

“UTILIZACIÓN DE LA REALIDAD VIRTUAL Y LOS SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN  
PARA EL PROCESO DE LA CONCEPCIÓN DE SOLUCIONES DEDICADAS A LA  
MOVILIDAD URBANA ”\*

Mario Hernán Ortiz Bonilla

This master thesis is copyright (under Creative Commons license) but the text may be used free of charge for the purposes of advocacy, education and research, provided that the source is acknowledged in full and the author informed to the e-mail [mortizb3@gmail.com](mailto:mortizb3@gmail.com)

\*This thesis was presented for the Master degree in “[Management of Innovation and Design for Industry](#)” of the [Université de Lorraine](#)

## Índice General

Índice de Figuras y Tablas.....	iv
Nomenclatura.....	vi
Glosario.....	vi
Resumen.....	vii
Introducción.....	1
CAPÍTULO I. Antecedentes Generales.....	3
1.1 Justificación del proyecto.....	3
1.2 Alcance del proyecto.....	4
1.3 Objetivos Generales.....	4
1.4 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Beneficios potenciales.....	5
CAPÍTULO II. Problemática.....	6
CAPÍTULO III. Estado del arte de la realidad virtual y los sistemas de recomendación aplicado a la movilidad.....	8
3.1 La movilidad de los individuos.....	8
3.2 La realidad virtual aplicada a la movilidad.....	11
3.3 Los sistemas de recomendación.....	17
3.4 Perspectivas según la literatura revisada.....	21
3.5 Herramientas y softwares utilizados.....	22
Capítulo IV. Metodología.....	24
4.1 Etapa 1: Determinar el perfil del usuario.....	24
4.2 Etapa 2: Experimentación con la ayuda de la RV.....	24
4.3 Etapa 3: Capturar la opinión del usuario.....	25
Capítulo V. Sistema de evaluación de soluciones de movilidad urbana.....	26
5.1 Etapa de encuesta para capturar el perfil del usuario.....	27
5.2 Etapa escenario/Tarea a realizar.....	28
5.3 Etapa de la simulación virtual.....	31
5.4 Etapa del feed-back de la experiencia del usuario.....	32
5.5 Sistema de recomendación.....	33
Capítulo VI. Resultados.....	36

6.1 Sistema integral .....	36
6.2 Maqueta del mundo virtual.....	39
6.3 Programación .....	41
6.4 Resultado Académico .....	41
7. Limitaciones, recomendaciones y conclusión.....	42
7.1 Limitaciones.....	42
7.2 Recomendaciones .....	43
7.3 Conclusión .....	44
Referencias.....	46
Anexos .....	49
Anexo 1 Detalles de la clasificación de usuarios .....	49
Anexo 2 Imágenes del mundo virtual.....	55
Anexo 3 Sistema integral .....	59
Anexo 4 Base de datos de sistema de encuestas .....	62
Anexo 5 Base de datos maqueta virtual .....	63
Anexo 6 BPMN interacción de los sistemas .....	64

## Índice de Figuras y Tablas

Figura 1 Plano del Aeropuerto internacional Charles de Gaulle.....	6
Figura 2 Estación Intermodal.....	8
Figura 3 Decisión de relleno de combustible, según el precio.....	12
Figura 4 Decisión de medio de transporte, según el costo asociado a cada uno..	13
Figura 5 Empresa Alstom utiliza la realidad virtual, para mostrar sus productos ..	14
Figura 6 Walking in place .....	16
Figura 7 Redirected Walking .....	16
Tabla 1 Filtrado híbrido .....	20
Figura 8 Netflix Prize 2009 .....	21
Figura 9 HTC Vive y sus accesorios .....	22
Figura 10 Metodología .....	24
Figura 11 Modelo para implementar la metodología .....	27
Tabla 2 Grupos de usuarios y su objetivo .....	28
Figura 12 Partida de la simulación, llegada desde el tren .....	29
Figura 13 Estacionamiento de bicicletas .....	29
Figura 14 Parada de Tram .....	30
Figura 15 Parada de bus .....	30
Figura 16 Paneles de información y orientación con líneas en el suelo .....	32
Figura 17 Atributos que identifican a cada grupo de usuarios.....	34
Tabla 3 Datos recopilados, su módulo y su utilidad. ....	35
Figura 18 Esquema del sistema integral .....	36
Figura 19 Encuesta modificable .....	37
Figura 20 Interfaz panel de control sistema integral.....	38
Figura 21 Estación de Nancy, foto real .....	39
Figura 22 Estación de Nancy, prototipo de realidad virtual .....	40
Figura 23 Interior de la estación, foto real .....	40
Figura 24 Interior de la estación, prototipo de realidad virtual .....	41
Figura 25 Rapid Miner .....	49
Tabla 4 Resultado Hábitos de transporte según grupos de usuarios .....	49
Tabla 5 Descripción de los grupos de usuarios.....	50
Tabla 6 Representación numérica de los hábitos de transporte de cada grupo....	53
Tabla 7 Representación gramatical de los hábitos de transporte de cada grupo ..	53
Tabla 8 Ejemplo de clasificación de un usuario.....	53
Figura 26 Frontis de la estación .....	55
Figura 27 Pasillo de la estación.....	55
Figura 28 Entrada de la estación.....	56
Figura 29 Diseño virtual acabado 1 .....	56
Figura 30 Diseño virtual acabado 2.....	57

Figura 31 Sr. Davy Monticolo en inmediaciones de Human Games .....	57
Figura 32 Plano estación de tren.....	58
Figura 33 Vista sistema menú principal.....	59
Figura 34 Vista sistema creación de una nueva pregunta.....	60
Figura 35 Vista sistema modificar una pregunta .....	60
Figura 36 Vista sistema, encuesta experiencia del usuario.....	61

## **Nomenclatura**

RV: Realidad Virtual

HMD: Head Mounted Display

ENSGSI : École Nationale Supérieure en Génie des Systèmes et de l'Innovation

ENSGSI: Escuela Nacional Superior de Ingeniería en Sistemas y de la Innovación),

ERPI : Équipe de Recherche sur les Processus Innovatifs

ERPI: Equipo de Investigación sobre los Procesos Innovadores

LF2L: Lorraine Fab Living Lab

TGV: Tren de gran velocidad

MVC: Modelo Vista Controlador

Gare: Estación de tren

## **Glosario**

Conceptores: El equipo encargado de modelar y diseñar las soluciones, ya sean diseñadores, ingenieros, arquitectos, constructores, etc.

Solución de espacios urbanos: Creación o modificación que busca mejorar la experiencia del usuario en un espacio urbano determinado (Estación de trenes, aeropuertos, metros, etc).

Estación intermodal: Permite la organización de los desplazamientos urbanos, utilizando tecnologías y redes de transporte existentes. Administrando estas redes de transporte y ayudando al usuario a pasar de un modo de transporte a otro y de un lugar a otro, ofreciendo diferentes alternativas para realizar un mismo trayecto.

Grupo PSA: Empresa Francesa dedicada a la construcción de automóviles de las marcas Peugeot, Citroën y Opel.

Alstom: Empresa Francesa, una de sus áreas se dedica a la construcción de trenes, tales como TGV o trenes interprovinciales.

## Resumen

La concepción de soluciones urbanas dedicadas a la movilidad, resulta ser un proceso costoso y difícil de realizar. Además, pocas veces este proceso está centrado en el usuario final, comprometiendo así la aceptabilidad y el éxito de la solución.

Para incorporar a los usuarios y recibir su opinión durante las etapas tempranas del proceso, es necesario captar su opinión con respecto a la solución. Esta opinión debe ser creada a partir de la interacción directa del usuario con el objeto o servicio propuesto.

Una de las maneras para realizar esta interacción, es realizar un prototipo o maqueta a escala humana de la solución. La creación de maquetas o prototipos no siempre es posible de realizar, debido a su gran tamaño y elevado costo. Más aún, si pensamos en soluciones de gran envergadura como lo son: los espacios urbanos o grandes objetos como son los aviones.

Podemos encontrar empresas que utilizan la realidad virtual para desarrollar el diseño de sus productos, como lo es el grupo PSA o Airbus, ambas empresas utilizan la realidad virtual, para facilitar el proceso de la concepción, además de captar las opiniones de los usuarios finales, asegurando así el éxito del proyecto.

Esta investigación propone, no solo utilizar la tecnología de la realidad virtual para facilitar el proceso de la concepción, sino además integrar los sistemas de recomendación, para analizar la información captada en la simulación virtual, a fin de aplicar algoritmos de clasificación y realizar recomendaciones sobre las soluciones simuladas.

Esta investigación, se realizó con la finalidad de explorar los trabajos existentes y desarrollar una investigación en el campo que combina la realidad virtual y los sistemas de recomendación, utilizando herramientas como Unity 3D y el casco de realidad virtual HTC Vive.

Como resultado de este trabajo se presenta una metodología para abordar el sujeto “utilización de la realidad virtual y los sistemas de recomendación para mejorar el proceso de la concepción de soluciones dedicadas a la movilidad urbana”. Esta metodología propone 5 etapas, las cuales permiten mejorar el proceso de la concepción, comenzando por identificar al usuario, realizar una simulación o interacción directa con el producto, captar su experiencia de usuario, para luego analizar toda esta información y crear recomendaciones para los conceptores, de modo que la toma de decisiones sea menos compleja y más asertiva.

Se puede observar un prototipo con realidad virtual del caso de estudio, la Gare de Nancy, que fue desarrollado de manera de evidenciar las fortalezas y alcance de la realidad virtual.

Se desarrolló una plataforma que se encarga de conectar todas las etapas de la metodología; identificación del perfil del usuario, simulación virtual, encuesta según la solución analizada.

## Introducción

La concepción de nuevas soluciones es un desafío difícil de abordar, dado su alto costo y el tiempo necesario para su realización.

En las diferentes etapas de la concepción tales como la planificación, diseño y construcción, no se presta mayormente atención a la opinión de los usuarios finales y no es hasta el final de la concepción donde se realiza la validación con los usuarios. Durante esta validación del espacio se procede a captar su experiencia y realizar mejoras en el.

Realizar cambios a las soluciones en las etapas finales es demasiado costoso y en algunos casos, esto no es factible, por esto que es necesario involucrar a los usuarios finales, tan pronto como sea posible en los procesos de la concepción de soluciones, con la finalidad de prever los inconvenientes y mejorar la solución antes de su construcción.

Sin embargo, estas recomendaciones y sugerencias realizadas por los usuarios deben estar basadas en el entendimiento de la solución y en interacciones reales con ellas.

Es difícil para los usuarios proyectarse y evaluar las soluciones, sin antes experimentar una experiencia tangible. Para esto una de las formas utilizadas para mejorar el dialogo entre los diseñadores y los usuarios es realizar un prototipo de la solución o maqueta a escala humana, donde se puede evaluar la solución propuesta, directamente con el usuario.

La creación de una maqueta o prototipo a escala humana necesita una inversión importante de dinero y de tiempo, además de necesitar el mismo espacio físico que necesitaría la construcción real, por lo que esto no es posible en muchos casos. Además, en algunas situaciones la interacción con estos prototipos puede presentar un riesgo para los usuarios, puede dañar la imagen de la empresa o dañar directamente el espacio urbano si se realiza la modificación directamente en infraestructuras existentes.

Por lo que nos encontramos ante un problema de integración del usuario final en el proceso temprano de la concepción de nuevas soluciones de sistemas de movilidad urbana. Para implicar a los usuarios en la concepción de estos espacios, según (Song, Peng, Zhang, &gu, 2016) existen 3 maneras de captar la información que concierne a la experiencia y opinión de las soluciones propuestas:

1. Las plataformas en línea
2. La experiencia directa con el producto
3. Las encuestas.

La primera y tercera opción permiten recolectar información de parte de los usuarios, los datos obtenidos son centrados en las experiencias personales y opiniones de los usuarios. La experiencia directa con la solución resulta difícil de realizar y además es costoso.



La tecnología de la realidad virtual(RV) viene a aportar nuevas perspectivas en la creación de ambientes inmersivos, permitiendo obtener la experiencia de los usuarios. (Song et al., 2016)

Existen evidencias del beneficio al utilizar la RV en el diseño y concepción de espacios, tales como el estudio realizado por (Abdelhameed, 2013) donde se concluye que la RV es beneficiosa para el proceso de concepción, ya que permite un mejor entendimiento de la estructura por parte de los diseñadores, entre otros beneficios. La RV es igualmente utilizada en diferentes rubros y aspectos de la concepción de productos y soluciones.

Sin embargo, producto de nuestra investigación podemos afirmar que la evaluación de la experiencia del usuario final, con respecto a la concepción de soluciones en espacios urbanos, utilizando realidad virtual para el prototipado y los sistemas de recomendación para analizar la información, no ha sido ampliamente abordado en la literatura.

Con la finalidad de mejorar la concepción de sistemas de movilidad, se propone la utilización de la RV para permitir la interacción de los usuarios con un prototipo de la solución propuesta por los conceptores. Estas interacciones serán importantes para observar el comportamiento de los usuarios, pero también la realidad virtual permite transformar las interacciones de los usuarios en datos, los cuales serán analizados por algoritmos de sistemas de recomendación y de clasificación.

La hipótesis de este trabajo es que la interacción entre usuarios y soluciones utilizando la realidad virtual, permite validar las hipótesis de los conceptores y además sugerir cambios en las soluciones.

Utilizaremos dos tecnologías, la realidad virtual para el prototipo de las soluciones y los sistemas de recomendación para analizar la información captada en la experiencia virtual, de esta forma proveer de información que facilite la toma de decisión de los conceptores.

En el primer capítulo de este trabajo se presentan los antecedentes generales de la investigación, en un segundo capítulo la problemática, en el tercer capítulo del trabajo un estado del arte respecto a la movilidad de los individuos, la realidad virtual y los sistemas de recomendación. En el cuarto capítulo se propone una metodología para mejorar la concepción de nuevas soluciones. En el quinto capítulo se presenta el sistema de evaluación de soluciones de movilidad urbana. Finalmente, un sexto capítulo presenta la conclusión y las perspectivas del trabajo.

## **CAPÍTULO I. Antecedentes Generales**

Este trabajo de investigación fue realizado en el laboratorio de investigación ERPI (Équipe de Recherche sur les Processus Innovatifs) (Equipo de investigación sobre los procesos innovadores).

El laboratorio de investigación ERPI, es un laboratorio de ingeniería industrial especializado en el estudio de los procesos de innovación. Sus actividades son respecto a estudios de metodologías, herramientas y competencias que permiten la optimización de la gestión de proyectos innovadores. Este laboratorio pertenece a la Universidad de Lorena, ubicado en la ciudad de Nancy, Región del Este o antigua Región de Lorraine, Francia.

La estrategia de cooperación científica del ERPI tiene un doble objetivo: consolidar la posición a nivel regional, nacional y desarrollar las redes internacionales con la cooperación de la Universidad de Lorena.

