



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**ESTUDIO DE TIEMPO DE TRANSBORDO,  
ANÁLISIS DE CASO EN LA ESTACIÓN  
INDUSTRIALES**

Autor(es)

Laura Isabel Tobón Caballero

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental  
Medellín, Colombia  
2019



ESTUDIO DE TIEMPO DE TRANSBORDO, ANÁLISIS DE CASO EN LA ESTACIÓN  
INDUSTRIALES

Laura Isabel Tobón Caballero

Informe de práctica o monografía o investigación o tesis o trabajo de grado  
como requisito para optar al título de:  
Ingeniería Civil.

Asesores (a) o Director(a) o Co- Directores(a).

Claudia Marcela Aldana Ramírez – Ingeniera Civil  
Miguel Alfonso Melo Rúales – Ingeniero Industrial

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental  
Medellín, Colombia  
2019.

# Índice de Contenido

1. Introducción .....	9
2. Objetivos .....	10
2.1 General.....	10
2.2 Específicos .....	10
4. Definición .....	11
5. El contexto de los transbordos .....	11
6. Clasificación del transbordo.....	12
6.1 Intervalo.....	13
6.2 Tipo de ruta .....	14
7. El intercambiador .....	16
8. Factores clave para intercambiadores eficientes .....	16
8.1 Tiempo de viaje y espera .....	17
8.2 Confort y comodidad.....	17
8.3 Seguridad y protección .....	17
8.4 Información.....	17
8.5 Accesibilidad.....	18
9. Tiempo de transferencia.....	18
9.1 Tiempo de caminata .....	19
9.2 Tiempo de espera .....	19
9.3 Otros tiempos.....	20
10. Estado del arte .....	20
10.1 Gare Du Nord (Paris) .....	20
10.1.1 Autobuses.....	23
10.1.2 Accesibilidad.....	23
10.1.3 Señalética e Información al viajero.....	24
10.2 La Moncloa (Madrid).....	25
10.2.1 Autobuses.....	27
10.2.2 Accesibilidad.....	29
10.2.3 Señalética e información al viajero .....	30
10.3 Sol (Madrid) .....	31
10.3.1 Autobuses.....	32
10.3.2 Accesibilidad.....	33

10.3.3 Señalética e información al viajero .....	34
11. Metro de Medellín .....	35
11.1 Estación Industriales .....	36
11.1.2 Accesibilidad.....	38
11.1.3 Señalética e información al viajero.....	39
12. Estudio de tiempos .....	41
12.2 Toma de datos en estaciones .....	41
12.2 Procesamiento de datos .....	43
13. Resultados y análisis.....	43
13.1 Tiempo de caminata para salida del sistema .....	43
13.2 Tiempo de caminata por pasarela de conexión .....	44
13.3 Tiempo de caminata en estación de buses.....	45
13.3.1 Tiempo de caminata en rampa .....	45
13.3.2 Tiempo de caminata en plataforma.....	47
13.4 Tiempo de espera .....	48
13.5 Longitud de fila .....	50
13.6 Tiempo de transferencia.....	51
14. Conclusiones .....	53
15. Referencias bibliográficas.....	55

## Lista de tablas

Tabla 1. Tiempo de transbordo entre rutas. ....	13
Tabla 2. Clasificación de los transbordos por tipo de ruta .....	14
Tabla 3. Estaciones de transferencia en el sistema de transporte masivo de Medellín.....	35
Tabla 4. Tiempo promedio de caminata para salida de la estación Metro Industriales.....	44
Tabla 5. Tiempo Promedio, máximo y mínimo de caminata por pasarela de conexión. Fuente: Creación propia .....	44
Tabla 6. Tiempo promedio, máximo y mínimo de caminata en rapa de estación Industriales buses. ....	46
Tabla 7. Tiempo promedio de caminata en plataformas de abordaje, estación Industriales buses. ....	47
Tabla 8. Tiempo promedio de espera en plataformas de abordaje, estación Industriales buses.....	48
Tabla 9. Tiempo máximo de espera en plataformas de abordaje, estación Industriales buses.....	49
Tabla 10. Longitud de fila de espera en plataforma de abordaje L1&L2 hacia UDEM. ....	50
Tabla 11. Longitud de fila de espera en plataforma de abordaje L1 hacia Aranjuez.....	51
Tabla 12. Tiempo promedio de transferencia desde estación de metro a estación de buses.....	51
Tabla 13. Tiempo máximo de transferencia desde estación de metro a estación de buses. Fuente: Creación propia. ....	52
Tabla 14. Tiempo mínimo de transferencia desde estación de metro a estación de buses. Fuente: Creación propia. ....	52

## Lista de gráficas

<i>Gráfica 1. Tiempo promedio de caminata en pasarela de conexión. Fuente: Creación propia con datos levantados en estación. ....</i>	<i>45</i>
<i>Gráfica 2. Tiempo promedio, máximo y mínimo de caminata en rampa estación Industriales buses. Fuente: Creación propia con datos levantados en estación. ....</i>	<i>46</i>
<i>Gráfica 3. Tiempo promedio, máximo y mínimo de caminata en plataforma de abordaje hacia UDEM. Fuente: Creación propia con datos levantados en estación. ....</i>	<i>48</i>
<i>Gráfica 4. Tiempo de espera en plataforma de abordaje L1&amp;L2 hacia UDEM. fuente: Creación propia con datos levantados en estación. ....</i>	<i>49</i>
<i>Gráfica 5. Tiempo de espera en plataforma de abordaje L1 hacia Aranjuez. Fuente: Creación propia con datos levantados en estación. ....</i>	<i>50</i>
<i>Gráfica 6. Tiempo promedio, máximo y mínimo de transferencia desde metro a L1&amp;L2 hacia UDEM y L1 hacia Aranjuez. Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.....</i>	<i>53</i>

## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Esquema mapa metro de Londres, 1906. Fuente: .....	11
Ilustración 2. Proceso de transferencia en una estación. Fuente: Xuefeng, C. 2016. Coordination and Optimization of Connecting Trains in a Transfer Station of Urban Mass Transit.....	18
Ilustración 3. Mapa esquemático del sistema de transporte público de Paris. Fuente: Creación propia con información de RAPT.....	21
Ilustración 4. Niveles al interior de Gare Du Nord. Fuente: Plan détaillé de la Gare de Paris-Nord <a href="http://www.gare-du-nord.paris/plan-gare-du-nord.php">http://www.gare-du-nord.paris/plan-gare-du-nord.php</a> .....	22
Ilustración 5. Estación Gare du Nord. Fuente: Google Maps. ....	22
Ilustración 6. Paraderos de autobuses en la estación Gare du Nord. Creación propia. Fuente: Google Maps. ....	23
Ilustración 7. Ascensor al interior de Gare du Nord. Fuente: Google Maps. ....	24
Ilustración 8. Facilitadores de desplazamiento vertical: Escaleras eléctricas. Fuente: Google Maps. ....	24
Ilustración 9. Señalética en pasillos al interior de la estación. Fuente: Google maps. ....	25
Ilustración 10. Señalética en accesos a las plataformas. Fuente: Google Maps. ....	25
Ilustración 11. Acceso estación La Moncloa. Fuente: Intercambiadores del transporte público de Madrid. CRTM. ....	26
Ilustración 12. Esquema plan de intercambiadores de transporte público Madrid. Fuente: CRTM.....	26
Ilustración 13. Esquema sistema de transporte público de la comunidad de Madrid. Creación propia. Fuente: CRTM.....	27
Ilustración 14. Interior de la estación La Moncloa. Fuente: CRTM. ....	28
Ilustración 15. Estación La Moncloa, nivel -1: Plataformas (dárselas) de abordaje de buses. Fuente: CRTM.....	29
Ilustración 16. Acceso alternativo estación La Moncloa sobre la calle Arcipreste de Hita. Fuente: Google Maps. ....	29
Ilustración 17. Accesibilidad en el vestíbulo de calle de la Princesa. Fuente: Google Maps.....	30
Ilustración 18. Información y señalética en dárselas de autobuses. Fuente: Google Maps.....	30
Ilustración 19. Señalética en el nivel -2: Vestíbulo de intercambio. Fuente: Google Maps.....	31
Ilustración 20. Acceso a las dárselas desde el vestíbulo de intercambio. Fuente: Google maps. ....	31
Ilustración 21. Esquema de niveles al interior de la estación Sol. Fuente: Ciudad FCC.....	32

Ilustración 22. Parada de autobús N°51 sobre la calle de Alcalá. Fuente: Google maps.....	33
Ilustración 23. Facilitadores de desplazamiento vertical en vestíbulo de tren de cercanías RENFE. Fuente: Ciudad FCC.....	33
Ilustración 24. Señalética al interior de la estación metro Sol. Fuente: Google maps. ....	34
Ilustración 25. Información y señalética en plataformas de acceso. Fuente: Google maps.....	34
Ilustración 26. Estación industriales metro (Der) e Industriales buses (Izq). Fuente: Jdapenao Di - <a href="https://www.flickr.com/photos/97765695@N04/30828064254/in/dateposted/">https://www.flickr.com/photos/97765695@N04/30828064254/in/dateposted/</a> , CC BY-SA 2.0, .....	36
Ilustración 27. Esquema mapa metro de Medellín. Fuente: Metro de Medellín. ....	37
Ilustración 28. Ingreso a estación de buses. Fuente: Creación propia tomada durante levantamiento de datos en estación. ....	38
Ilustración 29. Escaleras condicionadas con elevador lateral. Fuente: Google maps.....	38
Ilustración 30. Rampa al interior de la estación Industriales. Fuente: Google maps. ....	39
Ilustración 31. Señalética implementada en estación de metro. Fuente: Creación propia tomada durante levantamiento de datos.....	39
Ilustración 32. Señalética implementada en estación de buses. Fuente: Creación propia tomada durante levantamiento de datos.....	40
Ilustración 33. Señalética implementada en estación de Metro. Fuente: Creación propia tomada durante levantamiento de datos.....	40
Ilustración 34. Señalética al interior de la estación de buses. Fuente: Creación propia tomada durante levantamiento de datos.....	40
Ilustración 35. Formato para levantamiento de datos en estación. Creación propia. ....	42

# **ESTUDIO DE TIEMPO DE TRANSBORDO, ANÁLISIS DE CASO EN LA ESTACIÓN INDUSTRIALES**

## **1. Introducción**

Los transbordos o transferencias como se denominan en el sistema de transporte masivo del valle de Aburrá, son un componente importante que ayudan a generar cobertura e intermodalidad en cualquier sistema de transporte público de pasajeros. Por lo tanto, es un factor que influencia la movilidad de los viajeros y la calidad del servicio prestada a estos.

