su interacción con la TVM
- Las señales sonoras no cumplen la función de indicarle al usuario que la recarga fue exitosa

“

*"Una vez la máquina no detectó mis monedas. El policía me dijo que fuera a reclamar a un módulo."*

- Economista, 35 años.

*"No sé si solo debo meter la tarjeta o presionar antes un botón para recargarle dinero a mi tarjeta."*

*"Se me ha caído la tarjeta al piso y me tardo más en la máquina."*

- Jubilado, 63 años.

*"La máquina debería ser un poco más didáctica porque luego las personas no saben que hacer y se desesperan."*

- Estudiante, 20 años.

*"Me da estrés tener a las personas formadas detrás de mí."*

- Comunicóloga, 23 años.

*"He visto varias personas que no le entienden la primera vez que utilizan la máquina ya que las indicaciones no son muy claras."*

- Maestra, 40 años.

”

## Emisión de un recibo para reclamo



El 41% de los entrevistados (11 personas) sabían que la TVM les entrega un recibo en caso de error en la transacción y que deben acudir a un módulo de atención para recuperar su saldo.

Figura 5.11. Resultados de las encuestas a usuarios activos.

En esta actividad se concluyó que los problemas de los usuarios activos entrevistados concuerdan con los hallazgos identificados en las observaciones del ciclo anterior en relación al tiempo de uso y la interacción con la TVM.

Por otro lado, las opciones que los usuarios agregarían son “Ayuda” y “Regresar” ya que en los comentarios recopilados expresaron que han tenido dudas o han cometido errores durante su interacción con la máquina.

Las otras opciones como “Rutas” y “Horarios” se descartaron ya que al interior del andén se colocaron pantallas que indican el tiempo de espera y la ruta del siguiente camión; además, colocar dichas opciones en la interfaz aumentarían el tiempo de uso por usuario y al ser un servicio de transporte de alta demanda se requiere que el sistema de peaje sea rápido y eficiente con un enfoque en la compra y recarga de tarjetas del Metrobús.

### 5.3.3 OBSERVACIONES Y ENTREVISTAS A USUARIOS DE SERVICIO

En esta actividad se trabajó con el objetivo particular 3 que hace referencia al análisis de las acciones, el punto de vista y la experiencia de los usuarios al interactuar con una TVM; sin embargo, a diferencia de la actividad anterior, en esta ocasión con un enfoque en los usuarios de servicio para identificar su rutina diaria y los problemas más comunes que enfrentan al interactuar con la TVM.

Con el apoyo de la empresa Operadora de Transporte se realizaron observaciones y entrevistas a los siguientes usuarios de servicio de una línea del Metrobús:

- 2 técnicos de mantenimiento
- 1 persona de limpieza
- 1 policía
- 2 personas encargadas de la recolección de efectivo
- 1 abastecedor de tarjetas

Debido a los acuerdos de confidencialidad y la seguridad del servicio, en este documento no se encuentran disponibles las respuestas recopiladas de dichas entrevistas; sin embargo, a continuación se presentan algunas de las preguntas que se realizaron a los usuarios, las observaciones realizadas y las conclusiones de la actividad.

## TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO

Las entrevistas a los técnicos de mantenimiento se enfocaron en conocer los problemas que han solucionado al reparar las TVMs y cuál es su rutina diaria para proporcionar mantenimiento preventivo a las máquinas. Al mismo tiempo, se realizaron observaciones para identificar los componentes al interior de la TVM y el sistema de seguridad de la máquina.

Algunas de las preguntas que se realizaron en las entrevistas son:

- ¿Cuál es el problema más común en las máquinas?
- ¿De qué manera los resuelven?
- ¿Cuánto tiempo tardan en resolverlos?
- ¿Cuál es el mantenimiento correctivo y preventivo que realizan?
- ¿Cuáles son los elementos más importantes del sistema?

Los resultados de las observaciones y las entrevistas a los técnicos son los siguientes:

	Los técnicos realizan el mantenimiento en horas de servicio del Metrobús; por lo cual perjudican la entrada y salida de los usuarios.
	Han encontrado billetes en la ranura donde se introduce la tarjeta o tarjetas en la ranura donde se imprimen los recibos.
	Han encontrado monedas atoradas que no admite el validador; así como roldanas y basura.
	Los técnicos de mantenimiento no tienen acceso a los depósitos de efectivo.

Tabla 5.2. Resultados de las observaciones y las entrevistas a los técnicos de mantenimiento.

## POLICÍA

La entrevista que se realizó con el policía se enfocó en conocer sus tareas de vigilancia e identificar de qué forma auxilia a los usuarios que no saben utilizar las TVMs de la estación.

Algunas de las preguntas que se realizaron en la entrevista son:

- ¿Cuál es su rutina diaria?
- ¿Ha presenciado actos de vandalismo a las máquinas?
- ¿Qué pasa si no hay tarjetas disponibles para compra en la máquina?
- ¿Ayuda a los usuarios cuando no saben utilizar las máquinas?

Los resultados y hallazgos son los siguientes:




	<p>El policía permite la entrada a aquellos usuarios exentos del pago del servicio mencionados en la actividad 5.3.1 USUARIOS DE UNA TVM.</p>
	<p>En Metrobús no se han presentado actos de vandalismo a las máquinas ya que cada estación cuenta con un policía y cámaras de vigilancia.</p>
	<p>El policía ha auxiliado a los usuarios durante su interacción con la TVM y les indica en qué estaciones hay módulos de servicio para poder recuperar una tarjeta bloqueada.</p>

Tabla 5.3. Resultados de la entrevista a un policía de Metrobús.

## PERSONAL DE LIMPIEZA

Las observaciones realizadas al personal de limpieza no proporcionaron información adicional sobre sus actividades, pues únicamente limpian la máquina para retirar basura y polvo del exterior.

## PERSONAL DE RECOLECCIÓN DE EFECTIVO

Al personal que recolecta el efectivo no fue posible entrevistar; sin embargo, mediante observaciones se obtuvieron los siguientes resultados y hallazgos:


	El personal de recolección de efectivo recoge los depósitos de monedas y billetes en horas de servicio del Metrobús; por lo cual perjudican la entrada y salida de los usuarios.
	Tienen acceso a los componentes al interior de la máquina.
	El personal de recolección de efectivo ha golpeado los componentes internos al retirar los depósitos de monedas y billetes.
	El personal cuenta con vendas y cinta en las manos para no lastimarse al cargar el depósito de monedas.

Tabla 5.4. Resultados de las observaciones al personal que recolecta el efectivo.

## ABASTECEDOR DE TARJETAS

Al abastecedor de tarjetas no fue posible entrevistar; sin embargo, durante las observaciones se identificó que tiene acceso a los componentes internos y que al igual que los técnicos de mantenimiento y el personal que recolecta el efectivo; perjudica el tránsito de personas mientras realiza su trabajo.

Como conclusión de la actividad, de las observaciones y las entrevistas realizadas a los técnicos de mantenimiento se obtuvo la información sobre los componentes que se localizan al interior de la TVM; la cual se organizó en la actividad 6.1.1 *LISTA DE PARTES* del ciclo III.

Finalmente, se identificó que los problemas de interacción de los usuarios de servicio no era posible analizarlos en conjunto como se realizó con los usuarios activos; ya que son distintos para cada persona; por ejemplo, para el técnico de mantenimiento es importante contar con acceso a los componentes internos pero no a los depósitos de efectivo, mientras que para el personal recolector de efectivo es importante contar con acceso a los depósitos de monedas y billetes pero no a los componentes internos. Por lo anterior, los problemas de cada usuario se analizaron por separado.

### 5.3.4 PRIMEROS SIMULADORES

En esta actividad se trabajó con el objetivo particular 4 que hace referencia al análisis de la percepción de los usuarios sobre la distribución de los componentes de interacción, altura de la máquina, volumen y forma. Para ello se construyeron simuladores de masa con el propósito de realizar pruebas con usuarios de distintas edades y ocupaciones.

Un simulador es una representación gráfica o física de un producto y sirve para evaluar la interacción con el usuario en poco tiempo y de forma económica. Los simuladores de masa (Borja et al, 2011) son aquellos que pueden mostrar dimensiones reales pero no necesariamente en su forma y estética; su principal objetivo al probarlo con usuarios es calificar las dimensiones, las proporciones y su ergonomía.

Figura 5.12. Construcción de los primeros simuladores.



La construcción de los simuladores de masa de esta actividad constaban de los siguientes elementos:

- 2 mamparas blancas (Figura 5.13)
- Elementos que representaban los principales componentes de interacción para un usuario activo con una TVM (Figura 5.14)

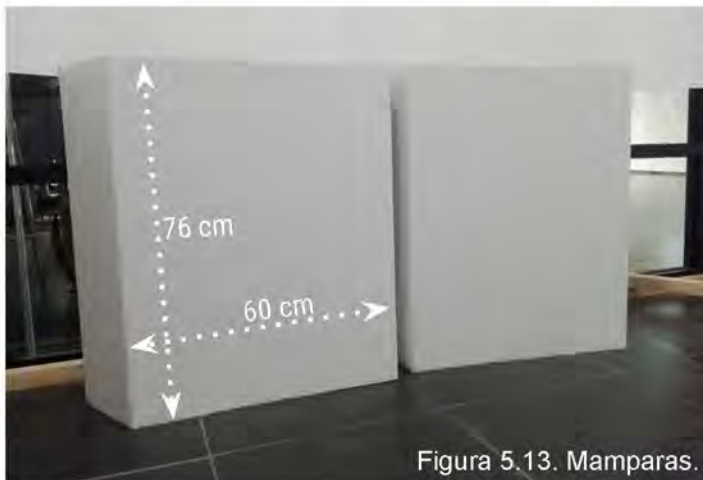


Figura 5.13. Mamparas.

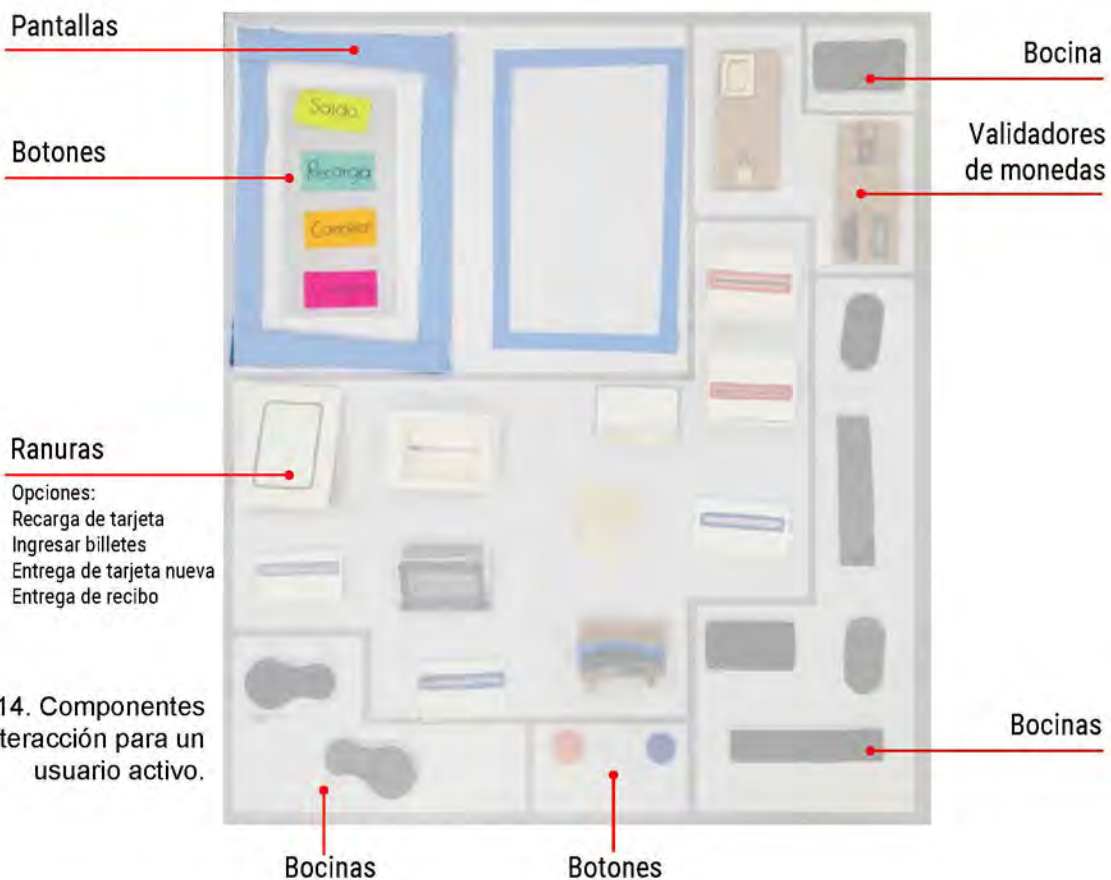


Figura 5.14. Componentes de interacción para un usuario activo.

En esta prueba participaron 15 usuarios de diferentes edades y ocupaciones:



Figura 5.15. Edad y ocupación de los participantes de la prueba.

La prueba consistió en entregarle a cada participante todos los elementos que se muestran en la figura 5.13 y 5.14 sin alguna indicación sobre qué representaba cada uno de ellos. Posteriormente, se le pidió a cada usuario ocupar los elementos para construir una máquina en la que se pudiera comprar y recargar tarjetas, similar a las que se encuentran en el Metrobús, Tren Ligero, Tren Suburbano y Mexibus.

Cada máquina debía contar con los siguientes elementos:

- 1 Pantalla
- 2 Botones como mínimo: Uno para la opción “Comprar” y uno para la opción “Recargar”
- 1 Elemento para ingresar monedas
- 1 Elemento para ingresar billetes
- 1 Elemento para entregar al usuario una tarjeta nueva (en caso de compra)
- 1 Elemento para colocar una tarjeta y recargar saldo
- 1 Elemento para entregar un recibo al usuario en caso de error en la transacción
- 1 Bocina como mínimo para indicar al usuario que la transacción se realizó correctamente



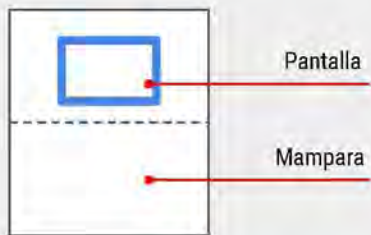
Una vez que el participante colocó todos los elementos, se le pidió ajustar el simulador a la altura e inclinación que considerara adecuada.

A continuación se mencionan los resultados y los hallazgos de la prueba. En el *Anexo C. Primeros Simuladores* se encuentran las imágenes de las configuraciones generadas por los participantes.

### Identificación y distribución de los componentes de interacción

#### Pantalla

El 93% de los participantes (14 personas) colocaron la pantalla en la parte superior de la mampara.



#### Forma y volumen

El 100% de los usuarios decidió utilizar una mampara de las dos disponibles.



El 80% de los participantes (12 personas) colocaron la pantalla de forma horizontal.

8 de esos participantes centraron la pantalla.

#### Botones



10 participantes colocaron los botones dentro de la pantalla (botones táctiles)

4 participantes colocaron los botones fuera de la pantalla (botones físicos)



1 usuario colocó botones dentro y fuera de la pantalla (botones táctiles y botones físicos)

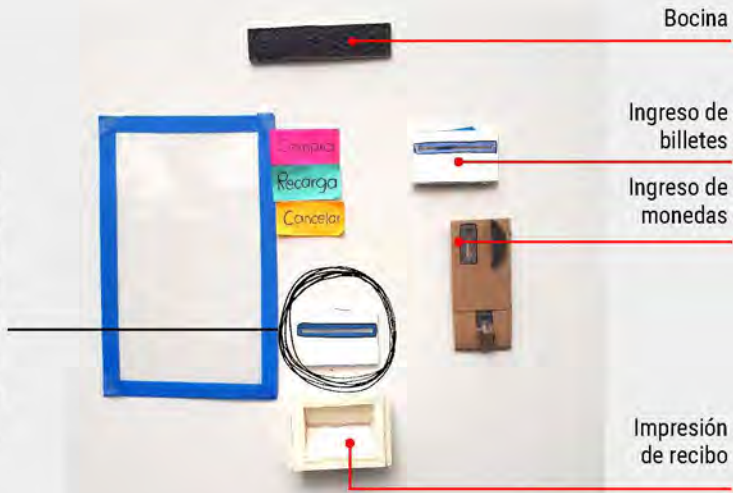
Figura 5.16. Resultados de los primeros simuladores.

### Compra y recarga de tarjeta

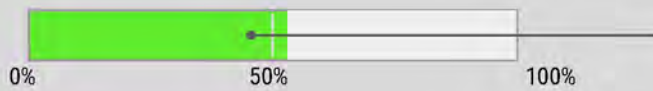
El 60% de los participantes (9 personas) decidieron utilizar un mismo elemento para la compra y recarga de tarjeta.



La ranura que entrega al usuario una tarjeta nueva es la misma ranura en donde el usuario puede ingresar su tarjeta para recargar saldo en ella.



### Ingreso de monedas y billetes



El 53% de los participantes (8 personas) agruparon los elementos relacionados con el ingreso de efectivo.

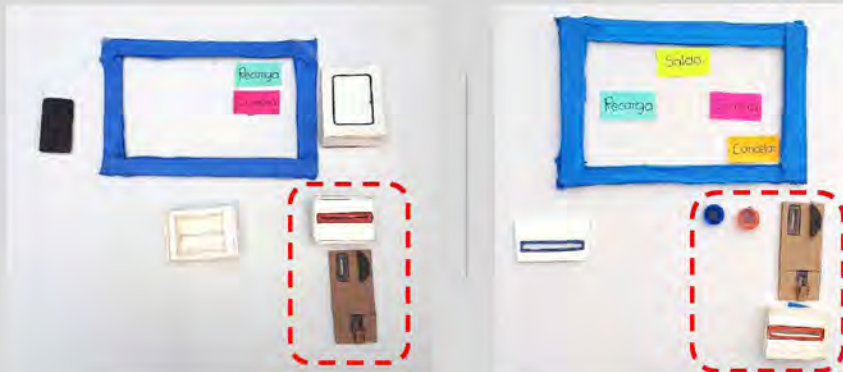
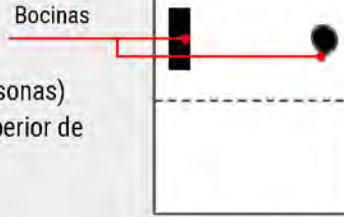


Figura 5.17. Resultados de los primeros simuladores.

### Bocinas



El 73.3% de los participantes (11 personas) colocaron las bocinas en la parte superior de la mampara.



10 participantes colocaron 1 bocina; 4 participantes colocaron 2; 1 participante decidió no colocar bocina.

### Recibo



El 46.7% de los participantes (7 personas) decidieron no colocar un elemento para impresión de recibo.



5 participantes colocaron el elemento para impresión de recibo en la parte inferior, a una altura distinta de los demás elementos.

“

*“Las máquinas del Metrobús no imprimen recibos.”*  
- Ama de casa, 47 años.

*“¿Para qué te imprime un ticket?”*  
-Vendedor, 35 años.

”

### Altura

El 100% de los participantes colocaron la mampara a una altura en la cual pudieran visualizar todos los elementos de interacción (Figura 5.19).

### Inclinación

El 46.7% de los participantes (7 personas) inclinaron la mampara pues aseguraron que mejoraba la visualización de los elementos (Figura 5.19).

Figura 5.18. Resultados de los primeros simuladores.



Figura 5.19. Altura e inclinación de la máquina generada por los participantes.

Como resultado de las observaciones del ciclo I, se identificó que las TVMs de línea 2, 3 y 4 presentan un arreglo horizontal en dos secciones como se muestra en la figura 5.20; sin embargo, en esta actividad se identificó que los participantes prefieren una máquina con una sola sección, ya que utilizaron una mampara de las dos disponibles para colocar los elementos de interacción y 5 de los participantes comentaron que las máquinas con dos secciones se perciben como dos máquinas distintas.

Por lo anterior, se concluyó que la TVM debía ser un objeto en una sección y se estableció trabajar en el ciclo III con el análisis de los componentes internos y del volumen de la TVM con el objetivo de definir la forma y el tamaño de la máquina.



Figura 5.20. TVM de línea 2 con dos secciones.

A partir de la distribución de los componentes de interacción se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se utilizaron como base para la generación de las actividades posteriores con el propósito de analizar si otros usuarios activos están de acuerdo o piensan distinto sobre la organización de los elementos:

- Pantalla horizontal en la parte superior de la TVM.
- Con botones físicos o táctiles pero no ambos.
- Elementos agrupados por función.
- Bocinas en la parte superior.
- Una ranura para dos funciones: compra y recarga de una tarjeta.
- Ranura de recibo en la parte inferior, separada del resto de los elementos.

Finalmente, con respecto a la altura e inclinación, en el siguiente ciclo se decidió realizar el análisis antropométrico con el objetivo de establecer la altura de la TVM que permite a los usuarios del Metrobús visualizar e interactuar con los componentes; así como identificar si es de utilidad que la máquina cuente con una inclinación para favorecer la interacción de los usuarios activos.

### 5.3.5 SESIÓN DE PRUEBAS

Con el objetivo de obtener información sobre los usuarios activos en cuanto a la interpretación de las señales auditivas o sonoras de una TVM, la aceptación o rechazo de innovaciones tecnológicas y la incorporación de un método de pago adicional al efectivo; se tomó la decisión de realizar una sesión de pruebas.

Una sesión de pruebas (Hormes et al, 2018) es una herramienta de investigación que se utiliza para realizar varias actividades o preguntas a distintos usuarios sobre productos específicos, bienes o servicios, conceptos, problemas, entre otros. Mediante ésta técnica es posible recopilar información sobre la percepción de las personas, su opinión, ideas y actitudes de un tema en específico.

Para esta actividad se realizaron 6 sesiones en total, cada una con una duración aproximada de 45 minutos con dos participantes a la vez; es decir, se contó con la asistencia de 12 usuarios activos de distintas edades y ocupaciones como se muestra en la figura 5.21. Dentro de los participantes se encontraban dos adultos mayores y dos turistas con un nivel de español elemental, los cuales se consideraron usuarios extremos como se estableció en las conclusiones de la etapa 4.4 *APRENDER*,

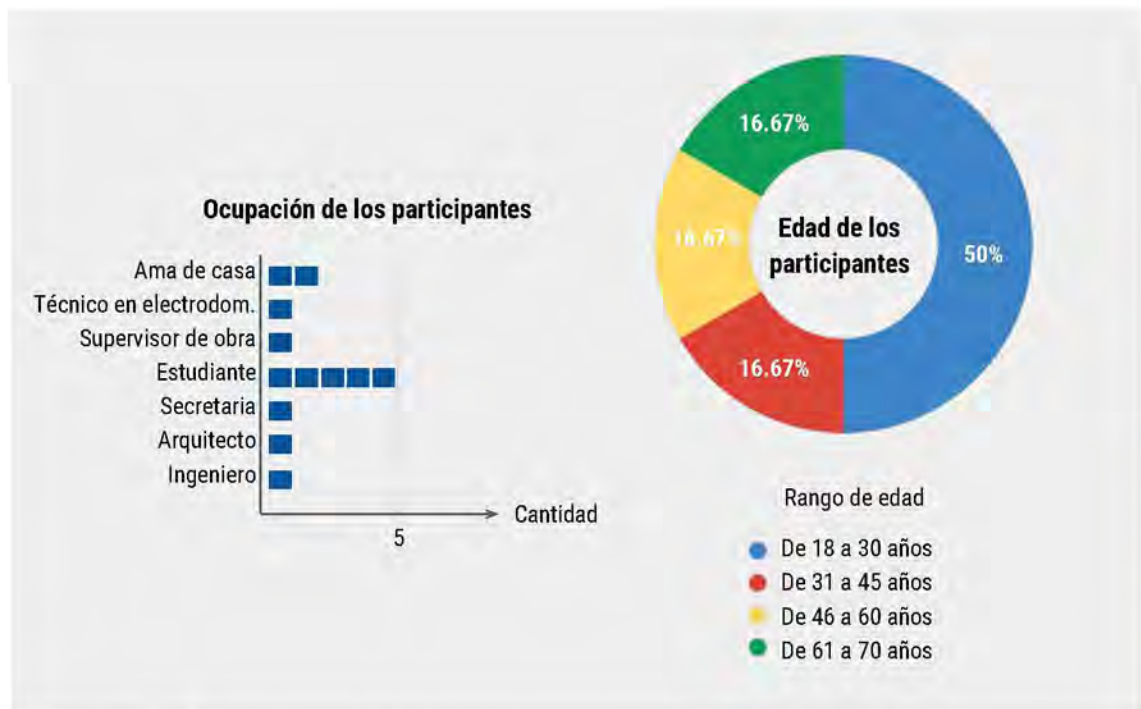


Figura 5.21. Ocupación y edad de los participantes en la sesión de pruebas.

Para el desarrollo de la actividad, se realizó la asignación de roles para los integrantes del equipo:

<b>MODERADORES</b> (2 personas)	Encargados de la introducción de la sesión, presentación y guía durante el desarrollo de las pruebas.
<b>LOGÍSTICA</b> (2 personas)	Encargados de entregar el material de cada prueba a los participantes; así como documentar y recopilar las respuestas, comentarios y opiniones de los asistentes.
<b>FOTÓGRAFO</b> (1 persona)	Encargado de documentar en fotografía y video cada sesión.

Tabla 5.5. Asignación de roles para la sesión de pruebas.

A continuación se presentan las pruebas realizadas durante la sesión y los resultados de cada una de ellas.

### Prueba I. Comparación entre TVMs

En esta prueba se trabajó con el objetivo particular 5 establecido en la actividad 5.1 *REDEFINIR*, el cual hace referencia a la comparación entre distintas configuraciones de una TVM de acuerdo a la preferencia de los participantes; con base en la distribución de los elementos, los colores y las guías de interacción de cada máquina.

Para esta prueba se le mostró a cada participante 10 series con 2 opciones de TVM cada una. En cada serie el participante seleccionó una de las dos opciones como respuesta a la pregunta: *¿Cuál de las dos máquinas te parece más sencilla de utilizar?*; tomando en cuenta la ubicación de la pantalla, la distribución de las ranuras para comprar y recargar una tarjeta, el ingreso de efectivo, la impresión de recibo y las guías de interacción (números, letras, recuadros y colores).

En la figura 5.22 se muestran 2 series de las 10 que integraban la prueba como ejemplo. La hoja con las 10 series y las respuestas de los participantes se muestran en el *Anexo D. Prueba I: Comparativa entre TVMs*.

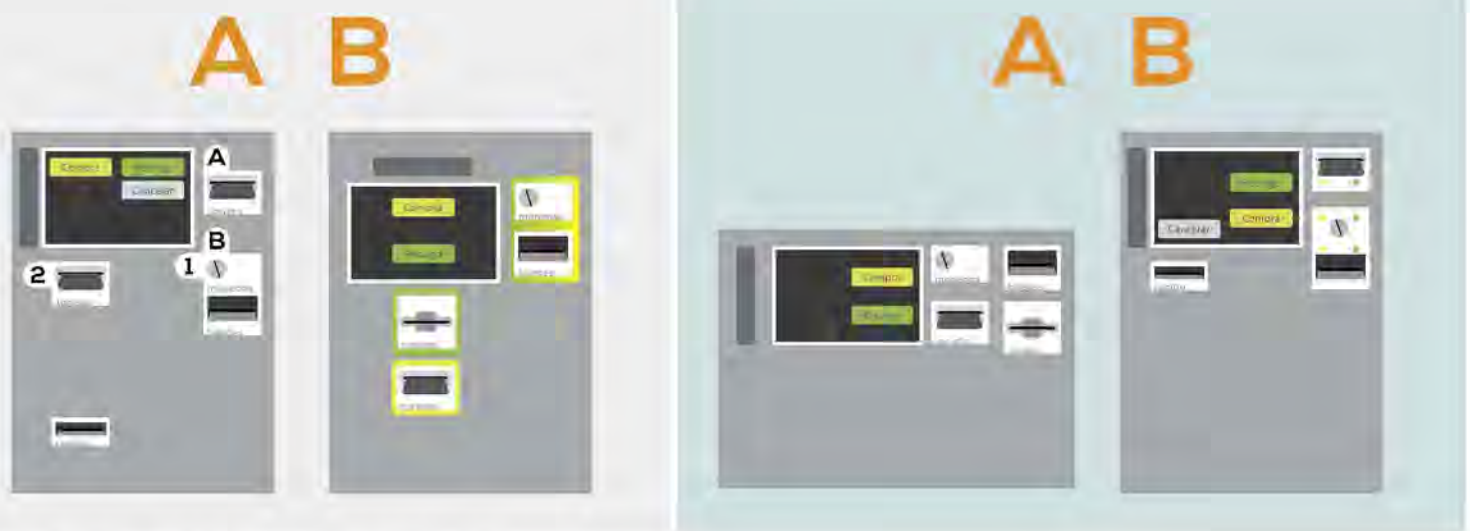


Figura 5.22. Prueba I: Comparativa entre TVMs.

Las respuestas de cada uno de los participantes se registraron en una hoja como se muestra en la figura 5.23.

Prueba I:  
Comparación  
entre TVMs

Serie	A	B
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Figura 5.23. Hoja de respuestas de la primera prueba.

Como resultado de la prueba se obtuvo que los participantes seleccionaron las opciones en las que se encontraba una máquina cuya forma era un rectángulo vertical sobre aquellas que presentaban una forma horizontal; como en el caso de la serie 3 que se muestra en la figura 5.24. Dicha elección se repitió en la serie 5, 7 y 8.



Figura 5.24. Resultados de la serie 3.



En cuanto a la distribución de los elementos de interacción, los usuarios seleccionaron aquellas opciones que presentaban los componentes agrupados por función y que utilizaban guías de interacción con recuadros, líneas y colores sobre aquellas opciones con números y letras (Figura 5.25).