Este proyecto fue realizado gracias al convenio de la Universidad Católica del Norte, Reinventando las Ingenierías el cual permitió la participación del intercambio y la participación en el Magíster de Diseño Global, especialidad Gestión de la Innovación y Diseño Industrial. Esta investigación es la actividad correspondiente al trabajo de titulación para optar al grado de Magíster.

El sujeto investigado es “La utilización de realidad virtual y los sistemas de recomendación para mejorar el proceso de concepción de soluciones dedicadas a la movilidad urbana”.

### **1.1 Justificación del proyecto**

Este proyecto nace por la continua innovación existente en la escuela ENSGSI (Escuela Nacional Superior de Ingeniería en Sistemas y de la Innovación), quienes están constantemente investigando y utilizando las últimas tecnologías.

La investigación es propuesta por el Sr. Davy Monticolo Maestro de conferencias de la escuela e investigador del laboratorio ERPI, esta investigación es realizada para desarrollar el enfoque de la realidad virtual en la concepción de soluciones.

La escuela ENSGSI se enfoca en la innovación y en el diseño industrial, por lo cual innovar en la concepción de soluciones es una arista de investigación importante.

Dado que este proyecto fue co-financiado por la región de Lorraine, es posible disponer de las herramientas tecnológicas necesarias, tales como servidor/ordenador, casco virtual (HTC vive), etc.

Por otra parte, la escuela cuenta con el Lorraine Fab Living Lab(LF2L), donde es posible realizar estas experimentaciones y llevar a cabo las simulaciones virtuales por el gran espacio disponible.

## 1.2 Alcance del proyecto

Esta investigación tiene como finalidad abrir el camino de investigación con respecto a la utilización de la realidad virtual y los sistemas de recomendación con la finalidad de mejorar el proceso de la concepción de nuevas soluciones de movilidad urbana.

Esta investigación además de facilitar el proceso de concepción busca tener un diseño de soluciones centrado en el usuario.

Este trabajo crea una primera propuesta de metodología para aplicar en la concepción de espacios, como también propone una arquitectura de sistema para conectar y permitir la interacción de las diferentes etapas de la metodología.

## 1.3 Objetivos Generales

Explorar las diferentes herramientas tecnológicas existentes para implementar la realidad virtual y los sistemas de recomendación en la concepción de soluciones de movilidad urbana.

Identificar los beneficios y las debilidades dentro de estas tecnologías, proponer un camino a seguir con respecto al sistema de recomendación y al funcionamiento del sistema general, el cual estará encargado de hacer posible la unión de la realidad virtual, las encuestas y los sistemas de recomendación, de manera facilitar la evaluación de las soluciones propuestas.

## 1.4 Objetivos Específicos

- Identificar las últimas tecnologías utilizadas en la Realidad Virtual
- Identificar los rubros donde se aplica la Realidad Virtual en el proceso de concepción
- Identificar los diferentes tipos de sistemas de recomendación, sus beneficios y falencias
- Crear una arquitectura para sistema de recomendación
- Identificar los algoritmos que pueden ser utilizados por los sistemas de recomendación
- Demostrar que es factible utilizar la realidad virtual en el prototipado de soluciones
- Desarrollar un sistema para la gestión de la evaluación del prototipo propuesto

## **1.5 Beneficios potenciales**

Al utilizar la realidad virtual se espera, reducir el costo monetario y de tiempo requerido para la realización de prototipos en la concepción de soluciones.

Con la utilización de los sistemas de recomendación, se espera analizar la información captada por la realidad virtual, de esta forma los conceptores podrán escoger la propuesta que más se adapta a las necesidades de los usuarios finales, facilitando el proceso de toma de decisiones de los conceptores

Por sobre integrar a los usuarios finales en etapas tempranas de la concepción de soluciones, de esta forma asegurar el correcto funcionamiento y la aceptabilidad de la solución implementada.

## CAPÍTULO II. Problemática

La concepción de soluciones para los sistemas de movilidad urbanos centrados en los usuarios, necesitan una experiencia directa entre el usuario y la solución. Es posible facilitar este proceso utilizando diferentes herramientas como lo son las encuestas de experiencia de los usuarios, plataformas web o el prototipado a escala real de la solución o producto. (Song et Al. 2016)

La creación del prototipado a escala humana representa un gran esfuerzo para las empresas, tanto financieramente, como un esfuerzo para desarrollar el prototipo, además esto requiere de una gran cantidad de tiempo, dinero y espacio.

La interacción del usuario con la solución es importante para el éxito del proyecto, evitando futuras modificaciones que necesitarán más esfuerzo económico y de tiempo, en algunos casos no será posible de realizar una vez la infraestructura sea construida.

Algunos ejemplos como el aeropuerto internacional Charles de Gaulle (figura 1) donde es imposible realizar una simulación o generar cambios, para observar cómo se comportan los usuarios.



Figura 1 Plano del Aeropuerto internacional Charles de Gaulle

Con el prototipado en el mundo real no es posible realizar simulaciones que necesiten alterar el normal funcionamiento del servicio, ya sea para comprobar una solución o pedirles a los usuarios, cuál es su opinión, montar dos o tres escenarios diferentes en una jornada para verificar los efectos de los cambios, simular situaciones extremas, etc. Ninguna de las situaciones antes descritas, son posibles de realizar con prototipos reales.

Otros ejemplos donde no es posible esperar a la creación del producto es en el diseño de piezas para las estaciones espaciales, no es posible esperar a enviar la pieza y que sea recibida para comprobar si es compatible con los otros componentes de la estación.

Por otra parte, realizar modificaciones después de la construcción de la solución o de los productos, puede conllevar el fracaso de la solución o la quiebra de la empresa si esta modificación representa una parte importante de la solución.

Es por esto que en nuestro trabajo proponemos utilizar la realidad virtual para facilitar la interacción de los usuarios con las soluciones, facilitando el prototipado y la simulación, utilizar los sistemas de recomendación para analizar los datos obtenidos de las simulaciones virtuales, permitiendo ofrecer información relevante a los conceptores.

Este trabajo al ser exploratorio busca abrir el camino en cuanto al alcance de la utilización de la realidad virtual en la concepción de soluciones, identificar los pros y contras de los diferentes sistemas de realidad virtual y sistemas de recomendación.

Buscamos responder a las siguientes preguntas:

**¿Cómo asistir a los ingenieros para optimizar la concepción de soluciones de movilidad urbana?**

**¿Cómo simular situaciones de uso, durante la concepción del producto?**

**¿Cómo aportar la buena información a los conceptores?**

Para responder a estas preguntas en el siguiente capítulo presentamos el estado del arte correspondiente a la realidad virtual, movilidad urbana y sistemas de recomendación.

## CAPÍTULO III. Estado del arte de la realidad virtual y los sistemas de recomendación aplicado a la movilidad

Nos centraremos en la movilidad de las personas en trayectos cotidianos.

Utilizaremos indistintamente transporte, desplazamiento y movilidad para hacer referencia al movimiento de una persona de un punto A a un punto B según las modalidades de transporte (a pie, en auto, en tren, en bus, en tram, en bicicleta, etc). En un primer tiempo, será cuestión de investigación relativas al desplazamiento de individuos para luego abordar la pregunta de la realidad virtual y los sistemas de recomendación y el interés por la concepción de sistemas de movilidad urbana.

### 3.1 La movilidad de los individuos

Nos referimos a movilidad de los individuos a los desplazamientos que realizan los usuarios en transporte urbano, también nos referiremos a las infraestructuras que permiten realizar la movilidad urbana.

Un centro/terminal intermodal: Es un sistema que permite la organización de los desplazamientos urbanos, utilizando tecnologías y redes de transporte existentes. Administrando estas redes de transporte y ayudando al usuario a pasar de un modo de transporte a otro y de un lugar a otro (Ageron ,2013), una representación de una estación intermodal en la figura 2.

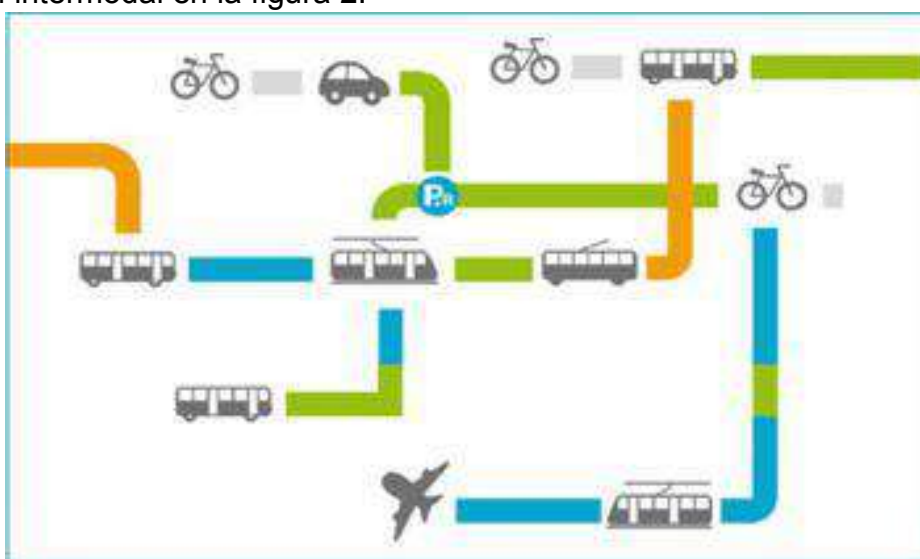


Figura 2 Estación Intermodal

La intermodalidad se diferencia de la plurimodalidad ya que, en la intermodalidad, es posible escoger entre al menos dos modos de transporte para efectuar un mismo desplazamiento, la plurimodalidad por su parte hace solo referencia a utilizar diferentes medios de transporte para realizar un trayecto global y no

necesariamente de ofrecer diferentes medios de transportes para un trayecto particular.

Ya que existen diferentes modos de transporte para los trayectos cotidianos de las personas, nos enfocaremos principalmente en el desplazamiento a pie, dado que es el medio de transporte utilizado para realizar la conexiones entre los diferentes medios de transporte que existen en una terminal intermodal, tales como las estaciones de tren, estaciones de bus, metros, aeropuertos, etc.

La mejora de la movilidad de las personas sobre un territorio pasa por la mejora de la experiencia del usuario en las terminales intermodales.

La mejora de estos terminales implica una comprensión de los desplazamientos humanos y de realizar la simulación de desplazamientos.

### **3.1.1 Mejora de las terminales intermodales**

Para estimular el uso de las terminales intermodales y sus diferentes modos de transporte ofrecidos, es importante mejorar las estructuras de estos espacios, de forma de hacerlas más atractivas y confortables para los usuarios.

Esta mejora pasa por la modernización de las infraestructuras de transporte intermodal, mejoras que se aplican para los espacios de espera, los espacios de llegada y salida, mejorando la señalética de información, etc.

La señalética utilizada en una estación no solo sirve para guiar a los usuarios a su transporte, si no también responde a necesidades específicas de algunos usuarios. (Metrolinx, 2008; Civitas, 2009)

El efecto esperado de estas mejoras y modernizaciones es aumentar la utilización y hacer el transporte más accesible y comprensible para todos los usuarios, sin importar su condición para desplazarse, su edad o si la persona comprende o no la información (Civitas 2009).

Durante la concepción de estas mejoras, es importante implementar indicadores para medir el beneficio de la mejora. Uno de los indicadores es la satisfacción general del usuario con respecto a la solución o espacio.

Otro indicador para medir la mejora en el desplazamiento de un punto A a un punto B o el desplazamiento de un medio de transporte a otro medio de transporte, es medir el tiempo utilizado para realizar dicho trayecto. (Transport for London, 2010)

Con respecto al tiempo del trayecto, este puede ser modelizado para simular el comportamiento de los usuarios, de esta forma evaluar su forma de desplazamiento y el tiempo que les toma realizar sus desplazamientos diarios.



### 3.1.2 Simulación de peatones

La simulación de peatones es utilizada para comprender el comportamiento de los peatones y para crear los sistemas de orientación, tanto en situaciones cotidianas como en situaciones de urgencia (Helbing, Farkas, Molnár, & Vicsek, 2002).

La simulación es igualmente utilizada en materias de la concepción de edificios, la creación de zonas peatonales, concepción de zonas urbanas, entre otras. (Ronald, Sterling, & Kirley, 2007).

Es ampliamente utilizado en materias preventivas, como por ejemplo para determinar el largo necesario para un paso peatonal (Lili Lu, Gang Ren, Wei Wang, & Ching-Yao Chan, 2015).

Estos trabajos de modelización y de simulación de peatones han permitido identificar factores que pueden afectar el comportamiento de los individuos, además del impacto en la velocidad de desplazamiento y la trayectoria efectuada por las personas.

Existen dos categorías de factores que afectan el comportamiento de los usuarios: los factores propios del individuo y los factores del medio.

#### **Factores del individuo**

Del punto de vista de los factores propios del individuo, podemos encontrar que las mujeres tienen una tendencia a caminar más lento que los hombres (Fitzpatrick, Brewer, & Turner, 2006).

La velocidad media para los hombres es de 1.5 m/s en tanto la velocidad de las mujeres es de 1.2 m/s (Abadi, Muhamad, & Salamuddin, 2010).

La edad es otra variable que afecta la velocidad de desplazamiento (Knoblauch, Pietrucha, & Nitzburg, 1996), la ocupación de la persona también afecta su desplazamiento. Por ejemplo, una persona que se encarga del hogar, que debe realizar múltiples trayectos al día, va a tomar menos tiempo en decidir que trayecto escoger o qué medio de transporte utilizar frente a una persona que va a su trabajo en vehículo todos los días (Hodgson, Page, & Tigh, 2004).

#### **Factores del medio**

Los factores del medio afectan igualmente el comportamiento de los usuarios. Según (Hodgson et al. 2004): Existen dos factores del medio.

**Medio físico:** Las interacciones del individuo con el propio medio, como por ejemplo la utilización de una escalera, un ascensor u otro elemento existente en el espacio.

**Medio social:** Dado de la interacción del usuario con otros individuos dentro del espacio, como la interacción del usuario con un guardia para realizar una consulta.

Es importante tener en cuenta estos aspectos, al diseñar edificios, infraestructuras o espacios urbanos, para asegurar el correcto funcionamiento del espacio y asegurar el éxito del proyecto.

Existen diferentes herramientas informáticas para simular el comportamiento humano que facilitan la concepción de los espacios urbanos, una de estas herramientas es SimWalk(Bohari, Bachok, & Osman, 2016) o NetLogo para la simulación de evacuación de personas en una situación de riesgo.

Estos sistemas son de simulación y no pueden prever el comportamiento ante ciertas situaciones de cada usuario en específico. Por otra parte, estas simulaciones no son centradas en la experiencia del usuario y es este uno de los puntos a considerar más importantes dentro de la concepción de espacios urbanos, por lo que es necesario tener una nueva forma de captar el comportamiento de los individuos, centrado en el comportamiento único de cada individuo. Una de las tecnologías que vienen a colaborar con la simulación de peatones es la realidad virtual, que permite observar y estudiar el comportamiento de cada individuo.