Al implementar transbordos se aumenta la complejidad del diseño de las estaciones y la operación del sistema, debido a que, estos deben ser sencillos, rápidos y ventajosos para los viajeros regulares, además, se puede convertir en un atributo para atraer usuarios potenciales.

En este sentido para en Metro de Medellín la calificación que tienen los usuarios acerca del servicio de transporte es muy importante, por esto se hace necesario examinar el sistema de transferencias para evaluar las necesidades y oportunidades imperantes, tomando en cuenta que el transbordo en si acarrea una cierta "sanción" por parte de los viajeros.

Actualmente el modelo del Sistema de Transporte Masivo del Valle de Aburrá es de espina de pescado, que cuenta con un tronco alimentado el cual es la línea A de metro y se integra con diferentes líneas de metro, tranvía, BRT y cable; dichas líneas se integran a través de las 10 estaciones de transferencia disponibles.

Debido a la saturación que presenta el modelo actual, el plan maestro del metro 2006-2030 plantea la necesidad de consolidar un sistema de transporte público en red que cuente con una integración multimodal a través de corredores de alta y mediana capacidad en la llanura y media ladera; de acuerdo con esto el análisis y los diseños de las transferencias y la asignación de los tiempos de transbordo es importante, no solo para mejorar percepción de los usuarios de la operación de un sistema con transbordos actual, sino también para dar cimientos de los requisitos mínimos que estos requieren para mejorar su viaje, y que sea replicable a diferentes estaciones del sistema.

La propuesta debe permitir que el usuario tenga mayor compromiso, adquiera hábitos de desplazamiento que se evidencien en la disminución de transbordos y uso del sistema.

## **2. Objetivos**

### **2.1 General**

Estudiar los tiempos de transbordo en la transferencia entre la línea 1 y 2 de buses con la Línea A del Metro en la Estación Industriales.

### **2.2 Específicos**

- Referenciar estaciones de transferencia de otros sistemas en el mundo.
- Contextualizar una estación de transferencia.
- Esquematizar el diseño y flujos de las estaciones de transferencia.
- Toma y análisis de mediciones en las estaciones.
- Realizar informe
- Recomendaciones finales.

## **3. Metodología**

- Revisión de la literatura, para referenciar el estado del arte de estaciones de transbordo en el mundo. Revisar los tiempos óptimos y los factores que se han empleado para mejorar las condiciones de transferencia.
- Contextualizar las estaciones, tanto de la infraestructura física que presta el servicio de transferencia como de los elementos de conexión vinculados a condiciones subjetivas que perciben los usuarios en su paso por estos puntos, los cuales agregan valor a su viaje y a los atributos del servicio del operador que los presta.
- Realizar los esquemas de las estaciones de transferencia implicadas en el proyecto y representar los flujos de usuarios en la respectiva estación.
- Visitar las estaciones a estudiar para realizar una inspección y el respectivo análisis de tiempos de viaje, intervalo de los vehículos, tiempo de espera, caminata y tiempo total de transbordo. Así mismo examinar largos de filas y la percepción del usuario en la transferencia.
- Analizar la información y obtener resultados, tomando en cuenta aspectos de movilidad y accesibilidad universal.
- Realizar informe y recomendaciones que mejoren la movilidad de los usuarios al reducir los tiempos de transbordos, y/o dar sugerencias que permitan una buena percepción del usuario a estos.

#### 4. Definición

De acuerdo con la RAE transbordar se refiere a la acción de trasladar personas o efectos de un vehículo a otro. Además, trasbordo puede expresarse como un enlace, conexión, cambio, empalme, traslado o **transferencia**.

En el transporte de pasajeros un transbordo alude a un proceso dinámico de viajes en el cual los pasajeros salen de una ruta y caminan a coger otra que está conectada a través de escaleras, ascensores, plataformas, pasillos, entre otros, es decir, se puede realizar en la misma plataforma o en diferentes plataformas. (Chen, 2016)

#### 5. El contexto de los transbordos

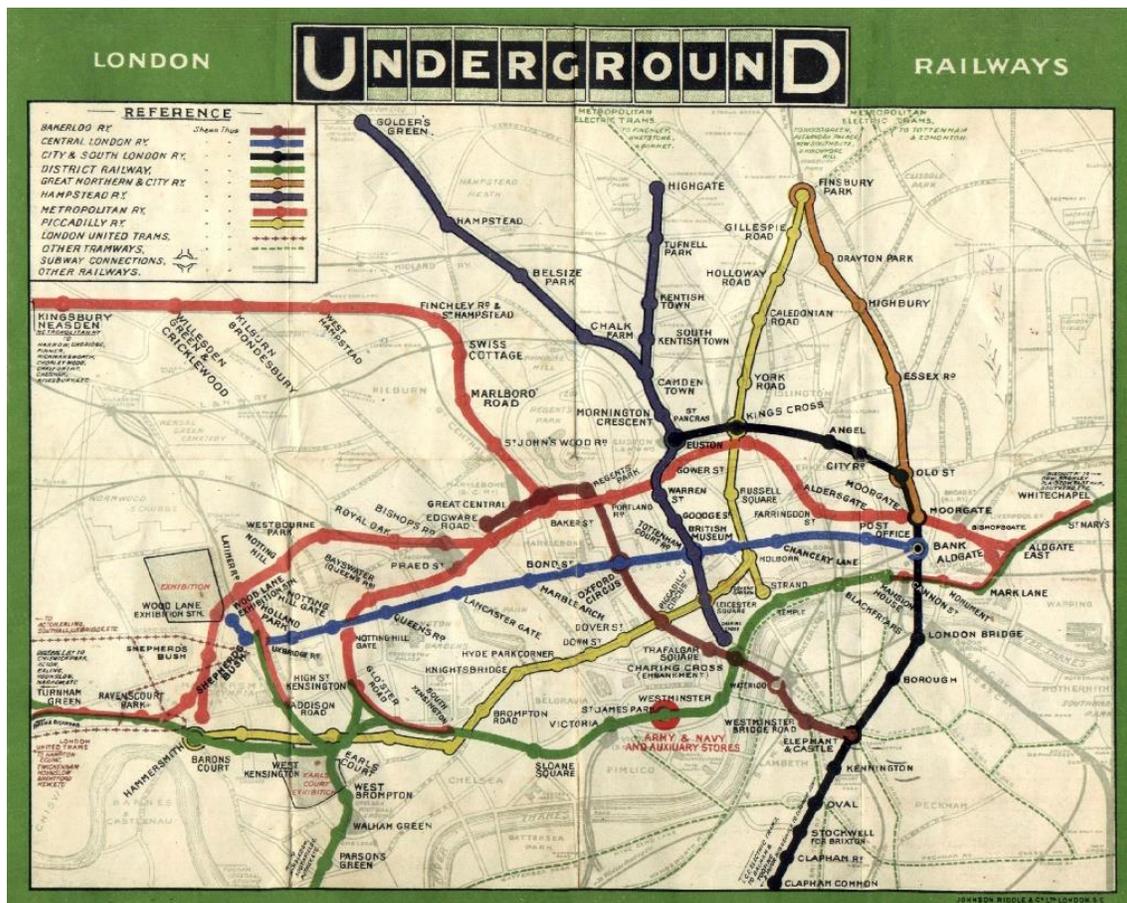


Ilustración 1. Esquema mapa metro de Londres, 1906. Fuente:

El Metro de Londres fue el primer tren urbano de pasajeros desarrollado en el mundo, el cual comenzó a operar en el año 1863, para 1864 comenzaron a extender el entramado del sistema desarrollando nuevas vías y

conectando antiguas vías férreas, por lo tanto, es lógico que allí se desarrollaran las primeras estaciones de transferencia. A pesar de esto, fue en abril de 1868 cuando un nuevo tramo operado por la compañía comenzó a operar transportando pasajeros de la estación Swiss Cottage a Baker Street donde se distribuían al resto de la línea ya existente. Se tiene registro de una conexión existente para el año 1864 entre las estaciones Kensington (Olympia) y Latimer, pero esta última no figura como estación sino hasta diciembre de 1868 la cual junto con Edgware Road fueron las estaciones de transferencia subsecuentes. Dichas conexiones se pueden observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Lo transbordos representan un componente importante en los recorridos del transporte público. No existe una red de transporte que pueda servir a todos los viajes mediante rutas directas y sin transbordos. Cuantos más transbordos existan, mucho más fácil es diseñar y operar eficientemente las distintas rutas que conforman una red ya que cada ruta puede ser diseñada específicamente para cubrir determinadas condiciones físicas, de volumen y tipo de demanda, aun cuando es deseable que se minimicen los transbordos entre rutas de transporte debido a que implica mayores tiempos de espera para el usuario, y este mayor tiempo no aumenta linealmente con el número de transbordos sino que lo hace de forma creciente, ya que mayores transbordos amplifican la varianza del tiempo total de viaje (Chen, 2016).