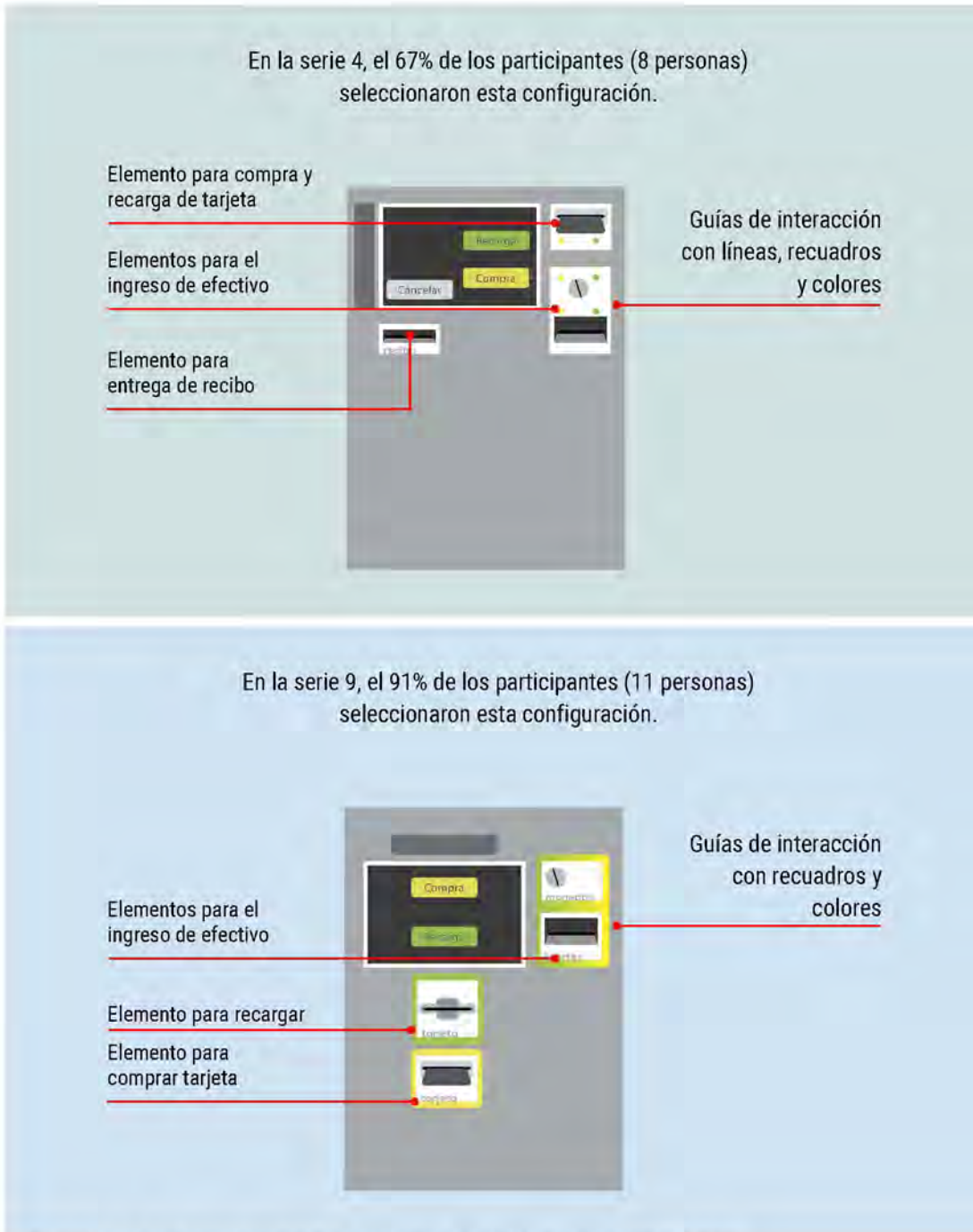


Figura 5.25. Resultados de la selección de TVMs en la serie 4 y 9.

## Prueba II. Modalidades de pago para acceder al Metrobús

En esta prueba se trabajó con el objetivo particular 6 establecido en la actividad 5.1 *REDEFINIR*, el cual hace referencia al análisis de los comentarios y el punto de vista de los participantes sobre la aceptación de distintas formas para pagar por su acceso al Metrobús. De esta forma se identificó la posibilidad de incorporar un método de pago adicional al efectivo y se analizaron dos configuraciones de TVM.

Para el desarrollo de esta prueba, a cada participante se le presentaron 4 modalidades de pago para acceder Metrobús:



Figura 4.26. Modalidades de pago.

Posteriormente, se le preguntó a los participantes: “¿Con cuál de estas modalidades estarías dispuesto a pagar por tu acceso al Metrobús?”, “¿Por qué?”. Los participantes podían elegir una o varias de ellas; además, se recopiló su punto de vista y los comentarios sobre cada opción en la hoja de respuestas que se muestra en la figura 5.27.

Prueba II: Modalidades de pago

Sí pagaría mi acceso al Metrobús con:	¿Por qué?
A	
B	
C	
D	

Figura 5.27. Hoja de respuestas de la segunda prueba.

Las respuestas de cada participante se muestran en el *Anexo E. Prueba II: Modalidades de pago para el acceso al Metrobús*.

Los resultados de la prueba se muestran a continuación:

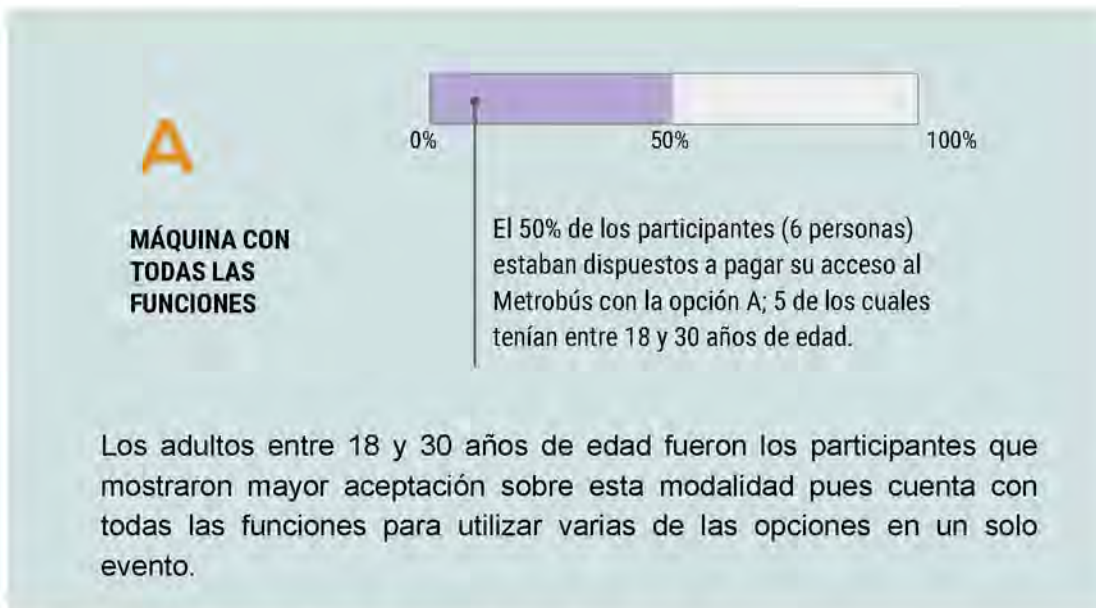
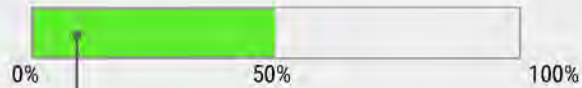


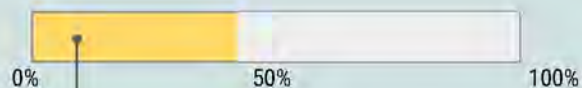
Figura 5.28. Resultados de la segunda prueba.

**B****MÁQUINA CON  
FUNCIONES  
SEPARADAS**

El 50% de los participantes (6 personas) estaban dispuestos a pagar su acceso al Metrobús con la opción B; 5 de los cuales tenían entre 31 y 69 años de edad.

Los adultos entre 31 y 69 años de edad fueron los participantes que mostraron mayor aceptación sobre esta modalidad ya que consideraron que al tener una sola opción, no se cometerían errores al interactuar con la máquina y cada usuario podría formarse en el módulo de su interés.

Por otro lado, los participantes entre 18 y 30 años de edad comentaron que se generarían más problemas en las estaciones pues son espacios reducidos y que el material para su manufactura sería demasiado.

**C****APLICACIÓN  
EN EL CELULAR**

El 41.2% de los participantes (5 personas) estaban dispuestos a pagar su acceso al Metrobús con la opción C.

Los participantes entre 18 y 30 años de edad fueron los usuarios que mostraron aceptación sobre esta modalidad ya que mencionaron que han perdido su tarjeta para ingresar al Metrobús pero que un celular es un artículo que siempre llevan consigo y es práctico de utilizar.

Por otro lado, 5 usuarios comentaron que no todas las personas cuentan con un teléfono inteligente y que son los jóvenes a quienes beneficiaría esta modalidad.

Figura 5.29. Resultados de la segunda prueba.

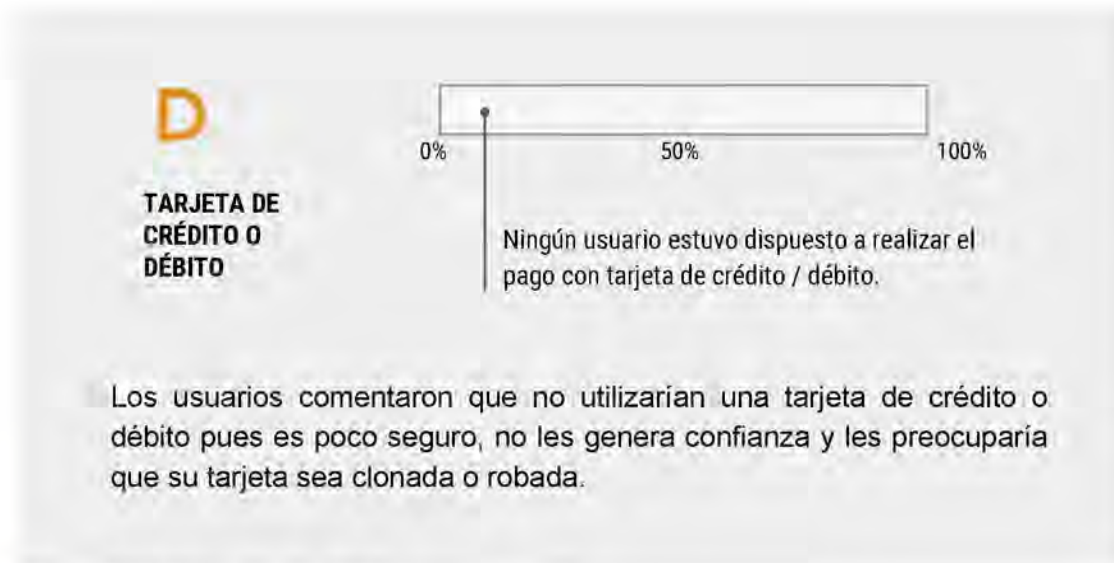


Figura 5.30. Resultados de la segunda prueba.

### Prueba III. Simulación

En esta prueba se trabajó con el objetivo particular 7 establecido en la actividad 5.1 *REDEFINIR*, el cual hace referencia a la evaluación de la secuencia de uso actual de una TVM a partir de las emociones y las acciones de los usuarios activos del Metrobús.

Ortiz (2017) define una emoción como un episodio de cambio, el cual se produce como respuesta a la evaluación de estímulos externos o internos que tienen una relevancia personal. Las emociones son de corta duración y están enfocadas en algo en concreto; por lo cual proporcionan información sobre la interacción entre una persona y un objeto.

Además, en esta prueba se trabajó con un concepto recuperado de la lluvia de ideas del ciclo I, el cual hace referencia al desbloqueo de opciones por pasos para disminuir la cantidad de información que se despliega. De esta forma se buscó analizar si el usuario lee las instrucciones y los letreros que se muestran en la pantalla; si pide ayuda ante alguna duda o si busca la forma de resolver un problema por su cuenta.

Para el desarrollo de esta actividad, como primer paso se le mostró a cada participante la secuencia de uso para comprar y recargar una tarjeta en las TVMs del Metrobús (Figura 5.31 y 5.32).

### SECUENCIA DE USO PARA LA COMPRA DE TARJETA



Figura 5.31. Secuencia de uso actual para la compra de una tarjeta.

### SECUENCIA DE USO PARA LA RECARGA DE TARJETA



Figura 5.32. Secuencia de uso actual para la recarga de una tarjeta.

Posteriormente, se le entregó a cada participante una tableta electrónica que desplegaba un menú similar al de la pantalla de una TVM, un elemento para comprar / recargar una tarjeta, un elemento para depositar monedas y una tarjeta.

Las instrucciones de la prueba fueron las siguientes:

1. Realiza la compra de una tarjeta utilizando todos los elementos.
2. Realiza la recarga de 6 pesos de saldo en la tarjeta utilizando todos los elementos.

La secuencia de uso que se planteó para esta prueba se muestra en la figura 5.31 y 5.32.

### SECUENCIA DE USO PARA LA COMPRA DE TARJETA



Figura 5.33. Secuencia de uso para compra de una tarjeta como parte de la prueba III.

### SECUENCIA DE USO PARA LA RECARGA DE TARJETA

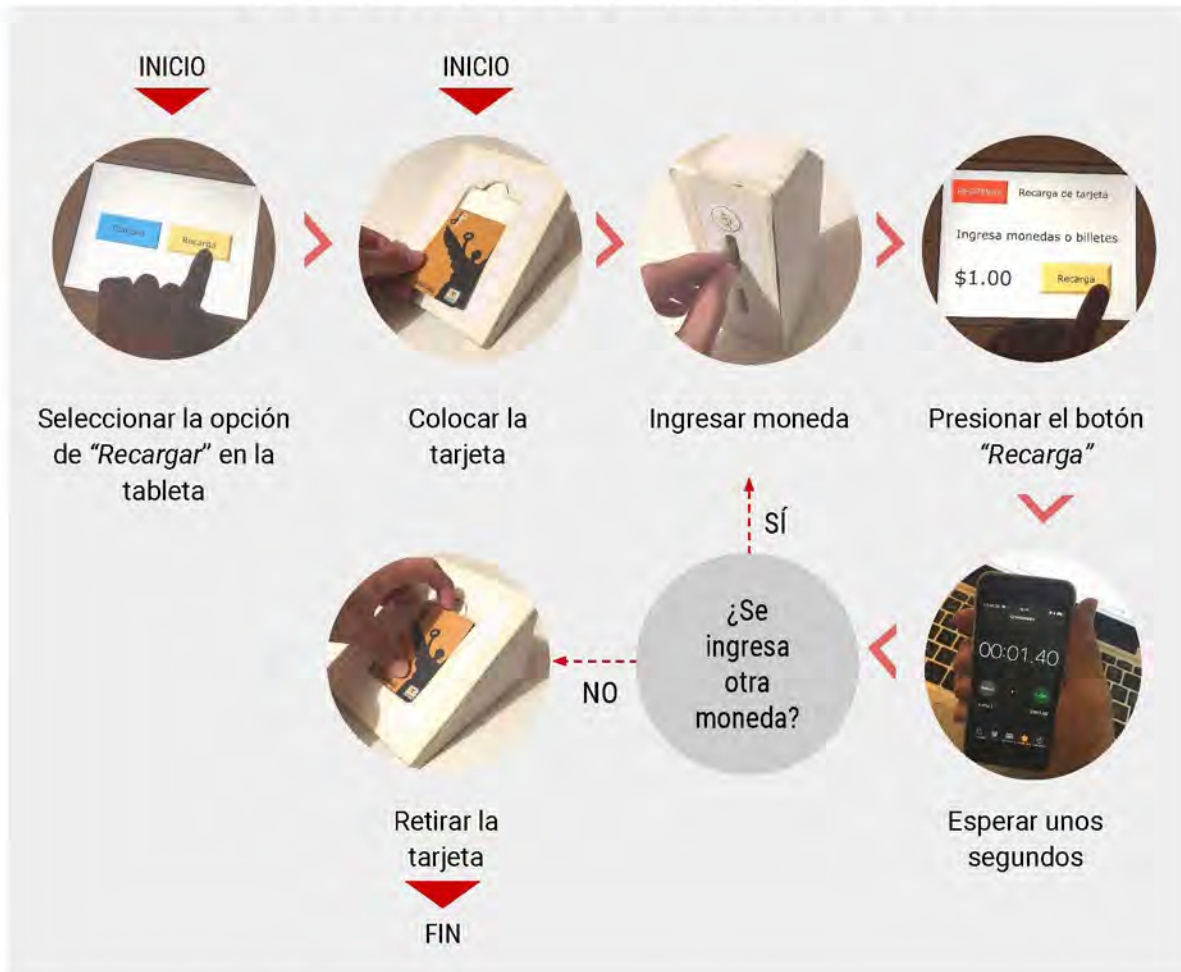


Figura 5.34. Secuencia de uso para recarga de una tarjeta como parte de la prueba III.

La secuencia de uso de la figura 5.33 contaba con los mismos pasos que la secuencia de uso actual para comprar una tarjeta; de esta forma, con la instrucción 1 los participantes identificaron los elementos disponibles e interactuaron con la simulación en la tableta electrónica.

Por otro lado, la secuencia de uso de la figura 5.34 se modificó con el propósito de identificar las acciones, las emociones y el punto de vista de los participantes ante una secuencia distinta con la cual no habían interactuado antes y a partir de la cual se analizó si el usuario se apoyaba de las diapositivas o si prefería preguntar y pedir ayuda.

La secuencia modificada para recargar una tarjeta contó con dos formas para iniciar la interacción:

1. Presionando el botón "Recargar" en la tableta electrónica.
2. Colocando la tarjeta.

De las dos opciones anteriores, si participante comenzó la interacción presionando el botón "Recargar", la interfaz desplegó la diapositiva con las indicaciones para colocar la tarjeta como siguiente paso (Figura 5.35).

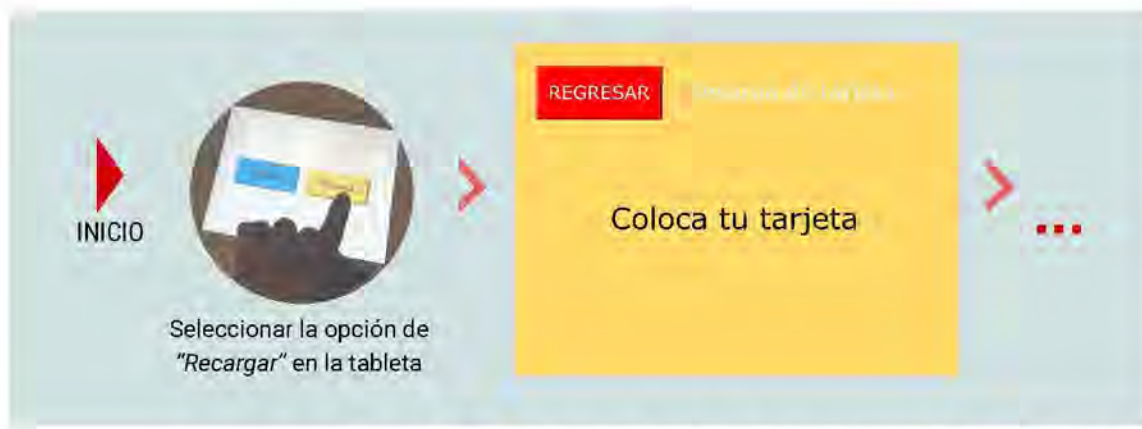


Figura 5.35. Inicio de la interacción al presionar el botón "Recargar".

En cambio, si el participante comenzó la interacción colocando la tarjeta, la interfaz identificó dicha acción y desplegó automáticamente la diapositiva con las indicaciones para el ingreso de efectivo como siguiente paso (Figura 5.36). De esta forma se analizó si el desbloqueo de opciones por pasos era un concepto útil e incorporable en el diseño de la TVM.





Figura 5.36. Inicio de la interacción al colocar la tarjeta.

La segunda modificación de la secuencia de recarga fue que por cada moneda que el participante ingresó; fue necesario oprimir el botón “Recarga” y esperar a que se validara la moneda. De esta forma se identificó si el participante pedía ayuda o trataba de solucionar el problema de interacción a pesar de que la diapositiva de la simulación no incluía instrucciones o guías para el usuario.

Al finalizar, se le entregó a los participantes una hoja que mencionaba algunas emociones (Figura 5.37) y se le preguntó lo siguiente:

- ¿Cuáles emociones describen tu experiencia con las máquinas que se encuentran actualmente en el Metrobús? ¿Por qué?
- ¿Cuáles emociones describen tu experiencia con la secuencia de compra y recarga de esta prueba? ¿Por qué?

Felicidad	Desconfianza	Molestia	Duda
Tristeza	Vergüenza	Fascinación	Aburrimiento
Enojo	Preocupación	Indiferencia	Frustración
Desagrado	Irritabilidad	Confianza	Interés
Asombro	Ansiedad	Pánico	Decepción
Confusión	Entretenimiento	Satisfacción	Sorpresa
Agrado	Estrés	Tranquilidad	Desesperación

Figura 5.37. Hoja con emociones.

Las observaciones de la prueba y las respuestas de los participantes se recopilaron en una hoja de respuestas como se muestra en la figura 5.38. En en *Anexo F. Prueba III: Simulación* se muestran las respuestas de los participantes; así como las diapositivas que se desplegaron en la tableta electrónica para esta prueba.

Prueba III: Simulación		
Inicio de la interacción	Inició presionando el botón	Inició colocando la tarjeta
Observaciones al interactuar con la secuencia modificada para recargar una tarjeta		
Emociones identificadas con las TVMs actuales		
Emociones identificadas con la secuencia de la prueba		

Figura 5.38. Hoja de respuestas de la tercer prueba.

Los resultados de la prueba se muestran a continuación:

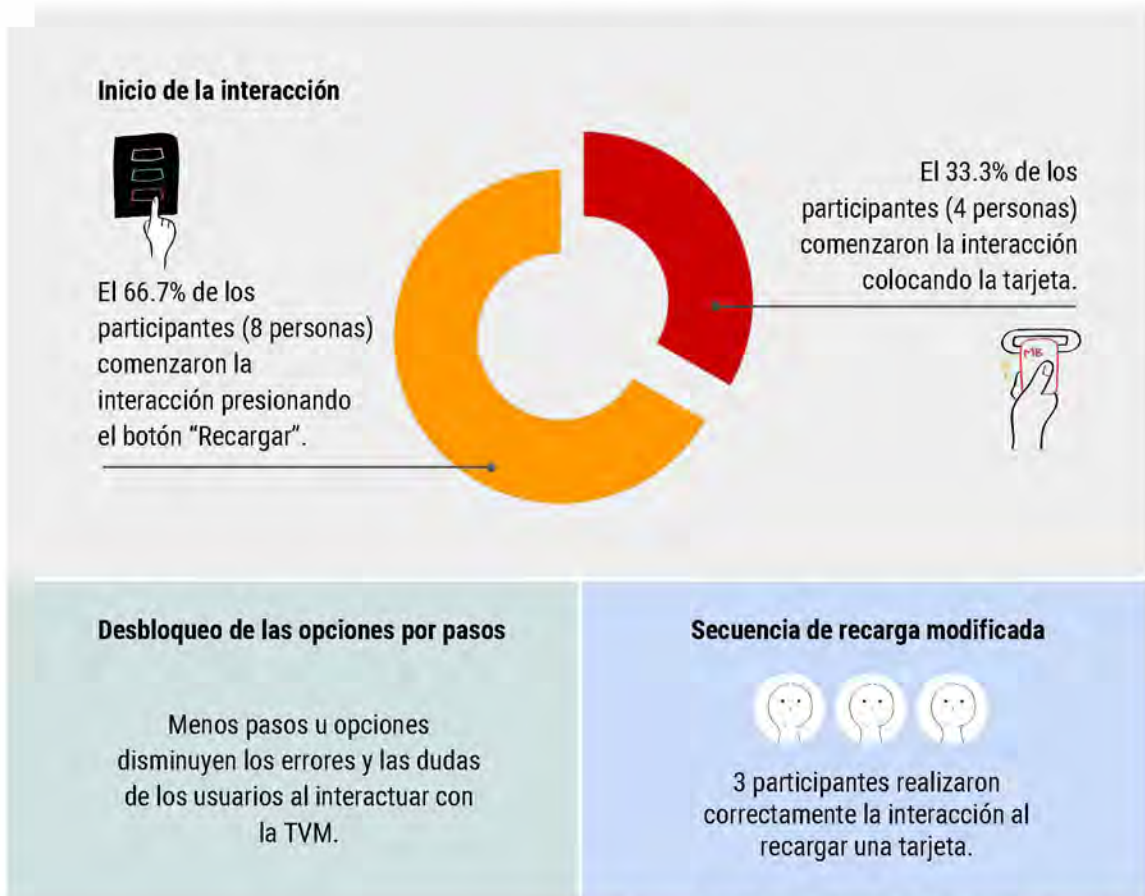


Figura 5.39. Resultados de la tercer prueba.

### Emociones identificadas por los participantes sobre las TVMs de Metrobús

9 participantes relacionaron las TVMs con emociones neutras o negativas. Las dos más mencionadas fueron:



**Indiferencia**, ya que conocen el servicio, han interactuado con las máquinas y las consideran un elemento más del Metrobús.



**Molestia**, ya que las máquinas son lentas y han presentado problemas de interacción con ellas.

### Emociones identificadas por los participantes sobre la secuencia modificada

10 participantes relacionaron la secuencia con emociones negativas. Las dos más mencionadas fueron:



**Confusión**, al ser una secuencia distinta a la actual.

**Molestia**, de tener que presionar varias veces el botón "Recarga".

2 participantes relacionaron a las TVMs con emociones positivas, por ejemplo:



**Satisfacción**, ya que la tableta electrónica desplegaba las diapositivas rápidamente y había pocas opciones.

3 participantes relacionaron las TVMs con emociones positivas, por ejemplo:



**Tranquilidad**, ya que conocen las máquinas, cómo funcionan y los elementos de interacción.

### Ayuda durante la interacción



El 83.33% de los participantes (10 personas) realizaron la interacción sin pedir ayuda a los moderadores de la actividad, aunque después de la prueba manifestaron haber tenido dudas y confusión al no saber si estaban realizando la secuencia de forma correcta.

Figura 5.40. Resultados de la tercer prueba.

## Prueba IV. Innovaciones Tecnológicas

En esta prueba se trabajó con el objetivo particular 8 establecido en la actividad 5.1 *REDEFINIR*, el cual hace referencia al análisis de los elementos tecnológicos que influyen en la decisión de los usuarios para aceptar o rechazar el uso de una máquina; tal como se observó en la actividad 4.2.3 *ANÁLOGOS*, en donde los adultos mayores evitan el uso de las “Practicajas” por desconfianza de que su pago no se realice correctamente.

Para el desarrollo de esta prueba, cada participante seleccionó de tres opciones, aquella máquina con la cual les gustaría interactuar para adquirir su acceso al Metrobús (Figura 5.41). Posteriormente, cada participante argumentó el por qué de su decisión; así como las ventajas y desventajas de cada opción, gustos o disgustos y su opinión sobre cada una.



Figura 5.41. Innovaciones tecnológicas en una TVM.

Las respuestas de cada participante se recopilaron en un cuadro como se muestra en la figura 5.42 y se pueden consultar en el *Anexo G. Prueba IV: Innovaciones Tecnológicas*.

Prueba IV: Innovaciones Tecnológicas	
Máquina seleccionada	¿Por qué?
A	
B	
C	

Figura 5.42. Hoja de respuestas.

Los resultados de la prueba son los siguientes:



Figura 5.43. Resultados de la cuarta prueba.



Figura 5.44. Resultados de la cuarta prueba.

#### Prueba V. Alertas sonoras

En esta prueba se trabajó con el objetivo particular 9 establecido en la actividad 5.1 *REDEFINIR*, el cual hace referencia a la interpretación de las alertas sonoras de una TVM por parte de los usuarios activos; de esta forma, se identificaron aquellos sonidos que le indican a las personas que la interacción se había completado de forma exitosa y aquellos sonidos que indican error.

Para el desarrollo de esta prueba, cada participante escuchó 10 sonidos distintos y los asoció con alguna de las indicaciones de una TVM, las cuales se muestran en la figura 5.45. Cada participante podía asociar un sonido con dos o más indicaciones, o no elegir alguna de ellas.

Alerta	Inicio	Anterior	Disponible	Otro
Finalización	Siguiente	Espera	En uso	No lo asocio con
Error	Pausa	Listo	Fuera de servicio	alguna de las
				indicaciones

Figura 5.45. Indicaciones de una TVM.

Las respuestas y los comentarios de cada participante se registraron en una hoja de respuestas como se muestra en la figura 5.46; los cuales se pueden consultar en el *Anexo H. Prueba V: Alertas sonoras*.

Prueba V: Alertas sonoras

Sonido	Indicación
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Figura 5.46. Hoja de respuestas para la prueba V.

Los resultados de la prueba fueron los siguientes:

- Los sonidos graves están relacionados con errores.
- Los sonidos agudos en intervalos son asociados con espera o pausa.
- Los sonidos agudos melódicos ascendentes se relacionan con inicio.
- Los sonidos agudos melódicos descendentes se relacionan con finalización.

Por lo anterior, actualmente las TVMs utilizan un sonido grave intermitente para indicarle al usuario que la recarga se realizó de forma exitosa; sin embargo, dicho sonido está asociado con una alerta de “*Error en la operación*”. Como conclusión, una alerta sonora aguda con una melodía descendente es la opción indicada para señalar a los usuarios activos el final de su interacción con la máquina.

### Prueba VI. Alertas visuales

En esta prueba se trabajó con el objetivo particular 9 establecido en la actividad 5.1 *REDEFINIR*, el cual hace referencia a la interpretación de las alertas visuales de una TVM por parte de los usuarios activos. Además, se comenzó a trabajar con uno de los conceptos de la lluvia de ideas del ciclo I, relacionado con las guías de luz para indicarle a los usuarios la sección o los componentes de interacción; con el objetivo de disminuir los errores al utilizar la TVM.

El propósito de la prueba fue identificar los colores que son asociados por los usuarios como “*Listo*”, “*Disponible*”, “*Error*”, “*Fuera de servicio*” y “*En uso*”. Para ello, se construyó un simulador con leds y botones como se observa en la figura 5.47.



Figura 5.47. Simulador con leds y botones.

A cada usuario se le entregó el simulador con leds y una hoja con indicaciones de una TVM como se muestra en la figura 5.45; posteriormente, se le pidió al participante oprimir cada uno de los botones y señalar con qué indicación asociaba cada color de los leds. Los participantes podían asociar un color con una o más indicaciones, o con ninguna de ellas.

Las asociaciones de los participantes se anotaron y recopilaron en una hoja de respuestas como se muestra en la figura 5.48; las cuales se pueden consultar en el *Anexo I. Prueba VI: Alertas visuales*.

Prueba VI: Alertas visuales

	Verde	Azul	Rojo	Naranja	Blanco
Indicación					

Figura 5.48. Hoja de respuestas para la prueba VI.



Los resultados de la prueba se muestran en la figura 5.49.



Figura 5.49. Resultados de la prueba VI.

Con la asociación de los colores para los leds del simulador se concluyó con la sesión de pruebas. En la figura 5.50 se muestran algunas imágenes de los participantes realizando las distintas actividades de la sesión.



5. CICLO II:  
SOBRE EL USUARIO



Figura 5.50. Sesión de pruebas.

## CONCLUSIONES DE LA SESIÓN DE PRUEBAS

La sesión de pruebas de esta actividad permitió identificar las acciones, el punto de vista, las emociones y las actitudes de los usuarios activos sobre varios aspectos de una TVM como la forma y el volumen de la máquina; la distribución de los componentes de interacción; la aceptación de un método de pago adicional; la forma en que los usuarios resuelven un problema de interacción y la asociación de las alertas sonoras y visuales con indicaciones de una TVM.

En la prueba I se identificó que los participantes prefieren una máquina con una disposición vertical en una sección, con los componentes agrupados por función y con guías de interacción en forma de líneas y recuadros que incorporen colores en lugar de números y letras. A partir de las características obtenidas de esta prueba, se estableció que en el ciclo III se recopilaran los hallazgos para generar distintas configuraciones de la interfaz de una TVM, con el objetivo de definir la distribución de los componentes de interacción.