Existen diferentes estudios que han utilizado la realidad virtual en esta materia, como, por ejemplo: simular que una persona atraviesa la calle siendo peatón, tanto para sensibilizar al usuario como a otras personas en las buenas prácticas. (Cavallo, Domes, Dang, & Vienne, 2016) ;(Deb, Carruth, Sween, & Strawderman, 2017).

La realidad virtual posee todas las características que permiten simular las situaciones y recrear las experiencias, como también permite recolectar datos e información del comportamiento de las personas durante la simulación virtual.

## **3.2 La realidad virtual aplicada a la movilidad**

La realidad virtual ha sido estudiada por una decena de años, hoy en día vuelve a surgir el interés, esto a raíz de la evolución de la tecnología como también las tarifas de los cascos de realidad virtual.

El éxito de la realidad virtual fue también debido a la modernización de los motores de juego y el diseño de estos mismos, que se vuelven relativamente rápidos de desarrollar y al alcance de más personas. Otro punto importante es la capacidad de los nuevos ordenadores, los cuales permiten realizar actividades de alto rendimiento.

Durante la siguiente sección abordaremos las diferentes materias que utilizan la realidad virtual para realizar la concepción de soluciones o para simular el comportamiento de sus usuarios futuros.

### **3.2.1 Los dominios de la aplicación de la realidad virtual**

La realidad virtual es utilizada comúnmente para entender el comportamiento de los usuarios bajo ciertas situaciones de riesgo y situaciones donde se debe tomar una decisión rápida, de forma de sensibilizar y educar a las personas de los peligros de dichas situaciones.

Por ejemplo, el comportamiento y las decisiones que toma una persona al atravesar la calle. Esta decisión debe ser tomada en función de factores internos y externos como la velocidad de los vehículos.

La realidad virtual permite educar a los menores sobre la forma de atravesar la calle, sin poder en riesgo a los usuarios que realizan esta experiencia. (Feldstein, Dietrich, Milinkovic, & Bengler, 2016).

Existen situaciones en donde se simulan situaciones de peligro como la evacuación de un hotel o de un edificio en situación de catástrofe. (Klingsch, Rogsch, Schadschneider, & Schreckenber, 2008).

Igualmente, está orientado en la comprensión de mecanismos de decisiones, (Watcharasukarn, Page, & Krumdieck, 2012) han estudiado a los usuarios, utilizando un juego de realidad virtual para observar como las personas escogen un medio de transporte u otro en función del impuesto, precio del combustible, del precio del billete de bus, etc. Podemos observar el software en la figura 3 y figura 4



Figura 3 Decisión de relleno de combustible, según el precio



Figura 4 Decisión de medio de transporte, según el costo asociado a cada uno

Del punto de vista industrial un ejemplo (Irizarry & Abraham, 2005) simularon actividades de procesos de ensamblaje industrial con la finalidad de identificar los riesgos y sensibilizar a los estudiantes y trabajadores. En la academia, la experiencia SimuSurvey exploró el impacto de la simulación virtual sobre el aprendizaje de los estudiantes en el ensamblaje de piezas mecánicas y enseñarles sobre esta experiencia sin poner en riesgo su integridad física (Lu, Kang, Hsieh, & Shiu, 2009).

### 3.2.2 La realidad virtual utilizada en la concepción y diseño

La utilización de la realidad virtual en el proceso de concepción de soluciones permite integrar a los usuarios finales en las etapas tempranas. Esta integración permite obtener mejores resultados de las soluciones una vez implementadas y una satisfacción del usuario mayor.

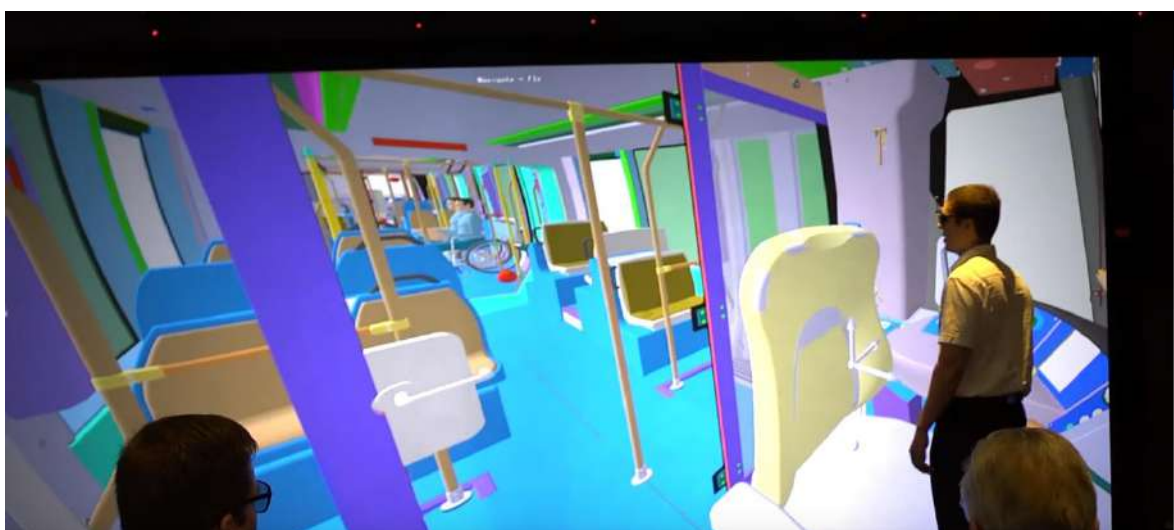
La utilización de la realidad virtual también ayuda a la toma de decisiones durante la concepción y diseño, ya que permite poner a prueba diferentes alternativas de la solución. Por ejemplo, en el trabajo desarrollado por (Heydarian, Carneiro, Gerber, & Becerik-Gerber, 2015), se busca comparar las diferentes maneras de iluminar un edificio, presentando las diferentes alternativas a los usuarios, utilizando la realidad virtual para prototipar y simular los diferentes escenarios posibles.

A partir de un estudio realizado por los mismos autores, se puede señalar que no existe una diferencia significativa o algún aspecto que afecte la experiencia del usuario al realizar una experiencia virtual frente a una simulación física, siempre que la representación gráfica del entorno virtual sea suficientemente buena.

Además, la simulación virtual es una herramienta eficiente para estudiar el comportamiento de los usuarios y medir el rendimiento de diferentes herramientas propuestas durante la concepción de la solución.

La realidad virtual en el proceso de concepción y prototipado también es utilizado por diversas empresas, como el grupo PSA, Airbus o Alstom, quienes utilizan la RV para simular y mostrar el diseño de los nuevos productos, de manera de captar las opiniones de sus clientes y usuarios finales antes de la construcción de los objetos de manera de asegurar el éxito de la solución a construir.

En la figura 5, se puede observar a la empresa Alstom mostrando el diseño e interacción de un nuevo tren. De esta forma es posible mostrar a sus clientes el funcionamiento de las puertas, los mandos y la distribución del espacio.



*Figura 5 Empresa Alstom utiliza la realidad virtual, para mostrar sus productos*

### **Las ventajas de utilizar la realidad virtual:**

Permite la simulación de escenarios difíciles de realizar en el mundo real tanto por su dimensión como por ser eventos naturales tales como los sismos, inundaciones, lluvias, etc. También permite simular situaciones de crisis, como atentados, episodios de violencia, simulacros, etc.

Al utilizar realidad virtual el usuario no es puesto en riesgo, también se tiene un mayor control del escenario permitiendo modificar rápidamente las condiciones y el escenario de simulación, lo cual indirectamente permite realizar más experimentaciones del usuario con la solución y a un menor costo. (Deb et al., 2017).

No obstante, la realidad virtual aún tiene algunas limitaciones. Uno de los mayores problemas, es la interacción directa con los objetos, como la manipulación de estos. También la forma de desplazarse es una de las limitantes de esta tecnología que

pueden significar una mala experiencia del usuario o incluso en algunos casos sufrir de “motion sickness”.

Sin embargo, en este estudio y en el cuadro de la movilidad urbana, la interacción con los objetos no es un punto clave, por lo que en este trabajo no abordaremos las diferentes técnicas de interacción con los objetos. “Motion sickness” o efectos secundarios que puedan existir al interactuar con la realidad virtual. Tampoco son un problema en este estudio, dado la corta duración de las simulaciones.

Las diferentes técnicas de desplazamiento tienen un impacto directo sobre la percepción del mundo virtual y sobre los resultados de la experiencia. (Watcharasukarn et al., 2012).

### **Técnicas de desplazamiento en el mundo virtual**

Existen diferentes maneras de desplazarse en el mundo virtual, las cuales se adaptan mejor según el proyecto, el espacio físico disponible y simulación que se desea desarrollar.

**Natural Walking:** Donde los usuarios tienen una representación en el mundo virtual y cada paso en el mundo real, representa un paso en el mundo virtual.

**Redirected Walking:** Es utilizado en las representaciones virtuales que poseen un mundo demasiado grande en comparación con el espacio físico disponible. Esta técnica “consigue engañar” al usuario ya que en el mundo virtual el cree que se desplaza en línea recta, pero en el mundo real está caminado en círculos.

**Virtual Flying:** Está técnica realiza la navegación a la ayuda de artefactos como joystick o teclado.

**Walking in place:** Permite a los usuarios caminar en el mundo virtual sin moverse en el mundo real, con la ayuda de sensores de movimiento e infrarojos o también utilizando herramientas como Wii Balance Board u otras. (Simeone, Mavridou & Powell, 2017).

Ejemplos de algunos tipos de las técnicas antes mencionados en la figura 6 y figura 7



Figura 6 Walking in place

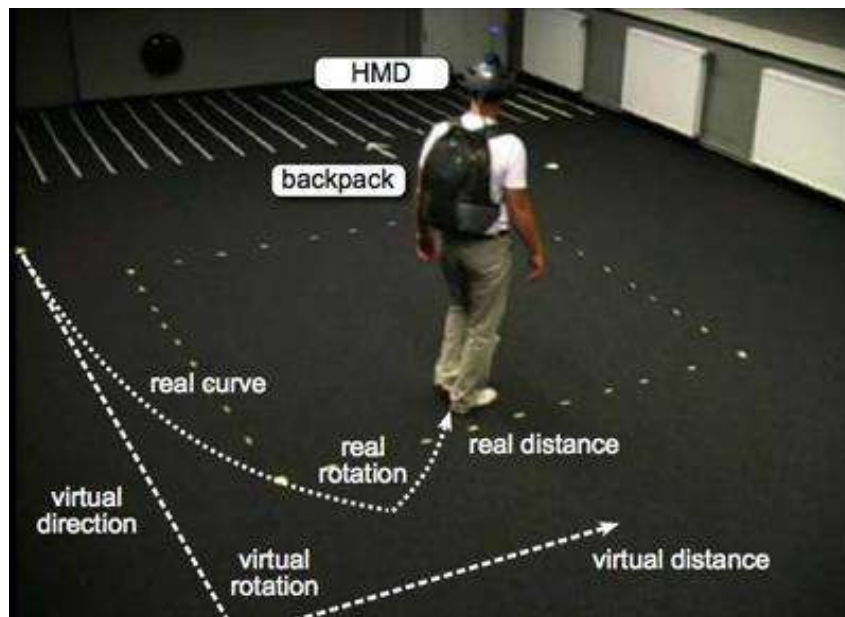


Figura 7 Redirected Walking

## **Orientación de los individuos “Wayfinding”**

Con respecto a la concepción de espacios dedicados al desplazamiento de personas, una problemática tanto en el mundo virtual como en un espacio físico es orientar a las personas, para encontrar su camino (wayfinding) (Castell, 2006; Wiener, Bûchner, & Hôlscher, 2009).

El desplazamiento de una persona depende de la decisión tomada a partir del lugar de comienzo y a dónde desea llegar. (Frankenstein, Brûssow, Ruzzoli, & Hôlscher, 2012).

Con respecto a la exploración de un espacio, se conoce que, por cada simulación, se identifican puntos de referencia que permiten optimizar el trayecto y a desplazarse más fácilmente en la siguiente simulación. (Kitchin, 1994). La persona representa mentalmente los desplazamientos con respecto a los puntos clave que ella identifico durante las experiencias anteriores o que ella visualizo en un mapa del lugar. (William & Alan, 2003).

La realidad virtual aporta entonces funciones suplementarias para concebir de una mejor manera los espacios de movilidad urbana y facilitar este proceso a los conceptores.

Por otra parte, la realidad virtual permite medir constantemente la simulación, captando datos e información durante toda la experiencia. Es importante ser capaces de tratar y analizar esta gran cantidad de datos para entregar información relevante a los conceptores. Por lo que, durante la siguiente sección del trabajo, abordaremos las cuestiones referentes a los sistemas de recomendación y clasificación con respecto a nuestra problemática antes mencionada.

### **3.3 Los sistemas de recomendación**

Los sistemas de recomendación comenzaron a desarrollarse por los años 90. Estos sistemas son capaces de proveer a los usuarios de recomendaciones y sugerencias con respecto a sus gustos y hábitos. Por ejemplo, en el turismo (Luis, Olivencia, Guevara, & Jimenez, 2015) utiliza esta herramienta para definir la mejor ruta y personalizar un viaje en función de las preferencias de los usuarios, el tiempo y el presupuesto disponible para realizar dicha visita.

El proceso de tratamiento de datos de un sistema de recomendación está compuesto de tres etapas.

La primera etapa es la captación de información respecto a los usuarios, esta información es respecto a sus gustos, preferencias y hábitos.

La segunda etapa se refiere al aprendizaje a partir de esta información, para crear un perfil del usuario.

La tercera etapa es la de predicción o de recomendación, donde el sistema es capaz de realizar recomendaciones a los usuarios según el perfil creado con anterioridad a partir de los datos captados.



### **3.3.1 Etapa de captación de datos**

Durante esta etapa se captan los datos de los usuarios, tales como sus hábitos, gustos y preferencias. A partir de estos datos el sistema creara el perfil del usuario.

#### **3.3.1.1 Feedback implícito**

Los sistemas captan las preferencias y hábitos de los usuarios con diferentes tecnologías para monitorear la interacción de los usuarios con el sistema, producto o solución. Ejemplos de técnicas para captar los datos implícitamente: registrar cada vez que una persona compra un producto, la cantidad de visitas a una página, el tiempo de visualización de un video, etc. (Buder & Schwind, 2012).

Estos tipos de sistemas necesitan poco esfuerzo de parte del usuario, ya que ellos no deben proveer la información. Pero en ocasiones esto puede ser un inconveniente para estos sistemas, volviéndolos menos precisos. Ya que, al no ser datos obtenidos directamente del usuario, es el sistema quien debe inferir las preferencias de los usuarios.

La mala interpretación de los gustos por parte del sistema puede darse por falsas preferencias, por ejemplo: medir la preferencia del usuario mediante la reproducción de videos, ya que puede existir el caso en que el usuario olvidó detener el reproductor por lo que éste comenzó a mostrar videos al azar, el sistema de recomendación cree que el usuario aún visualiza estos videos y por tanto son de su gusto, en este caso el sistema estaría bajo una falsa interpretación de los gustos.