Estos tiempos están ligados a la percepción del usuario sobre el sistema de transporte debido a que, cuando alguien va a usar cualquier modo de transporte para llegar a un destino la pregunta clave es a qué hora debe salir de su punto de origen, quiere decir que la incertidumbre aumenta sobre la duración total del viaje. Es por esto que los transbordos requieren de una planeación y diseño adecuado que haga más eficiente el sistema, así como conveniente al usuario y con ello atraerlo al sistema. (Briones, 2009)

El diseño y la operación de las estaciones de transferencia son vitales en un sistema de transporte pues los factores que influyen el tiempo en el proceso de transbordo están ligados a estas características. Estos factores pueden hacer el proceso cómodo o que sea reprobado por los usuarios, y afectan de manera directa el tiempo viaje de un usuario.

## **6. Clasificación del transbordo**

De acuerdo con Molinero el análisis de los transbordos se puede realizar utilizando dos aspectos involucrados en la operación del sistema: el intervalo y el tipo de ruta. Estos aspectos incluyen el examen de características del servicio como lo son: El tiempo necesario para llevar a cabo la transferencia,

el número de trasbordos posibles, la dirección y la importancia para el funcionamiento del sistema de transporte.

## 6.1 Intervalo

Este es el tiempo que transcurre entre el despacho de dos unidades en el transporte, el cual afecta directamente el tiempo de espera y el de transbordo que se plasma en el tiempo total de recorrido. Teniendo en cuenta este aspecto, los recorridos o rutas pueden ser de intervalo corto o de intervalo largo, como se muestra en la Tabla 1. Aunque la Teoría clasifica con estos tiempos los intervalos cortos (<10 min) y largos (>10 min), para el caso de Medellín se debe caracterizar de acuerdo a la frecuencia que tienen los diferentes corredores en la misma franja horaria, bien sea en hora pico o valle.

En rutas de alta demanda se busca que el tiempo de transbordo sea bajo, lo que implica que los intervalos de cada ruta sean cortos. En situaciones cuando se pasa de una ruta de intervalo corto a una de intervalo largo los tiempos de espera pueden variar en gran proporción. Esta situación afecta la comodidad que perciben los usuarios del servicio y puede controlarse si se ofrecen a los usuarios los horarios para todas las rutas, de tal forma que puedan planear su viaje.

Tabla 1. Tiempo de transbordo entre rutas.

		Ruta de destino	
		Intervalo corto	Intervalo largo
Ruta de origen	Intervalo corto	Tiempos de transbordo corto	Los tiempos de transbordo varían, incluso pueden ser similares al intervalo largo.
	Intervalo largo	Tiempos de transbordo corto	Pueden ser: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Intervalos iguales y simultáneos. Genera tiempos de transbordo cortos.</li> <li>2. Iguales pero no simultáneos. Pueden llegar a ser transbordos cortos si se coordinan.</li> <li>3. Diferentes. Que son imposibles de coordinar. Tiempos de transbordo largos.</li> </ol>

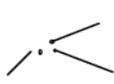
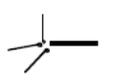
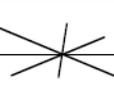
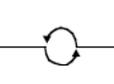
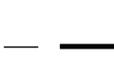
Fuente: Angel Molinero. Transporte público: planeación, diseño, operación y administración. 1997

## 6.2 Tipo de ruta

En la configuración de las rutas hay dos aspectos importantes, el primero es la relación del corredor con el punto de transbordo, pues en el punto de transbordo puede terminar la ruta o ser un punto de paso, llegando a ser una ruta terminal o una ruta de paso. El segundo aspecto hace referencia a la semejanza que tengan los corredores en relación a su intervalo, capacidad, características de infraestructura física. Debido a que, los corredores troncales cuentan con mayor frecuencia, capacidad y desempeño, ya que deben absorber adecuadamente la afluencia de usuarios especialmente en las horas pico, a diferencia de los corredores que sirven como rutas alimentadoras, que realizan la función de recolección y distribución de los pasajeros.

En la siguiente tabla se presentan la clasificación de los trasbordos tomando en cuenta el tipo de ruta, donde se puede observar la gran variedad de transbordos en relación con los corredores a los cuales sirve, y brinda información del número de transbordos posibles para cada caso.

Tabla 2. Clasificación de los transbordos por tipo de ruta

Caso	Número de rutas		Permutaciones de transbordo	Rutas similares			Troncal con alimentadoras		
	Terminales	De paso		Croquis	Caso Típico	Comentario	Croquis		
1	$N_s$	0	$N_s (N_s - 1)$		Terminales de rutas suburbanas	Se requiere coordinación entre rutas la cual se puede lograr fácilmente			
2	0	$N_t$	$4N_t (N_t - 1)$		Cualquier punto con varias rutas que se intersecten	Es deseable coordinar los transbordos pero ocasiona demoras a los usuarios de paso			
3	$N_s$	$N_t$	$(N_s + 2N_t)^2$ $(N_s + 4N_t)$		Rutas que terminan o se intersectan	Es deseable la coordinación de transbordos y se puede lograr mas fácilmente que en el caso 2			-
4	2	0	2		Punto terminal de dos rutas suburbanas	-		Troncal con alimentador	-
5	0	2	8		Punto de cruce de dos rutas	-		Troncal con una ruta alimentadora que la intersecta	-
6	1	1	4		Punto donde una ruta termina y la otra es de paso	-		Troncal con una ruta que termina	-

Fuente: Vukan R. Vuchic, Angel Molinero y Richard Clarke. *Timed Transfer System: Planning, Designand Operation*. Washington DC: UMTA, 1981.

Para el estado actual de Medellín se abordará los casos 1, 2, 3 y 6.

**Caso 1:** Presenta todas las rutas  $N_e$  que llegan a un punto de transbordo terminan en dicho punto, teniéndose un total de  $K$  transbordo.

$$K = N_e \times (N_e - 1)$$

En el Metro de Medellín este caso se presenta frecuentemente en las estaciones donde convergen líneas de Metro y de Metrocable como lo son las estaciones Oriente, San Javier y Santo domingo, donde se realiza transferencia con la línea de cable turística L, en la línea A la estación Niquia es la gran terminal de rutas integradas en el norte del Valle de Aburrá.

**Caso 2:** Este caso representa los puntos de transbordo donde todas las rutas de paso  $N_i$  pasan por el punto de transbordo.

$$K = 4N_i \times (N_i - 1)$$

Esta situación se presenta en todas las estaciones de transferencia del Metro con las líneas 1 y 2 de buses BRT, tal es el caso de las estaciones Cisneros, hospital e Industriales, al igual que en la parada San José de la línea TA de tranvía donde se puede realizar transferencia con la línea 2 de buses BRT.

**Caso 3:** Presenta la situación en la que se reúnen tanto  $N_e$  rutas terminales y  $N_i$  rutas de paso.

$$K = (N_e + 2N_i)^2 - (N_e + N_i)$$

Actualmente la estación San Antonio es la que presenta esta configuración, presentando conexión entre las líneas A, B y TA. Para las líneas B y TA, San Antonio es la estación terminal donde finalizan sus respectivos recorridos mientras que la línea A sigue hacia el sur y hacia el Norte. Tomando en cuenta la ecuación dada para esta estación hay 10 transbordos posibles.

**Caso 6:** Transbordos entre una ruta terminal y una de paso, que origina únicamente 4 transbordos posibles. Tal como se presenta en las estaciones de integración con los cables M y K, en las estaciones Miraflores y Acevedo respectivamente.

En relación a esto, para ofrecer un servicio en la red de transporte integrado con transbordos eficaces se debe realizar un análisis de los tipos de corredores, la relación entre los corredores, los movimientos de transbordos entre corredores, los intervalos, los tiempos de traslapo y los tiempos de cada corredor en terminal. Así mismo, si se desea abordar las velocidades de operación para que estas sean las adecuadas deben analizarse la longitud del respectivo corredor con el fin de preparar los correspondientes itinerarios.

## **7. El intercambiador**

Los intercambiadores son las estaciones de transferencia a las cuales confluyen dos o más líneas/rutas, estas instalaciones ayudan a dar continuidad a los desplazamientos de los viajeros a través de las etapas que estos realicen, facilitando el cambio entre líneas bien sea al mismo modo de transporte o a otro modo el cual se debe dar de manera coordinada.

El intercambiador de transporte, como se ha denominado en castellano, corresponde a los términos *Pôle d'échanges*, en francés, y *Transport Interchange*, en inglés, aunque este último es usado principalmente en el Reino Unido, mientras que en Estados Unidos se utilizan expresiones como: *Transfer Center*, *Transit Transfer*, *Intermodal Transfer Facilities*, *Terminal* o *Point Transfer* (Díaz, 2011, p18).

Los transbordos son una pieza esencial en el transporte multimodal, para el cual una persona que se desplaza de un origen debe utilizar varios modos para alcanzar su destino. Realizar un viaje haciendo uso combinado de varios modos de transporte constituye la intermodalidad y el cambio de uno a otro el intercambio modal (Gomez-Gutierrez, 2016).