En la prueba II y en la prueba IV se identificó una brecha generacional que influye en la aceptación de las innovaciones tecnológicas en una TVM y el uso de un método de pago adicional al efectivo. A pesar de que los adultos menores de 30 estarían dispuestos a realizar el pago con un teléfono móvil, el resto de los usuarios no lo haría. Ambos grupos expresaron rechazo ante el pago con tarjeta de crédito y débito; aunque como resultado de las observaciones en el SVBus se obtuvo un 33% de aceptación sobre este método de pago. Finalmente, se concluyó que en esta fase del proyecto no se incorporaría un elemento adicional al pago en efectivo ya que la Empresa Operadora de Transporte estableció el diseño mecánico de la TVM como alcance del proyecto sin la posibilidad de modificar los componentes actuales.

Por otro lado, los adultos mayores de 30 años expresaron preferencia hacia una máquina con tres módulos: Uno para comprar una tarjeta, uno para recargar y otro para consultar saldo; sin embargo, las estaciones son espacios reducidos y esta modalidad perjudicaría el tránsito de los usuarios que ingresan o salen del andén; por lo cual se descartó y se trabajó con el hallazgo de una sola máquina con todas las funciones. Además, se identificó que los usuarios prefieren interactuar con una máquina compacta en lugar de una máquina convencional; este hallazgo permitió trabajar en la forma y la disposición de la TVM con base en el volumen que ocupan los componentes al interior de la máquina, como parte de las actividades del ciclo III.

En la prueba III se concluyó que los usuarios prefieren buscar una solución a los

problemas de interacción antes de pedir ayuda a otro usuario; por lo que se basan en las guías y los letreros que aparecen en la pantalla. La predicción de operaciones se consideró un elemento importante pues ayuda a reducir los errores de interacción ya que disminuye las opciones en la interfaz y permite una interacción ágil con la TVM.

En la prueba V se identificó que los sonidos agudos melódicos descendentes son relacionados por los usuarios como una alerta de finalización; por lo cual un sonido con estas características sería útil para indicar al usuario que la recarga de una tarjeta se realizó de forma exitosa.

Finalmente, en la prueba VI se identificó la asociación de colores con indicaciones de una TVM, por lo cual en el siguiente ciclo se trabajó con tres colores: Rojo, azul y verde; ya que fueron las opciones que los participantes relacionaron con "Disponible", "Error", "Fuera de servicio / En mantenimiento", "Correcto" y "Listo". A partir de esta prueba se generó la siguiente pregunta con el objetivo de encontrar su respuesta en el siguiente ciclo: *¿Es posible generar una interfaz con guías de luz que sustituyan las guías con números, letras y flechas?*

### 5.3.6 ENCUESTA EN LÍNEA

Con el objetivo de identificar información adicional sobre los problemas de interacción y las necesidades de los usuarios activos que no se obtuvieron como resultado de las actividades de este ciclo, se realizó una encuesta en línea dentro de la plataforma de *Survey Monkey*. De esta forma fue posible comparar los resultados obtenidos en la sesión de pruebas y en las entrevistas con las respuestas de otros usuarios activos.

La encuesta contenía 16 preguntas, estuvo disponible durante 13 días (del 11 al 24 de Octubre de 2017) y se recibieron un total de 114 respuestas. El cuestionario de la encuesta y los resultados se muestran en el *Anexo J. Encuesta en línea*.

Como resultado de la actividad se comprobó que los usuarios presentan problemas de interacción al utilizar las TVMs; sin embargo, no se obtuvo información adicional que fuera de utilidad para el desarrollo del proyecto; aunque sirvió como base para confirmar los hallazgos y los resultados obtenidos hasta esta etapa.

## 5.4 APRENDER

En esta etapa se realizó la revisión del ciclo con el objetivo de establecer los enunciados sobre las necesidades de los usuarios activos, pasivos y de servicio; los cuales sirvieron posteriormente para definir las especificaciones en la propuesta de diseño.

Ulrich y Eppinger (2013) definen una necesidad como cualquier atributo deseado por el cliente de un producto potencial. Los enunciados de las necesidades se expresan en términos de lo que el producto tiene que hacer y no en cómo podría hacerlo; utiliza fraseo positivo; evita la incorporación de las palabras “debe” o “debería” y en algunos casos se escriben en el “lenguaje del cliente”, lo que significa que pueden llegar a ser enunciados subjetivos.

Por lo anterior, establecer los enunciados de las necesidades funcionó como un medio para transformar la información de los problemas identificados en atributos o características de lo que esperan los usuarios en una TVM.

A partir de la clasificación de los usuarios de la actividad **5.2.1 USUARIOS DE UNA TVM**, fue posible separar a las personas que interactúan u obtienen el beneficio de una TVM en tres grupos, los cuales se definieron como tipos de usuario y son: Usuarios activos, usuarios pasivos y usuarios de servicio (Figura 5.51).



Figura 5.51. Clasificación de los usuarios de una TVM.

Con el objetivo de identificar los problemas de cada tipo de usuario, se generaron varias actividades a través de las cuales se obtuvo información sobre su rutina diaria, las acciones que realizan, su punto de vista y sus comentarios del sistema de peaje.

A continuación se describe la forma en que cada tipo de usuario manipula u obtiene el beneficio de la TVM, así como los problemas identificados de cada uno de ellos:



Figura 5.52. Tipos de usuario y problemas identificados.

Posteriormente, los problemas identificados se enunciaron como necesidades para cada tipo de usuario; sin embargo, los usuarios pasivos no presentan problemas ya que no interactúan con la TVM, por lo cual no se establecieron los enunciados para este tipo de usuario.

Las necesidades de los usuarios activos se muestran en la figura 5.53.

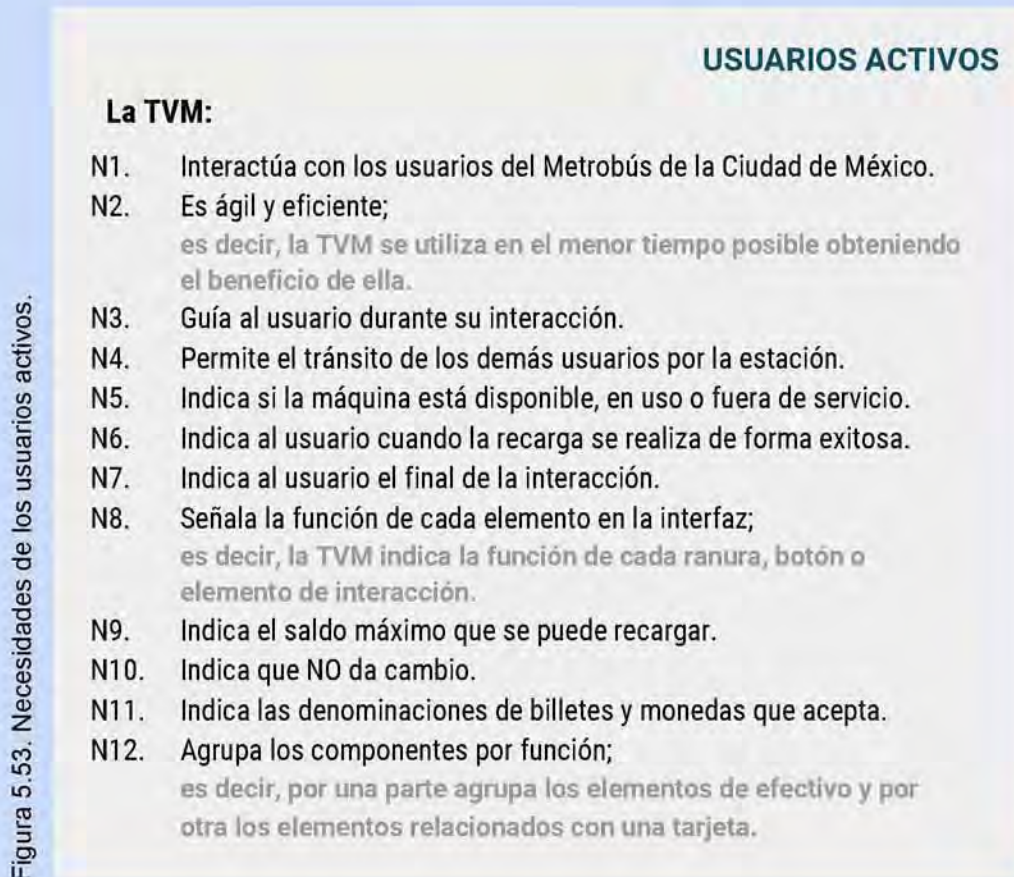


Figura 5.53. Necesidades de los usuarios activos.

Los problemas de los usuarios de servicio son específicos por usuario; por lo cual no fue posible analizarlos en conjunto como se realizó para los usuarios activos. Como resultado, se establecieron los enunciados de las necesidades para los técnicos de mantenimiento (Figura 5.54), personal de recolección de efectivo (Figura 5.55), abastecedores de tarjetas (Figura 5.56) y para el personal de limpieza (Figura 5.57).

El resto de los usuarios que pertenecen a este grupo (Policías y autoridad de Metrobús) cumplen con funciones de seguridad y control del servicio pero no manipulan la máquina; por lo cual no se establecieron enunciados de necesidades para ellos.

**USUARIOS DE SERVICIO**  
TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO

**La TVM:**

- N13. Permite el mantenimiento sin perjudicar el tránsito de los usuarios por la estación.
- N14. Permite el acceso a los componentes internos.
- N15. Cuenta con espacio para manipular los componentes internos.
- N16. Restringe el acceso a los depósitos de efectivo.

Figura 5.54. Necesidades de los técnicos de mantenimiento.

**USUARIOS DE SERVICIO**  
PERSONAL DE RECOLECCIÓN DE EFECTIVO

**La TVM:**

- N17. Permite recolectar el efectivo sin perjudicar el tránsito de los usuarios por la estación.
- N18. Permite el acceso a los depósitos de efectivo.
- N19. Restringe el acceso a los componentes internos.
- N20. Cuenta con depósitos ergonómicos;  
*es decir, la forma, el volumen y el peso de los depósitos llenos son fáciles de retirar y de cargar.*

Figura 5.55. Necesidades del personal de recolección de efectivo.

**USUARIOS DE SERVICIO**  
ABASTECEDORES DE TARJETAS

**La TVM:**

- N21. Permite colocar tarjetas nuevas sin perjudicar el tránsito de los usuarios por la estación.
- N22. Permite el acceso a los componentes internos.
- N23. Restringe el acceso a los depósitos de efectivo.

Figura 5.56. Necesidades de los abastecedores de tarjetas.



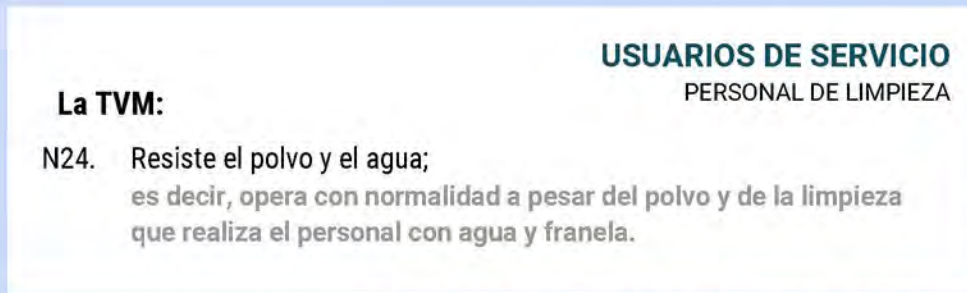


Figura 5.57. Necesidades del personal de limpieza.

En conjunto, los enunciados de las necesidades para cada tipo de usuario integraron dos sistemas de la TVM:

- S1. Sistema de interacción para los usuarios activos (N1-N12)
- S2. Sistema de interacción para los usuarios de servicio (N13-N24)

El sistema de peaje se enfoca en los usuarios activos, pues son ellos quienes manipulan y obtienen el beneficio de la TVM; por lo cual, se decidió encontrar primero una solución a las necesidades N1 a N12 como parte de las actividades del siguiente ciclo y como respuesta al sistema S1.

Por otro lado, se identificó que la información sobre los usuarios de servicio podía complementarse, y se decidió trabajar en la siguiente iteración con el análisis de los componentes internos y la distribución del efectivo en las máquinas.

Finalmente, a pesar de que en esta etapa no se recapitulaban los hallazgos y las conclusiones de todas las actividades realizadas en el ciclo, se revisaron aquellas que permitieron organizar la información que se obtuvo hasta este punto del proyecto y las demás se tomaron en cuenta en la siguiente iteración como base para la configuración de la TVM.

De esta forma se concluyó con el ciclo II del proyecto.

Conocer al usuario proporcionó información sobre la percepción, uso e importancia del sistema de peaje para las personas que utilizan el Metrobús como modo de transporte y para aquellos usuarios encargados del mantenimiento, seguridad y limpieza de las máquinas.

Definir las necesidades transformó los problemas identificados en enunciados sobre los atributos de una TVM y sirvió como guía para el siguiente ciclo de trabajo: **La configuración de la TVM.**

## 6. CICLO III: CONFIGURACIÓN

La configuración (Real Academia de la Lengua Española, n.d.) se define como la disposición de las partes que componen una cosa, le dan su forma y sus propiedades.

Por lo anterior, en este ciclo se trabajó con la configuración de una TVM a partir de las necesidades de los usuarios activos. Al finalizar la iteración se contó con las soluciones funcionales por requerimiento, con base en el sistema S1.

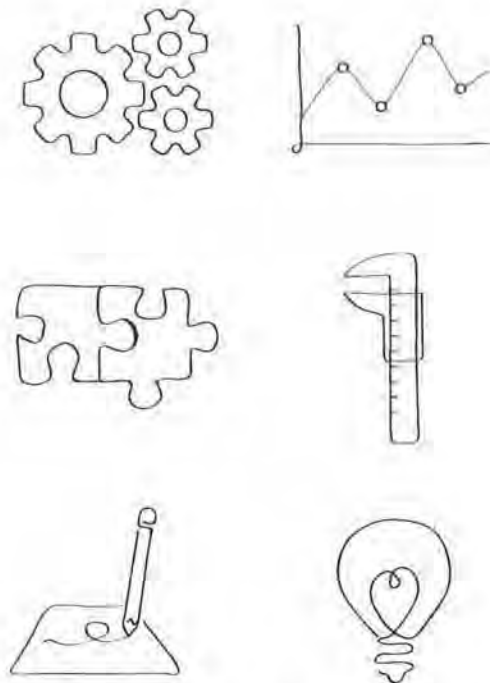
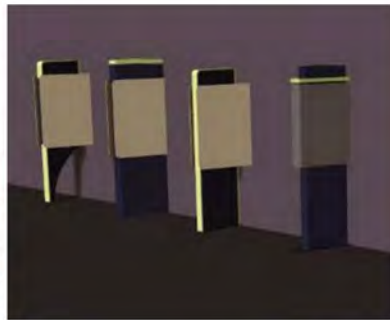
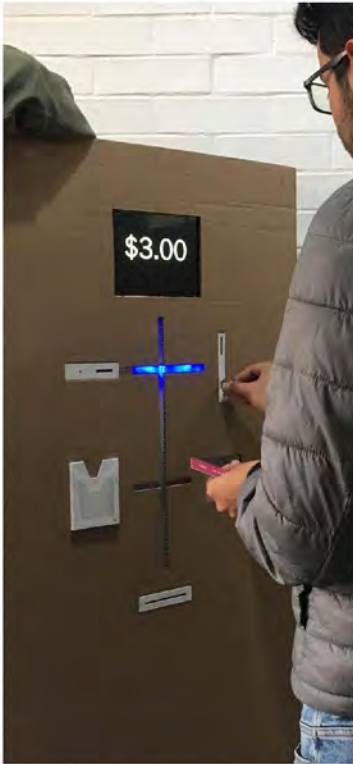
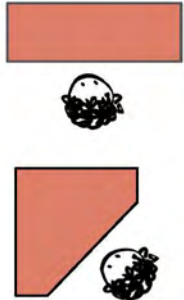
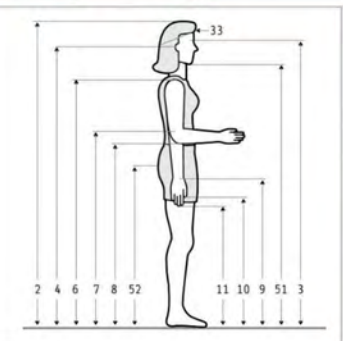


Figura 6.1. Ciclo III: Configuración.



6. CICLO III:  
CONFIGURACIÓN



## 6.1 REDEFINIR

Al inicio de esta etapa, la Empresa Operadora de Transporte definió como alcance del proyecto el diseño mecánico de la TVM. De esta forma, se conservaron los componentes al interior de la máquina y no se permitió incorporar algún otro; además, las modificaciones en el código para mejorar la interfaz se consideraron como posible trabajo a futuro. A pesar de dichas restricciones, dependiendo de los avances del proyecto, la empresa evaluó la posibilidad de incorporar cambios electrónicos y de programación con el objetivo de mejorar la interacción entre los usuarios y la TVM.

Por lo anterior, el objetivo del proyecto se actualizó por última ocasión y quedó de la siguiente forma:

*Generar una experiencia de interacción ágil y eficiente entre el usuario y la máquina de compra y recarga de tarjetas a través del diseño mecánico de una TVM.*

Por otro lado, en esta etapa se realizó la interpretación de las necesidades para establecer los enunciados de los requerimientos del sistema S1 y con base en ellos, posteriormente se establecieron los objetivos particulares del ciclo para guiar las actividades durante esta tercera iteración.

### 6.1.1 DE NECESIDADES A REQUERIMIENTOS

Como resultado de la etapa 5.4 *APRENDER*, se establecieron los enunciados de las necesidades para los usuarios activos y pasivos. Debido a que el beneficio y el uso de las TVMs lo realizan los usuarios activos, se tomó la decisión de encontrar primero una solución al sistema S1.

Por lo anterior, como primera actividad del ciclo III, se transformaron los enunciados de las necesidades del sistema S1 en requerimientos. Cabe señalar que un requerimiento no es lo mismo que una especificación; por lo cual, a continuación se explican ambos conceptos.

Un requerimiento (*Project Management Institute*, n.d.) es la condición o capacidad de un sistema, producto, servicio o componente para satisfacer una especificación.

Ulrich y Eppinger (2013) definen una especificación como la descripción precisa de lo que un producto tiene que ser y algunas empresas utilizan los términos "requisitos del producto" o "características ingenieriles" como sinónimo. Cada especificación consta de una métrica y un valor.

Con los conceptos anteriores se definió la tabla 6.1 con el propósito de ejemplificar las diferencias entre necesidad, requerimiento y especificación.

NECESIDAD	REQUERIMIENTO	ESPECIFICACIÓN
Atributo del producto	Condición o capacidad	Descripción
Responde a la pregunta: ¿QUÉ tiene que hacer el producto?	Responde a la pregunta: ¿CÓMO o A PARTIR DE QUÉ lo tiene que hacer?	Responde a la pregunta: ¿CUÁL ES y/o CUANTO VALE la característica del producto?

Tabla 6.1. Necesidades, requerimientos y especificaciones.

Finalmente, un requerimiento puede identificarse como el puente de trabajo que parte de una necesidad para establecer una especificación. Además, de una necesidad se pueden definir varios enunciados sobre los requerimientos del producto.

A continuación se ejemplifica el proceso que se realizó para establecer los requerimientos de la necesidad N1; además, se proponen las especificaciones que si bien no son la descripción final a la cual se llegó en el proyecto, se muestran para que el lector pueda observar la diferencia entre los tres conceptos anteriores.

NECESIDAD	REQUERIMIENTO	ESPECIFICACIÓN
N1. La TVM interactúa con los usuarios del Metrobús de la Ciudad de México.	<b>R1. La altura de la pantalla</b> permite la interacción de los usuarios de Metrobús de la Ciudad de México al desplegar información.	La pantalla se coloca a ___ cm del suelo (Medida del piso al centro de la pantalla)
	<b>R2. La inclinación de la máquina</b> permite al usuario visualizar todos los componentes de interacción.	La TVM cuenta con una inclinación de ___° con respecto a la vertical de la máquina.
	<b>R3. La distancia entre el usuario y la TVM</b> le permite al usuario manipular los componentes de interacción.	La distancia entre el usuario y la TVM está en el rango de __ a __ cm.

Tabla 6.2. Ejemplo de la definición de las necesidades, requerimientos y especificaciones para el enunciado N1.

NECESIDAD	REQUERIMIENTO	ESPECIFICACIÓN
N1. La TVM interactúa con los usuarios del Metrobús de la Ciudad de México.	R4. Las <b>opciones</b> de la TVM le permiten al usuario decidir entre comprar o recargar una tarjeta.	La TVM incorpora botones físicos / botones táctiles.

Tabla 6.2. Ejemplo de la definición de las necesidades, requerimientos y especificaciones para el enunciado N1 (Continuación).

A partir de esta etapa se hizo referencia a cada requerimiento de la siguiente forma con el objetivo de facilitar su lectura:



Figura 6.2. Requerimientos para el enunciado N1.

Al ser los requerimientos la interpretación de las necesidades de los usuarios, fue posible establecer los enunciados del sistema S1 con base en las conclusiones de las actividades del ciclo II, como los primeros simuladores y la sesión de pruebas.

En la tabla 6.3 se muestran los requerimientos para los enunciados N2 a N12.

NECESIDAD	REQUERIMIENTO
N2. La TVM es ágil y eficiente.	<b>R5. Tiempo de uso</b>  R5. El <b>tiempo de uso</b> es menor en comparación con el tiempo que invierte un usuario al interactuar con la TVM actual.
	<b>R6. El usuario obtiene el beneficio</b>  R6. El usuario <b>obtiene el beneficio</b> de la TVM al comprar o recargar una tarjeta.

Tabla 6.3. Definición de requerimientos para el sistema S1.




NECESIDAD	REQUERIMIENTO	
<p>N3. La TVM guía al usuario durante su interacción.</p>	<p>R7. Guías de interacción</p> 	<p><b>R7.</b> Las <b>guías de interacción</b> permiten a los usuarios seguir los pasos para comprar o recargar una tarjeta.</p>
<p>N4. La TVM permite el tránsito de los demás usuarios por la estación.</p>	<p>R8. Disposición de la TVM</p> 	<p><b>R8.</b> La <b>disposición</b> - es decir su ubicación - de la TVM en la estación permite el tránsito de las demás personas.</p>
	<p>R9. Volumen de la TVM</p> 	<p><b>R9.</b> El <b>volumen de la TVM</b> define el espacio que ocupa la máquina en la estación de Metrobús.</p>
	<p>R10. Forma de la TVM</p> 	<p><b>R10.</b> La <b>forma de la TVM</b> define el espacio que ocupa la máquina en la estación de Metrobús.</p>
<p>N5. La TVM indica si la máquina está disponible, en uso o fuera de servicio.</p>	<p>R11. Alerta visual de disponible, en uso o en mantenimiento</p> 	<p><b>R11.</b> La TVM incorpora una <b>alerta visual para</b> indicar si la <b>máquina está disponible, en uso o fuera de servicio.</b></p>
<p>N6. La TVM indica al usuario cuando la recarga se realiza de forma exitosa.</p>	<p>R12. Alerta sonora de recarga exitosa</p> 	<p><b>R12.</b> La TVM incorpora una <b>alerta sonora para</b> indicar que la <b>recarga se realizó de forma exitosa.</b></p>
<p>N7. La TVM indica al usuario el final de la interacción.</p>	<p>R13. Alerta visual del fin de interacción</p> 	<p><b>R13.</b> La TVM incorpora una <b>alerta visual para</b> indicar al usuario el <b>final de la interacción.</b></p>

Tabla 6.3. Definición de requerimientos para el sistema S1 (Continuación).






NECESIDAD	REQUERIMIENTO	
<p>N8. La TVM señala la función de cada elemento en la interfaz.</p>	<p>R14. Forma de los componentes</p> 	<p><b>R14. La forma de los componentes</b> comunica al usuario la función de cada elemento en la interfaz.</p>
<p>N8. La TVM señala la función de cada elemento en la interfaz.                      N9. La TVM indica el saldo máximo que se puede recargar.                      N10. La TVM indica que no da cambio.                      N11. La TVM indica las denominaciones de billetes y monedas que acepta.</p>	<p>R15. Etiqueta con gráficos</p> 	<p><b>R15. La TVM incorpora una etiqueta con gráficos</b> para indicarle al usuario la función de cada elemento en la interfaz; el saldo máximo a recargar; que la máquina NO da cambio y las denominaciones de monedas y billetes que acepta.</p>
<p>N12. La TVM agrupa los componentes por función.</p>	<p>R16. Distribución de los componentes de interacción</p> 	<p><b>R16. La distribución de los componentes de interacción</b> agrupa los componentes por función (Efectivo, tarjeta y recibo).</p>

Tabla 6.3. Definición de requerimientos para el sistema S1 (Continuación).

Finalmente, para concluir con esta etapa, se establecieron los objetivos particulares del ciclo con el propósito de guiar las actividades de esta iteración:

1. Análisis del problema sobre la distribución de efectivo en las TVMs de una estación.
2. Análisis antropométrico de los usuarios del Metrobús de la Ciudad de México.
3. Análisis comparativo de las máquinas que presentan innovaciones tecnológicas en los sistemas de transporte y peaje.
4. Identificación y clasificación de los componentes internos de una TVM.
5. Identificación del volumen necesario al interior de la TVM para almacenar los componentes.
6. Identificación de la forma de una TVM con base en el análisis estético y la distribución de los componentes al interior.
7. Generación de propuestas como solución a los requerimientos del sistema S1.

## 6.2 CONOCER

En esta etapa se trabajó con los objetivos particulares 1, 2, 3 y 4 establecidos en la etapa 6.1 *REDEFINIR*. En cada sección se explica el objetivo o propósito de la actividad, el desarrollo y finalmente las conclusiones y los resultados identificados.

### 6.2.1 DISTRIBUCIÓN DEL EFECTIVO EN LAS TVMS

En esta actividad se trabajó con el objetivo particular 1, el cual hace referencia al análisis del problema sobre la distribución de efectivo en las TVMs de Metrobús; con el propósito de identificar la periodicidad del recaudo de dinero y buscar soluciones para el llenado homogéneo de los depósitos en todas las máquinas de una estación.

En el Ciclo I se identificó como hallazgo el uso constante de la TVM que se encuentra con mayor visibilidad en la entrada de las estaciones, por lo cual es la máquina que recibe una mayor cantidad de efectivo y llega a su límite permitido en un menor tiempo. Como consecuencia, las TVMs no se llenan de forma homogénea, como se muestra en la figura 6.3.



Figura 6.3. Problema de la distribución de efectivo en las TVMs de una estación de Metrobús.

Por lo anterior, se contactó a la empresa Operadora de Transporte para obtener más información al respecto y de esta forma conocer si los usuarios que recaudan el efectivo cuentan con una rutina diaria para retirar los depósitos de monedas y billetes o si depende del tiempo que tarda una TVM en llenarse por completo y posteriormente se contacta al personal de recolección para una visita a la estación.

Como resultado, se identificó que al llegar una TVM a su capacidad máxima de efectivo, se envía una señal al centro de operación para avisarles a los encargados del recaudo que es necesario acudir a la estación y recoger el efectivo de esa

máquina; de esta forma, se aprovecha el evento y se retira el dinero de las otras TVMs.

Con la información anterior se estableció la siguiente pregunta para resolver más adelante en este ciclo de trabajo: “¿Cómo indicarle a los usuarios que las máquinas al interior de la estación están disponibles para su uso?”; pues de esta forma los usuarios utilizarían todas las máquinas por igual y se distribuiría el dinero en las TVMs de una estación. Como consecuencia, la cantidad recolectada en cada evento sería mayor y las visitas del persona de recaudo disminuirían.

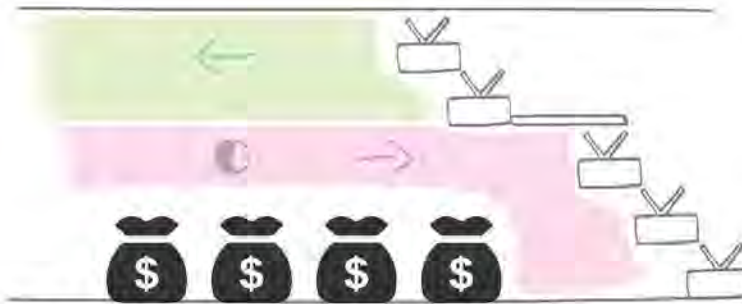


Figura 6.4. Distribución uniforme de efectivo en las TVMs.

### 6.2.2 INTERTRAFFIC: ANÁLISIS COMPARATIVO

En esta actividad se trabajó con el objetivo particular 2, establecido en la etapa 6.1 *REDEFINIR* de este ciclo, el cual hace referencia al análisis comparativo de máquinas que presentan innovaciones tecnológicas para los sistemas de transporte, pago de estacionamiento, seguridad y control de tráfico; de esta forma fue posible identificar los materiales de las máquinas, la tecnología empleada y las ventajas o desventajas de cada sistema.

Para el desarrollo de la actividad se visitó *Intertraffic 2017*, una exposición sobre movilidad en la cual los expositores son canales de distribución que venden o diseñan sistemas de peaje para las empresas que desean incorporar una máquina de tickets, boletos de estacionamiento o pago de servicios.

En la exposición no se identificaron TVMs para el transporte público; sin embargo, se analizaron los parquímetros y las máquinas que realizan el cobro por el servicio de estacionamiento.

Los resultados de la actividad se muestran en la figura 6.5 y figura 6.6.

## PARQUÍMETRO

Incorporación de paneles solares para disminuir el consumo de energía eléctrica.

Carcasa metálica con acabado en pintura electrostática.

Acepta monedas como único método de pago.



Pantalla horizontal centrada. Refleja la luz y dificulta su uso a los usuarios de baja estatura.

Incorpora botones físicos pero no táctiles.

## MÁQUINA PARA EL PAGO DE ESTACIONAMIENTO CON GUÍAS DE LUZ

Incorpora un micrófono para pedir ayuda

Utiliza botones táctiles pero no físicos

Agrupación de elementos para el ingreso de efectivo e ingreso del boleto de estacionamiento

Carcasa metálica con acabado en pintura electrostática



Pantalla horizontal centrada

Guías con luz verde y números

Agrupación de elementos que dan al usuario un recibo y cambio.

Figura 6.5. Resultados de la visita a la exposición Intertraffic.

## MONEDAS NFC



Figura 6.6. Resultados de la visita a la exposición *Intertraffic*.

Como conclusión de la actividad se identificó que el 100% de las máquinas que se encontraban en la exposición incorporaban una carcasa metálica; por lo cual se tomó la decisión de analizar en el siguiente ciclo varias propuestas de materiales para la propuesta de diseño; con base en sus propiedades mecánicas, físicas y la disponibilidad para su manufactura en México.

Por otro lado, los hallazgos obtenidos de las actividades del ciclo II permitieron comparar y verificar los problemas de los usuarios al interactuar con las máquinas; como el caso del parquímetro que incorporaba una pantalla a una altura que no le permite entregar la información de forma satisfactoria a aquellos usuarios de baja estatura.