#### **3.3.1.2 Feedback explícito**

Estos sistemas interactúan directamente con los usuarios para obtener sus preferencias, utilizan encuestas o evaluaciones con respecto al ítem. Después de haber captado la información, realizan un ranking de afinidad entre los usuarios y el ítem. La desventaja de este feedback es que necesita una cantidad importante de respuestas por parte del usuario para ser capaz de realizar una recomendación precisa. Desde el punto de vista del usuario, esta técnica necesita más esfuerzo ya que se debe estar constantemente entregando información de sus gustos. Esta recomendación será más precisa que el feedback implícito. No obstante, la precisión de la información donada por el usuario no está garantizada, dado que el usuario puede entregar falsas respuesta con tal de mantener un estatus social determinado. (Taskar, Abbeel, & Koller, 2002).

#### **3.3.1.3 Feedback Híbrido**

Está técnica utiliza lo mejor de las dos técnicas anteriores, con la finalidad de reducir los errores y aumentar la precisión de las recomendaciones. Para obtener un mejor rendimiento, se realiza la validación de las respuestas captadas por el feedback implícito con respecto a las respuestas captadas por el feedback explícito o a la inversa. De esta forma podemos comprobar si el usuario efectivamente tiene cierta preferencia o no. (Isinkaye, Folajimi, & Ojokoh, 2015)

### **3.3.2 Etapa de aprendizaje**

Una vez obtenidos los datos, procedemos a la etapa de aprendizaje, utilizando algoritmos de clasificación, para estructurar los datos y agruparlos según la similitud entre ellos. De esta forma será posible realizar la predicción de los usuarios.

### **3.3.3 Etapa de predicción**

En esta etapa, la información captada anteriormente es analizada para realizar una predicción al usuario. Existen tres técnicas para esta fase, llamadas técnicas de filtrado.

#### **3.3.3.1 Filtrado colaborativo**

Este tipo de técnica tiene por principio buscar los ítems preferidos por las personas con perfiles similares al usuario. Los usuarios son clasificados en grupos según sus preferencias. A estos grupos se les denomina “vecindario” y a los usuarios con preferencias similares vecinos. Uno de los puntos importantes del filtrado colaborativo es su capacidad para hacer recomendaciones complejas, por lo que es utilizado a menudo para sistemas que recomiendan películas, música, libros, etc. (Shen, Wei & Yang, 2013). Existen dos modelos para tratar la información.

**Memory-Based:** Los artículos que ya han sido evaluados por el usuario son utilizados para encontrar una persona con las mismas preferencias que el usuario, los denominados vecinos. Una vez que un vecino del usuario es encontrado, diferentes algoritmos pueden ser utilizados para combinar las preferencias de los vecinos para realizar recomendaciones.

**Model-based :** Esta técnica emplea las evaluaciones precedentes para aprender y realizar una predicción de las preferencias futuras.

Al utilizar filtrado colaborativo, existen ciertas limitaciones tales como “cold-start”(Srivedi, Rajeshwara, & Varaprasad, 2016). Esto implica que los usuarios que recién comienzan a utilizar el sistema recibirán pocas recomendaciones o no serán tan certeras ya que no se tiene mayor información de sus preferencias y resulta difícil clasificarlo en un grupo.

#### **3.3.3.2 Filtrado basado en contenido**

Esta técnica está basada en la asociación de ítems y utiliza la afinidad del usuario con ciertos ítems similares. El sistema comenzará con recomendar algunos ítems relacionados a los que interactuó anteriormente y cada vez que el usuario reaccione de manera positiva a esta recomendación, el sistema será más preciso y capaz de realizar mejores recomendaciones, a medida que crea un perfil del usuario más acabado. El filtrado basado en contenido es utilizado en diferentes sistemas de recomendación como las plataformas de e-commerce, tales como Amazon, Paris.cl, Booking, etc.

Esta metodología al igual que la anterior presenta inconvenientes en los inicios de la recomendación, dado que los nuevos ítems no han sido agrupados, por lo tanto, no serán sugeridos a los usuarios. (Peter, Alfred, & Nejd, 2007)

### 3.3.2.3 Técnica de filtrado híbrido

Esta técnica es utilizada para obtener el mejor resultado de las dos técnicas mencionadas anteriormente. La combinación de estas dos técnicas nos facilita la clasificación por lo que se obtienen resultados más precisos. Existen diferentes formas de realizar esta combinación algunas de ellas presentes en la tabla 1.

Tabla 1 Filtrado híbrido

Weighted	Esta técnica realiza la combinación utilizando una ponderación del filtrado colaborativo y del filtrado basado en contenido
Switching	Propone intercalar las dos técnicas según sea necesario, según la etapa del proyecto o el objetivo de la recomendación
Cascade	Realizar una cascada de los resultados obtenidos por un filtrado y el otro. Por ejemplo, el resultado de utilizar filtrado colaborativo se convierte en el input del filtrado basado en contenido

### 2.3.4 Multi-Criteria Recommender Systems

En general los sistemas de recomendación utilizan un solo criterio de selección. Normalmente el usuario escoge el ítem preferido y este es el único criterio de preferencia. Multi-criteria recommender systems utiliza preferencias que son basados en multicriterio para realizar las recomendaciones. De esta forma se tienen más aspectos en cuenta a la hora de realizar las predicciones. (Sridevi et al. 2016)

### 2.3.5 Usos diarios de los sistemas de recomendación

Existen muchos casos de empresas que utilizan los sistemas de recomendación, para brindar un mejor servicio a los usuarios y de manera personalizada, casos como Spotify donde el sistema es capaz de crear listas de reproducción según las canciones antes oídas, Amazon que realiza ofertas y sugerencias para comprar artículos relacionados a los que ya hemos adquirido, como también sugerencias de artículos comprados por personas con gustos similares.

Sin duda una de las empresas que más valor agregado obtiene de los sistemas de recomendación es Netflix. Esta empresa también es uno de los mayores precursores de estos sistemas, fomentando el desarrollo de algoritmos capaces de mejorar las predicciones, como el famoso concurso Netflix Prize (figura 8) el cual

proponía una competencia donde los mejores equipos debían mejorar los algoritmos de clasificación en un 10% a cambio de US\$1.000.000. Estos equipos estaban conformados por profesionales de diferentes áreas, lo cual demuestra la importancia del complemento de informática con otras áreas.



Figura 8 Netflix Prize 2009

### 3.4 Perspectivas según la literatura revisada

Después de haber estudiado los diferentes trabajos presentes en la literatura con respecto a la utilización de la realidad virtual y los sistemas de recomendación para mejorar la concepción de sistemas de movilidad urbana, podemos mencionar que la realidad virtual es hoy en día una herramienta importante para la concepción de soluciones, facilitando el prototipado y la ejecución de la experiencia los usuarios con las soluciones. Por lo demás los estudios demuestran que las simulaciones virtuales no tienen una desventaja importante frente a las simulaciones reales.

Bajo nuestro conocimiento la utilización de un sistema que integre los beneficios de la realidad virtual con los algoritmos de clasificación y predicción de los sistemas de recomendación con la finalidad de mejorar la concepción de sistemas de movilidad urbana no ha sido ampliamente abordado por los expertos.

Dado que la realidad virtual presenta beneficios tanto monetarios como de tiempo frente al prototipado de soluciones reales, es importante seguir integrando esta tecnología a la concepción de soluciones, pero teniendo en consideración la gran cantidad de datos generados durante las simulaciones virtuales, los cuales deben ser tratados y analizados por los sistemas de recomendación con la finalidad de entregar información valiosa en la toma de decisiones de los conceptores.

### 3.5 Herramientas y softwares utilizados

#### Rapid Miner

Software que permite analizar información y hacer minería de datos. Fue utilizado para aplicar algoritmos de clasificaciones como k-means, cluster, de manera de visualizar posibles clasificaciones de los datos, además esta herramienta es capaz de incorporar famosas plataformas de software como weka.

#### Lenguajes de programación

**C#** fue utilizado para desarrollar los diferentes scripts que permitían interactuar en el mundo virtual, como los scripts que permitían abrir las puertas o determinar si una persona tuvo éxito en su simulación.

**PHP** fue utilizado para realizar las conexiones del mundo virtual con el servidor y este interactuar con el sistema de encuesta y experiencia del usuario. También fue utilizado para implementar un algoritmo de clasificación, capaz de clasificar a los nuevos usuarios en un grupo previamente creado.

Por su parte el sistema que integraba las encuestas, la experiencia virtual y el retorno de experiencia del usuario, fue desarrollado utilizando MVC (Modelo, Vista, Controlador)

**Mysql** como base de datos, la cual fue utilizada tanto para el sistema de encuestas, como para alojar la información obtenida de las simulaciones virtuales. Estos dos sistemas fueron creados con diferentes bases de datos, pero que se complementan para permitir el funcionamiento del sistema de evaluación.

En este proyecto se utilizó el casco de realidad virtual HTC Vive (figura 9). Este casco es uno de los más recientes del mercado, sus mandos son inalámbricos y poseen sensores de movimiento lo que permiten una experiencia más real. Sus potentes gráficos permiten unos detalles más acabados. Un requisito para tener en cuenta es la necesidad de un gran espacio para realizar la simulación, para poder instalar bien los sensores.



Figura 9 HTC Vive y sus accesorios

**Unity 3D**

Como plataforma de desarrollo para el mundo virtual, utilizamos Unity 3D, la cual nos permitió desarrollar las diferentes interacciones durante la experiencia.

## Capítulo IV. Metodología

Con la finalidad de comprender con mayor precisión las necesidades de los usuarios y mejorar la concepción y diseño de las soluciones, proponemos captar información durante la simulación virtual, es decir captar la experiencia del usuario, como también captar información que permita categorizar a los usuarios en diferentes grupos, captar la impresión de los usuarios después de la simulación virtual, de esta forma conocer la opinión del usuario antes de desarrollar por completo la solución.

La solución que planteamos para estudiar las nuevas soluciones de movilidad urbana se compone de tres etapas generales, las cuales están ilustradas en la figura 10.

### 4.1 Etapa 1: Determinar el perfil del usuario



Figura 10 Metodología

Para determinar el perfil del usuario se capta diferente información por medio de una encuesta, información personal, como la edad, sexo, las necesidades de desplazamiento, los hábitos de desplazamiento, etc.

Una vez que conocemos el perfil del usuario podemos clasificarlos en grupos, tanto para conocer mejor sus necesidades, como también según su perfil adaptar el escenario o solución a realizar en la simulación virtual, similar al trabajo realizado por (Luis, Olivencia, Guevara & Jimenez, 2015).

### 4.2 Etapa 2: Experimentación con la ayuda de la RV

Para captar la experiencia del usuario, el usuario se ve inmerso en un mundo virtual correspondiente al prototipo de la solución.

Desarrollando situaciones de uso adaptadas a cada perfil del usuario, es posible estudiar en qué medida la o las soluciones de mejoramiento de movilidad urbana pueden satisfacer las necesidades de los usuarios (Transport For London, 2010). Para medir cómo se adaptan los usuarios a cada escenario, se registra su

trayectoria por el mundo virtual, el comportamiento del usuario durante la simulación, las interacciones con los objetos, las decisiones tomadas, el tiempo utilizado para desarrollar la simulación, entre otros factores que se pueden medir.

### **4.3 Etapa 3: Capturar la opinión del usuario**

Luego de realizar la simulación virtual, el usuario responderá una encuesta para obtener la experiencia de usuario, según el escenario realizado. Esta encuesta es utilizada tanto para obtener la opinión de los usuarios directamente como también para crear la base de datos del sistema de recomendación, el cuál será capaz de analizar los datos y ofrecer recomendaciones a los conceptores.



## Capítulo V. Sistema de evaluación de soluciones de movilidad urbana

El caso de estudio de este trabajo será el acompañamiento de la concepción de soluciones de movilidad urbana en la Gare/Estación de Nancy, Francia (figura 21). Dado que el caso de estudio es una terminal intermodal, uno de los aspectos más relevantes para tener en cuenta es el tiempo que los usuarios utilizan para pasar de un modo de transporte a otro modo de transporte. (Civitas, 2009) Por ejemplo el tiempo que utiliza una persona desde que llega del tren TGV (Tren de Gran velocidad) hasta que logra subir al tram, al bus o arrendar una bicicleta para llegar a su destino.

Es importante facilitar la orientación del usuario dentro de la estación y en sus alrededores(Paraderos), para que logre llegar al modo de transporte deseado. (Metrolinx, 2008) |(Transport for London, 2010).

Sobre la base de la metodología antes presentada, se definió una arquitectura del sistema global, el cual está compuesto por 5 etapas, las cuales son representadas en la figura 11.

Los módulos son:

- 1) Encuesta para el perfil del usuario
- 2) Módulo para determinar el escenario según el perfil
- 3) Simulación virtual
- 4) Feed-back de experiencia del usuario
- 5) Etapa de análisis de los datos obtenidos (Sistema de recomendación)

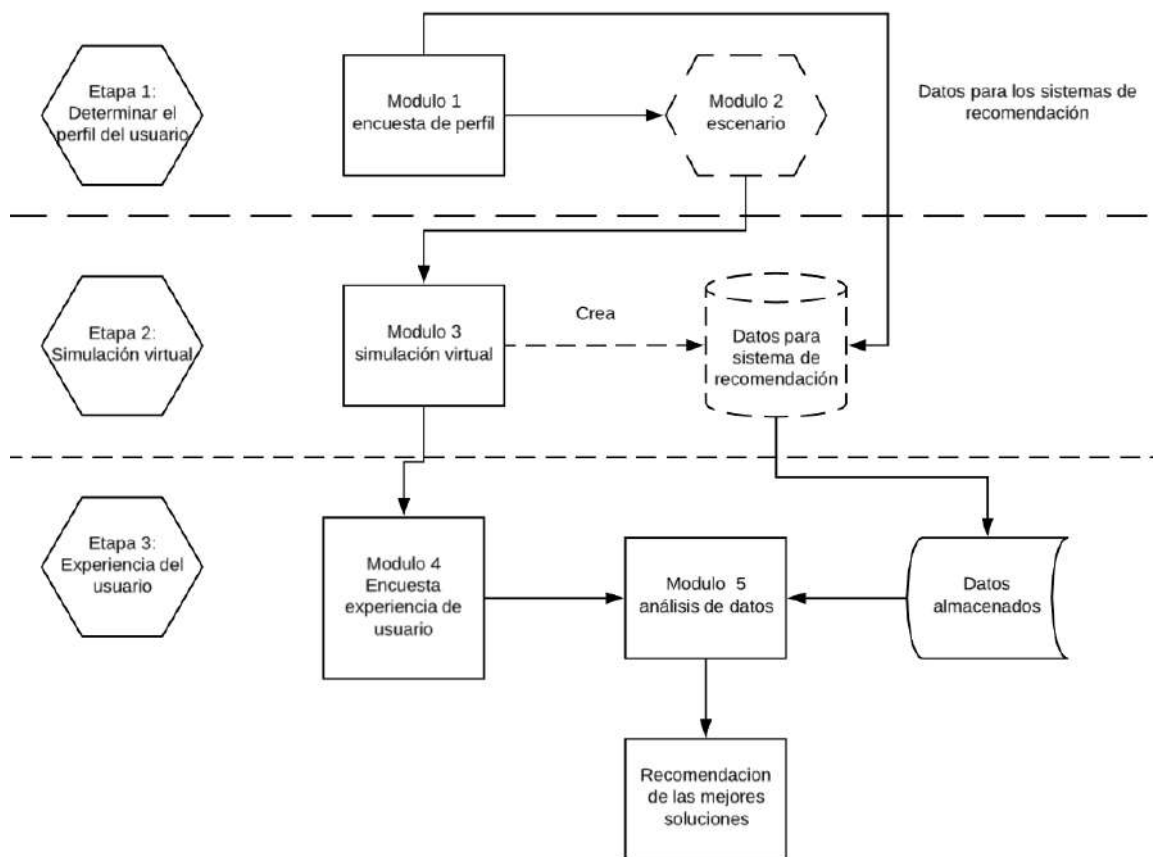


Figura 11 Modelo para implementar la metodología

## 5.1 Etapa de encuesta para capturar el perfil del usuario

La primera parte es una encuesta que permitirá determinar el perfil del usuario.