Así mismo, en el marco de la intermodalidad han sido desarrollados los denominados estacionamientos disuasorios, que son usados para conectar viajes desde vehículos privados hasta el transporte público. Existen casos como en España donde los operadores de transporte público incorporaron a las estaciones ubicados en la periferia estos estacionamientos, aprovechando su infraestructura física lo cual facilita la transferencia entre estos modos, con ello no solo logran reducir el número de viajes en vehículo privado también atraen más usuarios a su sistema.

## **8. Factores clave para intercambiadores eficientes**

El análisis de los transbordos requiere entender que para el usuario el acto de cambiar de modo o abordar otro vehículo es una barrera en sí, esto se ha denominado como "interchange penalty" o sanción a la transferencia. Es esencial entonces proveer a los intercambiadores conveniencia, es decir que sean sencillos, rápidos y ventajosos. Si se desea crear intercambiadores eficientes, es necesario identificar y entender aquellos elementos que influyen la percepción de los usuarios al servicio prestado. En la literatura los factores más discutidos son los siguientes:

## **8.1 Tiempo de viaje y espera**

De acuerdo con el proyecto City-Hub (Ubbels, 2013), para estudiar los tiempos de viaje no solo se debe tener en cuenta el tiempo que le toma a un usuario moverse en el vehículo, este viaje se debe contar desde que se abandona el lugar de origen del viaje hasta que el usuario llega al destino. En los viajes multimodales esto incluye los tiempos de espera en cada fase del trayecto, el viaje en cada vehículo, e incluso los tiempos de caminata entre cada fase.

## **8.2 Confort y comodidad**

El confort está relacionado a la disponibilidad de facilidades dentro del intercambiador que convierten el tiempo invertido allí más placentero (Ubbels, 2013). Dicha comodidad está relacionada al ambiente y la disposición de la infraestructura en la estación, ya que, evalúa aspectos como calidad de las áreas de espera y descanso, así como instalaciones y zonas comerciales (Lois, 2018), también toma en cuenta la disponibilidad de protección y refugios a la intemperie.

## **8.3 Seguridad y protección**

En los sistemas de transporte público la seguridad hace referencia al nivel de riesgo y vulnerabilidad a experimentar incidentes de crimen y de orden, este ítem en el intercambiador se transmite a la percepción que tienen los usuarios tanto de permanecer en la estación como de viajar sin riesgo ni daño (Lois, 2018). La seguridad abarca aspectos que van desde la seguridad vial, personal y espacial. La protección está ligada a temas de vigilancia y comodidad ofrecidos en el intercambiador.

## **8.4 Información**

Hace referencia a comunicaciones, señalización o cualquier interacción con el usuario que suministran información visual, auditiva e impresa, para generar en estos un mejor entendimiento de los sistemas de transporte y sus servicios (Molinero, 1997).

En un estudio llevado a cabo por Monzón se realizó un análisis en estaciones de transferencia teniendo en cuenta para la información los siguientes aspectos:

- Numero de puntos de información, distinguiendo si en cada caso se contaba o no con personal.

- Tipo de información en esos puntos y alrededor de ellos.
- Tipo de información en tiempo real para los pasajeros: instrucciones, incidentes, retrasos, entre otros.
- Información "on-line".

Para los intercambiadores el tipo de información que es esencial está relacionada con (Ubbels, 2013): las rutas que llegan a la estación, lugar específico donde se detiene cada ruta, articulación con otras formas modales, facilidades en la estación, ubicación de accesos.

## 8.5 Accesibilidad

Se refiere con accesibilidad a la creación de espacios fáciles de usar para todos los viajeros incluyendo aquellos que con capacidades diferentes y/o con movilidad reducida, en todas las etapas de viaje. En el proyecto city-Hub (2013) se referenció que las principales barreras para personas con discapacidad son de tipo informativas y físicas. Del mismo modo se encontró algunas comodidades útiles en un intercambiador que facilitan el acceso y desplazamiento como: Elevadores, escaleras eléctricas, rampas, ejes de visibilidad entre modos, rutas lógicas directas e ininterrumpidas, proveer asistencia para viajeros con movilidad reducida, sistemas de guía táctica, iluminación, provisión de servicios, facilidades para bicicletas, información multimodal y venta de tiquetes.

## 9. Tiempo de transferencia

Chen (2016) indica que el tiempo de transferencia abarca todo el periodo que le toma a un pasajero salir de un tren/vehículo que arriba a la estación, caminar a través de la estación de transferencia, llegar a otra plataforma de abordaje, esperar el tren/vehículo de salida y abordarlo. De acuerdo con la literatura este tiempo de transferencia se aborda en tres fases: tiempo de caminata, tiempo de espera y otros tiempos.

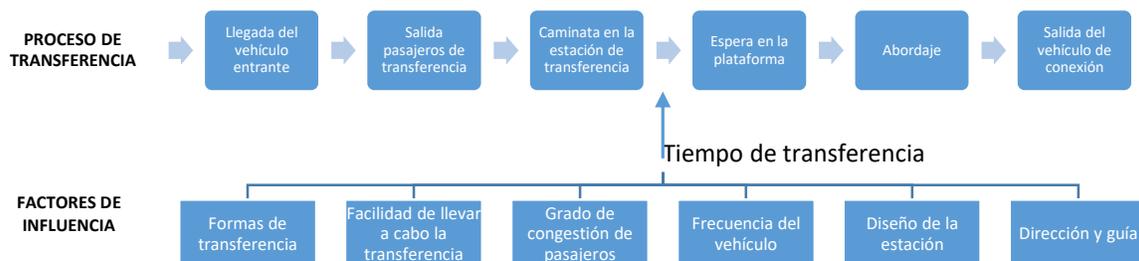


Ilustración 2. Proceso de transferencia en una estación. Fuente: Xuefeng, C. 2016. *Coordination and Optimization of Connecting Trains in a Transfer Station of Urban Mass Transit.*

## 9.1 Tiempo de caminata

Consiste en el tiempo que le toma a un pasajero salir del vehículo, el tiempo en el cual el pasajero camina de una plataforma de abordaje a otra y el tiempo en el cual el pasajero aborda el vehículo de conexión.

Para este tiempo existen algunos factores de influencia que impactan la eficiencia de la transferencia, como lo son: las formas de transferencia, la distancia de caminata dentro de la estación y el grado de congestión por el flujo de usuarios.

- Formas de transferencia:

Hace referencia a la configuración dada a la infraestructura para que los usuarios puedan realizar la conexión entre vehículos. Cuando se habla de las formas de transferencia las más comúnmente usadas son en la misma plataforma, a través de un pasillo, transferencia a través del vestíbulo de una estación y transferencia saliendo de la estación.

Entre más compleja sea la configuración se aumenta el tiempo de caminata, especialmente si el usuario debe salir de la estación.

- Distancia de caminata:

Teóricamente para calcular la distancia de caminata se debe tomar en cuenta la longitud del pasillo a través del cual se realiza la transferencia más la longitud de las dos plataformas. Para este ítem se debe tomar en cuenta si hay escalas, escaleras eléctricas y/o rampas, ya que afectan la longitud que debe asignarse a los pasillos y la velocidad de caminata.

- Grado de congestión por volumen de flujos de usuarios:

Debido al limitantes dado por la capacidad de la infraestructura el grado de congestión, asociados a los niveles de servicio, causa que la velocidad de caminata varíe, así pues, grandes flujos de usuarios disminuyen la velocidad de caminata haciendo que para transitar una misma distancia tome más tiempo (Cheng, 2016)

## 9.2 Tiempo de espera

Este tiempo va desde el momento en el que el pasajero llega a la otra plataforma hasta el momento cuando los trenes/vehículos de salida llegan a la estación de transferencia. La espera en la transferencia es directamente afectada por la frecuencia de operación de los vehículos, coordinar el

intervalo de los vehículos que llegan y salen puede optimizar el sistema, creando menores tiempos de espera. En este ítem también se debe tomar en cuenta aspectos como el volumen de pasajeros en la estación de transferencia, densidad de pasajeros que repercuten en el tiempo de permanencia en la estación.

### **9.3 Otros tiempos**

Existen unos tiempos que no abarcan los tiempos de caminata ni de espera, como los retrasos en los vehículos y tiempos en los cuales el pasajero puede obtener información para orientarse.

## **10. Estado del arte**

### **10.1 Gare Du Nord (Paris)**

La estación Gare du Nord está ubicada en el distrito 10 de París llamado también Enclos-Saint-Laurent ó l'Entrepôt. Esta estación es un importante centro regional y nacional, Gare Du Nord es la estación de trenes más concurrida de París tiene un tránsito de aproximadamente medio millón de pasajeros que realizan transferencia por esta estación diariamente<sup>1</sup>, además, cuenta con la calidad de ser una estación internacional. Desde allí se pueden tomar los trenes internacionales de alta velocidad (Eurostar y Thalys) para llegar a otras ciudades europeas Lille, Amsterdam o Colonia, es la última parada del Eurostar de Londres y el Thalys desde Bruselas.

Paris Gare Du Nord presta su servicio a diversos modos como: Metro, Trenes regionales RER (Réseau Express Régional-Red ferroviaria exprés regional), Trenes de cercanías Transilien, autobús, automóvil privado, líneas que son manejadas por dos operadores: SNCF (Société nationale des chemins de fer français-Compañía nacional de ferrocarriles franceses), RATP (Régie Autonome des Transports Parisiens-Consorcio regional de transportes de la región Île de France). Cuenta con las líneas de metro 4 y 5, la línea B, D del RER y es la estación terminal de las líneas H y K transilien, así como varias rutas de autobuses urbanos diurnos y nocturnos de la RAPT, además se puede caminar a través de pasillos internos hasta la estación magenta donde se puede tomar la línea E del RER, así mismo a la estación La Chapelle para realizar correspondencia con la línea 2 del metro.