En la exposición se identificaron 3 máquinas para el pago de estacionamientos que incorporaban guías con luz para señalar a los usuarios el paso siguiente; una de ellas se muestra en la figura 6.4 y también presentaba números a un lado de las ranuras para ayudar a los usuarios durante la interacción.

Finalmente, se identificó que algunas de las máquinas para los estacionamientos públicos y privados presentan monedas NFC en lugar de tarjetas pues son pequeñas y ocupan un menor espacio al interior de las máquinas; sin embargo, no son una opción viable debido a su tamaño y al costo que genera reemplazar las monedas en caso de pérdida.

### 6.2.3 ANTROPOMETRÍA Y PERCENTILES

En esta actividad se trabajó con el objetivo particular 3 establecido en la actividad 6.1 *REDEFINIR*, el cual hace referencia al análisis antropométrico de los usuarios de una TVM con el propósito de definir la altura (R1), distancia (R3) e inclinación (R2) de la máquina para su visualización e interacción con los usuarios activos.

La antropometría (Ávila et al, 2007) estudia las dimensiones físicas y la composición del cuerpo humano; dichas medidas varían de acuerdo a factores como la población, el sexo, la edad, las condiciones socioeconómicas, la ocupación o la generación. Al recopilar todos los datos de las medidas antropométricas de un grupo de personas y ordenarlos de menor a mayor se obtienen los percentiles, los cuales son valores que dividen a la muestra en 100 partes iguales (Facultad de Economía, n.d.).

Los percentiles se utilizan para la toma de decisiones en el proceso de diseño; los más empleados son el percentil 5 y 95 pues de esta forma se obtienen productos o servicios en donde el 90% de la población interactúa de forma satisfactoria con ellos (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, n.d.).

Para el desarrollo de este proyecto, se utilizaron los datos antropométricos de hombres y mujeres de 18 a 65 años de edad que pertenecen a la población mexicana (Ávila et al, 2007); pues en primera instancia se buscó la incorporación de la propuesta de diseño al sistema de transporte Metrobús de la Ciudad de México.

Los datos que se consideraron para el diseño de la propuesta se muestran en la tabla 6.4 y 6.5.

	ESTATURA	ALTURA DE OJOS	ALCANCE DE BRAZO FRONTAL
PERCENTIL 5 DE HOMBRE	157.6 cm	144.7 cm	59 cm
PERCENTIL 95 DE HOMBRE	178 cm	165.1 cm	81 cm

Tabla 6.4. Datos antropométricos para el percentil 5 y 95 de hombres entre 18 y 65 años de edad en posición de pie (Ávila et al, 2007).

	ESTATURA	ALTURA DE OJOS	ALCANCE DE BRAZO FRONTAL
PERCENTIL 5 DE MUJER	147.1 cm	135.1 cm	63.1 cm
PERCENTIL 95 DE MUJER	165.8 cm	154 cm	74.1 cm

Tabla 6.5. Datos antropométricos para el percentil 5 y 95 de mujeres entre 18 y 65 años de edad en posición de pie (Ávila et al, 2007).

De los datos anteriores se seleccionaron los valores máximos (señalados con un círculo blanco) y los valores mínimos (señalados con un círculo negro); los cuales se utilizaron como parámetros para garantizar la usabilidad del 90% de los usuarios.

Finalmente, en la etapa 6.3 *GENERAR Y PROBAR* se construyeron algunas propuestas de configuración tomando en cuenta los valores obtenidos de esta actividad con el propósito de identificar las medidas finales de una TVM para la propuesta de diseño.

#### 6.2.4 LISTA DE COMPONENTES INTERNOS

En esta actividad se trabajó con el objetivo particular 4, el cual hace referencia a la identificación de los componentes internos de una TVM con el propósito de conocer el volumen mínimo que se requiere para almacenar los elementos dentro de la máquina.

Para el desarrollo de esta actividad se realizó una lista de materiales, la cual también se conoce como BOM (*Bill of Materials*). Dicha herramienta enlista la materia prima, ensambles, subensambles y/o piezas que se necesitan para una unidad de producto final (SPC Group, 2014). El BOM funciona como una base de datos organizada en forma jerárquica que puede contener varios niveles, dependiendo de la incorporación de ensambles y subensambles de un producto; sin embargo, en esta actividad únicamente se utilizó para enlistar los componentes que se encuentran dentro de una TVM.

Con el apoyo de la empresa Operadora de Transporte fue posible obtener la información de los 25 componentes internos, los cuales se organizaron en el BOM con la

con la descripción de cada elemento, la cantidad, la marca, el modelo, las medidas, el peso y algún comentario adicional que complementara la información del componente.

En el BOM no se consideraron como componentes internos a los cables de energía eléctrica, cables de comunicación, canaletas, elementos de sujeción (tornillos, tuercas y rondanas) ni cualquier pieza que formara parte de la estructura o la carcasa de la máquina, pues dependiendo de la distribución de los componentes se determinó la cantidad de cable, canaleta y elementos de sujeción necesarios; lo cual se definió en el ciclo V con la construcción de un *Mockup*, el cual es un modelo a escala real de la TVM donde se instalaron los componentes internos y el cableado.

Posteriormente, de cada uno de los componentes internos se recopiló la hoja de especificaciones funcionales, electrónicas o mecánicas que proporcionan los fabricantes con el propósito de identificar aquellos elementos que requieren de ventilación, que no pueden estar expuestos a altas temperaturas o cualquier característica de un componente que influyera en su ubicación al interior de la TVM.

Además, cada uno de los componentes internos se clasificó en una o en varias de las categorías que se muestran en la tabla 6.6 con el objetivo de identificar aquellos elementos que intercambian información con el usuario y por lo tanto requieren de una posición específica al interior de la máquina. Por ejemplo, la pantalla es un componente que pertenece a la categoría “*Entrada*” pues recibe información del usuario a través de los botones táctiles; sin embargo, también pertenece a la categoría “*Salida*” ya que despliega letreros, imágenes, la fecha y la hora hacia el usuario.

<b>ENTRADA</b>	El componente recibe información por parte del usuario.
<b>SALIDA</b>	El componente entrega información al usuario.
<b>ENERGÍA</b>	El componente provee de energía a otro componente, ya sea en forma de corriente alterna o directa.
<b>CONTROL</b>	El componente gestiona y administra la información para el funcionamiento de la TVM.

Tabla 6.6. Categorías para los componentes internos de la TVM.



La lista de los componentes internos no se encuentra disponible para su consulta; sin embargo, en la tabla 6.7 se muestra la información recopilada del primer elemento del BOM (Pantalla táctil) con el propósito de ejemplificar la organización de los datos como resultado de esta actividad.

<b>BOM - Componentes internos - Pantalla táctil</b>	
Item	1
Cantidad	1
Componente	Pantalla táctil
Marca / Modelo	Viewel TFT LCD Monitor
Descripción	Pantalla táctil de 15" 12 V 4 A
Medidas	Área activa del display: 304.128x228.096 mm Pantalla con marco de metal: 399x299.5x35.5mm
Peso	2.8 kg (Pantalla con marco de metal)
Comentarios	Resolución de 1024x768. Se conecta con un cable VGA. Cuenta con un marco de metal con los barrenos para sujetarse a la carcasa de la TVM.
¿Se cuenta con el datasheet?	Sí
Categoría	Entrada Salida

Tabla 6.7. Información de la pantalla táctil en el BOM.

El BOM sirvió como un primer paso para establecer la forma y el volumen de una TVM; por lo cual en la etapa 6.3 *GENERAR Y PROBAR* se trabajó con la información recopilada en esta actividad, en específico con los datos sobre las medidas de cada uno de los componentes internos para la construcción de un simulador de masa.

## 6.3 GENERAR Y PROBAR

En esta etapa se trabajó con los objetivos particulares 5,6 y 7 establecidos en la etapa 6.1 *REDEFINIR*. En cada sección se explica el objetivo o propósito de la actividad, el desarrollo y finalmente los resultados y las conclusiones de cada una de ellas.

### 6.3.1 VOLUMEN DE LA TVM

En esta actividad se trabajó con el objetivo particular 5, el cual hace referencia a la identificación del volumen de una TVM (R9) que se requiere para almacenar los componentes internos.

Para el desarrollo de esta actividad, se construyó un simulador de masa con las dimensiones reales de los componentes internos y de la carcasa de una TVM. Para ello, se utilizó la información de la lista de materiales que contenía las medidas de los elementos al interior de la máquina; a partir de las cuales se elaboraron modelos volumétricos de cada componente. Por otro lado, la carcasa se construyó plegable con el propósito de poder modificar fácilmente la forma y el volumen al interior.

La carcasa y los modelos volumétricos se realizaron con materiales reciclados pues el objetivo de la actividad fue evaluar la forma y el volumen, pero no la estética del prototipo. En la figura 6.7 se muestra el simulador de esta actividad.



Figura 6.7. Simulador de masa para la identificación del volumen al interior.

Como resultado de la actividad se identificaron dos cuerpos geométricos que incorporaron los componentes, contaron con espacio para el cableado y la estructura para la sujeción de los elementos al interior; y cuyo volumen fue menor:

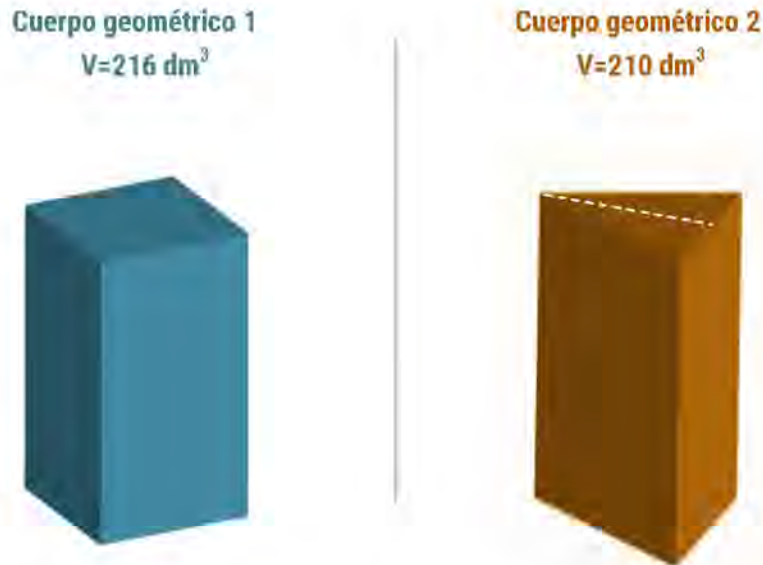


Figura 6.8. Volumen y dimensiones de los cuerpos geométricos identificados.

A través de esta actividad se concluyó con las variables que repercuten en la determinación del volumen de la TVM:

1. **Geometría de la TVM**; es decir, su forma (R10).
2. **Distribución de los componentes**; pues al cambiar de ubicación alguno de los elementos, como consecuencia se modifica el volumen.
3. **Conexión de los componentes internos**; pues dependiendo de la distancia entre los elementos interconectados es la cantidad de cable a utilizar y el tamaño de la canaleta a incorporar.

Las dimensiones de los componentes internos son un concepto que se relaciona con el volumen de una TVM; sin embargo, no se consideró como una variable al no poder cambiarlos o modificarlos como parte de los alcances del proyecto.

Finalmente, en este ciclo se trabajó con los enunciados de las variables 1 y 2; mientras que en el ciclo V se realizó un diagrama unifilar y un diagrama de control para identificar las conexiones eléctricas y de comunicación al interior de la TVM con el objetivo de determinar el cableado y las canaletas.

### 6.3.2 FORMA DE UNA TVM

En la actividad anterior se identificó que la geometría de una TVM se relacionaba con el volumen de la misma. Por lo anterior, en esta actividad se trabajó con varias propuestas sobre la forma de la máquina (R10) y al mismo tiempo con su carácter estético.

La estética es un término que presenta varias definiciones: Heidegger (1995) define el término como el saber acerca del comportamiento humano sensible, relativo a las sensaciones y a los sentimientos; mientras que por lo general, el concepto de estética se utiliza como un tratamiento de estilo o referente al aspecto visual de un producto (Caro, 2013). Por lo anterior, suele no valorarse el sentido estético de forma equivalente a la funcionalidad; sin embargo, el objetivo de la estética es comunicar al usuario a través de los sentidos e influye en la percepción de las personas sobre la facilidad de uso, el tamaño e incluso si se requiere de conocimiento técnico para poder interactuar con un objeto.

Para el desarrollo de esta actividad se realizaron bocetos, maquetas y modelos en CAD.

Los bocetos son dibujos rápidos y esquemáticos de las características de un producto (Red Gráfica Latinoamérica, n.d.). En la figura 6.9 se muestran los bocetos sobre la carcasa de una TVM, realizados durante esta actividad.



Figura 6.9. Bocetos de una TVM.

Mientras los bocetos proporcionaron ideas sobre la carcasa de la TVM; a través de las maquetas se observaron las distintas caras de la máquina y su posible disposición en una estación de Metrobús.

Una maqueta es un modelo a escala reducida que se utiliza para dar a conocer la forma de un producto sin la necesidad de ser funcional. La diferencia entre los simuladores y las maquetas es el tamaño; pues por lo general los simuladores se elaboran a escala real (Borja et al, 2011). En la figura 6.10 se muestran las maquetas que se realizaron en esta actividad.



Figura 6.10. Maquetas de una TVM.

CAD son las siglas en inglés para *Computer Aided Design*; es decir, Diseño Asistido por Computadora, y son programas que sirven para crear, modificar y analizar representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales (Siemens, n.d.)

A través de los programas de CAD como *Solidworks*, *Rhinoceros* y *Fusion 360* se realizaron modelos volumétricos de cada componente enlistado en el BOM (Figura 6.11).



Figura 6.11. Modelos volumétricos de los componentes internos.

Posteriormente, se realizaron propuestas de la carcasa de una TVM (Figura 6.12); considerando la distribución de los componentes al interior (Figura 6.13).

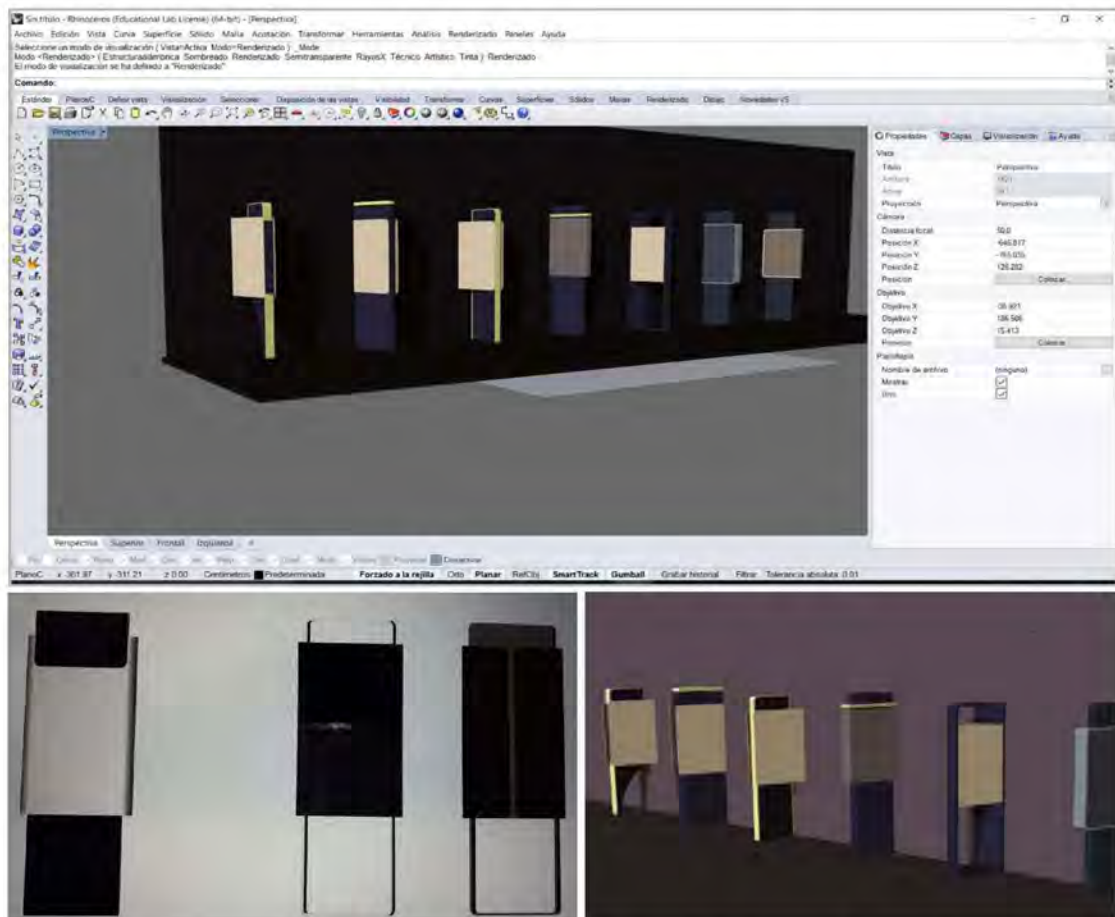


Figura 6.12. Modelos de la carcasa de una TVM en CAD.

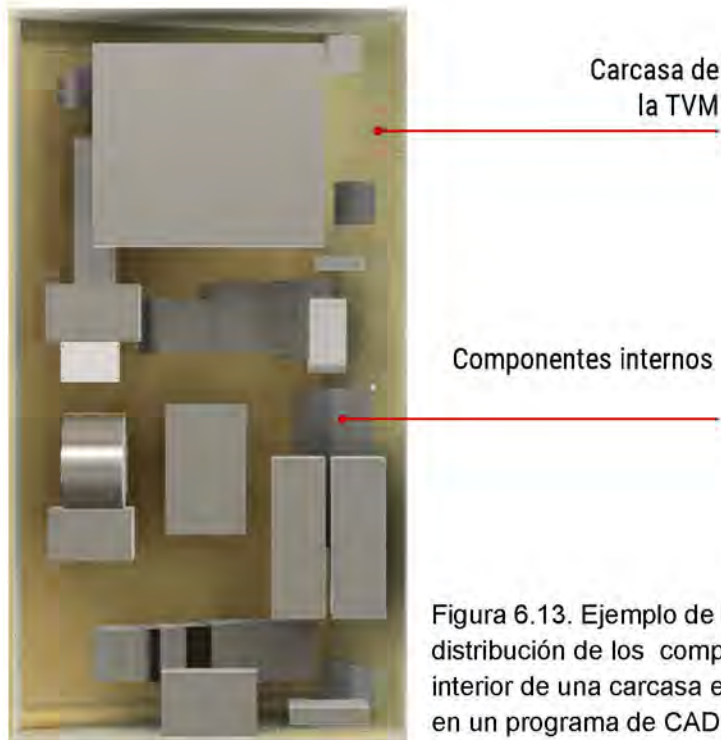


Figura 6.13. Ejemplo de la distribución de los componentes al interior de una carcasa elaborada en un programa de CAD.

De esta forma se identificaron geometrías distintas para la TVM considerando el volumen para los componentes internos.

Con respecto a la estética de la TVM se identificaron los siguientes aspectos, los cuales se compararon con un producto existente para ejemplificar cada hallazgo:



Figura 6.14. Resultados del análisis estético.



Figura 6.15. Resultado del análisis estético.



Como resultado de la actividad se concluyó que la estética de la TVM puede proporcionar información al usuario sobre el tamaño de la máquina, los elementos de interacción y la facilidad de uso de acuerdo a las opciones disponibles. Además, la forma permite modificar la disposición en las estaciones de Metrobús para mejorar el tránsito de personas que acceden o salen del servicio.

Por lo anterior, en la siguiente actividad - 6.3.3 *SIMULADORES DE FUNCIÓN* - se construyeron varias propuestas de TVM para conocer la opinión de los usuarios sobre la forma de la máquina.

Finalmente, en el ciclo V se trabajó con la definición de los materiales para la propuesta de diseño y la identificación de los procesos de manufactura.

### 6.3.3 SIMULADORES DE FUNCIÓN

En esta actividad se trabajó con el objetivo particular 7, establecido en la etapa 6.1 *REDEFINIR* de este ciclo, el cual hace referencia a la generación de distintas configuraciones de una TVM. Esta actividad funcionó como validación sobre las posibles soluciones para cada requerimiento del sistema S1. Por lo anterior, se construyeron simuladores de función con base en los hallazgos identificados hasta este punto del proyecto.

Un simulador de función (Borja et al, 2011) es un prototipo que se utiliza para validar o probar una o varias de las funciones de un producto y por lo general, no tiene semejanza física o estética con la propuesta final.

Figura 6.16. Construcción de los simuladores de función.



El primer paso fue definir y construir los simuladores de función; por lo cual se desarrollaron 3 propuestas, resultantes de la combinación de los hallazgos de las actividades anteriores, como las guías con luz y la implementación de botones táctiles pero no físicos.

Con el propósito de construir los simuladores de forma rápida y sencilla se utilizaron materiales de bajo costo como PVC, cartón y leds; ya que la apariencia de los prototipos no fue indispensable en esta actividad.

A continuación se presentan los tres simuladores; en cada uno de ellos se muestra una breve descripción de la configuración y posteriormente la solución para cada requerimiento.

Los requerimientos R3. Distancia entre el usuario y la TVM, R5. Tiempo de uso y R6. Obtiene el beneficio no se especificaron pues se obtuvieron como resultado de esta actividad. El requerimiento R15. Etiqueta con gráficos se diseñó al finalizar el proyecto; una vez que la propuesta no contó con cambios adicionales.

### SIMULADOR 1 - DESCRIPCIÓN

El simulador 1 contó con una organización vertical de los elementos; incorporó guías de luz verde para señalar al usuario el paso siguiente; gráficos para indicar la función de cada elemento y la ranura que entregó una tarjeta nueva se ocultó con el propósito de que el usuario no intentara introducir una tarjeta o un billete.



Figura 6.17. Descripción y elementos del simulador 1.

## SIMULADOR 1 - SOLUCIÓN POR REQUERIMIENTO

R1



La altura de la pantalla fue de 150 cm (Medida del piso al centro de la pantalla).

R2



La TVM no contó con inclinación; en cambio, el componente para recarga de tarjeta se colocó con una inclinación de 30° con respecto a la vertical.

R4

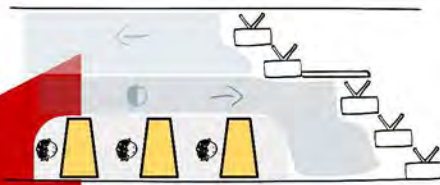


La TVM incorporó botones táctiles en la pantalla para decidir entre "Comprar" o "Recargar".

R8



La disposición de la TVM en la estación fue la siguiente:



R9



El volumen de la TVM fue de 216 dm<sup>3</sup>; considerando únicamente la carcasa para almacenar los componentes internos.



6. CICLO III:  
CONFIGURACIÓN

Figura 6.18. Infografía sobre la solución para cada requerimiento del S1.

● Ingresar efectivo

● Colocar la tarjeta para recargar / entrega de una tarjeta nueva


● Recoger recibo para reclamación

R7




La TVM incorporó guías con luz verde para señalar el paso siguiente.



**R10**  La forma del simulador fue un prisma irregular. La base de la carcasa presentó la siguiente forma:



**R11**  La pantalla desplegó una diapositiva con el enunciado "Toque para comenzar", para indicar que la TVM estaba disponible; y una pantalla roja cuando la máquina estuvo en mantenimiento o fuera de servicio.



TVM disponible



TVM fuera de servicio

**R12**  La TVM emitió un sonido grave intermitente cuando la recarga se realizó de forma exitosa.

La TVM emitió un sonido grave intermitente cuando la recarga se realizó de forma exitosa.

**R13**  La TVM desplegó una diapositiva con el enunciado "Toque para comenzar" y apagó las guías de luz para indicar el final de la interacción.

La TVM desplegó una diapositiva con el enunciado "Toque para comenzar" y apagó las guías de luz para indicar el final de la interacción.

Figura 6.19. Infografía sobre la solución para cada requerimiento del S1.

**R14**  La sección de tarjeta agrupó dos elementos: La ranura oculta que entregó una tarjeta nueva al usuario y la superficie inclinada 30° para colocar la tarjeta a recargar.

La sección de tarjeta agrupó dos elementos: La ranura oculta que entregó una tarjeta nueva al usuario y la superficie inclinada 30° para colocar la tarjeta a recargar.



Compra de tarjeta



Recarga de tarjeta

R16



La distribución de los elementos se realizó de forma vertical por niveles, agrupando los elementos por función.



Figura 6.20. Infografía sobre la solución para cada requerimiento del S1.

### SIMULADOR 2 - DESCRIPCIÓN

El simulador 2 contó con una organización horizontal de los elementos, con todos los componentes a la altura de la vista; incorporó guías de luz con dos colores (verde y rojo) para señalar al usuario el paso siguiente. La ranura que entregó una tarjeta nueva estuvo oculta con el propósito de que el usuario no intentara introducir una tarjeta o un billete.

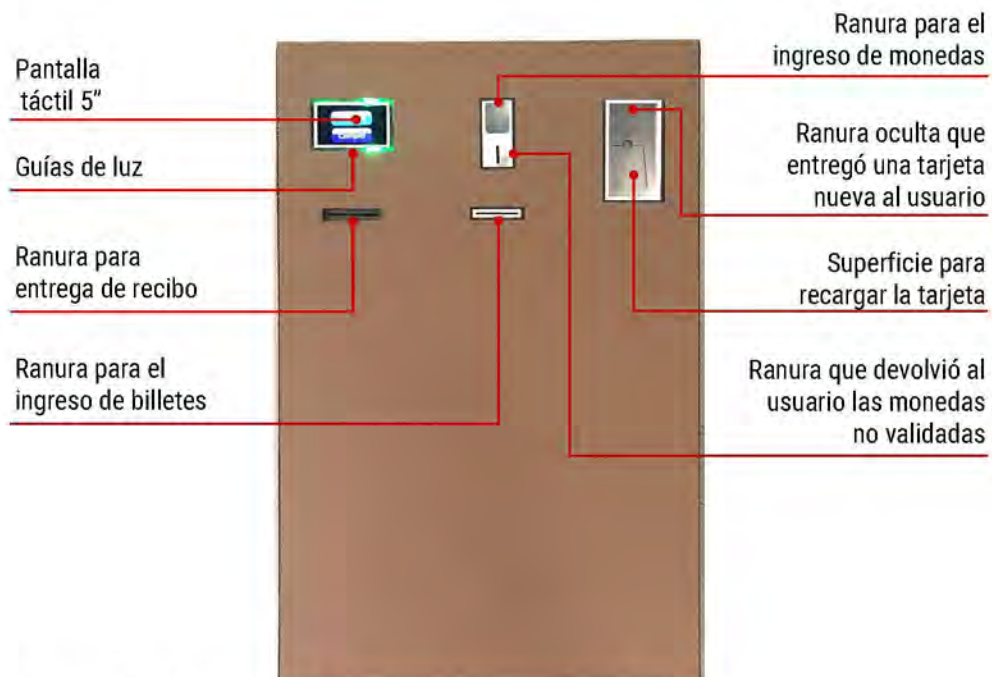


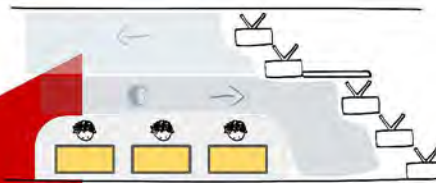


Figura 6.21. Descripción y elementos del simulador 2.

## SIMULADOR 2 - SOLUCIÓN POR REQUERIMIENTO

- R1  La altura de la pantalla fue de 140 cm (Medida del piso al centro de la pantalla).
- R2  La TVM no contó con inclinación; en cambio, el componente para recarga de tarjeta se colocó con una inclinación de 20° con respecto a la vertical.
- R4  La TVM incorporó botones táctiles en la pantalla para decidir entre "Comprar" o "Recargar".
- R8  La disposición de la TVM en la estación fue la siguiente:



R9

El volumen de la TVM fue de 216 dm<sup>3</sup>; considerando únicamente la carcasa para almacenar los componentes internos.



6. CICLO III:  
CONFIGURACIÓN

Figura 6.22. Infografía sobre la solución para cada requerimiento del S1.

R7

La TVM incorporó guías con luz verde para señalar el paso siguiente y luz roja para indicar error en la operación.

● Seleccionar "Comprar" o "Recargar" en la pantalla



● Ingresar efectivo



● Colocar la tarjeta para recargar / entrega de una tarjeta nueva



● Recoger recibo para reclamación



● Error al validar una moneda o un billete



● Error al comprar / recargar la tarjeta



R10



La forma del simulador fue un prisma regular. La base de la carcasa presentó la siguiente forma:



R11



Para indicar que la TVM estaba disponible, la pantalla desplegó una diapositiva con el letrero "Toque para iniciar" y alrededor de la pantalla se iluminó de color verde.

Por otro lado, si la máquina estaba fuera de servicio, la pantalla desplegó una diapositiva con el letrero "Fuera de servicio" y alrededor de la pantalla se iluminó de color rojo.



TVM disponible

R12



La TVM emitió un sonido agudo, melódico descendente cuando la recarga se realizó de forma exitosa.

R13



La TVM desplegó una diapositiva con el enunciado "Toque para comenzar" y encendió la luz verde alrededor de la pantalla para indicar el final de la interacción.

Figura 6.23. Infografía sobre la solución para cada requerimiento del S1.

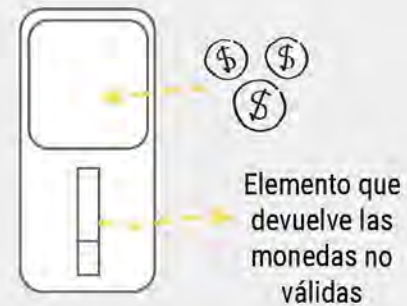
R14



La sección de tarjeta agrupó dos elementos: La ranura oculta que entregó una tarjeta nueva al usuario y la superficie inclinada 20° para colocar la tarjeta a recargar.



La ranura para el ingreso de monedas permitió introducir varias al mismo tiempo.



R16



La distribución de los elementos se realizó de forma horizontal, a la altura de la vista, agrupando los elementos por función.

Entrega de recibo



Figura 6.24. Infografía sobre la solución para cada requerimiento del S1.

### SIMULADOR 3 - DESCRIPCIÓN

El simulador 3 contó con una organización vertical, por niveles, de los elementos e incorporó guías de luz azul para señalar al usuario el paso siguiente. En caso de error, encendió las guías de luz en color rojo para indicar al usuario que la transacción se realizó de forma incorrecta.