La información captada por esta encuesta se clasifica en dos tipos: información típica del usuario (Sexo, edad, ocupación) y los hábitos de desplazamiento, tales como el modo de transporte predilecto y los trayectos realizados.

A partir de los hábitos de desplazamiento se clasificará al usuario, en un grupo determinado, permitiendo seleccionar el escenario o tarea a realizar en la simulación virtual.

Los datos como el sexo, la edad, ocupación no han sido utilizados para clasificar a los usuarios en una primera etapa, dado que estos atributos afectan directamente la velocidad de desplazamiento y la interacción con el escenario, lo que puede llevar a una mala interpretación de la efectividad de una solución en particular.

## 5.2 Etapa escenario/Tarea a realizar

Un escenario pertinente para realizar una simulación es una situación a la cual el usuario no está habituado, por ejemplo, si la persona utiliza todos los días el tram o un bus en específico, entonces no será necesario seguir las indicaciones de los paneles de información para encontrar dicho bus, dado que conoce perfectamente dónde se encuentra el paradero. La simulación virtual en este caso será encontrar el estacionamiento de bicicletas, con la finalidad de proponer una situación poco habitual para el usuario y donde necesite de los paneles de información para lograr su objetivo.

Los escenarios/objetivos/tareas a realizar se encuentran en la **tabla 2**. Estos grupos fueron clasificados utilizando el software RapidMiner aplicando algoritmo de clasificación por cluster. Cabe mencionar que los datos utilizados fueron llenados al azar y solo son una representación de los grupos que se obtendrán utilizando datos reales.

*Tabla 2 Grupos de usuarios y su objetivo*

Grupo de usuarios	Objetivo/ Escenario
0: Usuarios que nunca utilizan el tram	Encontrar el paradero de tram
1: Usuarios que utilizan frecuentemente el bus y nunca las bicicletas	Encontrar el estacionamiento de bicicletas
2: Usuarios que utilizan a menudo las bicicletas, pero nunca el bus	Encontrar el paradero de bus

### 5.2.1 Los escenarios y objetivos

Las simulaciones se realizarán bajo supuestos como el siguiente: una persona acaba de llegar en tren a la ciudad de Nancy. Esta persona no conoce la ciudad ni su estación de tren, pero tiene instrucciones para llegar a su destino, por lo que debe encontrar el paradero de bus, de tram o el estacionamiento de bicicletas.



*Figura 12 Partida de la simulación, llegada desde el tren*

Escenario 1: Encontrar el paradero de bus, el usuario comienza saliendo del TGV y él debe desplazarse dentro de la estación, pasar por un corredor y encontrar la salida por la plaza de la república en donde encontrará el paradero de buses intercomunales y locales.



*Figura 13 Estacionamiento de bicicletas*

Escenario 2: Encontrar el paradero de tram, el usuario comienza saliendo del TGV y según la entrada escogida deberá encontrar la salida de los tram. Diferentes

caminos existen para este escenario, por lo cual es importante medir el trayecto realizado y el tiempo.



Figura 14 Parada de Tram

Escenario 3: Encontrar el parking de bicicletas para arrendar. Comienza saliendo del TGV y debe explorar la estación de tren para encontrar la puerta que conduce a las bicicletas en arriendo.



Figura 15 Parada de bus

### 5.3 Etapa de la simulación virtual

Cada usuario va a realizar cuatro simulaciones, una simulación por cada solución propuesta más la solución existente. Ejemplos de las soluciones propuestas en la figura 9 y 10. Las soluciones serán realizadas en orden aleatorio con la finalidad de no perjudicar ni beneficiar a ninguna solución, dado que a medida que el usuario se habitúa a la simulación virtual, el tiempo necesario para completar la simulación será menor.

En una primera instancia para cada simulación el usuario tendrá el mismo objetivo a realizar, según su perfil de usuario, **tabla 2**

Diferentes variables van a cambiar según la simulación, para brindar un mayor realismo a la experiencia del usuario. Estas variables son;

La cantidad de personas presentes, lo que será determinado por el horario de la simulación (Inicio Jornada Laboral, Medio Día, Fin de Jornada Laboral)

El ruido existente y el tiempo disponible para completar el objetivo con la finalidad de medir los factores que afectan el desplazamiento y comportamiento de los usuarios.

#### Soluciones propuestas

**1.Paneles de información actuales:** Con la finalidad de comparar todas las soluciones con el sistema existente.

**2.Sin sistema de orientación:** Para comprobar la efectividad del uso de sistemas de orientación.

**3.Paneles propuestos:** Una variación del texto, el número y orientación de los paneles de información.

**4.Guiar al usuario con líneas en el suelo:** según el transporte existirá una línea en el suelo que representa la ruta a realizar.

Una imagen que representa las soluciones 3 y 4 en la Figura 16



Figura 16 Paneles de información y orientación con líneas en el suelo

Durante la simulación virtual serán captados una gran cantidad de datos, los cuales serán utilizados para medir las soluciones y el comportamiento de los usuarios con respecto a estas. Los datos captados y que serán utilizados en el sistema de recomendación (Más detalles en la **tabla 3**):

- Tiempo medio de la simulación virtual
- Número de usuarios que tuvieron éxito
- Cantidad de paneles observados

Otra información captada durante la simulación virtual es el trayecto realizado por el usuario y los objetos observados.

#### 5.4 Etapa del feed-back de la experiencia del usuario

Después de la simulación virtual, el usuario va a completar una encuesta de retorno de experiencia, para obtener directamente su opinión y además crear la base de datos para el sistema de recomendación con información captada directamente de los usuarios. Estos datos serán útiles para analizar las diferentes soluciones propuestas por los conceptores. Esta encuesta utiliza un sistema de encuestas por

ranking para que los usuarios completen desde el valor mínimo 0 y máximo 10. Ejemplos de estas preguntas y sistema de ranking en **anexo 4**.

Dado que la experimentación aún no fue llevada a cabo, no tenemos datos de usuarios reales para analizar. El resultado propuesto es una arquitectura de sistema de recomendación que debe ser validado según las necesidades del proyecto.

Se proponen además algunos algoritmos para la clasificación de usuarios y la recomendación de escenarios. La implantación de estos algoritmos y su ejemplificación fueron realizados con datos rellenos por un grupo pequeño de personas y también completados aleatoriamente.

En la siguiente sección se describirá la arquitectura propuesta.

## **5.5 Sistema de recomendación**

En esta etapa, se tratarán los datos y se analizarán. Estos datos son captados durante las etapas precedentes, tales como la encuesta del perfil del usuario, la simulación virtual y el retorno de la experiencia del usuario. En la tabla 2 es posible encontrar todos los datos recolectados en las diferentes etapas del sistema.

### **5.5.2 Arquitectura del sistema de recomendación:**

Proponemos utilizar un sistema de recomendación híbrido, tanto para captar la información de los usuarios, utilizar feedback implícito y feedback explícito, como también para realizar la predicción y recomendación utilizar una metodología híbrida, utilizando la técnica de filtrado colaborativo y filtrado basado en el contenido. Para realizar la combinación de estas técnicas de filtrado, proponemos utilizar una técnica de switching hybridization, descrita anteriormente en el estado del arte, la cual permite utilizar una técnica u la otra según la etapa y necesidades del proyecto.

La utilización de filtrado colaborativo servirá para realizar la clasificación de los usuarios en un grupo específico, según sus hábitos de desplazamiento.

Hemos utilizado la técnica cluster, con la utilización de algoritmo k-means. Este algoritmo de cluster es posible de utilizar siempre que se tenga una representación numérica de los atributos, lo que permite calcular la distancia entre las preferencias (Venkatkumar & Shardaben, 2016).

En nuestro caso la representación numérica de la utilización de los diferentes medios de transporte (1=Regularmente, 2= Ocasionalmente, 3= Pocas veces/ Nunca).

### **5.5.3 Clasificación de los usuarios según su perfil**

Agruparemos a los usuarios en 3 grupos, dado que tenemos 3 objetivos diferentes para simular. Para crear los 3 grupos de usuarios, hemos utilizado el software Rapid Miner aplicando la técnica de cluster para encontrar los hábitos de desplazamiento que identifican a cada grupo de usuarios.



En la figura 17 se pueden apreciar los grupos y sus hábitos de desplazamiento respecto a los diferentes medios de transporte. Los valores numéricos fueron remplazados por una representación en texto, para facilitar su comprensión.

Grupo	Utilización de la bicicleta	Utilización del tren	Utilización del tram	Utilización del bus
0	Ocasionalmente	Regularmente	Nunca	Ocasionalmente
1	Nunca	Ocasionalmente	Ocasionalmente	Regularmente
2	Regularmente	Nunca	Regularmente	Nunca

*Figura 17 Atributos que identifican a cada grupo de usuarios*

Grupo 0: Usuarios que nunca utilizan el tram

Grupo 1: Usuarios que utilizan el bus y nunca las bicicletas

Grupo 2: Usuarios que utilizan a menudo las bicicletas, pero nunca el bus

Una vez que hemos identificado los grupos, el sistema es capaz de clasificar a los nuevos usuarios en uno de estos grupos según los hábitos del nuevo usuario. De esta forma podemos asignar un objetivo/escenario a realizar en la simulación virtual. Los hábitos de desplazamiento de cada nuevo usuario son comparados con los hábitos que identifican a los diferentes grupos, de esta manera se encuentra el grupo más próximo a los hábitos del usuario. Más detalles del sistema de clasificación en el anexo 1.

### 5.5.1 Información captada

Todas las variables captadas durante la simulación virtual servirán para alimentar la base de datos y nuestro sistema de recomendación. Estos datos son tratados, almacenados y analizados por el sistema, de forma de realizar recomendaciones a los conceptores de las soluciones de movilidad urbana y facilitar la toma de decisiones durante el proceso.

Los datos fueron definidos en cuatro grupos

**1) Información personal del usuario:** Nos permite construir el perfil según el rango etario, su ocupación o el género.

**2) Hábitos del usuario:** Vamos a construir un modelo de preferencias y realizar un match entre las preferencias del usuario y las preferencias de los diferentes grupos antes definidos.

**3) Datos obtenidos en la simulación virtual:** Estos datos son los captados durante la realización de la simulación virtual, los cuales permiten determinar el trayecto realizado por el usuario, el tiempo que utilizo para realizar la simulación, si tuvo éxito o no.

**4)Experiencia del usuario con respecto a la solución:** Datos captados en las etapas de la encuesta experiencia, es decir la opinión del usuario con respecto a la solución testeada.

Estos datos son captados en diferentes etapas del sistema, y son utilizados con diferentes objetivos, los que podemos apreciar en la **tabla 3**

*Tabla 3 Datos recopilados, su módulo y su utilidad.*

Módulo	Datos	Descripción	Utilidad
Simulación virtual	Tiempo medio de la simulación virtual	El tiempo medio que los usuarios utilizaron para realizar la simulación	Comparar las soluciones y encontrar la mejor
	Cantidad de paneles observados	El promedio de paneles de información que fueron observados por los usuarios	
	Número de personas que tuvieron éxito	La cantidad de personas que lograron realizar la simulación de manera exitosa	
Experiencia del usuario	Ranking feedback de la simulación	El valor obtenido de la encuesta tipo ranking realizada para cada solución	
Encuesta perfil del usuario	Hábitos de transporte	Los hábitos de transporte, tales como la cantidad de veces que utiliza el transporte público, los trayectos, etc.	Clasificar al usuario en un grupo
	Perfil del usuario	Información personal, como el sexo, la edad, la ocupación del usuario	Conocer el tipo de usuarios que realizan la experiencia

## Capítulo VI. Resultados

### 6.1 Sistema integral

Uno de los objetivos de esta investigación era plantear una arquitectura (Figura 18) que permitiera implementar la metodología planteada y permita la interacción de todos los sistemas involucrados.

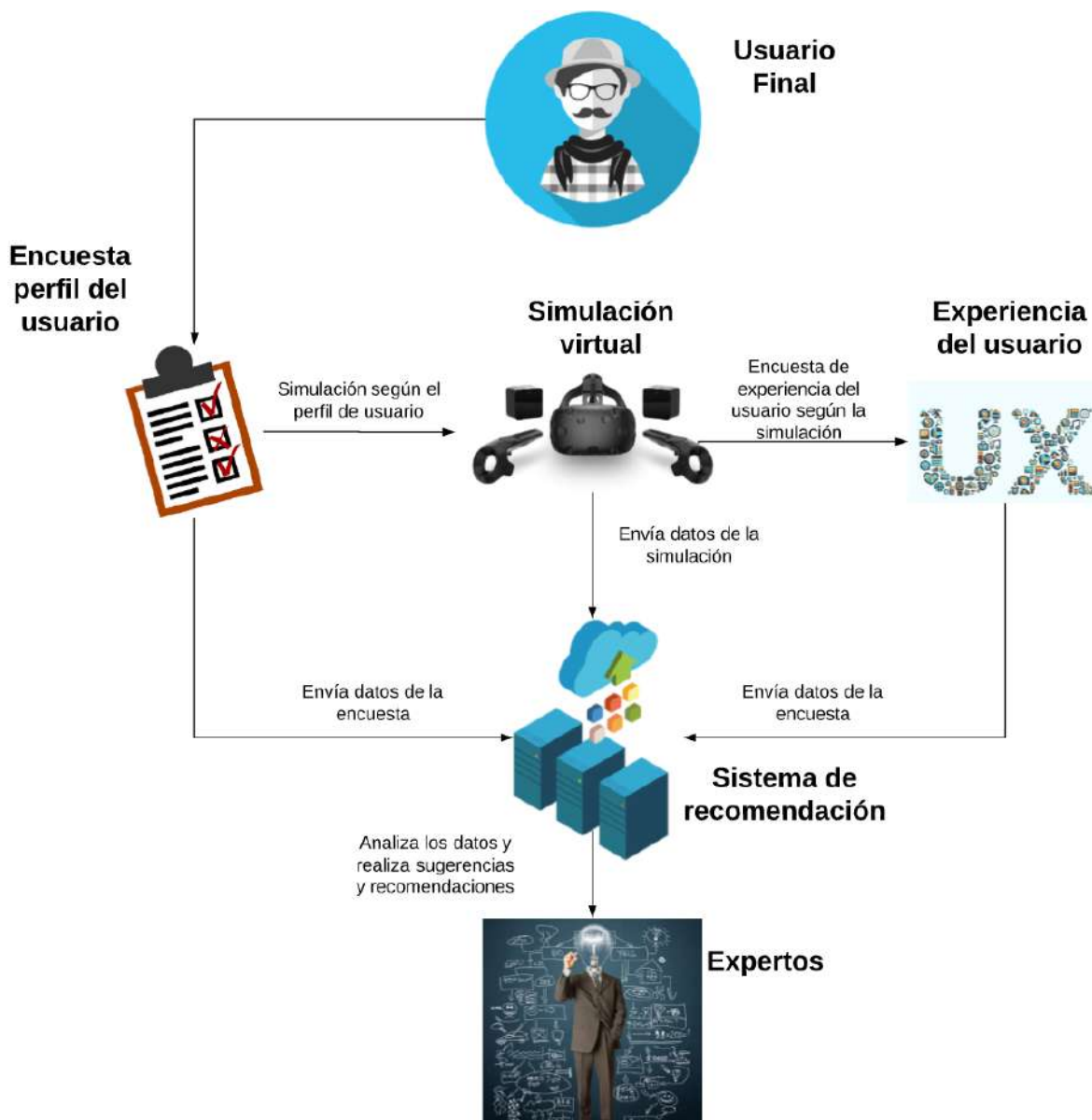


Figura 18 Esquema del sistema integral

**Sistema de encuesta:** Esta encuesta permite gestionar las encuestas del perfil del usuario, su creación, su modificación y la visualización de los resultados.