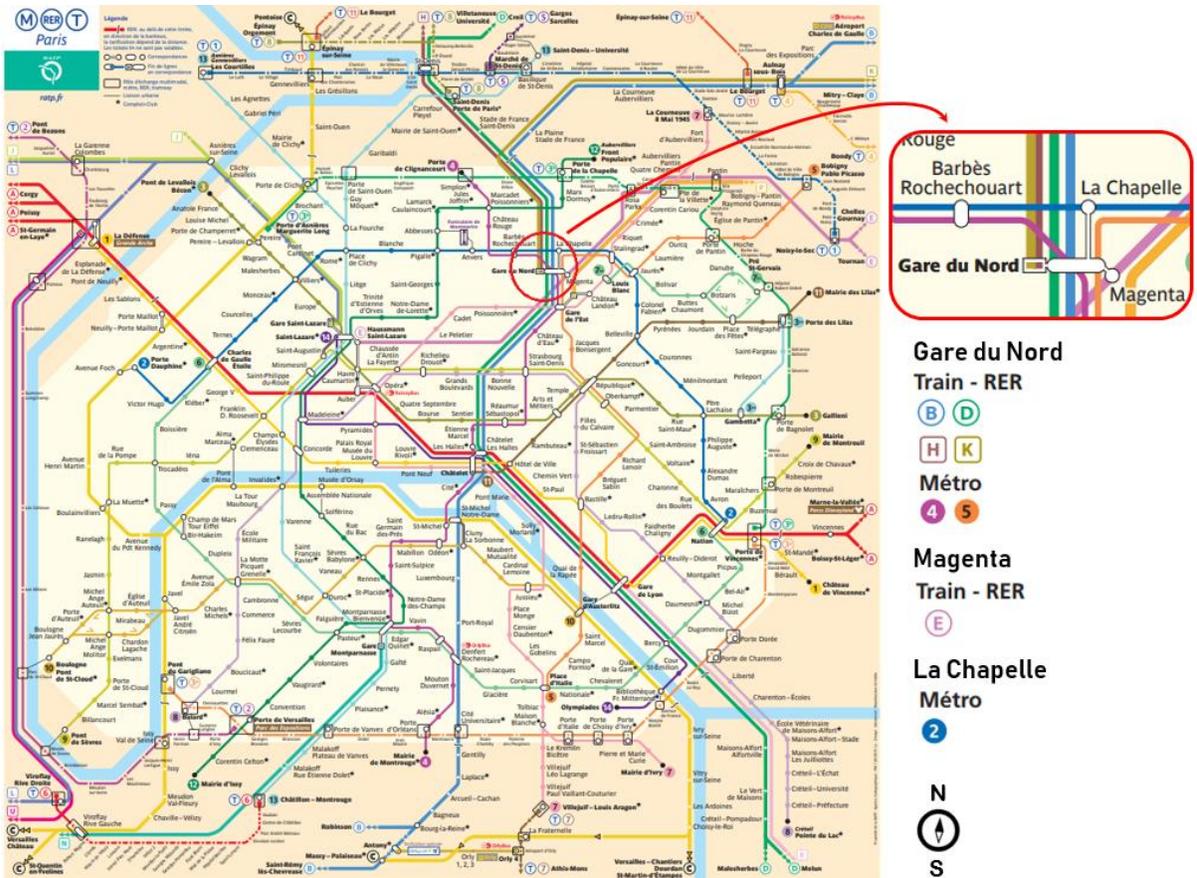


Ilustración 3. Mapa esquemático del sistema de transporte público de París. Fuente: Creación propia con información de RATP.

El principio de este intercambiador se dio a finales de los años 70, para conectar la línea B del RER con las líneas de metro, trenes de cercanías y la terminal de autobuses. Esta estación ha sido adaptada al incremento en la complejidad de los múltiples flujos de viajeros, pues a mediados de los noventa su capacidad se había quedado insuficiente para los volúmenes de pasajeros y para atender las necesidades en términos de comodidad, servicio, seguridad y operatividad (Aróstegui, 2016).

La renovación realizada se dio en dos fases, y la creación del centro multimodal que es el gran intercambiador con los sistemas de transporte público se dio en la segunda fase. Actualmente la estación cuenta con un vestíbulo compuesto por dos naves, en el cual se une el flujo de pasajeros hacia los diferentes espacios que se componen por 5 niveles, además, se conecta a través de corredores a la estación Magenta y la estación La Chapelle.

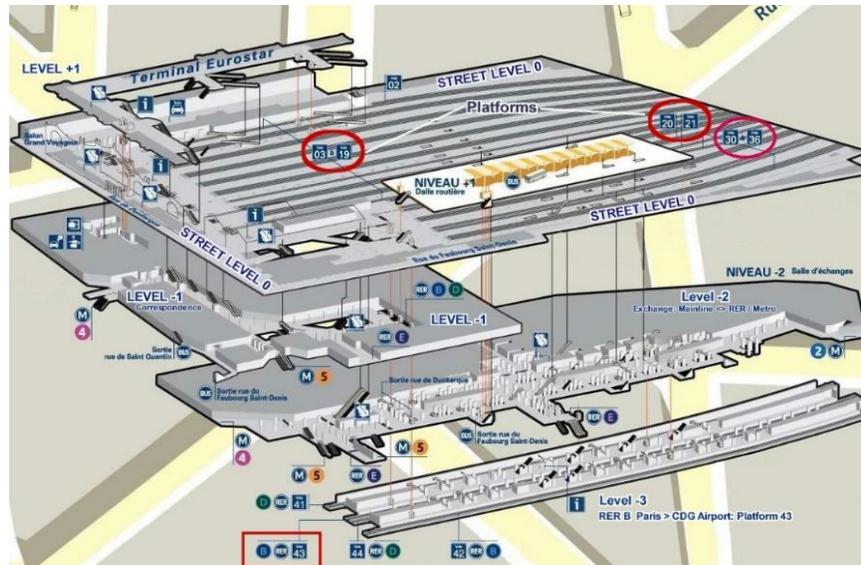


Ilustración 4. Niveles al interior de Gare Du Nord. Fuente: Plan détaillé de la Gare de Paris-Nord <http://www.gare-du-nord.paris/plan-gare-du-nord.php>

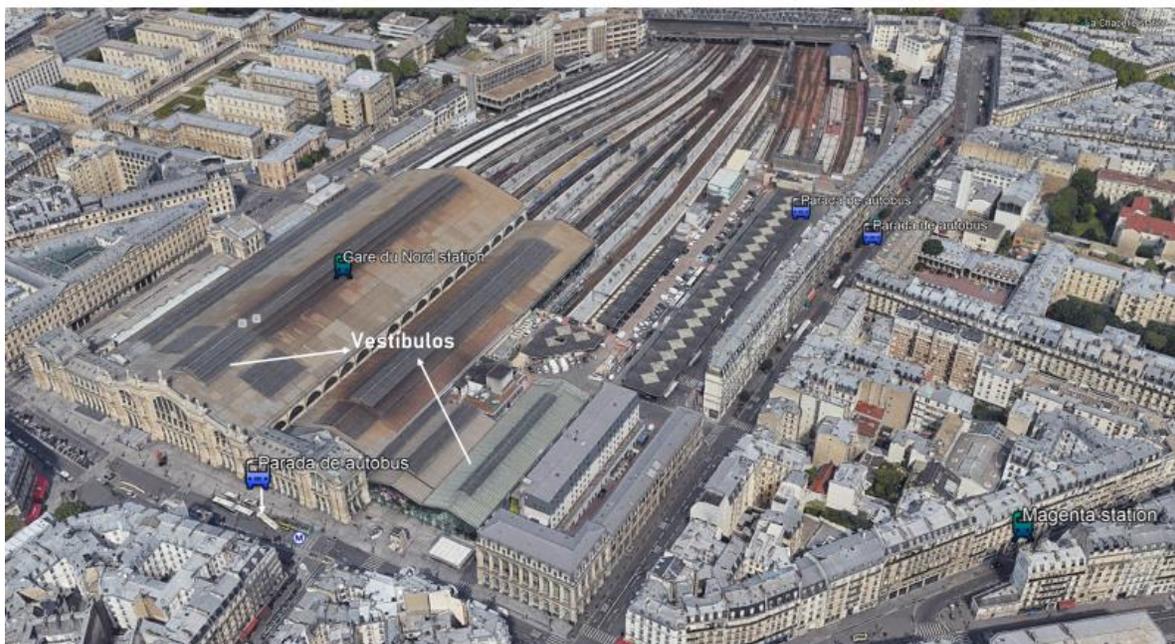


Ilustración 5. Estación Gare du Nord. Fuente: Google Maps.

De acuerdo con los resultados del proyecto GUIDE Gare du Nord es un buen ejemplo de la aplicación de una estrategia combinada de varios operadores y modos trabajando juntos, conectando el espacio de transferencia con su entorno. Al mismo tiempo, teniendo en cuenta el tamaño, el tráfico y la complejidad del intercambio, se consideró en general que se atendía de manera eficiente y desde un punto de vista operativo del traslado de pasajeros funcionaba bien.