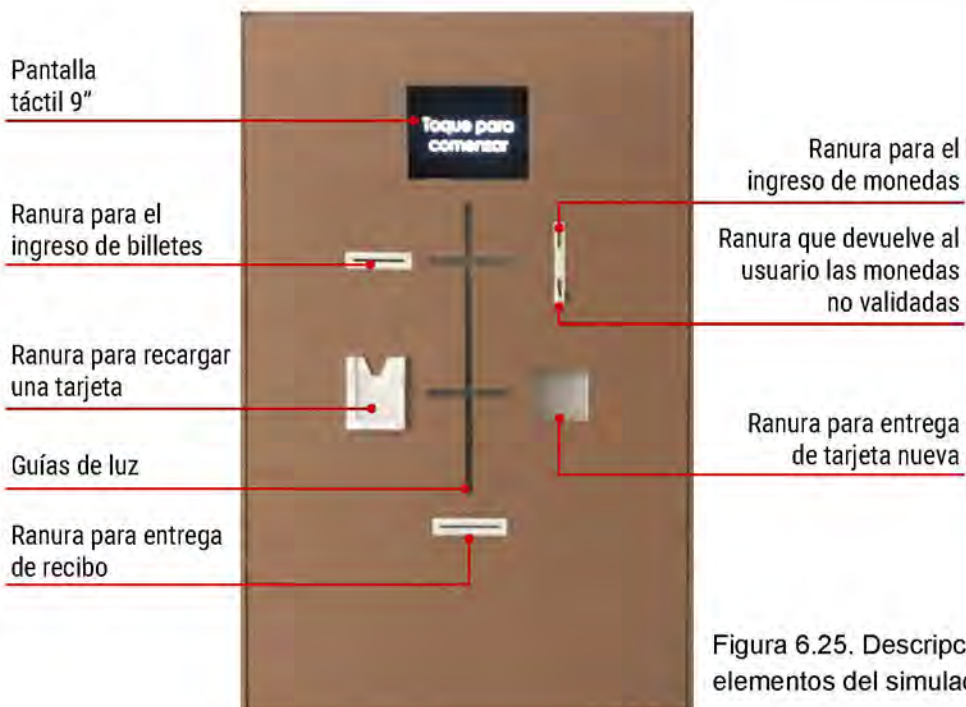





Figura 6.25. Descripción y elementos del simulador 3.




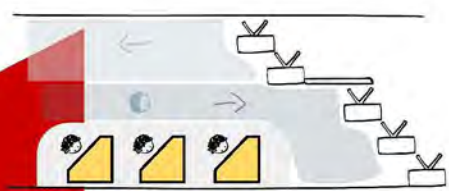
## SIMULADOR 3 - SOLUCIÓN POR REQUERIMIENTO

**R1**  La altura de la pantalla fue de 145 cm (Medida del piso al centro de la pantalla).

**R2**  La TVM no contó con inclinación.

**R4**  La TVM incorpora botones táctiles en la pantalla para decidir entre "Comprar" o "Recargar".

**R8**  La disposición de la TVM en la estación fue la siguiente:




**R9** 


El volumen de la TVM fue de  $226.5 \text{ dm}^3$ ; considerando únicamente la carcasa para almacenar los componentes internos.





6. CICLO III: CONFIGURACIÓN

Figura 6.26. Infografía sobre la solución para cada requerimiento del S1.

**R7**  La TVM incorporó guías con luz azul para señalar el paso siguiente y luz roja para indicar error en la operación.

 Inicio de la interacción

 Ingresar efectivo

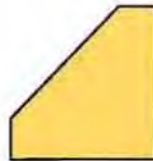
 Validación exitosa de monedas o billetes



R10



La forma de la TVM fue un prisma irregular. La base de la carcasa presentó la siguiente forma:



R11



La pantalla desplegó una diapositiva con el enunciado "Toque para comenzar" para indicar que la TVM estaba disponible. En caso de que la máquina estuviera en mantenimiento o fuera de servicio, las guías de luz encendieron al igual que la pantalla; ambas en color rojo.



TVM disponible



TVM fuera de servicio

R12



La TVM emitió un sonido agudo, melódico ascendente cuando la recarga se realizó de forma exitosa.

R13



La TVM desplegó una diapositiva con el enunciado "Toque para comenzar" y apagó las guías de luz para indicar el final de la interacción.

Figura 6.27. Infografía sobre la solución para cada requerimiento del S1.

● Colocar tarjeta para recargar



● Recoger tarjeta nueva



● Recoger recibo para reclamación



● Error en la interacción





## SECUENCIA DE USO PARA LA RECARGA DE TARJETA



Figura 6.29. Secuencia de uso para los simuladores de función.

Los simuladores se colocaron en un lugar semejante a una estación del Metrobús como se muestra en la figura 6.30 con el propósito de probar las 3 propuestas con base en el requerimiento R8. Disposición de la TVM en la estación.

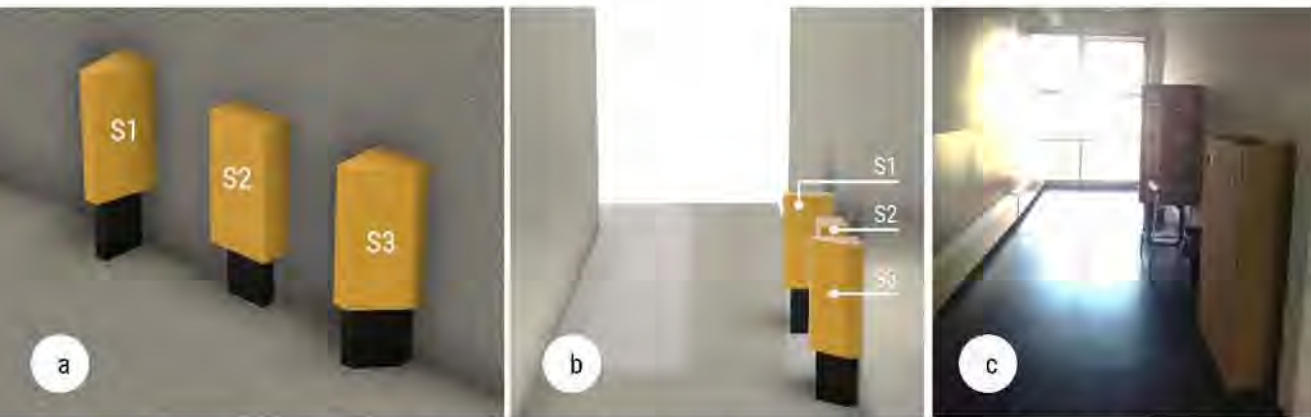


Figura 6.30. a) Disposición de los simuladores en un espacio similar a una estación de Metrobús. b) Vista de los participantes en la entrada de la “estación”. c) Colocación de los simuladores para las pruebas con usuarios.

Posteriormente, se contó con la participación de 20 usuarios de distintas edades y estaturas para probar los simuladores de función. En cada máquina, los participantes realizaron la compra y la recarga de una tarjeta.

La interacción de los participantes se evaluó al observar su comportamiento y sus acciones al manipular los simuladores; sin embargo, también se consultó su opinión y punto de vista a lo largo de la actividad. Las respuestas y las observaciones se registraron en una hoja de evaluación (Figura 5.31).

Los enunciados sobre las características a evaluar incluyen al inicio el requerimiento sobre el cual se trabajó; y se organizaron de acuerdo al siguiente orden: Antes, durante y después de la manipulación de los simuladores.

HOJA DE EVALUACIÓN			
Género:	Edad:	Estatura:	
<b>ANTES:</b>			
R8. Máquina(s) que el usuario identificó desde la “entrada de la estación”:			
S1	S2	S3	Ninguna de las tres
R8, R9. Máquina que el usuario percibe como la de menor tamaño:			
S1	S2	S3	Ninguna de las tres

Figura 5.31. Hoja de respuestas.

**DURANTE:**

- R1. ¿El usuario presentó alguna dificultad al interactuar con la pantalla?  
¿El usuario preferiría modificar la altura de la pantalla? ¿Por qué?

(Se registraron las respuestas para cada simulador)

- R3. Distancia entre el usuario y la máquina que le permitió visualizar todos los componentes e interactuar con ellos. (Se registró un dato de distancia para cada simulador)

Distancia (cm)	0-15	16-30	31-45	46-60	61-75
----------------	------	-------	-------	-------	-------

- R4. ¿El participante identificó que la selección de opciones se realizaba con botones táctiles en la pantalla?

¿El participante preguntó o mostró dudas sobre la ausencia de botones físicos?

(Se registraron las respuestas para cada simulador)

- R7. ¿El usuario siguió los pasos con base en las guías de luz?

¿Cometió errores durante la interacción?

De acuerdo a la opinión del participante, ¿Qué simulador incorporó una guía más sencilla de seguir? ¿Por qué?

(Se registraron las respuestas para cada simulador)

- R16. De acuerdo a la opinión del participante,

¿Qué distribución de los componentes (de entre los tres simuladores) prefirió? ¿Por qué?

¿Prefirió la pantalla centrada o alineada a la izquierda?

- R14. ¿Qué tamaño de pantalla prefirió el usuario (de entre los tres simuladores)?

¿El participante cometió errores al identificar cada ranura?

- R11. ¿El participante identificó la alerta visual que indica que la máquina estaba disponible o fuera de servicio?

(Se registró una respuesta para cada simulador)

- R12. De acuerdo a la opinión del participante,

¿Qué alerta sonora le indicó que la recarga se realizó de forma satisfactoria (de entre los tres simuladores)? ¿Por qué?

- R13. ¿El participante identificó la alerta visual que indica que la interacción terminó?

(Se registró una respuesta para cada simulador)

**DESPUÉS:**

- R6. Al final de la interacción,

¿El usuario obtuvo una tarjeta nueva como resultado?

¿El usuario obtuvo una tarjeta con saldo como resultado?

(Se registraron las respuestas para cada simulador)

- R5. Tiempo que tardó el usuario en realizar la interacción para compra de tarjeta.

Tiempo que tardó el usuario en realizar la interacción para recarga de tarjeta.

(Se registró un dato para cada simulador)

Figura 5.31. Hoja de respuestas (Continuación).

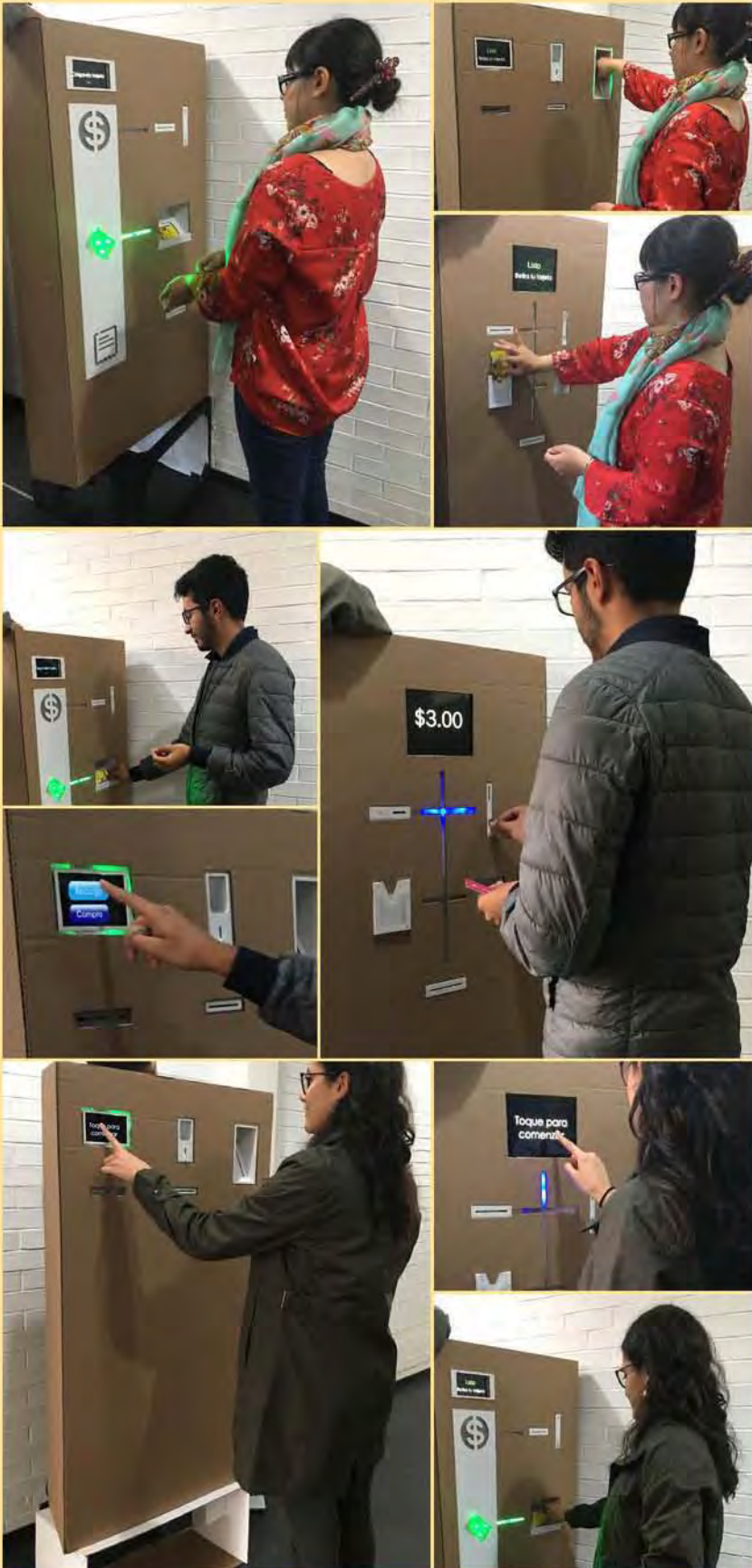
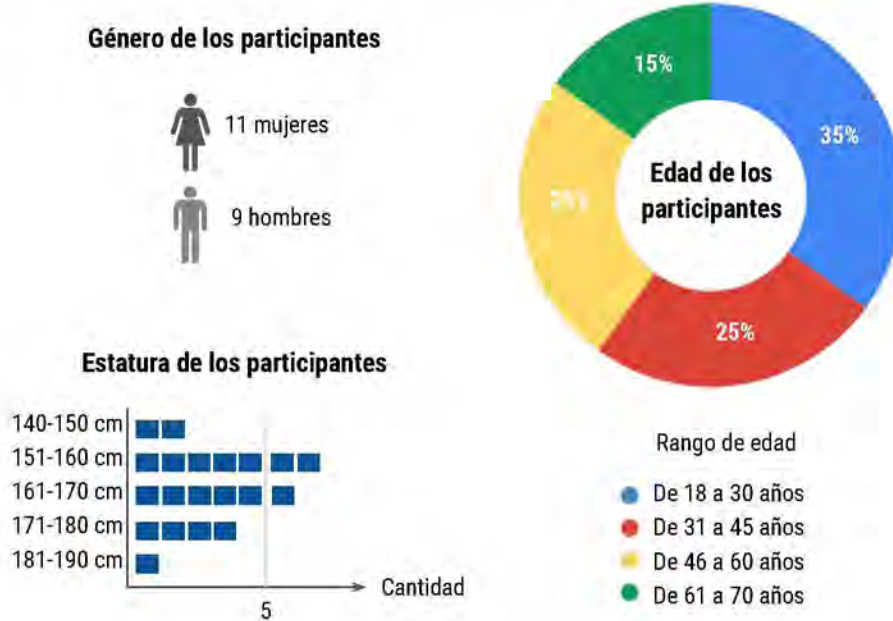


Figura 5.32. Pruebas con usuarios de distintas edades y estaturas.

Las diapositivas que se desplegaron en la pantalla de los simuladores y la hoja de evaluación de los participantes se pueden consultar en el *Anexo K. Simuladores de función*.

Los resultados de esta actividad se exponen a continuación siguiendo el orden de la hoja de evaluación. Por otro lado, en un recuadro amarillo o gris se indican aquellos hallazgos que sirvieron como base para establecer las especificaciones del sistema S1.



**R8** Disposición de la TVM

El 25% de los participantes (5 personas) identificaron 3 máquinas desde la entrada de la estación.

El 75% de los participantes (15 personas) identificaron 2 máquinas desde la entrada de la "estación": El simulador 1 y el simulador 3.

El simulador 2 no fue identificado por los participantes menores a 170 cm de altura debido a su forma y a su disposición en la "estación".

Figura 5.33. Infografía sobre los resultados de las pruebas con los simuladores de función.



R9  Volumen de la TVM

R10  Forma de la TVM

Los participantes percibieron el simulador 3 como el de menor tamaño debido a su estética y a su disposición en la "estación".



Máquina de menor tamaño de acuerdo a la percepción de los participantes



El 65% de los participantes (13 personas) identificaron el simulador 3 como el de menor tamaño, a pesar de que incorporó un mayor volumen.

R1  Altura de la pantalla

**Simulador 1**

45% de los participantes (9 personas) indicaron que interactuaron de forma satisfactoria con la pantalla que se encontraba a 150 cm de altura.

**Simulador 3**

90% de los participantes (18 personas) visualizaron y utilizaron de forma satisfactoria los botones en la pantalla que se encontraba a 145 cm de altura.



**Simulador 2**

60% de los participantes (12 personas) indicaron que interactuaron de forma satisfactoria con la pantalla que se encontraba a 140 cm de altura.



2 participantes (cuya estatura fue de 149 y 152 cm) indicaron que los reflejos en la pantalla dificultaron su interacción.

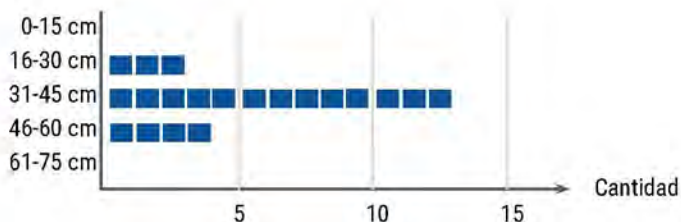
Figura 5.34. Infografía sobre los resultados de las pruebas con los simuladores de función.

R3



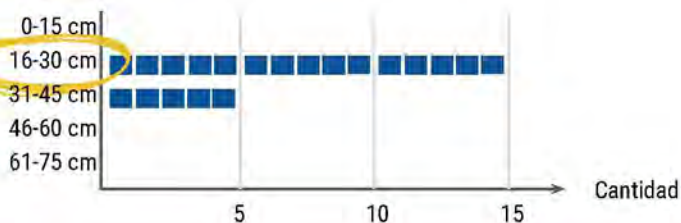
Distancia entre el usuario y la TVM

Simulador 1



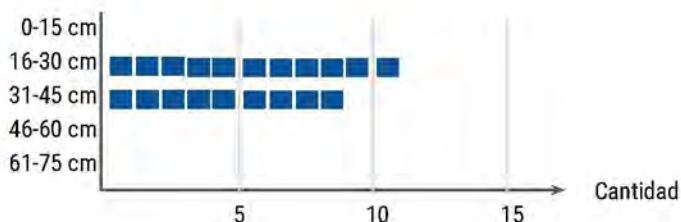
El 65% de los participantes (13 personas) mantuvieron una distancia de entre 31 y 45 cm con el simulador 1; ya que se alejaron de la máquina para visualizar los elementos de interacción que estaban separados entre sí.

Simulador 2



El 75% de los participantes (15 personas) mantuvieron una distancia de entre 16 y 30 cm con el simulador 2; ya que los elementos de interacción estaban a la misma altura y con menor separación entre ellos, en comparación con los otros dos simuladores.

Simulador 3



El 55% de los participantes (11 personas) mantuvieron una distancia de entre 16 y 30 cm con el simulador 3; el resto mantuvo una mayor distancia para visualizar e interactuar con los elementos.

Figura 5.35. Infografía sobre los resultados de las pruebas con los simuladores de función.

R4



Opciones

El 100% de los participantes (20 personas) identificaron y utilizaron los botones táctiles en la pantalla.

R7



Guías de interacción

¿Cuántos participantes cometieron algún error durante la interacción?



Simulador 1

30% de los participantes (6 personas)



Simulador 2

10% de los participantes (2 personas)

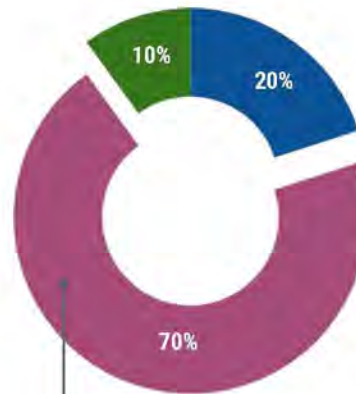


Simulador 3

35% de los participantes (7 personas)

¿Cuál fue la guía de luz más sencilla de utilizar de acuerdo a los participantes?

- Simulador 1
- Simulador 2
- Simulador 3



El 70% de los participantes (14 personas) opinaron que el simulador 2 contó con guías de luz fáciles de seguir ya que parecían menos pasos en comparación con el simulador 3.

El simulador 2 presentó una agrupación de los elementos de interacción y no contó con gráficos en la interfaz, por lo que seguir los pasos fue más sencillo para los participantes.



Figura 5.36. Infografía sobre los resultados de las pruebas con los simuladores de función.

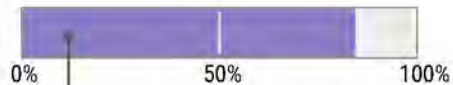
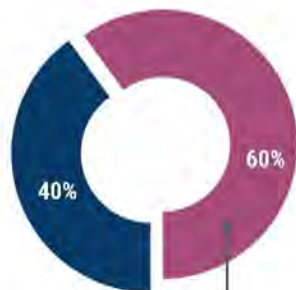
R16



### Distribución de los componentes de interacción

Preferencia de los usuarios sobre la distribución de los componentes de interacción

- Simulador 1
- Simulador 2
- Simulador 3



El 85% de los participantes (17 personas) indicaron que prefieren la pantalla centrada.



El 60% de los participantes (12 personas) opinaron que el simulador 2 contó con una mejor distribución de los elementos; los cuales estaban agrupados por función.



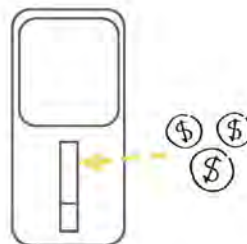
La agrupación de los elementos en 4 secciones (Pantalla, efectivo, tarjeta y recibo) facilitó la interacción de los participantes. La pantalla centrada permitió a los participantes seleccionar los botones táctiles con cualquiera de las dos manos.

R14



### Forma de los componentes

Ingreso de efectivo  
Simulador 2



20% de los participantes (4 personas) ingresaron las monedas en la ranura incorrecta.

Figura 5.37. Infografía sobre los resultados de las pruebas con los simuladores de función.

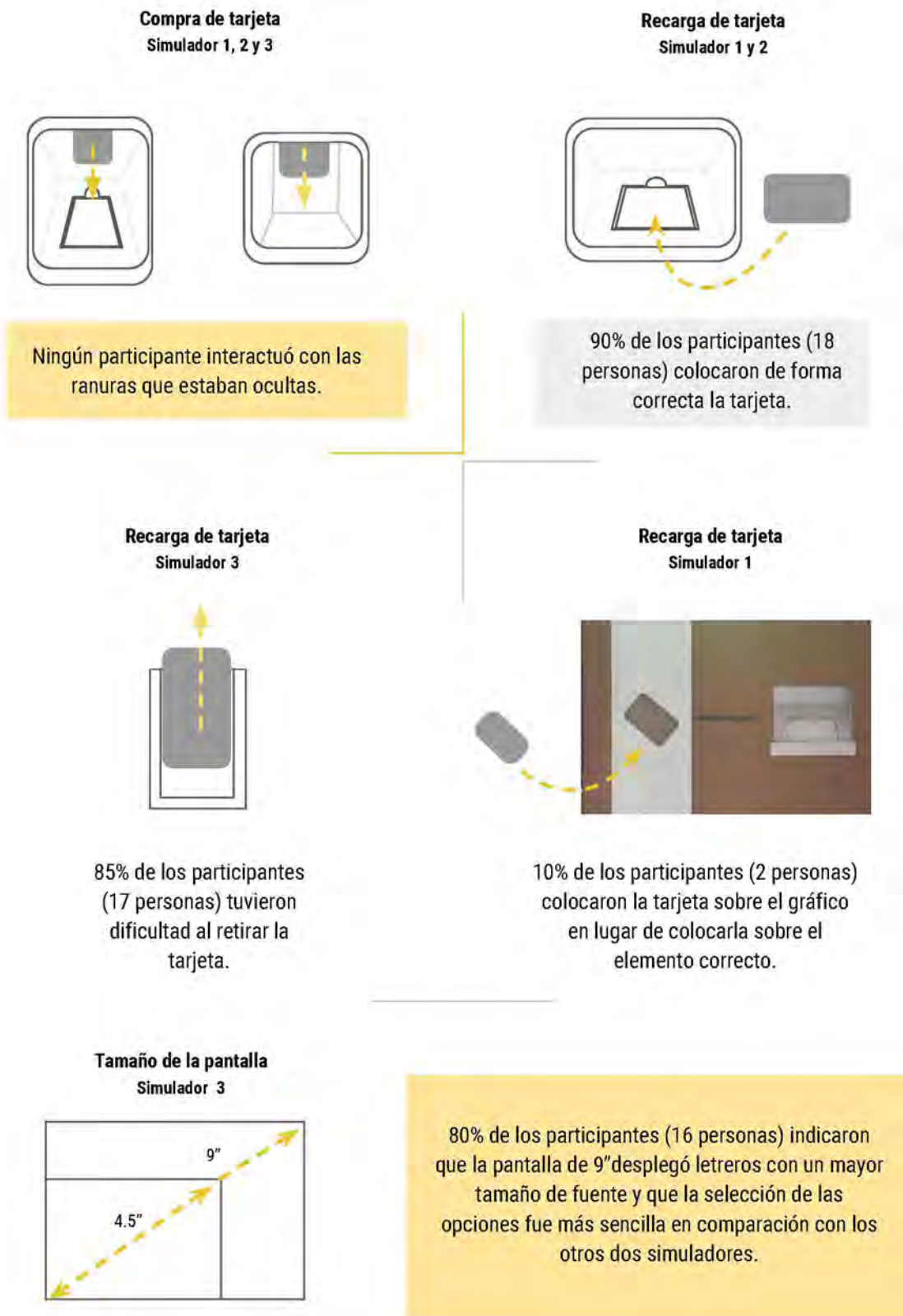


Figura 5.38. Infografía sobre los resultados de las pruebas con los simuladores de función.

R11



Alerta visual de TVM disponible, en uso o en mantenimiento

Los 20 participantes identificaron la alerta visual de disponibilidad en la pantalla; pues se desplegó la leyenda "Toque para comenzar"; sin embargo, ningún participante logró identificarla desde la entrada de la "estación".

R12



Alerta sonora de recarga exitosa

¿Qué alerta sonora te indicó que la recarga se había realizado de forma correcta?

- Simulador 1
- Simulador 2
- Simulador 3



El 80% de los participantes (16 personas) indicaron que un sonido agudo descendente les señaló que la recarga se había realizado de forma exitosa.

6. CICLO III:  
CONFIGURACIÓN

R13



Alerta visual sobre el fin de la interacción

¿Cómo identificaron los participantes que la interacción había finalizado?

- Con la leyenda "Toque para comenzar" en la pantalla - 11 participantes
- Con el encendido de la luz alrededor de la pantalla en el simulador 2 - 3 participantes
- Al haber recibido una tarjeta nueva o una tarjeta con saldo - 2 participantes
- Con la alerta sonora de recarga exitosa - 4 participantes

Alertas  
visuales

Figura 5.39. Infografía sobre los resultados de las pruebas con los simuladores de función.

R6

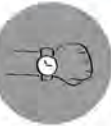


El usuario obtiene el beneficio



El 70% del total de las interacciones con los tres simuladores se realizaron de forma satisfactoria, sin cometer errores.

R5



Tiempo de uso

**Tiempo de uso promedio:**



**Simulador 1**

Compra: 18.5 segs.  
Recarga: 26.2 segs.



**Simulador 2**

Compra: 15.1 segs.  
Recarga: 19.5 segs.

Como resultado de la configuración del simulador 2, los usuarios invirtieron menos tiempo al utilizarlo.



**Simulador 3**

Compra: 23.3 segs.  
Recarga: 31.5 segs.

Figura 5.40. Infografía sobre los resultados de las pruebas con los simuladores de función.

## 6.4 APRENDER

En esta etapa se realizó la revisión y la recopilación de aquellos hallazgos por requerimiento, los cuales se identificaron como ideas que pueden aportar a la solución del sistema S1 y se describen a continuación:

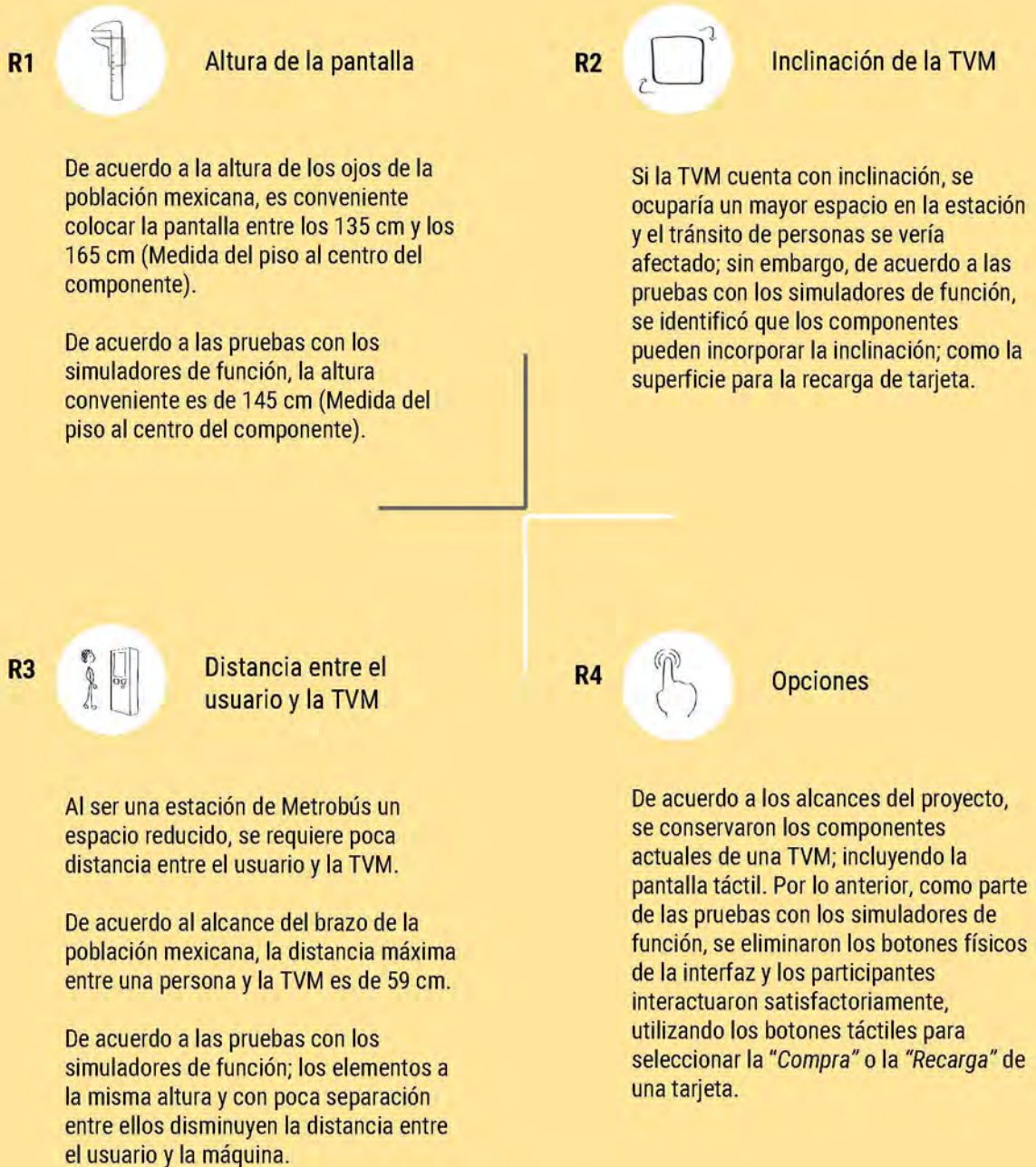


Figura 5.41. Infografía sobre los hallazgos identificados durante el ciclo III.