**Sistema de simulación virtual:** Este sistema es el encargado de realizar la simulación virtual de las soluciones propuestas, además de recabar información durante la simulación.

**Sistema retorno de experiencia:** Esta encuesta permite captar la opinión de los usuarios con relación a la solución simulada.

**Sistema de recomendación:** Este sistema es capaz de analizar toda la información recabada durante los procesos anteriores, con la finalidad de brindar sugerencias y recomendaciones a los conceptores, señalando cual es la mejor solución para implementar.

### Encuesta perfil del usuario, modificable

La encuesta para captar el perfil del usuario fue realizada de forma tal que es posible cambiar las preguntas, desde una interfaz y éstas se ven reflejadas automáticamente en la encuesta del usuario. También es posible agregar nuevas preguntas, modificar las respuestas o eliminar alguna pregunta o alguna respuesta, todo esto sin necesidad de modificar el código de programación. Esto fue pensado para facilitar el trabajo de otros investigadores que necesitaban realizar una encuesta a los usuarios, poder almacenar estos datos y luego analizarlos.

### Modificar pregunta

**Preguntas:** Vous avez combien ▾

**Descripción:**

**Tipo:**

**Opción 1:**

**Opción 2:**

**Opción 3:**

**Opción 4:**

**Opción 5:**

**Opción 6:**

Modificación

*Figura 19 Encuesta modificable*

### Clasificación de usuarios

Parte del resultado fue la primera etapa del sistema de recomendación, en donde es capaz de crear grupos de usuarios a partir de los datos recibidos de la encuesta de perfil, como también capaz de recibir nuevos usuarios y clasificarlos en un grupo.

### Bases de datos

Para este sistema fueron construidas dos bases de datos, una base de dato para la encuesta de perfil del usuario y otra base de dato para la simulación virtual.

Ambas bases de datos se comunican entre sí. Cada vez que un nuevo usuario responde a la encuesta de perfil del usuario se registrar en la tabla usuario de la base de datos de la encuesta y en la base de datos de la simulación. También se crean cuatro registros en la tabla simulación, una por cada solución a simular.

Es posible visualizar el panel de control del sistema integral, en la figura 20.

## Panel de Control

### Encuesta perfil del usuario

Encuesta

### Iniciar Simulación virtual

Simulación

### Estructura de la encuesta

Modificar preguntas

Agregar preguntas

### Información de los Hábitos de los usuarios

ir a Tabla

### Información general de los usuarios

Tabla Información General

Figura 20 Interfaz panel de control sistema integral

## 6.2 Maqueta del mundo virtual

El mundo virtual fue desarrollado pensando en ilustrar la maqueta del mundo virtual deseado, para luego ser desarrollado por una empresa, las imágenes que se aprecian a continuación son imágenes de la estación real (figura 21 y 23) y de la maqueta virtual (figura 22 y 24).



*Figura 21 Estación de Nancy, foto real*



Figura 22 Estación de Nancy, prototipo de realidad virtual



Figura 23 Interior de la estación, foto real



Figura 24 Interior de la estación, prototipo de realidad virtual

### 6.3 Programación

La utilización de diferentes lenguajes de programación permitió interactuar entre los diferentes módulos del sistema. Se creó el módulo de encuestas, como también fueron desarrollados script para el mundo virtuales, tales como el script encargado de abrir las puertas de la estación, función para detectar si el usuario llegó a destino, script para lograr que caminen las personas y el desarrollo de otros scripts utilizados para la comunicación con la base de datos.

### 6.4 Resultado Académico

Se logró presentar la investigación en una conferencia, donde se expuso la metodología propuesta para abordar la integración de la realidad virtual y los sistemas de recomendación para facilitar el proceso de concepción de nuevos espacios de movilidad urbana. En dicha presentación fue propuesta una colaboración con una estudiante de doctorado en psicología la cual estaba estudiando la orientación de los usuarios, pero desde el punto de vista cognitivo. Además, este trabajo sirvió como base para la postulación de un artículo.



## **7. Limitaciones, recomendaciones y conclusión**

### **7.1 Limitaciones**

#### **7.1.1 Tiempo de desarrollo**

Una de las limitaciones que encontramos para desarrollar este trabajo fue el tiempo necesario para diseñar y desarrollar el mundo virtual.

Si bien este proceso puede ser externalizado en una empresa de desarrollo de video juegos, como fue el caso de esta investigación, es importante tener en consideración el tiempo que conlleva realizar el mundo virtual y sus prototipos. En algunos casos es necesario obtener permisos para prototipar un edificio existente.

Debido a la necesidad de un prototipo para realizar la simulación, que el tiempo de desarrollo es de vital importancia, además teniendo en cuenta que realizar las experiencias virtuales, es una de las primeras etapas a realizar, y luego se debe analizar los datos captados.

#### **7.1.2 Análisis erróneo de los datos**

Existen diferentes factores que pueden llevar a una mala interpretación de la información, como por ejemplo factores que afecta al tiempo utilizado para realizar las simulaciones. En nuestro caso de estudio, el tiempo utilizado para desplazarse de un punto A a un punto B es una forma de medir la eficiencia de la solución y es medida a través del tiempo utilizado para realizar la simulación, por lo que es importante tener en consideración estos factores que puedan afectar el tiempo.

En cada simulación habrá un aprendizaje del mundo virtual, por lo que el usuario estará mejor adaptado al entorno en cada experiencia virtual, por lo que el tiempo utilizado para realizar estas simulaciones será cada vez menor. Si el orden de simulación siempre es la misma, la simulación de la solución 1 siempre será menos eficiente que la simulación de la solución 4 (considerando que la solución 1 es siempre la primera). Proponemos realizar las simulaciones de las soluciones aleatoriamente para evitar perjudicar o beneficiar una solución en particular. De no ser posible se recomienda tener en cuenta este delta de tiempo asociado al aprendizaje del usuario con respecto al entorno.

Es importante tener en cuenta que la velocidad de desplazamiento de una persona depende de factores como el sexo, la edad, la ocupación. Normalmente una persona mayor, necesitara más tiempo para lograr el objetivo, ya que su velocidad de desplazamiento es menor y la toma de decisiones en algunos casos puede ser más lenta también.

Si tenemos en cuenta los factores que pueden afectar nuestra interpretación de los datos, entonces podemos proceder a captarlos y a interpretarlos de forma correcta.

## **7.2 Recomendaciones**

### **7.2.1 Definición del objetivo de las soluciones propuestas**

Es importante tener claro el objetivo de las soluciones propuestas, que desean mejorar o que beneficio desean entregar a los usuarios, ya que, según el objetivo, existen diferentes formas de medir la eficiencia de la solución y para estos serán diferentes los datos captados en la simulación virtual, además serán diferentes los datos captados para realizar el perfil de los usuarios, el enfoque de clasificación también será distinto.

### **7.2.2 Definición del grupo de usuarios a realizar la simulación**

Es importante definir los usuarios objetivos para realizar la simulación virtual, ya que según las necesidades de estos usuarios se pueden diseñar las soluciones personalizadas, además de cumplir con el objetivo principal de incluir a los usuarios más temprano en el proceso de la concepción de las soluciones de movilidad urbana.

Según el objetivo de la solución propuesta, hay que se definirlos usuarios objetivos a realizar la simulación virtual.

Si se trata de una terminal intermodal, como es el caso de estudio de esta investigación, los mejores usuarios para realizar estas simulaciones son personas que vengan de otra ciudad, que no hablen el idioma, que sean recién llegadas, estudiantes de intercambio, turistas, etc. Ya que ellos tienen la necesidad de utilizar un sistema de orientación para encontrar su objetivo, lo que permite evaluar de una mejor manera la efectividad de las soluciones en cuanto a la orientación de los paneles de información.

Por otra parte, si el objetivo deseado es medir el tiempo de desplazamiento como lo es en este caso de estudio, se recomienda no agrupar a los usuarios por su edad, sexo, ni ocupación, ya que estos factores afectan la velocidad de desplazamiento y por ende el tiempo de simulación, lo que puede llevar a una mala interpretación de los resultados.

### **7.2.3 Desarrollo interno**

Una vez desarrolladas las habilidades de programación, creados los primeros códigos y diseños estándares de personajes y objetos, considerando además que es posible descargar o comprar material en internet, hacen que el proceso en cada proyecto se vuelva más rápido y menos costo. Ya que a menudo el código de programación y el diseño puede ser adaptado y reutilizado para diferentes proyectos, inclusive de diferentes rubros.

Además, teniendo en cuenta la cantidad de documentación existente, librerías y frameworks que pueden ser utilizados.

Se recomienda no externalizar del todo el diseño y desarrollo del mundo virtual y sus prototipos. De forma de controlar de una mejor manera el alcance del proyecto, sus limitaciones y el tiempo de desarrollo.

### 7.3 Conclusión

Este trabajo de investigación exploratorio fue desarrollado con la finalidad de abrir la visión de estas materias y además de encontrar los puntos más relevantes para trabajar en ellos en una investigación futura.

Es útil como base para artículos científicos con respecto a las soluciones propuestas para mejorar la concepción de soluciones urbanas utilizando tecnologías como la realidad virtual y los sistemas de recomendación. Se presenta una maqueta de mundo virtual de la estación de Nancy, como también una arquitectura para el sistema de recomendación.

La utilización de la realidad virtual es de gran ayuda para el diseño y concepción de soluciones, en diferentes rubros como también es utilizada para prevenir accidentes o simular situaciones sin poner en peligro a los usuarios.

La realidad virtual también permite realizar un prototipado de las soluciones, a un costo inferior a la realización de los prototipos físicos, sobre todo en los prototipos de gran envergadura, como aeropuertos los cuales no pueden ser prototipados a escala humana.

La utilización de simulaciones virtuales para captar el comportamiento de los usuarios no representa una variación de la experiencia del usuario en comparación con una simulación real.

Al utilizar realidad virtual es posible captar una gran cantidad de datos, los cuales deben ser tratados y analizados antes de convertirse en información valiosa para los conceptores, es por esto la importancia de los sistemas de recomendación para realizar esta tarea.

Los sistemas de recomendación se encuentran en auge, al igual que la cantidad de información que se maneja hoy en día, otro de los factores que permite la proliferación de estos sistemas es la capacidad de computo que tienen los computadores actuales, los cuales son capaces de utilizar algoritmos y clasificar una gran cantidad de datos, que antes no era posible de realizar por su alto costo de tiempo y dinero.

La metodología presentada es posible de utilizar en diferentes dominios del diseño y concepción de soluciones, si bien el caso de estudio está enfocado en la movilidad urbana, es fácilmente adaptable a simulaciones de situaciones de riesgo o para la educación, sin poner en riesgo a los estudiantes o sin requerir una gran inversión.

Hemos respondido a las preguntas planteadas al comienzo de la investigación.

¿Cómo asistir a los ingenieros para optimizar la concepción de soluciones de movilidad urbana?

Es posible facilitar este proceso, incentivando la interacción temprana del usuario, lo que permite hacer una validación de la solución antes de su construcción, lo cual es vital para realizar modificaciones y asegurar el éxito del proyecto. Esta interacción temprana es posible gracias al prototipado de las soluciones.

¿Cómo simular situaciones de uso en la concepción del producto?

Utilizar la realidad virtual, nos permite realizar un prototipado de las soluciones y realizar simulaciones directamente con los usuarios finales, lo cual nos permite comprender el comportamiento de los usuarios con respecto a la solución.

¿Cómo aportar la buena información a los conceptores?

Comprendiendo que la realidad virtual va a crear una gran cantidad de datos, es importante utilizar los sistemas de recomendación, que permitan tratar, analizar y realizar predicciones y recomendaciones con la finalidad de entregar valor a los conceptores y facilitar la toma de decisiones.

### **7.1 Perspectivas**

Con respecto a la metodología es trabajo futuro realizar las simulaciones con usuarios reales, con la finalidad de validar la arquitectura propuesta, como también la validación del mundo virtual y sus beneficios para los conceptores.

Mejorar el mundo virtual, dado que se encuentra incompleto y aún en etapa de desarrollo por parte de la empresa a cargo del diseño.

Realizar encuestas más precisas con la finalidad de captar la información más importante sin tener que realizar una gran encuesta que resulte molesta para los usuarios. Validar estas encuestas con expertos de las diferentes materias.

Presentar otra solución para los sistemas de orientación de los usuarios en la estación.

Desarrollar otra situación en la cual puede ser utilizada esta metodología, como por ejemplo una situación de crisis, una catástrofe natural, la evacuación de un edificio, con la finalidad de validar esta metodología en la concepción de soluciones que mejoren la evacuación de los usuarios.

El sistema de recomendación debe ser validada su arquitectura como también explorar nuevos algoritmos que permitan realizar la clasificación o de obtener nuevos datos relevantes. Además de obtener datos reales.

Con respecto al trabajo, se espera que sirva para abrir la investigación en estas materias, sobre todo la integración de las tecnologías de la información para facilitar los procesos, generar innovación a partir de herramientas tales como la realidad virtual y los sistemas de recomendación.