### 10.1.1 Autobuses

Si bien esta estación tiene carácter internacional, la correspondencia con líneas de metro y autobuses brinda conexiones locales en el entorno urbano. Las paradas de autobuses están dispuestas dentro y alrededor de la estación, algunas de ellas cuentan con techo que resguardan a los viajeros de las condiciones climáticas.

El grupo GUIDE consideró la estación de autobuses comparado con la estación de trenes principal de mala calidad, tomando en cuenta aspectos como la calidad del suelo y de los refugios, también se percibió esta zona insegura debido a la mala conexión peatonal.

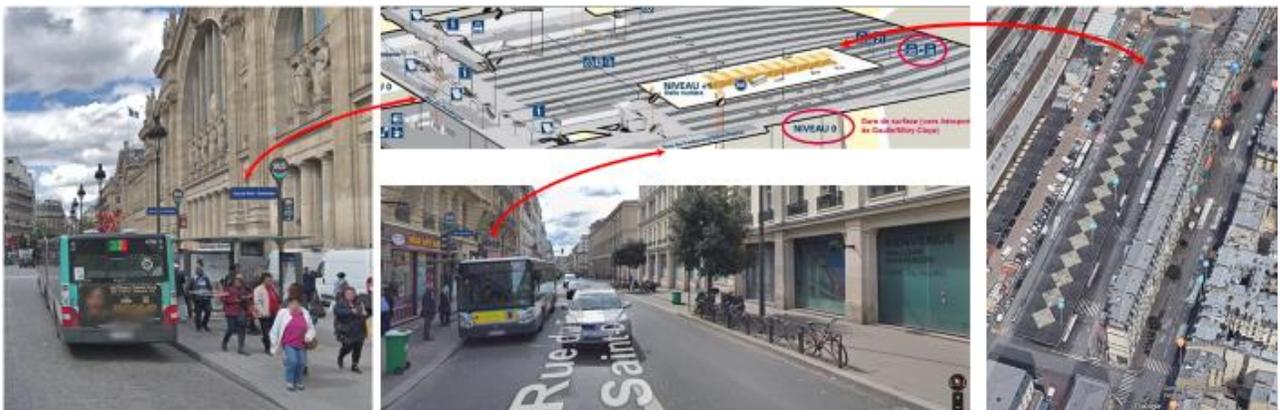


Ilustración 6. Paraderos de autobuses en la estación Gare du Nord. Creación propia. Fuente: Google Maps.

### 10.1.2 Accesibilidad

Las distancias de caminata entre cada uno de los servicios de transporte dentro de la estación son largas, si bien hay conexión entre pasillos que facilitan los recorridos horizontales, los recorridos verticales se pueden realizar a través de escaleras y principalmente escaleras eléctricas, además cuenta con ascensores los cuales indican los pisos en los cuales los usuarios pueden descender, pero se encuentran alejados de los accesos por lo cual no son tan notorios.

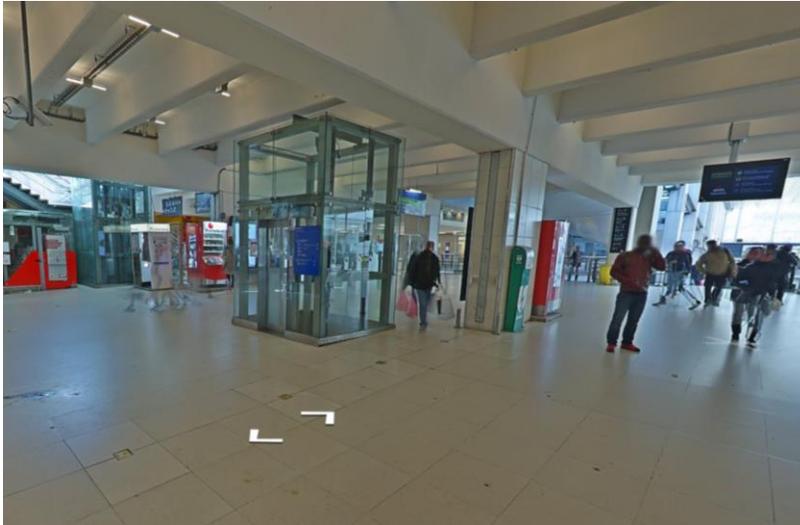


Ilustración 7. Ascensor al interior de Gare du Nord. Fuente: Google Maps.



Ilustración 8. Facilitadores de desplazamiento vertical: Escaleras eléctricas. Fuente: Google Maps.

### 10.1.3 Señalética e Información al viajero

La estación cuenta con información en francés e inglés. La señalética implementada indica no solo los accesos a las líneas, también, los servicios y facilidades existentes, de manera agrupada y práctica.

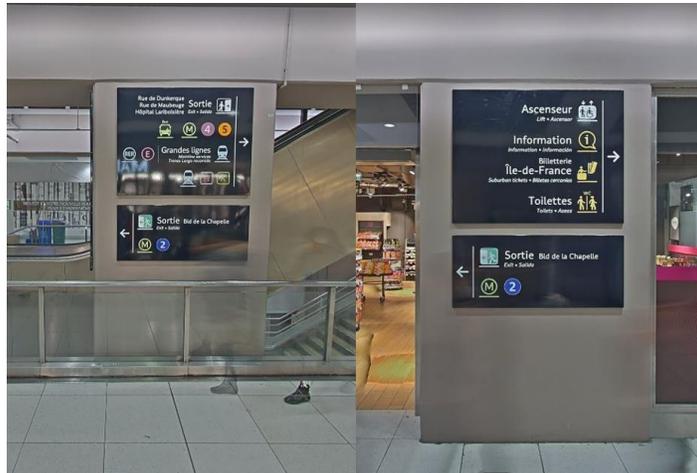


Ilustración 9. Señalética en pasillos al interior de la estación. Fuente: Google maps.

En la zona de ingreso a las diferentes líneas se puede encontrar el esquema que indica las estaciones hacia las cuales se dirige el vehículo, como se observa en la ilustración 9.

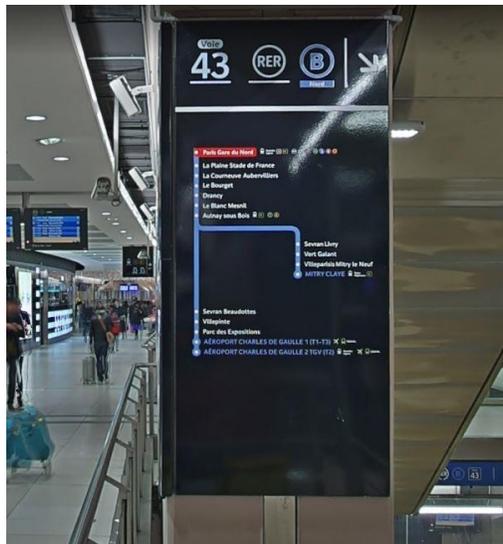


Ilustración 10. Señalética en accesos a las plataformas. Fuente: Google Maps.

## 10.2 La Moncloa (Madrid)

En la red de transporte de Madrid los grandes puntos intermodales se clasifican en tres grupos: intercambiadores, áreas intermodales y puntos de intercambio. Las áreas intermodales y los puntos de intercambio conectan principalmente recorridos de ámbito urbano, mientras que los intercambiadores son puntos de acceso al municipio de Madrid y desempeñan el papel de dispersión de los viajes metropolitanos a través de la línea circular del metro (línea 6) (CRTM, 2016).



Ilustración 11. Acceso estación La Moncloa. Fuente: Intercambiadores del transporte público de Madrid. CRTM.

La Moncloa hace parte del plan de intercambiadores de Madrid, los cuales son nodos intermodales ubicados alrededor de la municipalidad de Madrid en correspondencia con las carreteras que comunican la ciudad con la comunidad autónoma. El proyecto en mención tiene por objetivo reducir los tiempos de viaje y mejorar la calidad del servicio, creando nodos que simplifiquen las condiciones de transferencia, es decir, reducir los tiempos y las distancias de transferencia entre los modos (Tozzi, Delgado, Di Pasquale y Dos Santos, 2015).

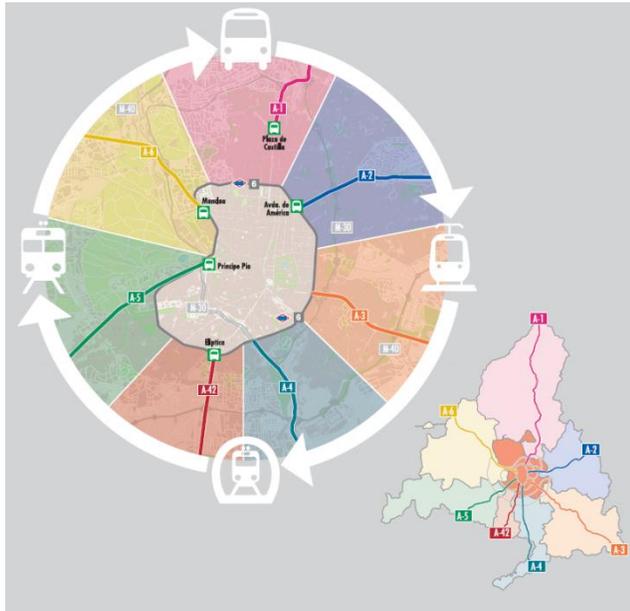


Ilustración 12. Esquema plan de intercambiadores de transporte público Madrid. Fuente: CRTM.

Este intercambiador ubicado al noroeste de Madrid dentro de la zona tarifaria de abono metro A; conecta las líneas de autobuses interurbanos y de largo recorrido que acceden a Madrid por la carretera de La Coruña A-6, las líneas 3 y 6 de Metro, y las líneas de autobuses urbanos de Madrid EMT (Empresa Municipal de Transportes de Madrid).