**R5****Tiempo de uso**

De acuerdo a las pruebas con los simuladores de función, el tiempo de uso disminuye si la configuración de la interfaz agrupa los componentes por función, incluye guías de interacción, si el usuario identifica las ranuras correctas y no comete errores al utilizar la TVM.

**R6****El usuario obtiene el beneficio**

Obtener el beneficio es sinónimo de una interacción exitosa con la TVM; es decir, de comprar o recargar una tarjeta.

**R7****Guías de interacción**

De acuerdo a las pruebas con los simuladores de función, las guías de interacción disminuyen los errores e indican al usuario el elemento que debe manipular.

Las guías con luz de color verde indican el paso siguiente; mientras que en color rojo indican error en la interacción.

**R8****Disposición de la TVM**

Actualmente, los usuarios no identifican si las TVMs están disponibles o en uso, y prefieren esperar para utilizar la máquina con mayor visibilidad desde la entrada de la estación.

De acuerdo a las pruebas con los simuladores de función, la geometría de la TVM modifica su disposición en la estación y desde la entrada los usuarios pueden identificar la cantidad de máquinas disponibles.

**R9****Volumen de la TVM**

De acuerdo al simulador de masa, se identificaron dos cuerpos geométricos que incorporaron en su interior los 25 componentes del BOM: Un prisma rectangular de  $210 \text{ dm}^3$  y un prisma triangular de  $216 \text{ dm}^3$ .

De acuerdo a los archivos de CAD se identificaron 7 cuerpos geométricos que incorporan en su interior los 25 componentes del BOM; uno de los cuales contó con un volumen de  $207 \text{ dm}^3$ .



Figura 5.42. Infografía sobre los hallazgos identificados durante el ciclo III.

R10



Forma de la TVM

De acuerdo a los modelos elaborados en CAD, los prismas triangulares se perciben como máquinas de menor tamaño; los bordes redondeados aligeran los cuerpos geométricos y la cara de la TVM que despliega la información utiliza un color diferente al resto de la máquina para indicarle al usuario los elementos con los que puede interactuar.

De acuerdo a los simuladores de función, la forma de la máquina permite a los usuarios identificarla desde la entrada a la estación.

R11



Alerta visual de TVM disponible, en uso o en mantenimiento.

De acuerdo a los simuladores de función, los usuarios no identifican las señales de disponibilidad o en mantenimiento que se despliegan en la pantalla, pues no se alcanzan a observar desde la entrada a la estación.

R12



Alerta sonora de recarga exitosa

De acuerdo a la sesión de pruebas y a los simuladores de función, un sonido agudo descendente le indica a los usuarios que la recarga se realizó de forma exitosa.

R13



Alerta visual sobre el fin de la interacción

De acuerdo a los simuladores de función, la alerta visual sobre el fin de la interacción la identifican los usuarios en la pantalla, al desplegarse el menú inicial o con la guía de luz que se incorporó en el simulador 2 alrededor de la pantalla.

R14



Forma de los componentes

De acuerdo a los simuladores de función, el elemento que agrupa la ranura para comprar una tarjeta y la superficie para recargar, fue identificado y utilizado de forma correcta por los participantes; la ranura oculta que entrega una tarjeta nueva evitó que los usuarios ingresaran algún elemento en ella y la pantalla de 9" incorporó letreros y botones táctiles grandes que facilitaron la interacción de los usuarios.

Figura 5.43. Infografía sobre los hallazgos identificados durante el ciclo III.

R15



Etiqueta con  
gráficos

De acuerdo a las pruebas con los simuladores de función, los gráficos grandes saturan a los usuarios de información y pueden confundirse con elementos de interacción.

R16



Distribución de los  
componentes de  
interacción

De acuerdo a las pruebas con los simuladores de función, la agrupación de los componentes en 4 secciones (Pantalla, tarjeta, efectivo y recibo) facilita la interacción; la pantalla centrada permite seleccionar los botones táctiles con cualquiera de las dos manos; la organización de los componentes a la altura de la vista y con poco espacio entre ellos, permite que los usuarios utilicen la máquina de forma ágil.

Figura 5.44. Infografía sobre los hallazgos identificados durante el ciclo III.

Después de la revisión de los hallazgos identificados durante este ciclo, se definió el enfoque de la siguiente iteración: El diseño conceptual de una TVM.

Si bien hasta este punto del proyecto no se analizaron las necesidades de los usuarios de servicio de la misma forma que se realizó para los usuarios activos; se determinó que definir la interfaz de interacción permitiría establecer la distribución de los componentes internos y a partir de ahí trabajar con simuladores de función para separar el área de efectivo, distribuir las monedas en depósitos más pequeños y diseñar las cerraduras para la seguridad y apertura de la TVM.

De esta forma se concluyó con el ciclo III del proyecto.

El establecimiento de los requerimientos permitió transformar los atributos que los usuarios activos esperan de una TVM en condiciones o capacidades, a partir de la pregunta: *¿Cómo o a partir de qué lo tiene que hacer?*

De esta forma, por cada requerimiento se encontraron soluciones funcionales sobre la configuración de una máquina para la compra y recarga de tarjetas; las cuales se utilizaron como base para el siguiente ciclo de trabajo: **El diseño conceptual de una TVM.**

## 7. CICLO IV: DISEÑO CONCEPTUAL

El diseño conceptual se entiende como una solución para un problema de diseño en donde se describen las características o componentes generales sin entrar mucho en detalle (French, 1984).

De esta forma, este ciclo se enfocó en generar una propuesta conceptual con base en los hallazgos identificados en la iteración anterior sobre el sistema S1, evaluarla posteriormente con usuarios activos y finalmente establecer los enunciados de especificaciones para dicho sistema de interacción.

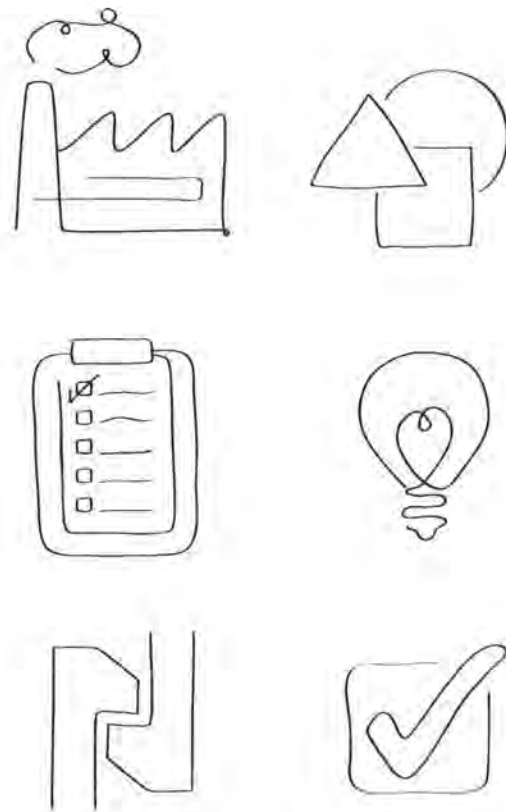
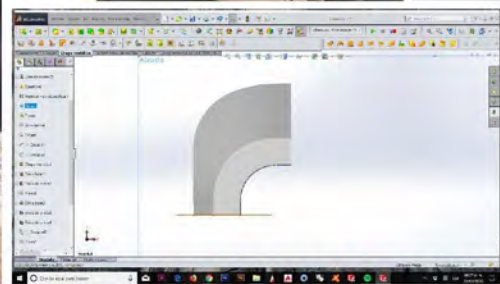


Figura 7.1. Ciclo IV: Diseño mecánico.



7. CICLO IV:  
DISEÑO CONCEPTUAL

## 7.1 REDEFINIR

Al inicio del ciclo IV se contó con los hallazgos sobre la configuración de una TVM para el sistema S1; por lo cual, este ciclo se enfocó en establecer una propuesta conceptual con el propósito de definir las especificaciones para el sistema S1 y obtener retroalimentación por parte de los profesores y los asesores sobre los avances del proyecto.

Por lo anterior, en esta etapa se establecieron los objetivos particulares de la iteración:

1. División de la TVM en sistemas para el análisis y solución por partes.
2. Clasificación de los requerimientos en la orden enviada por la empresa dentro de los sistemas de la TVM.
3. Definición de las especificaciones para el sistema S1.
4. Propuesta conceptual de diseño con base en los hallazgos identificados hasta esta etapa del proyecto.
5. Validación de la propuesta conceptual.

## 7.2 CONOCER

### 7.2.1 SISTEMAS DE LA TVM

Como primera actividad del ciclo, se trabajó con el objetivo particular 1 y 2; los cuales hacen referencia a la división de la TVM en sistemas para su análisis por partes y a la clasificación de los requerimientos en la orden de trabajo.

Los 2 sistemas definidos al finalizar el ciclo II se enfocaron en los problemas de los usuarios activos y de servicio; sin embargo, en esta actividad se realizó la revisión de los requerimientos en la orden de trabajo enviada por la empresa. De los 155 requerimientos, se identificaron 33 que hacían referencia al diseño de una TVM; los cuales se clasificaron en 7 sistemas como se muestra en la tabla 7.1.

La clasificación de los requerimientos facilitó la organización de la información; sobre todo al finalizar el proyecto, ya que permitió la descripción de cada sistema en los planos para la manufactura de un primer prototipo.

Finalmente, cabe mencionar que dicha clasificación no se encuentra disponible para su consulta debido a los acuerdos de privacidad que se establecieron con la empresa.

CLAVE	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
SO	Soporte	Sistema que brinda soporte general a la máquina.
G	Gabinete	Cuerpo principal que almacena los componentes internos. En su interior se encuentran los sistemas de efectivo, tarjeta, recibo, seguridad y sujeción.
E	Efectivo	Sistema de recepción y almacenamiento de efectivo.
T	Tarjeta	Sistema de emisión y recarga de tarjeta.
R	Recibo	Sistema de emisión de recibo o ticket.
SE	Seguridad	Sistema de cerraduras para el mantenimiento y recolección de efectivo.
SU	Sujeción	Sistema para la sujeción de componentes de energía, control de la información y flujo de datos al interior del gabinete.

Tabla 7.1. División de una TVM en sistemas.

## 7.3 GENERAR Y PROBAR

En esta etapa se trabajó con los objetivos particulares restantes (3, 4 y 5) con el objetivo de definir las especificaciones del sistema S1 a través de una propuesta conceptual, la construcción y prueba de un simulador de función con usuarios y la retroalimentación por parte de los profesores y asesores de la empresa.

### 7.3.1 PROPUESTA CONCEPTUAL

En esta actividad se trabajó con los objetivos particulares 3 y 4; los cuales hacen referencia a la definición de las especificaciones para el sistema S1 y la propuesta conceptual de diseño para una TVM. Ambos objetivos se trabajaron al mismo tiempo y a continuación se describe el proceso de trabajo.



Para el desarrollo de esta actividad, se generó una propuesta conceptual que integró las soluciones funcionales que se identificaron como parte del Ciclo III. Para ello, se recurrió a varios programas de CAD como *Rhinoceros*, *Solidworks* y *Fusion 360*, con los cuales se elaboró un modelo de la TVM y posteriormente se generaron imágenes digitales para visualizar el producto final.

A continuación se muestra la propuesta conceptual; las vistas y medidas generales; la ubicación de los elementos de interacción en la interfaz; la descripción de las especificaciones por cada requerimiento y la secuencia de uso del producto.

### PROPUESTA CONCEPTUAL



Figura 7.2. Propuesta conceptual de diseño.

## VISTAS Y MEDIDAS GENERALES

VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL  
IZQUIERDA



VISTA FRONTAL



7. CICLO IV:  
DISEÑO CONCEPTUAL

Figura 7.3. Vistas y medidas generales de la propuesta conceptual.

## ELEMENTOS DE INTERACCIÓN



Figura 7.4. Elementos de interacción

## ESPECIFICACIONES

A continuación se describen las especificaciones de la propuesta conceptual. La especificación para el requerimiento R3. Distancia entre el usuario y la TVM se determinó en la actividad 7.3.2 *VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA CONCEPTUAL*. Por otro lado, las especificaciones para los requerimientos R5. Tiempo de uso y R6. Obtiene el beneficio, se establecieron al finalizar el proyecto, ya que como se identificó en el ciclo I, dependen de los componentes internos, de la programación, entre otros aspectos. La etiqueta sobre el requerimiento R15. Etiqueta con gráficos se diseñó al finalizar el proyecto; una vez que la propuesta no contó con cambios adicionales.

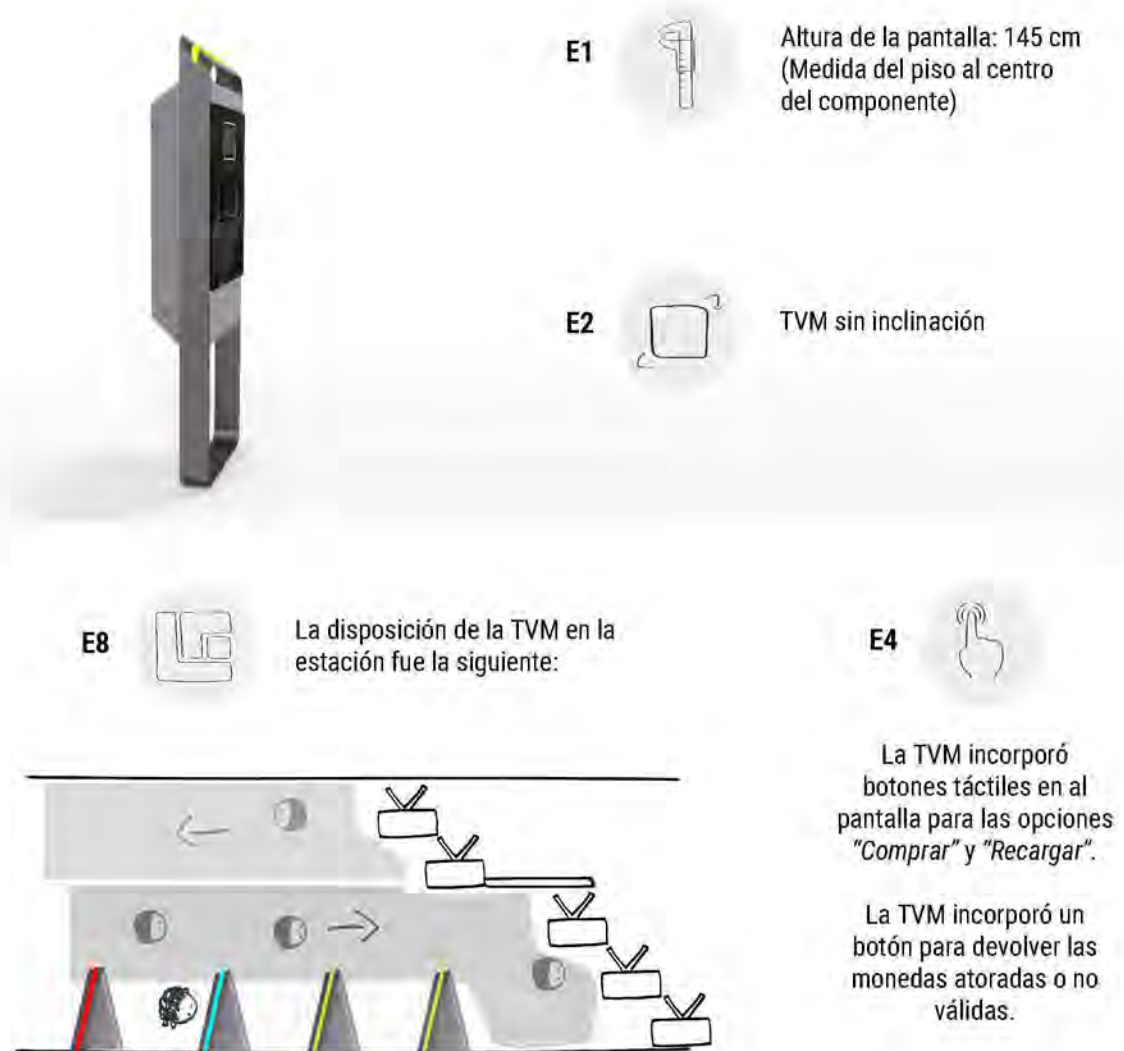


Figura 7.5. Especificaciones de la propuesta conceptual.



Disposición de las TVMs en una estación de Metrobús.



Visualización de las TVMs desde la entrada de la estación.

7. CICLO IV:  
DISEÑO CONCEPTUAL

E7



La TVM incorporó guías con luz verde para señalar el paso siguiente:

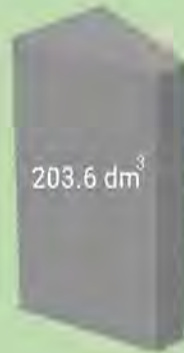


Figura 7.6. Especificaciones de la propuesta conceptual.

E9



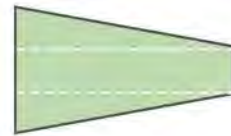
El volumen de la TVM fue de  $203.6 \text{ dm}^3$ ; considerando el espacio al interior de la carcasa para almacenar los 25 componentes internos.



E10



La forma de la TVM fue un prisma irregular. La base de la carcasa presentó la siguiente forma:



Otros aspectos relacionados con la forma de la TVM:

Acabados redondeados

Percepción de una TVM con un menor tamaño



Cara de la TVM en color negro que despliega la información y permite la interacción con el usuario

Carcasa separada de la base para el anclaje

Figura 7.7. Especificaciones de la propuesta conceptual.

E11



La TVM contó con una señal de servicio para indicar que la TVM estaba disponible, en uso o fuera de servicio de acuerdo a la siguiente señalización:

- Disponible
- En uso
- En mantenimiento / Fuera de servicio



La alerta visual podía visualizarse desde la entrada de la estación.

E12



La TVM emitió un sonido agudo, melódico descendente cuando la recarga se realizó de forma exitosa.

E13



La TVM desplegó el menú principal y la guía de luz verde alrededor de la pantalla se encendió para indicar el fin de la interacción.

E14



La sección de tarjeta agrupó dos elementos: La ranura oculta que entregó una tarjeta nueva al usuario y la superficie inclinada 20° para colocar la tarjeta a recargar.



La sección de efectivo agrupó tres elementos: La ranura para el ingreso de monedas, la ranura para el ingreso de billetes y la ranura que devuelve al usuario las monedas atoradas o no válidas.



Figura 7.8. Especificaciones de la propuesta conceptual.

R16



La distribución de los elementos se realizó con la pantalla centrada, la sección de efectivo, la sección de tarjeta y entrega de recibo.



Figura 7.9. Especificaciones de la propuesta conceptual.

## SECUENCIA DE USO PARA COMPRA DE TARJETA



Figura 7.10. Secuencia de uso para la compra de una tarjeta.



## SECUENCIA DE USO PARA RECARGA DE TARJETA



Figura 7.11. Secuencia de uso para la recarga de una tarjeta.

La propuesta conceptual se presentó a los profesores y asesores de la empresa Operadora de Transporte con el propósito de obtener retroalimentación sobre el avance del proyecto.

Los comentarios que se obtuvieron como resultado de la actividad fueron los siguientes:

- La señal de servicio y las guías de luz fueron soluciones que se conservaron a pesar de que el alcance del proyecto no permitía incorporar elementos adicionales a la máquina.
- La sustitución de la pantalla actual de 15" por una de 9" se mantuvo hasta conocer la opinión del Organismo Público Metrobús sobre dicho cambio.
- La sección de tarjeta y efectivo intercambiaron su lugar debido a la implementación de los mismos depósitos de monedas y billetes que utiliza la TVM actual para la manufactura del primer prototipo; además, se planteó la posibilidad de que dichos depósitos aumenten de tamaño a futuro dependiendo del espacio disponible al interior de la máquina.
- El soporte para el anclaje de la TVM requiere de espacio al interior para la incorporación de los cables de comunicación y energía, los cuales van de la carcasa que contiene los componentes internos al piso de la estación.
- La pantalla despliega además la fecha, la hora, el número de TVM y en algunos casos, los idiomas disponibles.

Dichos comentarios se tomaron en cuenta para las siguientes etapas del proyecto. Finalmente, en la actividad 7.3.2 *VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA CONCEPTUAL* se evaluó un simulador de función con usuarios de distintas edades y estaturas.

### 7.3.2 VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA CONCEPTUAL

En esta actividad se trabajó con el objetivo particular 5 definido en la etapa 7.1 *REDEFINIR*, el cual hace referencia a la validación de la propuesta conceptual a través de la construcción de un simulador de masa y la evaluación con usuarios de diferentes edades y estaturas.

Esta actividad permitió incorporar los comentarios de los profesores y asesores que se obtuvieron como resultado de la actividad anterior y a través de las pruebas con los usuarios se obtuvo información para la definición de la especificación sobre el requerimiento R3. Distancia entre el usuario y la TVM.

El simulador no contó con las guías de luz ni la señal de servicio pues se enfocó en obtener información sobre la el orden, las dimensiones y la manipulación de los componentes.

Para la construcción del simulador se utilizó policarbonato celular; ya que es un material fácil de manipular y contó con los dos colores principales de la propuesta: gris y negro. El simulador se construyó con las medidas establecidas en la figura 7.3.



Figura 7.12. Construcción del simulador de masa.

Posteriormente, se contó con la participación de 30 personas, los cuales realizaron la compra y la recarga de una tarjeta con el simulador. A continuación se muestra la hoja de evaluación que se utilizó para recopilar las observaciones y las respuestas de cada participante.

Cada rubro se evaluó conforme a la opinión de los usuarios al seleccionar el ícono que representó su experiencia al utilizar el simulador (Figura 7.13).

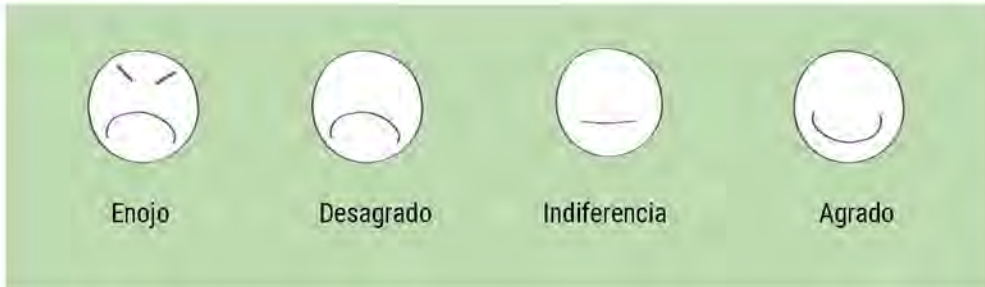






Figura 7.13. Opciones de íconos para la representación sobre la experiencia del usuario al utilizar el simulador.

**HOJA DE EVALUACIÓN**

Edad:                      Estatura:                      Género:

<b>CRITERIOS</b>	
Orden de los componentes	
Altura de los componentes	
Identificación de los componentes	
Comodidad	
<hr/>	
<b>PARTES DE LA MÁQUINA</b>	
Pantalla	
Sección de tarjeta	
Sección de efectivo	
Recibo	

Distancia entre el usuario y la TVM (cm): 0-15 / 16-30 / 31-45 / 46-60 / 61-75

Observaciones y comentarios adicionales:

Figura 7.14. Hoja de evaluación.

Las diapositivas que se desplegaron en la pantalla del simulador incorporaron la fecha, la hora, el número de la máquina y los íconos para representar los idiomas disponibles (Figura 7.15).



Figura 7.15. Diapositiva que desplegó el menú principal en el simulador.

La secuencia de uso que utilizaron los participantes fue la misma que incorporan actualmente las TVMs del Metrobús (Figura 7.11 y 7.12).

A continuación se muestran los resultados de la actividad. Las respuestas de cada participante y las diapositivas que se utilizaron se pueden consultar en el *Anexo L. Validación de la propuesta conceptual*.

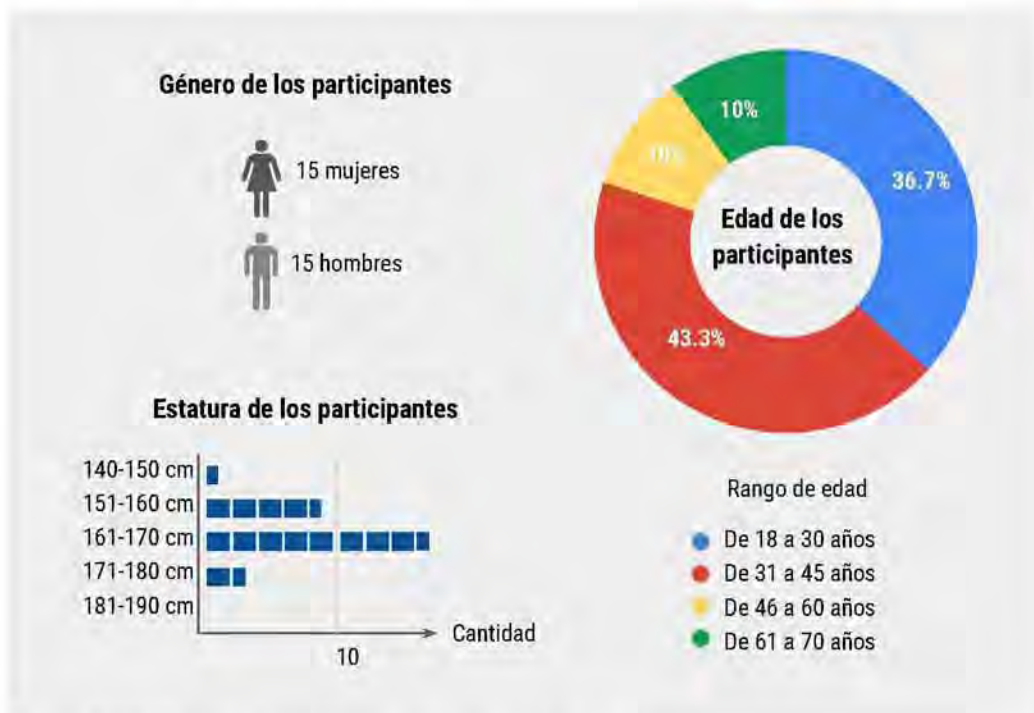


Figura 7.16. Resultados de las pruebas con el simulador.



Figura 7.17. Pruebas con usuarios de distintas estaturas y edades.



Figura 7.18. Resultados de las pruebas con el simulador.



Figura 7.19. Resultados de las pruebas con el simulador.

### Distancia entre el simulador y los participantes

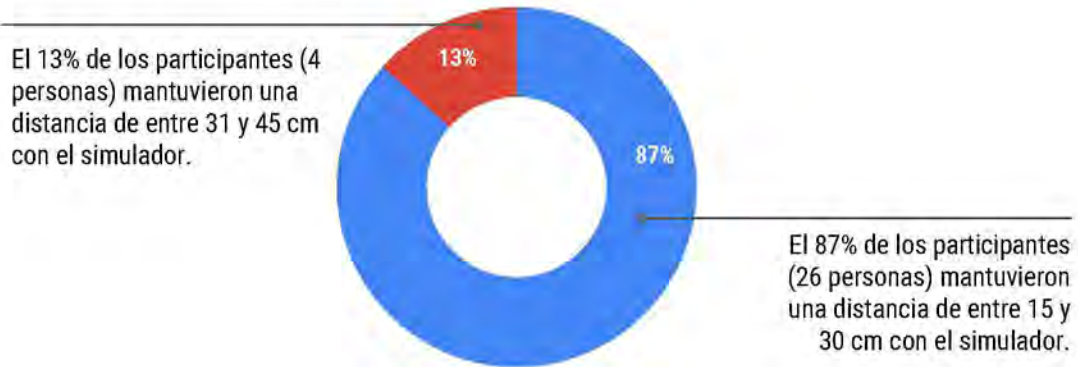


Figura 7.21. Resultados de las pruebas con el simulador.

A partir de los resultados de la actividad, se concluyó con la modificación de la sección de tarjeta para que los usuarios cuenten con un mayor espacio; conservando la superficie inclinada para la recarga y la ranura oculta para la compra (Figura 7.22). Por otro lado, se definió la especificación para el requerimiento R3. Distancia entre el usuario y la TVM como se muestra en la figura 7.23.



Figura 7.22. Modificación para la sección de tarjeta.



Figura 7.23. Especificación para el requerimiento R3.



## 7.4 APRENDER

En esta etapa se revisaron las actividades realizadas a lo largo del ciclo y se obtuvo retroalimentación por parte de los profesores y los asesores de la empresa.

A partir de la propuesta conceptual se buscó la solución del resto de los sistemas; por lo cual se determinó el enfoque del siguiente ciclo: **El diseño de detalle.**

De acuerdo a López y Toledo (n.d.), al finalizar la fase de diseño conceptual, progresivamente se va trabajando con la fase de diseño de detalle. El límite entre ambas fases no siempre es claro y varía en función del producto y de su complejidad; sin embargo, el diseño de detalle se relaciona con la solución de subsistemas. En dicha fase es necesario definir, calcular y dimensionar las piezas; que integradas entre sí, permiten el funcionamiento de la propuesta de diseño.

Por lo anterior, para cada sistema de la TVM se establecieron los objetivos sobre los cuales se trabajó en el siguiente ciclo:

### Soporte y estructura

Selección de los materiales a partir de sus propiedades mecánicas, costo y disponibilidad en México.

Identificación y análisis de los procesos de manufactura.

Análisis mecánico de la estructura.

### Gabinete

Diseño de la estructura interna del gabinete para la incorporación de los componentes internos.

Generación de un diagrama de conexiones eléctricas y de comunicación entre los componentes.

### Tarjeta

Selección de un material que permita la comunicación entre una tarjeta y el dispositivo que realiza la lectura y escritura de información.

### Sujeción

Selección de la tornillería, canaletas y rieles para la sujeción de los componentes y los ensambles entre las piezas.

### **Efectivo**

Selección de un material para el botón que devuelve las monedas atoradas o no válidas.

Diseño de los depósitos de efectivo.

Diseño de un mecanismo para separar las monedas en varios depósitos.

### **Seguridad**

Diseño de los mecanismos para la apertura de la TVM.

### **S2 - Sistema de interacción para los usuarios de servicio**

Definición de los requerimientos con base en los enunciados sobre las necesidades.

Para el sistema de recibo no se identificó algún objetivo sobre el cual trabajar en la siguiente iteración.

De esta forma, se concluyó con el ciclo IV del proyecto.

## 8. CONCLUSIONES

### 8.1 SOBRE EL PROYECTO

Después de cinco iteraciones, se concluyó el proyecto con la documentación para la manufactura del primer prototipo, el cual se espera sea incorporado a una estación de Metrobús para validar la propuesta y la experiencia de los usuarios al interactuar con la máquina.