## Referencias

- Abadi, F. H., Muhamad, T. A., & Salamuddin, N. (2010). Energy expenditure through walking: Meta analysis on gender and age. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 7(C), 512–521. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.10.069>
- Abdelhameed, W. A. (2013). Virtual Reality Use in Architectural Design Studios: A Case of Studying Structure and Construction. *Procedia Computer Science*, 25, 220–230. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.027>
- Ageron, P. (2013). Université de Savoie L' intermodalité-voyageurs au prisme de la mondialisation : vers la structuration d' un méta-réseau intégré.
- Bohari, Z. A., Bachok, S., & Osman, M. M. (2016). Simulating the Pedestrian Movement in the Public Transport Infrastructure. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 222, 791–799. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.167>
- Buder, J., & Schwind, C. (2012). Learning with personalized recommender systems: A psychological view. *Computers in Human Behavior*, 28(1), 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.09.002>
- Castell, L. (2006). Adapting building design to access by individuals with intellectual disability, (Castell).
- Cavallo, V., Domes, A., Dang, N. T., & Vienne, F. (2016). A street-crossing simulator for studying and training pedestrians. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.04.012>
- Civitas. (2009). Enhancing the quality of public transport services public transport services. *Cleaner and Better Transport in Cities*, 12.
- Deb, S., Carruth, D., Sween, R., & Strawderman, L. (2017). Efficacy of virtual reality in pedestrian safety research. *Applied Ergonomics*. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687017300662>
- Feldstein, I., Dietrich, A., Milinkovic, S., & Bengler, K. (2016). A Pedestrian Simulator for Urban Crossing Scenarios. *IFAC-PapersOnLine*. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.10.531>
- Fitzpatrick, K., Brewer, M. A., & Turner, S. (2006). Another Look at Pedestrian Walking Speed. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1982(1982), 21–29. <https://doi.org/10.3141/1982-05>
- Frankenstein, J., Brüssow, S., Ruzzoli, F., & Hölscher, C. (2012). The language of landmarks: The role of background knowledge in indoor wayfinding. *Cognitive Processing*, 13(1 SUPPL), 165–170. <https://doi.org/10.1007/s10339-012-0482-8>
- Helbing, D., Farkas, I. J., Molnár, P., & Vicsek, T. (2002). Simulation of Pedestrian Crowds in Normal and Evacuation Situations. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/7f6a/ee02aecbce0fdd34fb88b6271061a1e02584.pdf>
- Heydarian, A., Carneiro, J. P., Gerber, D., & Becerik-Gerber, B. (2015). Immersive virtual environments, understanding the impact of design features and occupant

choice upon lighting for building performance. *Building and Environment*, 89, 217–228. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.038>

Heydarian, A., Carneiro, J. P., Gerber, D., Becerik-Gerber, B., Hayes, T., & Wood, W. (2015). Immersive virtual environments versus physical built environments: A benchmarking study for building design and user-built environment explorations. *Automation in Construction*, 54, 116–126. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.020>

Hodgson, F. ., Page, M., & Tigh, M. . (2004). A review of factors which influence pedestrian use of the streets: Task 1 report for an EPSRC funded project on Measuring Pedestrian Accessibility. *Transport*, 24(1), 103–124. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.08.002>

Irizarry, J., & Abraham, D. (2005). Application of virtual reality technology for the improvement of safety in the steel erection process. In *Internation Conference on Computing in Civil Engineering*. Cancun, Mexico.

Isinkaye, F. O., Folajimi, Y. O., & Ojokoh, B. A. (2015). Recommendation systems : Principles , methods and evaluation. *Egyptian Informatics Journal*, 261–273. <https://doi.org/10.1016/j.eij.2015.06.005>

Kitchin, R. (1994). Cognitive Maps: What are they and why study them?, (1), 1–19.

Klingsch, W., Rogsch, C., Schadschneider, A., & Schreckenberg, M. (2008). *Pedestrian and evacuation Dynamics*.

Knoblauch, R., Pietrucha, M., & Nitzburg, M. (1996). Field Studies of Pedestrian Walking Speed and Start-Up Time. *Transportation Research Record*, 1538, 27–38. <https://doi.org/10.3141/1538-04>

Lili Lu, A., Gang Ren, B., Wei Wang, C., & Ching-Yao Chan, D. (2015). Application of SFCA pedestrian simulation model to the signalized crosswalk width design. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 80, 76–89. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.07.013>

Lu, C. C., Kang, S. C., Hsieh, S. H., & Shiu, R. S. (2009). Improvement of a computer-based surveyor-training tool using a user-centered approach. *Advanced Engineering Informatics*. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2008.07.001>

Luis, J., Olivencia, L., Guevara, A., & Jimenez, C. R. (2015). RAMCAT : Modelo para generar recomendaciones en un sistema de realidad aumentada contextual basándose en las preferencias del turista. *PASOS. Revista de Turismo Y Patrimonio Cultural.*, 13(1695–7121), 649–668.

Metrolinx. (2008). Backgrounder: Mobility Hubs, (December), 1–11.

Peter, B., Alfred, K., & Nejdil, W. (2007). *The Adaptive Web. Lecture Notes in Computer Science*.

Picot-Clémente, R. (2011). *Une architecture générique de Systèmes de recommandation de combinaison d'items: application au domaine du tourisme*. Université de Bourgogne.

- Ronald, N., Sterling, L., & Kirley, M. (2007). An agent-based approach to modelling pedestrian behaviour. *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology*, 8(1), 25–38.
- Sanghack, L., & Jihoon, Y. (2007). Discovery of Hidden Similarity on Collaborative Filtering to Overcome Sparsity Problem.
- Shen, J., Wei, Y., & Yang, Y. (2013). Collaborative filtering recommendation algorithm based on two stages of similarity learning and its optimization, 7(Table 1), 3–8.
- Simeone, A. L., Mavridou, I., & Powell, W. (2017). Altering User Movement Behaviour in Virtual Environments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 23(4), 1359–1368.  
<https://doi.org/10.1109/TVCG.2017.2657038>
- Song, H., Peng, Q., Zhang, J., & Gu, P. (2016). A VR-based Interactive System to Improve Users' Involvement in OAP Development. *Procedia CIRP*, 56, 13–18.  
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.10.008>
- Sridevi, M., Rajeshwara, R., & Varaprasad, R. (2016). A Survey on Recommender System, 1(6), 50–57.
- Taskar, B., Abbeel, P., & Koller, D. (2002). Discriminative probabilistic models for relational data. *Proceedings of the Eighteenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence - UAI'02*, (Vapnik), 485–492.  
<https://doi.org/10.1002/scj.4690260501>
- Transport for London. (2010). Measuring Public Transport Accessibility Levels. PTALs: Summary, (April 2010), 1–8.
- Venkatkumar, I. A., & Shardaben, S. J. K. (2016). Comparative study of data mining clustering algorithms. In *2016 International Conference on Data Science and Engineering (ICDSE)* (Vol. 4, pp. 1–7). IEEE.  
<https://doi.org/10.1109/ICDSE.2016.7823946>
- Watcharasukarn, M., Page, S., & Krumdieck, S. (2012). Virtual reality simulation game approach to investigate transport adaptive capacity for peak oil planning. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(2), 348–367.  
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.10.003>
- Wiener, J. M., Büchner, S. J., & Hölscher, C. (2009). Taxonomy of Human Wayfinding Tasks: A Knowledge-Based Approach. *Spatial Cognition & Computation*, 9(2), 152–165. <https://doi.org/10.1080/13875860902906496>
- Wilkinson, C. R., & De Angeli, A. (2014). Applying user centred and participatory design approaches to commercial product development. *Design Studies*, 35(6), 614–631. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2014.06.001>
- William, R. S., & Alan, B. C. (2003). *Understanding Virtual Reality*.

## Anexos

### Anexo 1 Detalles de la clasificación de usuarios

La clasificación de los usuarios tiene como objetivo recomendar tareas y escenarios los cuales el usuario no está habituado a realizar.

Una vez que hemos obtenido una gran cantidad de datos a través de la encuesta de perfil del usuario, se procede a analizar estos datos con el software Rapid Miner el cual nos permitirá visualizar los atributos que representan a cada grupo de usuarios.

El ejemplo siguiente fue creado a partir de datos llenados al azar, dado que la experiencia con los usuarios aún no fue realizada.

Para la creación de estos grupos nos hemos enfocado en sus hábitos de desplazamiento, además de predefinir una creación de 3 grupos de usuarios.

Una representación del software rapid miner con los datos aplicados

Y el resultado de este análisis, para visualizar los atributos



Figura 25 Rapid Miner

Tabla 4 Resultado Hábitos de transporte según grupos de usuarios

Grupo	Utilización de la bicicleta	Utilización del tren	Utilización del tram	Utilización del bus
0	Ocasionalmente	Regularmente	Nunca	Ocasionalmente
1	Nunca	Ocasionalmente	Ocasionalmente	Regularmente
2	Regularmente	Nunca	Regularmente	Nunca





Definición de un escenario/ tarea según el grupo de usuario

Para cada grupo de usuario existe la tarea más adecuada a realizar.

*Tabla 5 Descripción de los grupos de usuarios*

Grupo de usuarios	Objetivo/ Escenario
0: Usuarios que nunca utilizan el tram	Encontrar el paradero de tram
1: Usuarios que utilizan frecuentemente el bus y nunca las bicicletas	Encontrar el estacionamiento de bicicletas
2: Usuarios que utilizan a menudo las bicicletas, pero nunca el bus	Encontrar el paradero de bus

Una vez definido los grupos y tareas a realizar, el sistema está listo para recibir a los nuevos usuarios, clasificarlos en grupos y asignarle la tarea más adecuada a simular.

Los atributos de desplazamiento del usuario son comparados con los atributos de desplazamiento de cada grupo, para encontrar el grupo más próximo de este usuario.

El algoritmo encargado de realizar esta comparación fue programado en php y toma los datos de los grupos directamente de la base de datos.

## Anexo 1.1 Código PHP Para la clasificación de nuevos usuarios

```

<?php

require( 'conexion/conexionBD.php' );
$link=conexion();

require_once( 'conexion/conexionBD1.php' );
$conn=conexion1();

$velo_user=$_POST("valor_bicicleta");
$tram_user=$_POST("valor_tram");
$train_user=$_POST("valor_tren");
$bus_user=$_POST("valor_bus");
$valoors=
classer($link,$conn,$velo_user,$tram_user,$train_user,$bus_user);
// función para clasificar

function classer($link,$conn,$velo_user,$tram_user,$train_user,$bus_user)
{
    $intvalue = 0;
    $dato=array();
    $pareil=0;
    $dato[0]='default';
    $groupe;
    $distance_groupe=15; // Se define un valor alto para comenzar, de tal
    forma que la distancia de los grupos sea menor
    while($intvalue<3) // sabemos que existen solo 3 grupos de usuarios
    {
        if($resul =mysqli_query($link,"SELECT velo,train,tram,bus from type_users
        where id=".$intvalue." "))
        {
            while($form1= mysqli_fetch_assoc($resul))
            {

                $distance_totale=0;
                $velo=$form1['velo'];
                $train=$form1['train'];
                $tram=$form1['tram'];
                $bus=$form1['bus'];

                /*la distancia es el valor absoluto entre el atributo del
                usuario y el valor que identifica al grupo */
                $comparaison_velo = $velo_user- $velo;
                $distance_velo=pow($comparaison_velo,2);
                $distance_velo=sqrt($distance_velo); //Raiz cuadrada
                $comparaison_train = $train_user- $train;
                $distance_train=pow($comparaison_train,2);
                $distance_train=sqrt($distance_train);
                $comparaison_tram = $tram_user- $tram;
                $distance_tram=pow($comparaison_tram,2);
                $distance_tram=sqrt($distance_tram);
                $comparaison_bus = $bus_user- $bus;
                $distance_bus=pow($comparaison_bus,2);
                $distance_bus=sqrt($distance_bus);
            }
        }
    }
}

```

```

        $distance_totale=$distance_bus+ $distance_tram +
        $distance_train + $distance_velo;
/*La distancia con el grupo es la suma de todas distancias
en caso de haber dos grupos iguales se procede a identificar si el valor
más importante del grupo es igual al valor del usuario*/

        if($intvalue ==0){
            if($tram == $tram_user){ $pareil=0; }
        }else if($intvalue ==1){
            if($velo == $velo_user){ $pareil=1; }
        }else if($intvalue ==2){
            if($bus == $bus_user){ $pareil=2; }
        }
        if( $distance_totale < $distance_groupe ){
            $distance_groupe = $distance_totale;
            $groupe=$pareil;
        }else if( ($distance_totale ==
            $distance_groupe) and ($intvalue == $pareil
        ) ){
            $distance_groupe = $distance_totale;
            $groupe=$pareil;
        }
    }
}
    $intvalue++;
}
return $groupe;
}
?>

```

## Anexo 1.2 Ejemplo práctico de clasificación

### Representación numérica de los atributos de desplazamiento:

Tabla 6 Representación numérica de los hábitos de transporte de cada grupo

Grupo	Utilización de bicicletas	Utilización de tren	Utilización de tram	Utilización de bus
0	2	1	3	2
1	3	2	2	1
2	1	3	1	3

■ Atributo más relevante de cada grupo

### Representación gramatical de los atributos de desplazamiento:

Tabla 7 Representación gramatical de los hábitos de transporte de cada grupo

Grupo	Utilización de bicicletas	Utilización de tren	Utilización de tram	Utilización de bus
0	Ocasionalmente	Regularmente	Nunca	Ocasionalmente
1	Nunca	Ocasionalmente	Ocasionalmente	Regularmente
2	Regularmente	Nunca	Regularmente	Nunca

### Ejemplo de atributos de desplazamiento de 3 usuarios ficticios para realizar su clasificación

Tabla 8 Ejemplo de clasificación de un usuario

Usuario	Utilización de bicicletas	Utilización de tren	Utilización de tram	Utilización de bus	Puntuación para grupo 0	Puntuación para grupo 1	Puntuación para grupo 2
1	2	1	1	3	3	5	3
2	3	2	1	1	5	1	7
3	1	2	3	2	2	6	4

**Significado de cada valor 1= Regularmente 2= Ocasionalmente 3=Nunca**

Los números de color rojo son los valores que representan la menor distancia, es decir el grupo con atributos de desplazamiento más similares al del nuevo usuario.

### **Anexo 1.3 Detalle de la clasificación**

Para identificar el grupo al cual pertenece el nuevo usuario, debemos comparar sus hábitos de desplazamiento con los hábitos de desplazamiento que representan a cada grupo.

-Ejemplo de comparación de atributos del usuario 1 en relación a los atributos del grupo 0:

Comparamos el hábito de utilización de bicicletas:

2 v/s 2 del grupo 0, distancia = 0

Comparamos el hábito de utilización de tren:

1 v/s 1, distancia = 0

Comparamos el hábito de utilización de tram

1 v/s 3, distancia = 2

Comparamos el hábito de utilización de bus:

3 v/s 2, distancia = 1

Distancia total con respecto al grupo 0: 3

Si realizamos la comparación con respecto al grupo 2, la distancia también es 3. En estos casos se procede a verificar si concuerda con el atributo más relevante de cada grupo, el atributo que identifica a cada grupo.