Ilustración 13. Esquema sistema de transporte público de la comunidad de Madrid. Creación propia. Fuente: CRTM.

Fue inaugurado como el primer intercambiador en 1994 y años después ampliado, 2008, para aumentar su capacidad. Cuenta con 36 dárselas para recibir 56 líneas de autobuses interurbanos y 20 líneas de autobuses urbanos. Es considerada la estación con la más alta demanda en el sistema de metro de Madrid, de acuerdo con City-HUB Project en rutas urbanas e interurbanas recibe más de 400000 pasajeros por día. Las dárselas mencionadas se distribuyen en 3 islas separadas y diferenciadas ubicadas en el nivel -1, en el siguiente nivel bajo suelo se encuentra los vestíbulos que conectan hacia las líneas de metro, así mismo la zona comercial y la zona de servicios al viajero.

### 10.2.1 Autobuses

La carretera A-6 tiene un carril VAO, exclusivo para vehículos de alta ocupación, dicho carril es de uso mixto el cual 3 km antes de la Puerta de Moncloa se convierte en solo bus y tiene conexión directa al intercambiador lo que permite tiempos y tramos de viaje más cortos, y descongestionados debido a que la terminal de buses es subterránea, que en su primera fase de implementación sacó de circulación en superficie alrededor de 5000 buses (CRTM, 2016). Estas condiciones han propiciado el incremento de la demanda en este intercambiador, convirtiendo La Moncloa en la estación de más alta demanda del sistema metro.

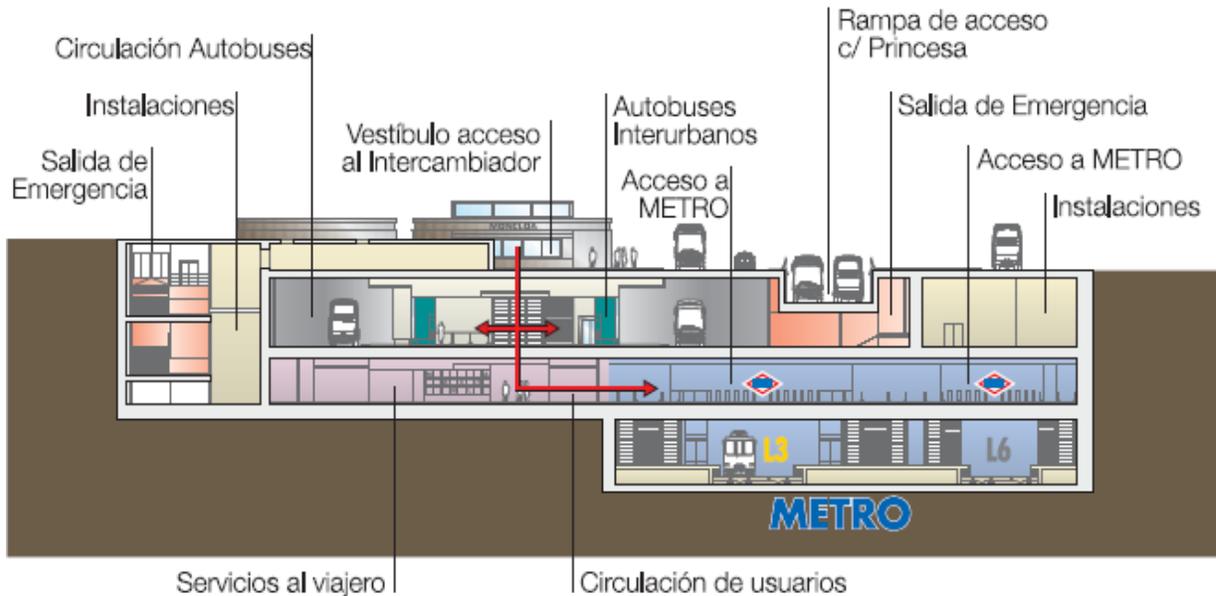


Ilustración 14. Interior de la estación La Moncloa. Fuente: CRTM.

La terminal de autobuses está conformada por 3 islas que separan los flujos de usuarios con las maniobras y el tránsito de autobuses, las cuales se conectan entre ellas y a las líneas de metro a través de un amplio vestíbulo inferior, piso -2, facilitando la transferencia a los usuarios pues evita caminatas fuera de estación en consecuencia reduce tiempos de transbordos, a la vez brinda seguridad y confort.

Las islas presentan buena iluminación y ventilación generando condiciones óptimas de espera, este confort propicia que la espera para realizar la transferencia hacia las rutas interurbanas no tenga percepción negativa, *“el objetivo ha sido conseguir espacios para el viajero de una calidad similar a la de los aeropuertos para incentivar al máximo el uso del Intercambiador”* (CRTM, 2016).

En superficie las paradas de autobuses urbanos presentan mobiliario adecuado para proteger a los usuarios de la intemperie, al igual que información de las rutas asignadas para el paradero, sus recorridos e información complementaria.

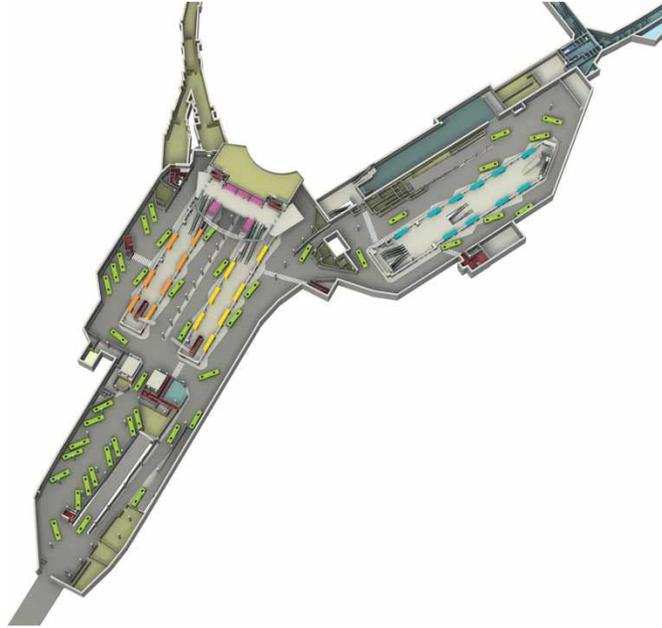


Ilustración 15. Estación La Moncloa, nivel -1: Plataformas (dárselas) de abordaje de buses. Fuente: CRTM

## 10.2.2 Accesibilidad

Los vestíbulos de acceso para peatones se encuentran a nivel de superficie y no tienen gran extensión facilitando el ingreso a la estación, a pesar que esta sea subterránea pues los grandes corredores de conexión están en los pisos inferiores, por esta característica los facilitadores de desplazamiento vertical tales como escaleras eléctricas y ascensores ubicados en los accesos se encuentran de manera expedita.

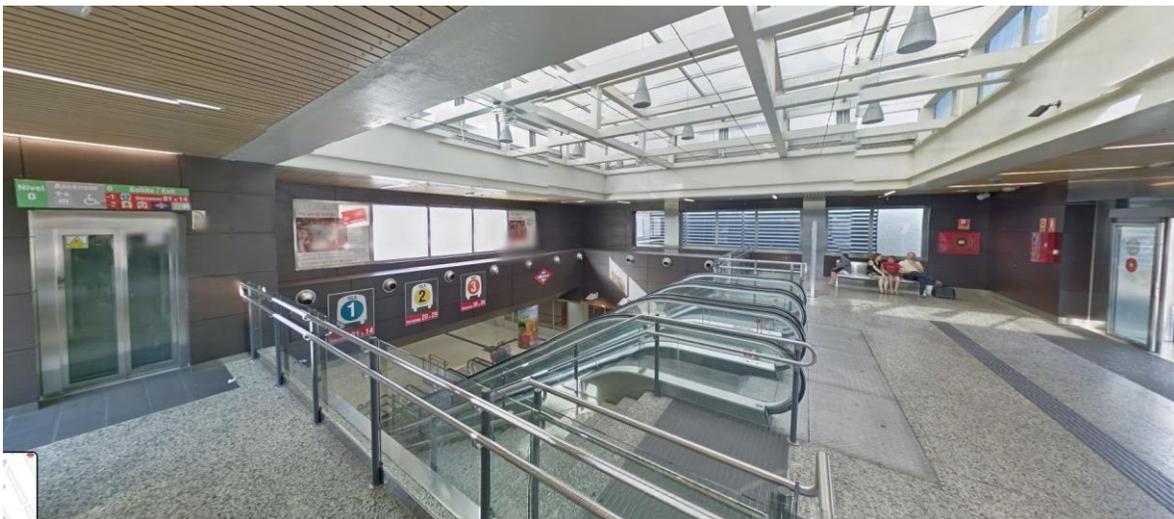


Ilustración 16. Acceso alternativo estación La Moncloa sobre la calle Arcipreste de Hita. Fuente: Google Maps.



Ilustración 17. Accesibilidad en el vestíbulo de calle de la Princesa. Fuente: Google Maps.

De esta manera, cada isla tiene accesibilidad para personas con movilidad reducida además de salidas de emergencia, del mismo modo las dos líneas de metro cuentan con ascensores que llegan hasta sus plataformas.

### 10.2.3 Señalética e información al viajero

Las señales implementadas dentro del intercambiador están enfocadas a la orientación del usuario a los servicios de transporte. Para orientar al viajero cada isla tiene numeración y un color asociado, resalta que estos colores no solo están implementados en la señalética también se ubican en las paredes de las escalas de acceso y dentro de la isla mejorando así la localización del usuario, también cuentan con información acerca de la red y del sistema de transporte en cada dársela.