La propuesta final tuvo por nombre "*Olinki: Tu tiempo es valioso*", que de acuerdo al Gran Diccionario Náhuatl, la palabra *Olinki* significa máquina (UNAM, n.d.); y consistió en la solución de los 9 sistemas que se plantearon a lo largo del proyecto: Sistema de interacción para los usuarios activos, sistema de interacción para los usuarios de servicio, soporte, gabinete, seguridad, sujeción, efectivo, tarjeta y recibo.

Para cada sistema se elaboró un modelo en varios programas de CAD para posteriormente contar con los planos sobre las piezas y los ensambles que describieron la propuesta de diseño. Por otro lado, se elaboró una lista de partes, la cual indicó el número de piezas a manufacturar, el material, acabado, método de sujeción (soldado, con tornillos, cantidad de tuercas, bisagras) y los ensambles entre dichos elementos.

Finalmente, para la validación de la propuesta se construyó un *mockup*, el cual es un modelo a escala real de la TVM sobre el cual se montaron los componentes internos, se verificó el mecanismo de seguridad para los usuarios de servicio y el espacio necesario para colocar las canaletas que contienen los cables de comunicación y energía.

Con los resultados anteriores, además del análisis de los problemas y las necesidades de los distintos usuarios de una TVM, se concluyó el proyecto de investigación que se realizó entre la Universidad Nacional Autónoma de México en colaboración con la empresa Operadora de Transporte.

## 8.2 TRABAJO A FUTURO

Como parte del trabajo a futuro se consideraron los siguientes aspectos:

### REDISEÑO DE PIEZAS

Después de la manufactura del primer prototipo se espera contar con detalles que requieren de modificaciones en las medidas o geometría de las piezas diseñadas. En otros casos será necesario modificar el material o el proceso de manufactura dependiendo de la capacidad de los proveedores; por ejemplo, en el caso de las boquillas y el botón que se adapta al validador de monedas, se determinó como material el ABS; sin embargo, utilizarlo requiere de una impresora 3D con una cama caliente que permite la adhesión de la pieza al imprimirla. En su lugar podría utilizarse un filamento de PLA con características y costos similares al ABS.

### DISTRIBUCIÓN DE MONEDAS

Durante el proyecto se elaboró un simulador para distribuir las monedas en dos depósitos con el objetivo de que el usuario de recaudo contara con una mejor postura al cargar dos elementos de menor tamaño en lugar de uno solo; sin embargo, el diseño del dispositivo quedó únicamente como simulador de función y a futuro se espera realizar el diseño de dicho componente para integrarlo en la propuesta.

### DISEÑO MECATRÓNICO

El alcance del proyecto fue el diseño mecánico, y a partir de la interacción del usuario activo con la TVM se definió la configuración principal con el fin de agilizar su uso; sin embargo, es posible seleccionar e implementar otros componentes electrónicos que presenten un menor tiempo de respuesta o realizar cambios en la programación para que la interacción de un usuario activo sea aún más rápida y sencilla; es decir, a través de la sinergia de la mecánica, electrónica y control es posible generar un producto con un beneficio superior y como consecuencia mejorar la movilidad y la calidad de vida de las personas.

### 8.3 CONCLUSIONES PERSONALES Y APRENDIZAJES

Haber formado parte de este proyecto es de gran satisfacción para mí al generar un producto que beneficia la movilidad de la ciudad y mejora la calidad de vida de las personas. De esta forma, el enfoque en el mercado mexicano permitió conocer e incorporar la opinión de las personas que utilizan este modo de transporte diariamente y generar una propuesta de diseño a partir de su participación a lo largo de los ciclos de trabajo.

A través de esta experiencia, pude poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera; pero también representó un reto, ya que aprendí a organizar mejor mi tiempo para contribuir al proyecto mientras cursaba las últimas materias; a trabajar en equipo con personas que cuentan con un perfil académico y profesional distinto al mío; a exponer ante directivos y profesores; y a implementar una metodología de diseño con la cual no había trabajado antes.

Finalmente, considero que el vínculo entre las universidades y la industria promueve la generación de proyectos de innovación como este que a su vez incentivan el talento mexicano de ingenieros y diseñadores industriales.

# REFERENCIAS

- Adafruit, 20 de Marzo de 2014, *Introduction to Bluetooth Low Energy*. [Online] Disponible en: <https://learn.adafruit.com/introduction-to-bluetooth-low-energy/introduction> [Consultado el 18 de Agosto de 2018]
- Apple, n.d., *Identify your iPod Model*. [Online] Disponible en: <https://support.apple.com/en-us/HT204217> [Consultado el 11 de Enero de 2019]
- Ávila C. R., González M. E., Prado L. L., 2007, *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana*. Segunda edición. México: Universidad de Guadalajara.
- Bernal, M., n.d., *Fotografía de la fila para la taquilla del Metro*. [Imagen] Disponible en: <http://cuadernodeciudadestetica.blogspot.com/> [Consultado el 4 de Enero de 2019]
- Borja V., Bustamante R., López M., Ramírez A., 2006, *Uso de patentes para el rediseño de un equipo de empaque*. Memorias del XII Congreso Internacional Anual de la SOMIM.
- Borja V., García D., Gómez L., Mendoza M., Palmer W., 2009, *Diseño de nuevos productos con un enfoque orientado al usuario*. Memorias del XV Congreso Internacional Anual de la SOMIM.
- Borja V., Leyra E., Méndez A., 2011, *Método para validar conceptos de productos usando simuladores y prototipos*. Memorias del XVII Congreso Internacional Anual de la SOMIM.
- Borja V., Escalera Y., García A., Márquez F., 2017. *Mapa de viaje de usuario*. Memorias del XXIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM.
- CAME PARKARE, n.d., *Cajero Automático PKE*. [Online] Disponible en: <http://www.cameparkare.com/mx/sistemas/pke/cajero-automatico> [Consultado el 28 de Septiembre de 2018]
- Cañas J., Waers Y., 2001, *Ergonomía Cognitiva*. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Caro S., Diciembre 2013, *La función de la estética y la estética de la función. El diseño más allá de lo lindo y lo feo*. [Online] Disponible en: [https://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/publicacionesdc/vista/detalle\\_articulo.php?id\\_libro=477&id\\_articulo=9979](https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_libro=477&id_articulo=9979) [Consultado el 21 de Diciembre de 2018]
- Cinco M Dos, n.d., *Acerca de 5M2*. [Online] Disponible en: <http://www.cincomdos.com/nosotros.html> [Consultado el 22 de Noviembre de 2018]
- Cinco M Dos, n.d., *Perfil sociodemográfico y socioeconómico*. [Online] Disponible en: <http://www.cincomdos.com/diariodf.html> [Consultado el 10 de Agosto de 2018]
- Ciudad de México. Secretaría de Obras y Servicios, n.d., *Metrobús Línea 7*. [Online] Disponible en: <https://www.obras.cdmx.gob.mx/proyectos/L7> [Consultado el 1 de Septiembre de 2018]
- Ciudad de México. Centro de Transferencia Modal, n.d., *Ubicación de centros de transferencia modal*. [Online] Disponible en: <https://www.cetram.cdmx.gob.mx/centros-de-transferencia-modal-cetram/delegacion-azcapotzalco> [Consultado el 10 de Septiembre de 2018]
- ¿Cómo ves?, n.d., *El reinado de la biometría*. [Online] Disponible en: <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/104/el-reinado-de-la-biometria> [Consultado el 18 de Agosto de 2018]
- Das R., Harrop P., Holland G., n.d., *Near Field Communication (NFC) 2014-2024. Mobile phone and other NFC: market forecasts, technology, players*. [Artículo de investigación] Disponible en: <https://www.idtechex.com/research/reports/near-field-communication-nfc-2014-2024-000363.asp?viewopt=showall> [Consultado el 24 de Septiembre de 2018]
- Daudelin J., Kelly J., 2008, *First Lego League the unofficial Guide*. Estados Unidos: No starch press, Inc. p.154.

El Mundo, 11 de Junio de 2014, *Fujitsu convierte las venas de la mano en un medio de pago*. [Online] Disponible en: <http://www.elmundo.es/economia/2014/06/11/53973a6422601d6d368b458f.html> [Consultado el 15 de Agosto de 2018]

El Universal, 2013, *Usuarios del Metro 'asaltan' taquillas*. [Online] Disponible en: <http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2013/usuarios-39asaltan-39-taquillas-por-alza-al-metro-972612.htm> [Consultado el 10 de Noviembre de 2018]

El Universal, 20 de Septiembre de 2016, *Transporte público en segundos pisos con internet y videocámaras*. [Online] Disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/metropoli/cdmx/2016/09/20/transporte-publico-en-segundos-pisos-con-internet-y-videocamaras> [Consultado el 17 de Septiembre de 2018]

Excelsior, 14 de Junio de 2016, *Metro con sobrecupo de 2.5 millones de personas*. [Online] Disponible en: <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/2016/06/14/1098761> [Consultado el 10 de Septiembre de 2018]

Ferrocarriles Suburbanos, n.d., *Ferrocarriles Suburbanos Presentación*. [Online] Disponible en: [http://fsuburbanos.com/secciones/la\\_empresa/presentacion.php](http://fsuburbanos.com/secciones/la_empresa/presentacion.php) [Consultado el 16 de Noviembre de 2018]

Ferrocarriles Suburbanos, n.d., *Operación. Costo del viaje*. [Online] Disponible en: [http://fsuburbanos.com/secciones/operacion/costo\\_viaje.php](http://fsuburbanos.com/secciones/operacion/costo_viaje.php) [Consultado el 16 de Noviembre de 2018]

Finkenzeller K., 2010, *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, radio frequency identification and near-field communication*. Tercera edición. Reino Unido: John Wiley & Sons, Ltd.

Forbes, 24 de Julio de 2017, *Uber anuncia inversión de más de 6,800 millones de pesos en México*. [Online] Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/uber-anuncia-inversion-de-mas-de-6800-millones-de-pesos-en-mexico/> [Consultado el 20 de Agosto de 2018]

Forbes, 22 de febrero de 2018, *México y el fin del efectivo como método de pago*. [Online] Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/mexico-y-el-fin-del-efectivo-como-medio-de-pago/> [Consultado el 19 de Agosto de 2018]

Forbes, 16 de mayo de 2018, *CDMX, la quinta ciudad más habitada en el mundo: ONU*. [Online] Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/cdmx-la-quinta-ciudad-mas-habitada-en-el-mundo-onu/> [Consultado el 22 de Agosto de 2018]

French M., 1984, *Conceptual Design for Engineers*. Segunda edición. Alemania: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Fujitsu, n.d., *Fujitsu PalmSecure ID Login - Active Directory login enhanced with biometric security*. [Online] Disponible en: <https://www.fujitsu.com/global/services/security/offerings/biometrics/palmsecure/id-match> [Consultado el 20 de Agosto de 2018]

Gaceta Oficial del Distrito Federal, 15 de Octubre de 2014, *Acuerdo por el que se aprueba el programa integral de movilidad 2013-2018*. [Archivo PDF] Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Distrito%20Federal/wo99436.pdf> [Consultado el 11 de Abril de 2018]

GizTab, 21 de Noviembre de 2014, *FUJITSU PalmSecure ID Match reconoce hasta las venas de la mano*. [Online] Disponible en: <https://www.giztab.com/fujitsu-palmsecure-id-match-autenticacion-biometrica-disponibilidad/> [Consultado el 11 de Agosto de 2018]

Global Sources, n.d., *Ticket Vending Machine*. [Online] Disponible en: <https://www.globalsources.com/si/AS/GRG-Banking/600880288771/pdtl/Ticket-Vending-Machine/1133540303.htm> [Consultado el 22 de Noviembre de 2018]

Gobierno de la Ciudad de México, CTS Embarq México, n.d., *Agenda para la Integración de Desarrollo Urbano y la Movilidad*. [Archivo PDF] Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/85030/07\\_IntegracionDesarrolloUrbanoYMovilidad%20CTSEmbarq.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/85030/07_IntegracionDesarrolloUrbanoYMovilidad%20CTSEmbarq.pdf) [Consultado el 22 de Marzo de 2018]

Goodwin, K., 15 de Mayo de 2008, *Perfecting your personas*. [Online] Disponible en: [https://www.cooper.com/journal/2001/08/perfecting\\_your\\_personas](https://www.cooper.com/journal/2001/08/perfecting_your_personas) [Consultado el 12 de Agosto de 2018]

- Grupo e-Digital, Junio 2017, *Catálogo formas de pago CFDI Versión 3.3*. [Online] Disponible en: <https://www.e-digital.com.mx/portal/catalogo-formas-de-pago-cfdi-version-3-3/> [Consultado el 16 de Agosto de 2018]
- Guillermo X., Licona R., Olivares J., Ramos A., Rodríguez C., 2017, *Primer reporte de avances*. México: Laboratorio de Innovación en Diseño 2018-1.
- Guillermo X., Licona R., Olivares J., Ramos A., Rodríguez C., 2017, *Segundo reporte de actividades*. México: Laboratorio de Innovación en Diseño 2018-1.
- Guillermo X., Licona R., Olivares J., Ramos A., Rodríguez C., 2017, *Tercer reporte de actividades*. México: Laboratorio de Innovación en Diseño 2018-1.
- Guillermo X., Licona R., Olivares J., Ramos A., Rodríguez C., 2018, *Reporte final de actividades*. México: Laboratorio de Innovación en Diseño 2018-1.
- Guillermo X., Linares D., 2018, *Dispositivo para preparación y consumo de bebida carbonatada*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Arquitectura. Centro de Investigaciones de Diseño Industrial.
- Hackernoon, 20 de Febrero de 2018, *BLE vs Wi-Fi: A Comparison of Wireless Technology for IoT Product Development*. [Online] Disponible en: <https://hackernoon.com/ble-vs-wi-fi-a-comparison-of-wireless-technology-for-iot-product-development-1c7be179f379> [Consultado el 22 de Agosto de 2018]
- Heidegger M., 1995, *Arte y poesía*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Hormes M., Lawrence A., Schneider J., Stickdorn M., 2018, *This Is Service Design Doing: Applying Service Design Thinking in the Real World*. Estados Unidos: O'Reilly
- Indiamart, n.d., *Video Kiosk Payment Machine*. [Online] Disponible en: <https://www.indiamart.com/proddetail/video-kiosk-18322038448.html> [Consultado el 22 de Noviembre de 2018]
- INEGI, Instituto de Ingeniería, 2017, *Encuesta de Origen- Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México*. [Archivo PDF] Disponible en: [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_e\\_struc/promo/resultados\\_eod\\_2017.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_e_struc/promo/resultados_eod_2017.pdf) [Consultado el 14 de Septiembre de 2018]
- INEGI, n.d., *Regiones Socioeconómicas de México*. [Online] Disponible en: <http://sc.inegi.gob.mx/niveles/index.jsp?me=es&lv=99&la=00&at=&ne=es&nt=6> [Consultado el 18 de Agosto de 2018]
- Informando México, 19 de septiembre de 2016, *Hoy gratis SVBus, conoce sus rutas*. [Online] Disponible en: <http://informandomexico.com.mx/wp/hoy-gratis-svbus-conoce-sus-rutas/> [Consultado el 22 de Agosto de 2018]
- Instituto de Investigaciones Sociales, Octubre 2014, *Los Niveles Socio Económicos de México y las Familias en México*. [Online] Disponible en: <https://es.slideshare.net/iabmexico/nivel-socioeconomico-y-familias-en-mexico> [Consultado el 24 de Noviembre de 2018]
- Institute of Design of Stanford, n.d., *Brainstorming- Method* [Archivo PDF] Disponible en: <https://dschool-old.stanford.edu/sandbox/groups/dstudio/wiki/2fced/attachments/660d8/Brainstorming-Method.pdf?sessionID=d07c198d92501ebb3eee4ff3da193b387130fcfb> [Consultado el 20 de Septiembre de 2018]
- Instituto Mexicano para la Competitividad A.C., 2016, *Reducción de uso de efectivo e inclusión financiera*. [Archivo PDF] Disponible en: [https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2016/01/2016-Reduccion\\_uso\\_efectivo-Documento\\_completo.pdf](https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2016/01/2016-Reduccion_uso_efectivo-Documento_completo.pdf) [Consultado el 15 de Noviembre de 2018]
- Instituto Nacional de Propiedad Intelectual INAPI, n.d., *¿Qué son las patentes?*. [Online] Disponible en: <https://www.inapi.cl/portal/institucional/600/w3-article-744.html> [Consultado el 10 de Marzo de 2018]
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, n.d., *Antropometría*. [Archivo PDF] Disponible en: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puesto/DTEAntropometriaDP.pdf> [Consultado el 18 de Noviembre de 2018]



Interactive Advertising Bureau, n.d., *Acerca de IAB*. [Online] Disponible en: <https://www.iabmexico.com/global-nav/acerca-de/> [Consultado el 22 de Noviembre de 2018]

International Ergonomics Association, n.d., *Definition and Domains of Ergonomics*. [Online] Disponible en: <https://www.iea.cc/whats/index.html> [Consultado el 18 de Noviembre de 2018]

International Organization for Standardization ISO 14443.

Intertraffic, n.d., *Intertraffic México*. [Online] Disponible en: <https://www.intertraffic.com/es/mexico/> [Consultado el 24 de Septiembre de 2018]

ITDP México, n.d., *Perspectivas de crecimiento de la Red Metrobús y transporte integrado del Distrito Federal a 2018*. [Archivo PDF] Disponible en: <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Crecimiento-MB-2013-2018.pdf> [Consultado el 18 de Septiembre de 2017]

López J., Toledo N., n.d., *Fase de diseño de detalle*. [Archivo PDF] Disponible en: [https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/1389/mod\\_resource/content/1/5.4-Fase\\_diseño\\_de\\_detalle.pdf](https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/1389/mod_resource/content/1/5.4-Fase_diseño_de_detalle.pdf) [Consultado el 4 de Febrero de 2018]

MAPIREL, n.d., *Beneficios de pintura electrostática*. [Online] Disponible en <http://www.mapirel.com/beneficios-de-pintura-electrostatica/> [Consultado el 11 de Octubre de 2018]

Marketing Vending, n.d., *Despa. De snacks y refrescos combo interiores*. [Online] Disponible en: <http://marketingvending.com/producto/despa-de-snacks-y-refrescos-combo-interiores> [Consultado el 11 de Noviembre de 2018]

Mastercard, n.d., *The Oak Mirror*. [Online] Disponible en: <https://newsroom.mastercard.com/photos/the-oak-mirror/> [Consultado el 11 de Agosto de 2018]

Mastercard, n.d., *Marie Claire & Mastercard Present the Next Big Thing Concept Shop*. [Online] Disponible en: <https://newsroom.mastercard.com/press-releases/marie-claire-and-mastercard-present-the-next-big-thing-concept-shop/> [Consultado el 13 de Agosto de 2018]

Mastercard Advisors, 2013, *Measuring progress toward a cashless society*. [Archivo PDF] Disponible en: <https://newsroom.mastercard.com/wp-content/uploads/2014/08/MasterCardAdvisors-CashlessSociety-July-20146.pdf> [Consultado el 17 de Noviembre de 2018]

Metrobús, n.d., *Accesibilidad*. [Online] Disponible en: <https://www.metrobus.cdmx.gob.mx/dependencia/acerca-de/accesibilidad> [Consultado el 22 de Agosto de 2018]

Metrobús, n.d., *Asistencia por garita y cobro asistido*. [Online] Disponible en: <https://www.metrobus.cdmx.gob.mx/portal-ciudadano/asistencia-por-garita-y-cobro-asistido> [Consultado el 20 de Agosto de 2018]

Metrobús, n.d., *Infraestructura, organización y operación*. [Online] Disponible en: <https://www.metrobus.cdmx.gob.mx/dependencia/acerca-de> [Consultado el 22 de Agosto de 2018]

Metrobús, n.d., *Mapa Línea 7*. [Online] Disponible en: <https://www.metrobus.cdmx.gob.mx/mapas-de-sistema/mapa-linea-7> [Consultado el 14 de Septiembre de 2018]

Metrobús, n.d., *Portal ciudadano. Preguntas frecuentes*. [Online] Disponible en: <http://data.metrobus.cdmx.gob.mx/faq.html#cuatro> [Consultado el 10 de Octubre de 2018]

Metrobús, n.d., *¿Qué es Metrobús?* [Online] Disponible en: <https://www.metrobus.cdmx.gob.mx/dependencia/acerca-de> [Consultado el 10 de Agosto de 2018]

Metrobús, n.d., *Tarifa y pago*. [Online] Disponible en: [http://data.metrobus.cdmx.gob.mx/tarifa\\_pago.html](http://data.metrobus.cdmx.gob.mx/tarifa_pago.html) [Consultado el 10 de Octubre de 2018]

Meihe Induction Technology Co., n.d., *ISO15693 / ISO14443A 13.56Mhz NFC RFID PVC Coin Card Tag*. [Online] Disponible en: [https://www.rfidcardfactory.com/iso15693-iso14443a-13-56mhz-nfc-rfid-pvc-coin-card-tag\\_p368.html](https://www.rfidcardfactory.com/iso15693-iso14443a-13-56mhz-nfc-rfid-pvc-coin-card-tag_p368.html) [Consultado el 18 de Noviembre de 2018]

- Molina N., 2005, *¿Qué es el estado del arte?* [Online] Disponible en: <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/sv/article/view/1666> [Consultado el 10 de Noviembre de 2018]
- New Electronics, n.d., *Augmented reality could be a game changer in PCB design.* [Online] Disponible en: <http://www.newelectronics.co.uk/electronics-technology/augmented-reality-could-be-a-game-changer-in-pcb-design/170715/> [Consultado el 22 de Noviembre de 2018]
- Ortiz N. J., 2017, *Afectividad y Diseño*. Primera edición. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura.
- Parkeon TRansit LTD (2015). *Ticket vending machine*. [Patente] GB2541172
- Portmas, n.d., *Máquinas de refrescos.* [Online] Disponible en: <http://www.portmas.com.mx/tienda/maquinas-de-refrescos/58-jsbs-bebidas.html> [Consultado el 10 de Noviembre de 2018]
- Project Management Institute, n.d., *PMBOK Guides and Standards.* [Online] Disponible en: <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards> [Consultado el 16 de Enero de 2019]
- Real Academia Española, n.d., *Definición: Configuración.* [Online] Disponible en: <https://dle.rae.es/?id=AFNTrP2> [Consultado el 21 de Enero de 2019]
- Secretaría del Medio Ambiente, Octubre 2015, *Sistema Integrado de Transporte Público - SIT - de la Ciudad de México D.F. Proyecto de transformación del transporte público concesionado. Diseño Conceptual.* [Archivo PDF] Disponible en: [https://www.theicct.org/sites/default/files/PresentacionSEDEMASITP\\_CTS%20EMBARQ.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/PresentacionSEDEMASITP_CTS%20EMBARQ.pdf) [Consultado el 10 de Octubre de 2018]
- SEDEMA, 2016, *CDMX Sustentable.* [Archivo PDF] Disponible en: [https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Libro\\_CDMX\\_Sustentable\\_2016.pdf](https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Libro_CDMX_Sustentable_2016.pdf) [Consultado el 11 de Octubre de 2018]
- Servicio de Transportes Eléctricos, n.d., *Tren Ligero.* [Online] Disponible en: <https://www.ste.cdmx.gob.mx/tren-ligero> [Consultado el 20 de Noviembre de 2018]
- Siemens, n.d., *Diseño asistido por ordenador (CAD).* [Online] Disponible en: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507> [Consultado el 18 de Enero de 2019]
- Solid Gear Group, 24 de Mayo de 2017, *Bluetooth BLE: el conocido desconocido.* [Online] Disponible en: <https://solidgeargroup.com/bluetooth-ble-el-conocido-desconocido?lang=es> [Consultado el 18 de Agosto de 2018]
- Soto C., 2004, *Desarrollo Profesional del Proyecto de Diseño Industrial. Análisis de sus factores condicionantes.* México: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Arquitectura. Centro de Investigaciones de Diseño Industrial.
- SPC Consulting Group, 12 de Noviembre de 2014, *Bill of Materials - BOM.* [Online] Disponible en: <https://spcgroup.com.mx/bom/> [Consultado el 22 de Septiembre de 2018]
- Soy Mexiquense, n.d., *Mexibus, rutas, costos, horarios y más.* [Online] Disponible en: <http://www.soymexiquense.com/edomex/region-viii/huixquilucan/19-edomex/articulos/metropolitana/32-mexibus-rutas-costos-horarios-y-mas> [Consultado el 16 de Noviembre de 2018]
- Tran N., n.d., *Design Thinking Playbook for change management in k12 schools.* [Archivo PDF] Disponible en: <https://dschool-old.stanford.edu/sandbox/groups/k12/wiki/ad2ce/attachments/3946e/DESIGN%20THINKING%20PLAYBOOK%20%281%29.pdf?sessionID=8cbdfc6129ceb041dbad2247ffc9d0112fd0ebce> [Consultado el 28 de Septiembre de 2018]
- Trapeze Software ULC (2016). *Systems and methods for ticket vending machines for transit ticket purchases for impaired purchasers.* [Patente] US20170140355
- Ulrich K., Eppinger S., 2013, *Diseño y desarrollo de productos.* Quinta edición. McGraw Hill.

UNAM, n.d., *Gran Diccionario Náhuatl*. [Online] Disponible en: <http://www.gdn.unam.mx/diccionario> [Consultado el 18 de Septiembre de 2018]

UNAM Facultad de Economía, n.d., *Estadística. Algunos conceptos*. [Archivo PDF] Disponible en: <http://herzog.economia.unam.mx/profesores/blopez/estadistica-descriptiva.pdf> [Consultado el 28 de Septiembre de 2018]

UNAM Facultad de Medicina, n.d., *Guía 2: Composición corporal y medidas antropométricas*. [Archivo PDF] Disponible en: <http://www.facmed.unam.mx/deptos/fisiologia/assets/documentos/Guia%202.pdf> [Consultado el 28 de Septiembre de 2018]

Xataka, n.d., *Philips Fidelio SoundBar: nueva barra de sonido 5.1 para tu salón*. [Online] Disponible en: <https://www.xataka.com/audio/philips-fidelio-soundbar-nueva-barra-de-sonido-5-1-para-tu-salon> [Consultado el 11 de Enero de 2019]

Yanko Design, n.d., *This One's for Mr. Rams*. [Online] Disponible en: <http://www.yankodesign.com/2012/01/11/this-one%E2%80%99s-for-mr-rams/> [Consultado el 11 de Enero de 2019]

## ANEXO A. OBSERVACIONES

Actividad: Se llevó a cabo una investigación de campo en algunas estaciones del Metrobús para analizar las acciones y el comportamiento de los usuarios al utilizar las TVMs como parte del Ciclo I, 4.3 *GENERAR Y PROBAR*. La información se organizó en fichas comparativas:

### ESTACIONES DE METROBÚS

Línea	1
Estación de metrobús	INDIOS VERDES
Tipo de máquina	Ambas (Completa y ligera)
Número de máquinas por estación	6 completas y 14 ligeras
Ubicación	Ubicadas a los lados del pasillo principal de la entrada.
Lugar	Cuenta con vigilancia, el lugar que ocupan las máquinas está limpio y no hay basura en el piso.
Interesados	Jóvenes estudiantes, oficinistas, obreros.
Tiempo promedio de uso	Compra: 35.2 seg (Tiempo de 5 usuarios) Recarga: 27.2 seg (Tiempo de 5 usuarios) Tiempo mínimo de compra: 33.49 seg. Tiempo mínimo de recarga: 22.21 seg.
RECARGA Secuencia de uso por pasos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Seleccionar la opción de recarga en la pantalla</li> <li>2) Insertar la tarjeta</li> <li>3) Introducir el dinero</li> <li>4) Esperar a que se realice la operación</li> <li>5) Esperar sonido de listo</li> <li>6) Retirar tarjeta</li> </ol>
COMPRA Secuencia de uso por pasos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Seleccionar la opción de compra en la pantalla</li> <li>2) Insertar el dinero (Monto mínimo de 10 pesos)</li> <li>3) Esperar y retirar la tarjeta</li> </ol>
Problemas de uso	En las máquinas ligeras, las monedas pequeñas las devuelve muy seguido. Esta misma máquina indica que vuelva a insertar el dinero antes de terminar de recargar.
Fecha y hora	10/10/17 a las 16:35 hrs.
Nombre de observador	Jordi Olivares

Lugar	CETRAM CU
Tipos de transporte	Estación de Metro / Taxis / RTP / Microbús / Combis / Bicicletas
Descripción de lugar	<p>La estación del Metro es muy amplia, con pisos de mármol oscuros; los barandales y en general el mobiliario es metálico con acabado aparente, y para el acceso al CETRAM se utilizan los puentes peatonales, los cuales llevan a las bases de las diferentes rutas de transporte. Cuenta con 3 carriles de transporte, dos bases de taxis de sitio, y abarca las calles aledañas también como base de transporte.</p> <p>Del lado de la Universidad, se encuentra ubicada otra parte del paradero, pero solo con 2 carriles de autobuses y un área de taxis de sitio que opera las 24hrs.</p> <p>También se encuentra la base de Pumabuses (transporte gratuito dentro de CU) de la cual salen 6 rutas diferentes.</p> <p>Además, está una estación de préstamo y estacionamiento de bicicletas para estudiantes.</p>
Afluencia de personas	El tránsito de personas es constante, cada 5 min aprox. llega el Metro y las personas que salen, en su mayoría, se dirigen hacia otros modos de transporte.
Tipo de máquina/forma de pago	<p>En la estación del Metro se encuentran 4 taquillas juntas para compra boletos de metro, generalmente están abiertas 2 ó 3, dependiendo de la afluencia de personas. Utilizan letreros en la parte superior de cada ventanilla para indicar que tipo de venta se efectúa en cada una: "Solo venta de boletos" o "Recarga y venta de boletos".</p> <p>La ventanilla de venta de boletos siempre tiene una fila más larga que la de recarga de tarjeta y venta de boletos, debido a que avanza más rápido. Comentario adicional: "Recargo mi tarjeta cuando tengo tiempo de formarme"</p>
Número de máquinas, o taquillas	4
Ubicación	Se encuentra ubicada sobre Av. Delfín Madrigal a un costado de Ciudad Universitaria.
Interesados	La mayoría de los interesados son estudiantes; sin embargo, por las mañanas y las tardes hay muchos adultos oficinistas, obreros y mujeres con niños.
Problemáticas	El área del paradero se encuentra llena de locales comerciales y en muchas zonas con acumulación de basura. No hay áreas verdes; las banquetas y los pasillos están sucios, agrietados y con charcos.
Fecha y hora	19/10/17 09:00 y 20:30 hrs.
Nombre de observador	Xala Xutzi Ixchel Guillermo Hernández

Lugar	Santa Fe - Acoxpa
Tipos de transporte	SVBUS
Descripción de lugar	La parada del SVBus es similar a las estaciones en las que los camiones cargan y descargan pasajeros. En Acoxpa no cuenta con una estación terminal para que los usuarios la identifiquen.
Afluencia de personas	El camión va lleno entre semana pero en fin de semana (sábado) únicamente se ocupan los asientos disponibles.
Tipo de máquina/forma de pago	Pago en efectivo/ Tarjeta de crédito/ Tarjeta de débito
Número de máquinas, o taquillas	1
Ubicación	Dentro del camión, junto al conductor.
Interesados	Obreros, estudiantes, oficinistas y turistas.
Problemáticas	No realizan paradas intermedias. El chofer trae mucho cambio en efectivo y lo transporta todo el tiempo. Sale en horarios específicos y no pasa con regularidad. Maneja horarios adicionales a los marcados en su página web.
Fecha y hora	14/Octubre/2017 14:30 y 15:30
Nombre de observador	Carlos Rodríguez

## ANEXO B. FICHAS SOBRE LOS USUARIOS

Actividad: Se realizaron fichas de trabajo sobre distintos usuarios con el propósito de identificar qué preguntar, a quién invitar y sobre qué tema enfocar las pruebas, como parte de la etapa 5.3 *GENERAR Y PROBAR*.