El atributo que identifica al grupo 0 es “nunca utilizar el tram”, el atributo que identifica el grupo 2 es “nunca utilizar los buses”.

El usuario de prueba concuerda con el atributo que identifica al grupo 2, es decir nunca utilizar los buses, por lo que el grupo más próximo a este usuario es el grupo 2, por lo que la tarea a realizar en la simulación virtual será encontrar el paradero de buses.

De esta forma el usuario 2 que pertenece a los usuarios del grupo 1 los cuales utilizan frecuentemente el bus y nunca utilizan las bicicletas, por lo que su tarea en la simulación será encontrar los estacionamientos de bicicletas.

El usuario 1 que pertenece al grupo 0 quienes nunca utilizan el tram, en la simulación su objetivo es encontrar el paradero de tram.

## Anexo 2 Imágenes del mundo virtual



*Figura 26 Frontis de la estación*



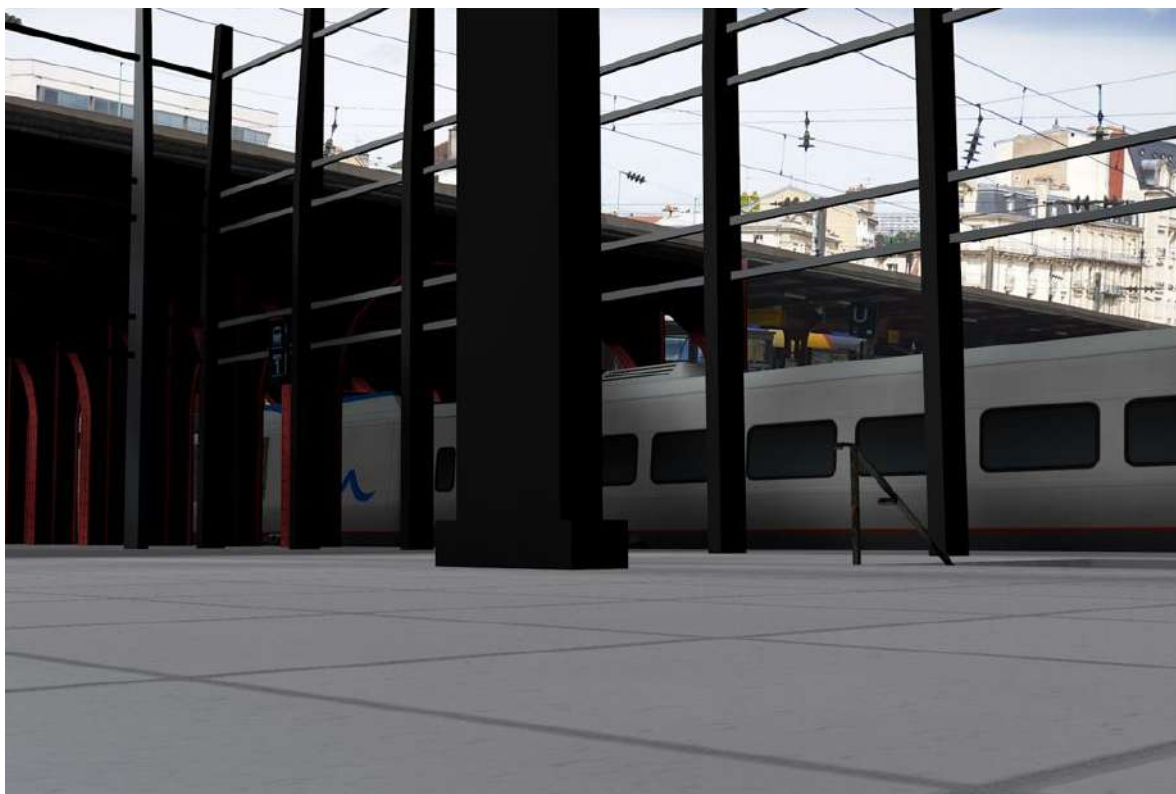
*Figura 27 Pasillo de la estación*



*Figura 28 Entrada de la estación*



*Figura 29 Diseño virtual acabado 1*

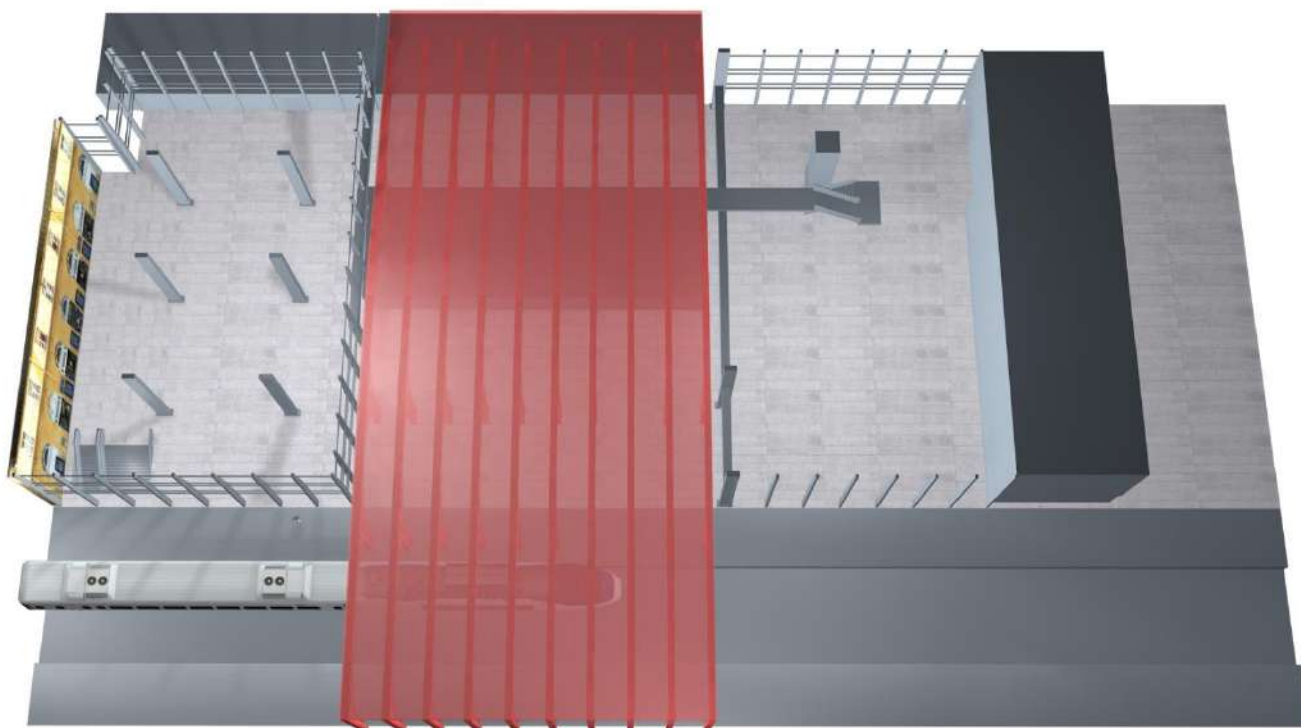


*Figura 30 Diseño virtual acabado 2*



*Figura 31 Sr. Davy Monticolo en inmediaciones de Human Games*





*Figura 32 Plano estación de tren*

Las figuras anteriores pertenecen al mundo virtual en una etapa más acabada y detallada, que ofrecerá una experiencia al usuario de mayor calidad y más realista. La figura 32 fue utilizada a modo de plano para determinar la ubicación de los sistemas de orientación según los distintos escenarios y soluciones propuestas.

## Anexo 3 Sistema integral

# Panel de Control

Encuesta perfil del usuario

Encuesta

Iniciar Simulación virtual

Simulación

Estructura de la encuesta

Modificar preguntas

Agregar preguntas

Información de los Hábitos de los usuarios

ir a Tabla

Información general de los usuarios

Tabla Información General

*Figura 33 Vista sistema menú principal*

## Interface de administrador

### Registrar una nueva pregunta

**Identificador:**

**Descripción:**

**Opción 1:**

**Opción 2:**

**Opción 3:**

**Opción 4:**

**Opción 5:**

**Opción 6:**

Tipo

Figura 34 Vista sistema creación de una nueva pregunta

### Modificar pregunta

**Preguntas:**

**Descripción:**

**Tipo:**

**Opción 1:**

**Opción 2:**

**Opción 3:**

**Opción 4:**

**Opción 5:**

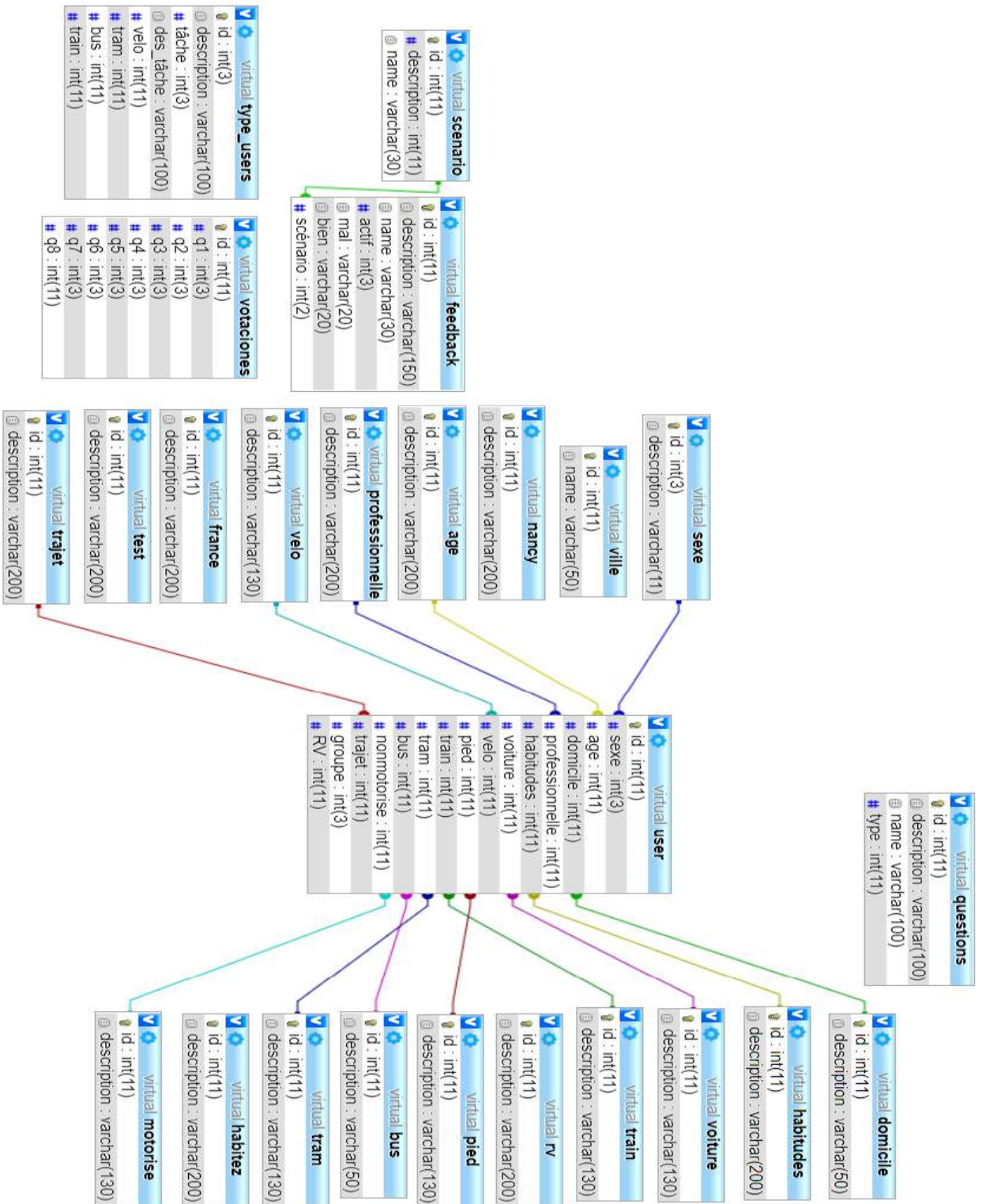
**Opción 6:**

Figura 35 Vista sistema modificar una pregunta

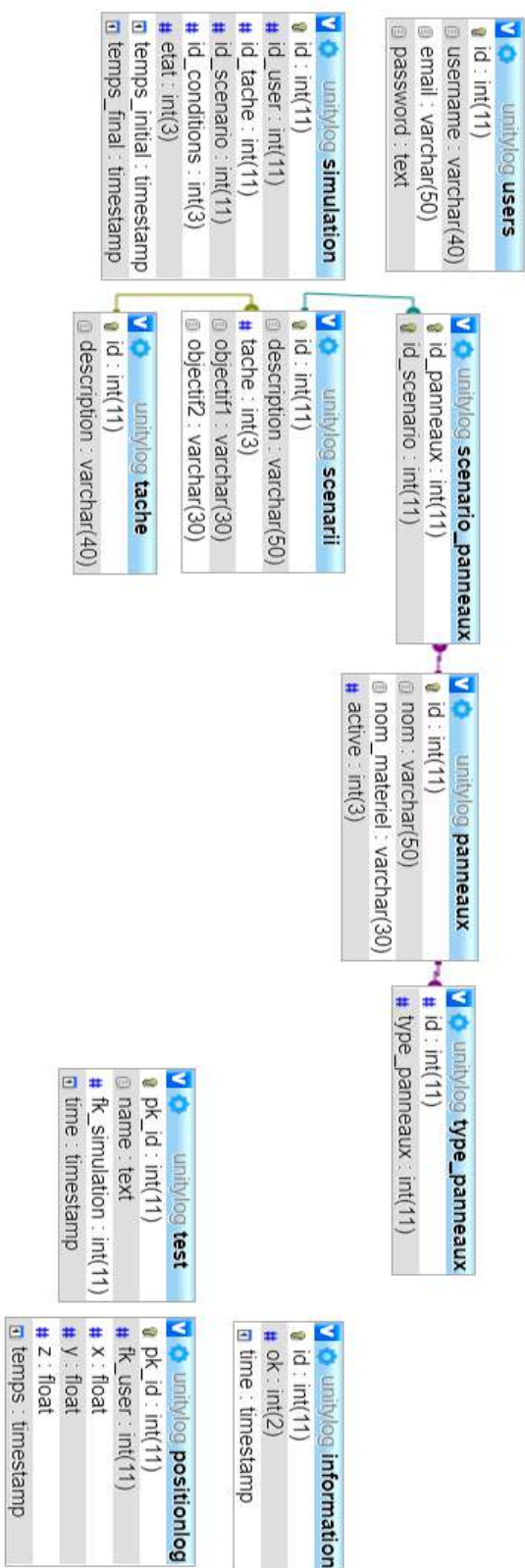


Figura 36 Vista sistema, encuesta experiencia del usuario

## Anexo 4 Base de datos de sistema de encuestas



## Anexo 5 Base de datos maqueta virtual



## Anexo 6 BPMN interacción de los sistemas