Las fichas de trabajo se muestran a continuación:

**Guadalupe Ojeda**  
Intendente de una estación de Metrobús

57 D

Amable, con buen sentido del humor, humilde y trabajadora. De estatura media y tez blanca.

Jubilares, no tener que trabajar y viajar con la familia.

Pasar tiempo con sus nietos.

La inseguridad de la ciudad y pasar mucho tiempo de pie.

Mi día a día

5:00 am	Se despierta
6:00 am	Se dirige a su trabajo en la estación de MB
7:30 am	Llega al trabajo y arregia el almacén
7:30 am	Limpia las TVMs y el pasillo
12:00 pm	Almuerza con sus compañeros de limpieza
12:30 pm	Limpia los torniquetes
15:00 pm	Sale de su trabajo y se dirige a su casa
19:00 pm	Descansa y ve televisión
21:00 pm	Prepara de cenar y teje un poco
22:00 pm	Va a dormir



## Humberto Ruiz

Personal de recolección de efectivo



38



C



Introverso responsable y serio.



Altura aproximada de 1.82 m. Moreno y delgado.



Lograr estabilidad financiera para su familia.



Ir al cine, ver partidos de fútbol y series de televisión.



Que las máquinas de Metrobús sean distintas entre sí. Las personas que transitan por la estación mientras realiza su trabajo.

### Mi día a día

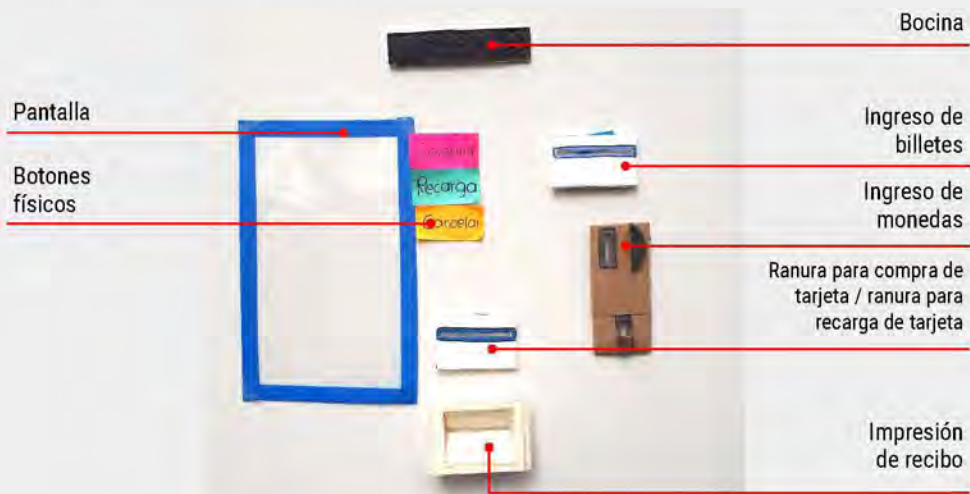
7:00 am	Despierta y se baña
7:30 am	Desayuna algo ligero
8:30 am	Se transporta hacia su trabajo
9:00 am	Recoge la camioneta de valores
9:30 pm	Recorre la ciudad
21:30 pm	Devuelve la camioneta al almacén
22:00 pm	Se traslada a su casa
22:30 pm	Cena y ve series de televisión
23:00 pm	Va a dormir



## ANEXO C. PRIMEROS SIMULADORES

Actividad: Se realizaron las primeras pruebas de identificación y distribución de componentes de interacción entre los usuarios activos y la TVM como parte de la etapa 5.3.4 *GENERAR Y PROBAR*. A continuación se presentan las configuraciones realizadas por los 15 participantes de la prueba:

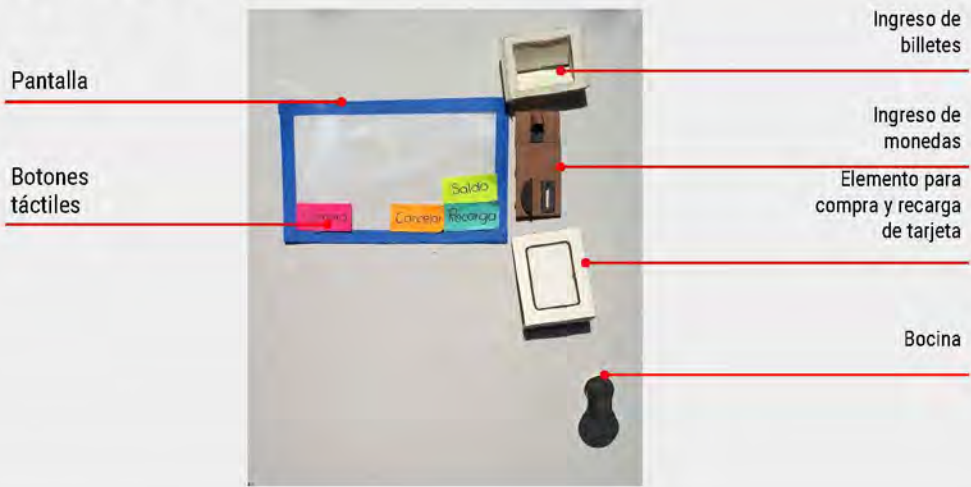
**Participante 1: Estudiante, 23 años.**



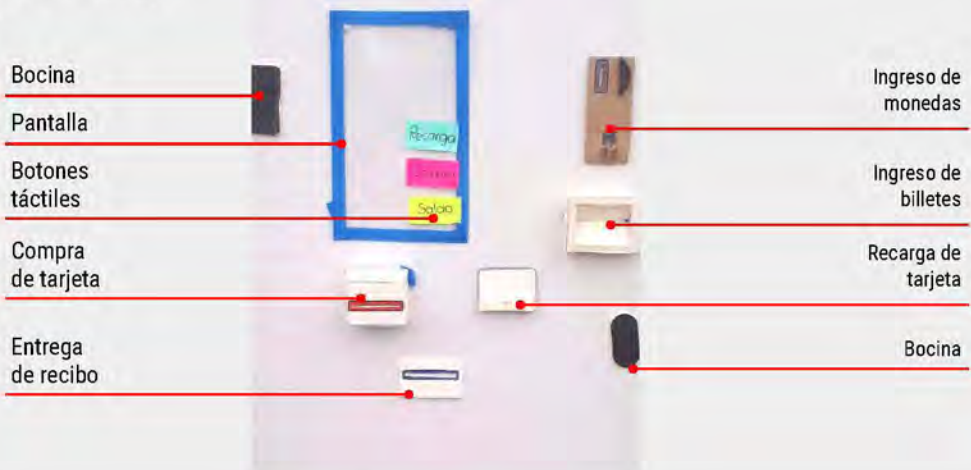
**Participante 2: ama de casa, 44 años.**



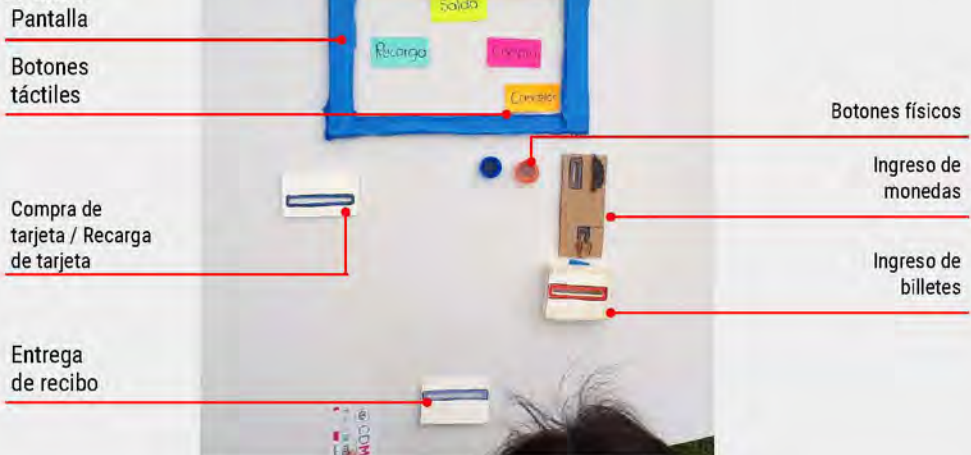
**Participante 3: Artista, 27 años.**



**Participante 4: Maestro, 40 años.**




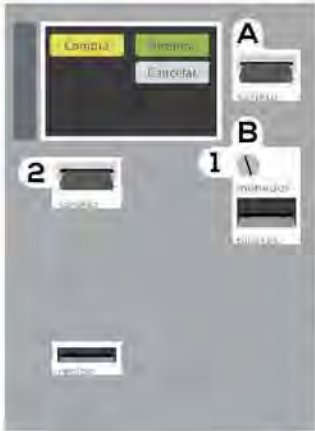
**Participante 5: Maestra, 33 años.**



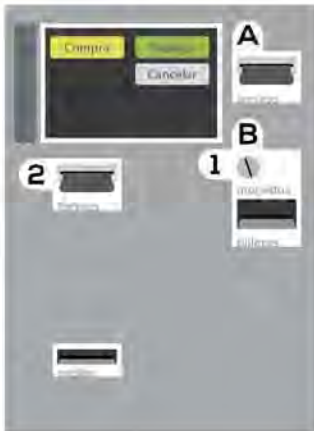

# ANEXO D. PRUEBA I: COMPARACIÓN ENTRE TVMS

Actividad: Se realizó la comparación entre varias configuraciones de TVMs como parte de la etapa 5.3 GENERAR Y PROBAR en el ciclo II. Las opciones y los resultados se muestran a continuación:

**Serie 1:**

	<b>A</b>	<b>B</b>	
			
9 participantes eligieron la opción A			3 participantes eligieron la opción B

**Serie 2:**

	<b>A</b>	<b>B</b>	
			
3 participantes eligieron la opción A			9 participantes eligieron la opción B

**Serie 3:**

**A**

3 participantes eligieron la opción A



**B**



9 participantes eligieron la opción B

**Serie 4:**

**A**

4 participantes eligieron la opción A



**B**

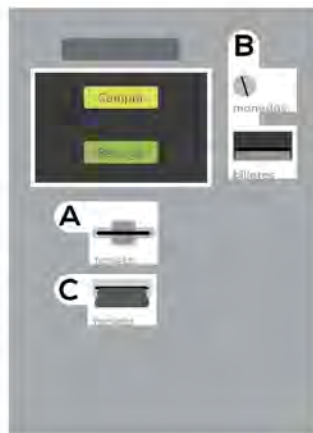


8 participantes eligieron la opción B

**Serie 5:**

**A**

9 participantes eligieron la opción A



**B**

3 participantes eligieron la opción B



## ANEXO E. PRUEBA II: MODALIDADES DE PAGO PARA EL ACCESO AL METROBÚS

Actividad: Los participantes seleccionaron aquellas modalidades con las cuales estarían dispuestos a adquirir su acceso al Metrobús como parte de la etapa 5.3 *GENERAR Y PROBAR* en el ciclo II. Los resultados por usuario se muestran a continuación:

<b>Participante 1</b> Estudiante 25 años	Sí pagaría mi acceso al Metrobús con:	¿Por qué?
	<input checked="" type="radio"/> A	Ya conozco esta modalidad, es la que actualmente se encuentra en el Metrobús.
	<input type="radio"/> B	Es mucho espacio desperdiciado
	<input checked="" type="radio"/> C	Facilitaría el pago y no habría problema si pierdo la tarjeta.
	<input type="radio"/> D	No me gusta. Corro el riesgo de que mi tarjeta sea clonada.
<b>Participante 2</b> Estudiante 22 años	Sí pagaría mi acceso al Metrobús con:	¿Por qué?
	<input checked="" type="radio"/> A	Es fácil de utilizar y puedes hacer todo en una sola máquina.
	<input type="radio"/> B	Lo pensaría pero no me parece que sea una buena opción.
	<input type="radio"/> C	No funciona para todos porque muchas personas no tienen acceso a un celular inteligente.
	<input type="radio"/> D	No tengo tarjeta.
<b>Participante 3</b> Estudiante 22 años	Sí pagaría mi acceso al Metrobús con:	¿Por qué?
	<input type="radio"/> A	Tiene muchas funciones y me equivoco al usar la máquina.
	<input checked="" type="radio"/> B	Me parece mejor separar por función y no mezclar. Es más universal y ayudaría a todas las personas porque sería más fácil de utilizar.
	<input type="radio"/> C	No funciona para todos.
	<input type="radio"/> D	Me daría miedo que algo falle mientras pago con la tarjeta de crédito.

## ANEXO F. PRUEBA III: SIMULACIÓN

Actividad: Los participantes realizaron la compra y la recarga de una tarjeta con una secuencia de uso modificada. Esta prueba pertenece a la etapa 5.3 *GENERAR Y PROBAR* del ciclo II.

Las diapositivas que se utilizaron fueron las siguientes:

### COMPRA DE TARJETA

1.  Slide 1: A white background with two buttons: a blue button labeled "Compra" and a yellow button labeled "Recarga".
2.  Slide 2: A blue background. At the top left is a red button labeled "REGRESAR". To its right is the text "Compra de tarjeta". In the center, the text reads "Ingresa 10 pesos o más para la compra de tarjeta". At the bottom right is a green button labeled "Listo".
3.  Slide 3: A white background. At the top center is the text "¡Listo!". Below it is "Retira tu tarjeta". In the center is a green circular icon with a white checkmark. At the bottom, the text "Para recargar presiona" is followed by a red arrow pointing to a grey house icon labeled "Inicio".

### RECARGA DE TARJETA

1.  Slide 1: A white background with two buttons: a blue button labeled "Compra" and a yellow button labeled "Recarga".
2.  Slide 2: A yellow background. At the top left is a red button labeled "REGRESAR". To its right is the text "Recarga de tarjeta". In the center, the text reads "Coloca tu tarjeta".

Las respuestas de los participantes fueron las siguientes:

<b>Participante 1</b> Estudiante 25 años	Inicio de la interacción	<u>Inició presionando el botón</u> Inició colocando la tarjeta
	Observaciones al interactuar con la secuencia modificada para recargar una tarjeta	El participante realizó la secuencia verificando la información que se despliega en la interfaz. Ingresó todas las monedas y luego dió click en el botón. Comentó que le gusta que la simulación de la tableta regresa automáticamente al terminar la recarga. Comentó que hay un paso adicional en la secuencia y que las opciones son pocas.
	Emociones identificadas con las TVMs actuales	Agrado - "Ya conozco la secuencia." Interés - "Ya sé qué máquinas solo sirven para recargar."
	Emociones identificadas con la secuencia de la prueba	Confusión - "No sabía si presionar el botón de "Recarga" varias veces o no." Desconfianza - "Los pasos son distintos pero como solo había una opción no tuve problemas."

<b>Participante 2</b> Estudiante 22 años	Inicio de la interacción	Inició presionando el botón      Inició colocando la tarjeta
	Observaciones al interactuar con la secuencia:	Realizó la secuencia sin leer los letreros de las diapositivas. Identificó que al colocar la tarjeta lo redirigió automáticamente al ingreso de efectivo. Ingresó todas las monedas y luego apretó el botón 6 veces.
	Emociones identificadas con las TVMs actuales	Indiferencia - "Ya sé como funciona la máquina."
	Emociones identificadas con la secuencia de la prueba	Confusión - "No supe que hacer, si meter todas las monedas y luego el botón varias veces o era de otra forma."

<b>Participante 3</b> Estudiante 22 años	Inicio de la interacción	<u>Inició presionando el botón</u> Inició colocando la tarjeta
	Observaciones al interactuar con la secuencia:	Realizó la secuencia de forma correcta. Presionó una vez el botón de "Recarga" e identificó que por cada moneda debía presionarlo. Comentó que en la máquina actual, la ranura para ingresar efectivo se abre para indicar que se puede ingresar las monedas o billetes.
	Emociones identificadas con las TVMs actuales	Tranquilidad - "Ya he usado las máquinas."
	Emociones identificadas con la secuencia de la prueba	Molestia - "Es fastidioso presionar 6 veces el botón." Confusión - "No supe si lo estaba haciendo bien."

## ANEXO G. PRUEBA IV: INNOVACIONES TECNOLÓGICAS

Actividad: Los participantes eligieron aquella máquina con la cual les gustaría adquirir su acceso al Metrobús como parte de la etapa 5.3 *GENERAR Y PROBAR* del ciclo II.

Las respuestas de los participantes se muestran a continuación:

**Participante 1**  
Estudiante  
25 años

Máquina seleccionada	¿Por qué?
A	"Es lo tradicional. Son muy grandes y estorban."
B	"Puede ser más amigable y adaptarse a las estaciones de Metrobús. El pasillo es muy estrecho."
<input checked="" type="radio"/> C	"Es parecida a otras máquinas que ya existen y no son estorbosas."

**Participante 2**  
Estudiante  
22 años

Máquina seleccionada	¿Por qué?
<input checked="" type="radio"/> A	"Es segura, masiva,(se utiliza en varios lados como los cajeros automáticos) y la interacción es más clara."
B	"Parecen máquinas para darte información o un boleto para esperar tu turno."
C	"Son muy tecnológicas y no sé si funcionaría."

**Participante 3**  
Estudiante  
22 años

Máquina seleccionada	¿Por qué?
A	"No sé por qué tiene tantos botones, ¿Son para opciones distintas o para las mismas?"
B	"La pantalla es el elemento más importante y te dice que paso sigue."
C	"Las personas se pueden perder y no todos entienden."



## ANEXO H. PRUEBA V: ALERTAS SONORAS

Actividad: Los participantes asociaron 10 sonidos con indicaciones de una TVM como error, siguiente o listo; como parte de la etapa 5.3 *GENERAR Y PROBAR* del ciclo II.

Los resultados se muestran a continuación:

**Participante 1:** Estudiante, 25 años.

Sonido	Indicación
1	Siguiente
2	Alerta Error
3	En mantenimiento
4	Alerta Descompuesto
5	En proceso
6	Finalización
7	Error
8	Siguiente
9	Espera
10	Siguiente

**Participante 2:** Estudiante, 22 años.

Sonido	Indicación
1	Inicio
2	Alerta
3	Notificación
4	Error
5	Error
6	Finalización
7	Error
8	Siguiente Listo
9	En proceso
10	Inicio

**Participante 3:** Estudiante, 22 años.

Sonido	Indicación
1	Inicio
2	Error
3	En proceso
4	Alerta
5	Espera En proceso

6	Siguiente
7	Alerta
8	Error
9	Alarma
10	Siguiente

## ANEXO I. PRUEBA VI: ALERTAS VISUALES

Actividad: Los participantes asociaron 5 colores (Rojo, azul, verde, naranja y blanco) con indicaciones de una TVM como error, siguiente o listo; como parte de la etapa 5.3 *GENERAR Y PROBAR* del ciclo II.

Los resultados se muestran a continuación:

**Participante 1:** Estudiante, 25 años.

	Verde	Azul	Rojo	Naranja	Blanco
Indicación	Listo	En orden	Error En mantenimiento	Alerta	Disponible

**Participante 2:** Estudiante, 22 años.

	Verde	Azul	Rojo	Naranja	Blanco
Indicación	Correcto Listo	Que regresa algo	Falso Error	En espera	Señalar algo en específico

**Participante 3:** Estudiante, 22 años.

	Verde	Azul	Rojo	Naranja	Blanco
Indicación	Correcto	Dirigir la mirada hacia un punto en específico	Error Fuera de servicio	Ninguno	Dirigir la mirada a un punto en específico

**Participante 4:** Secretaria, 33 años.

	Verde	Azul	Rojo	Naranja	Blanco
Indicación	Listo Avanzar	Listo	Alto Error	Prevención	Correcto

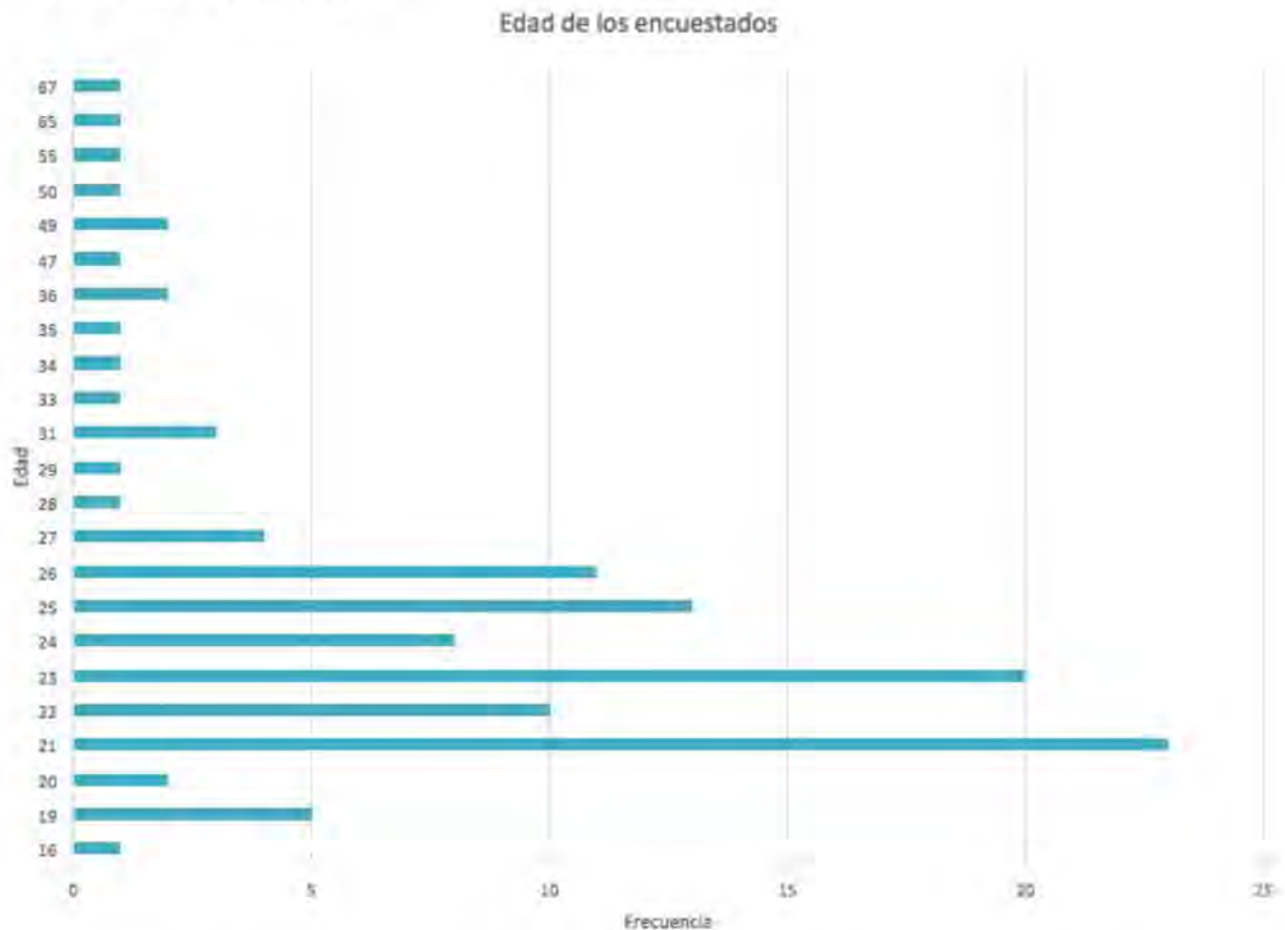
## ANEXO J. ENCUESTAS EN LÍNEA

Actividad: En esta actividad se realizaron encuestas en línea con el objetivo de identificar información adicional sobre los problemas de los usuarios de Metrobús al utilizar las TVMs.

La encuesta se realizó en la plataforma *Monkey Survey* y contó con 114 respuestas.

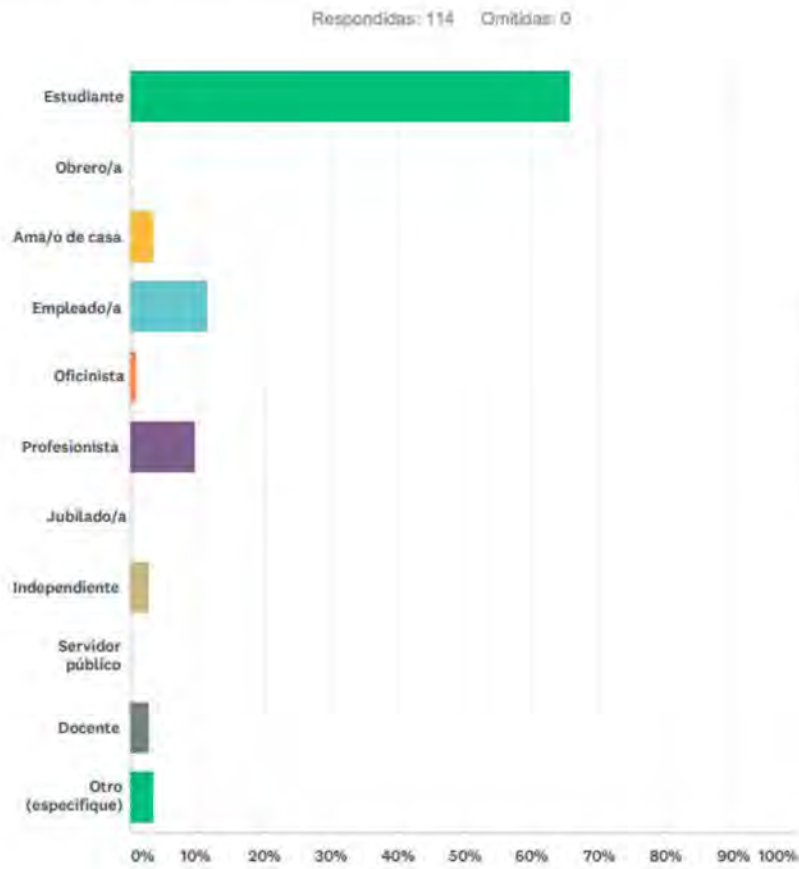
A continuación se muestran los resultados:

### 1. Edad de los encuestados



El 80% de los encuestados se encontró dentro del rango de edad de 19 a 26 años.

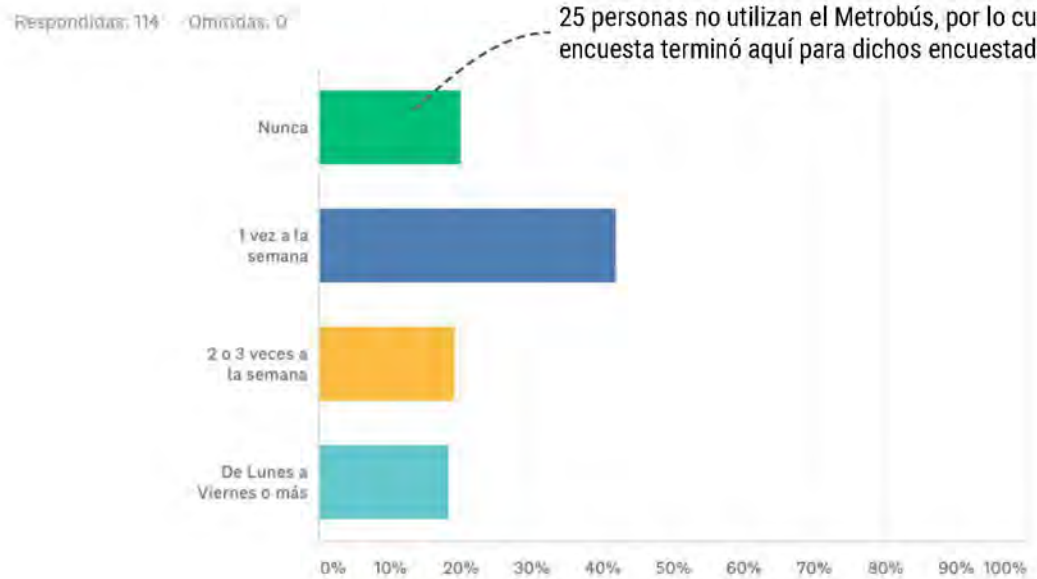
## 2. Ocupación de los encuestados.



Otras respuestas:

- 1 Supervisor de obra
- 1 Artista circense
- 1 Técnico
- 1 Maquillero

## 3. Frecuencia de uso del Metrobús.



25 personas no utilizan el Metrobús, por lo cual la encuesta terminó aquí para dichos encuestados.

El 42.11% de los encuestados utiliza el Metrobús una vez a la semana.

## ANEXO K. SIMULADORES DE FUNCIÓN

Actividad: Los participantes manipularon tres simuladores con distintas configuraciones de una TVM, como parte de la etapa 6.3 *GENERAR Y PROBAR* del ciclo III.

Las diapositivas utilizadas fueron las siguientes:

### COMPRA DE TARJETA



## RECARGA DE TARJETA

1.



2.



3.



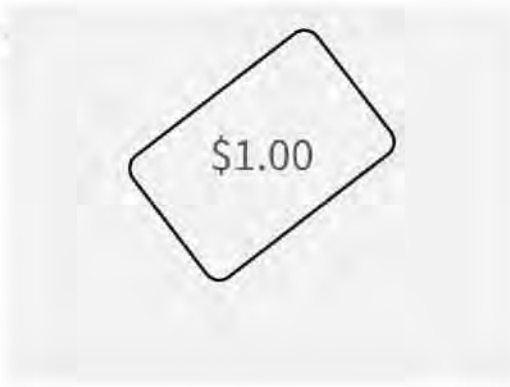
4.



5.



6.



7.



8.





Participante 2

Edad: 45 años		Estatura: 1.63		Género: Femenino		
						
<b>CRITERIOS</b>						
Orden de los componentes						
Altura de los componentes						
Identificación de los componentes						
Comodidad						
<b>PARTES DE LA MÁQUINA</b>						
Pantalla						
Sección de tarjeta						
Sección de efectivo						
Recibo						
Distancia (cm)		0-15	<b>16-30</b>	31-45	46-60	61-75
<p>Observaciones y comentarios adicionales: Le gustó el diseño de la máquina y los colores. Indicó que incorporaría dibujos a un lado de cada ranura para identificarlas fácilmente. Le pareció reducido el espacio en la sección de tarjeta. Realizó la interacción con una mano pues llevaba una bolsa en la otra.</p>						



Las diapositivas que se desplegaron en la pantalla son las siguientes:

#### COMPRA DE TARJETA

1.



2.



3.



#### RECARGA DE TARJETA

1.



2.