Ilustración 18. Información y señalética en dárselas de autobuses. Fuente: Google Maps.



Ilustración 19. Señalética en el nivel -2: Vestíbulo de intercambio. Fuente: Google Maps.

Aunque los recorridos al interior son lógicos e inmediatos, los accesos principales con ascensores disponibles carecen de señalización visible que indique este servicio, además los accesos más pequeños no tienen información complementaria para orientar al usuario.

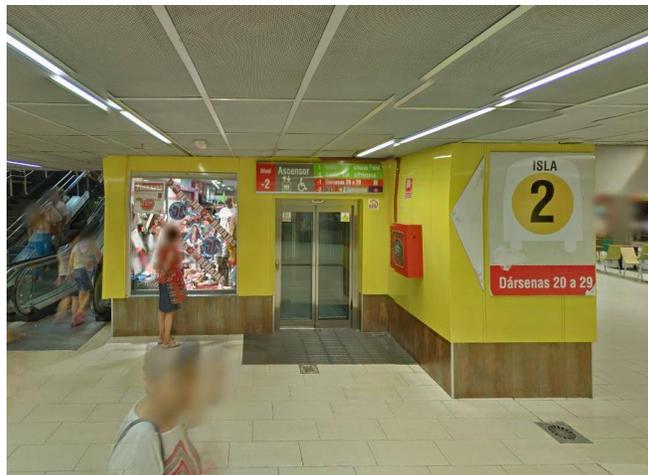


Ilustración 20. Acceso a las dárseles desde el vestíbulo de intercambio. Fuente: Google maps.

### 10.3 Sol (Madrid)

Esta histórica estación conformó la red de tren suburbano de Madrid, pues las tres primeras líneas conformadas en este sistema tenían parada allí convirtiéndose de esta manera en la primera estación de transferencia de Madrid. Este intercambiador el cual presta sus servicios en subterráneo es considerado como un punto neurálgico del sistema metro, se ubica en el centro de la ciudad en la zona de abono A y por sus pasillos transitan más de dos millones de viajeros al año (Metro de Madrid, 2019). Debido a su ubicación, aunque cuenta con servicios regionales su principal función es la de conectar los viajes urbanos que convergen al centro de Madrid.

En su interior se conectan las líneas 1, 2 y 3 del metro, y brinda intermodalidad mediante la correspondencia con los servicios del tren de cercanías operado por RENFE (Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles) a través de las líneas C-3 y C-4, además la EMT cuenta con paraderos en superficie para 3 líneas de autobuses urbanos diurnos y 2 líneas nocturnas (CRTM, 2019).

Dada su antigüedad que data desde la inauguración de la línea 1 en 1919, ha sido objeto de varias reformas, tanto en los andenes de las líneas de metro para adaptarse a las exigencias de los volúmenes de usuarios que transitan por ellos y a las condiciones de los nuevos vehículos, como en la creación de accesos nuevos con el objeto de distribuir los flujos de viajeros para evitar la congestión en la entrada y salida (FCC Construcción, 2007). La llegada de las cercanías implicó la creación nuevos espacios, ya que sus andenes se localizan 5 niveles bajo suelo, y cuenta con vestíbulos en los niveles -1 y -2 para la conexión con el metro además para facilitar el ingreso a esta área multimodal se erigió un nuevo acceso.

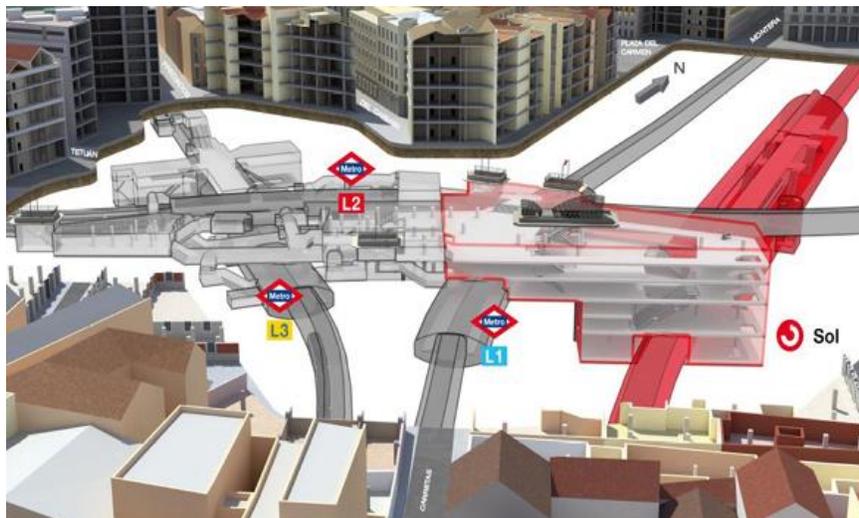


Ilustración 21. Esquema de niveles al interior de la estación Sol. Fuente: Ciudad FCC.

### 10.3.1 Autobuses

Puerta de sol es el corazón de Madrid, está rodeada de edificios históricos, calles estrechas y principalmente peatonales, dichas condiciones le otorgan a sol características poco favorables para el desarrollo de una gran red de autobuses en torno a la estación, es por esto que solo tiene correspondencia con 3 líneas de autobuses diurnos.



Ilustración 22. Parada de autobús N°51 sobre la calle de Alcalá. Fuente: Google maps.

Así mismo no todos los paraderos en torno a la estación están dotados de protección a la intemperie, algunos solamente cuentan con la señalética que informa el número de la ruta y las próximas paradas en su recorrido. Esto no brinda confort y la percepción del transbordo de metro o cercanías a autobuses será negativa, pues las condiciones de calidad observadas difieren al servicio brindado al interior de la estación.

### 10.3.2 Accesibilidad

En este caso al prestar sus servicios bajo el nivel de la rasante se han realizado grandes esfuerzos para hacer el intercambiador accesible, dos de sus accesos cuentan con escaleras eléctricas tanto para el ingreso a las líneas de metro como de cercanías del mismo modo ocurre con los ascensores que conectan la superficie con el interior, uno está dispuesto sobre el vestíbulo mayor y otro hacia el vestíbulo de puerta de sol.

En el interior tanto para metro y cercanías se garantiza el desplazamiento hasta los andenes para las personas con movilidad reducida, a pesar que debido a la disposición de los espacios las personas que requieran del uso de ascensores deberán tomar más uno para llegar finalmente a la zona de abordaje.



Ilustración 23. Facilitadores de desplazamiento vertical en vestíbulo de tren de cercanías RENFE. Fuente: Ciudad FCC.

En este tema se debe resaltar que el metro de Madrid es considerado el tren suburbano más accesible del mundo, pues a pesar de las características de sus estaciones cuenta con gran número de ascensores y escaleras mecánicas, así como de otras condiciones que brindan accesibilidad

universal no solo a los viajeros con movilidad reducida también a personas con otro tipo de discapacidad.

### 10.3.3 Señalética e información al viajero

Esta estación es una de las pocas que cuenta con señalética en español e inglés. En las áreas de intercambio las señales se enfocan para indicar al usuario los accesos hacia metro o cercanías y las salidas, los servicios complementarios como los ascensores carecen de señalética efectiva tomando en cuenta que su ubicación en dicha área no es evidente ni visible al viajero.



Ilustración 24. Señalética al interior de la estación metro Sol. Fuente: Google maps.

En el vestíbulo que conecta las líneas de metro, las señales que indican la ubicación de cada línea resaltan por su gran tamaño, cerca de cada zona de abordaje dicha señal está acompañada de otra que muestra con un esquema las siguientes estaciones a las que se dirige el tren y sus respectivas correspondencias.



Ilustración 25. Información y señalética en plataformas de acceso. Fuente: Google maps.

## 11. Metro de Medellín

Abordar el tema de transbordos en la ciudad de Medellín implica hablar de intermodalidad, pues, el sistema se ha desarrollado a través de un modelo espina de pescado el cual ha buscado conectar y movilizar los flujos de la alta ladera hacia el valle donde son distribuidos de norte a sur y/o viceversa, lo que ha conllevado a adoptar tecnologías que se adapten al territorio y a las características particulares de cada zona. Es por esto que actualmente la ciudad cuenta con 6 tecnologías: Tren suburbano, BRT, BRT eléctrico, buses padrones, Tranvía y cables; conformando una red muy diversa.

El sistema de transporte masivo Metro de Medellín opera mediante 10 líneas, y cuenta con igual número de correspondencias, que sirven como estaciones de transferencias, sin tener en cuenta las posibles transferencias entre las líneas 1 y 2 de buses a lo largo de sus corredores. Dentro del sistema estas estaciones están clasificadas como transferencia peatonal y transferencia directa, esto representa respectivamente si el usuario debe salir y caminar entre estaciones para conectarse a través de las líneas, o si, la transferencia no requiere salir de la estación y el usuario solo debe desplazarse al interior de esta para efectuar la transferencia.

La siguiente tabla detalla las estaciones de transferencia del sistema, así como las líneas que respectivamente se conectan en ese punto. La Ilustración 27 muestra el mapa esquemático del sistema de transporte, con todas las estaciones, líneas y otras convenciones.

Tabla 3. Estaciones de transferencia en el sistema de transporte masivo de Medellín.

<b>ESTACIÓN</b>	<b>LÍNEAS CONVERGENTES</b>	<b>TECNOLOGÍA</b>
<b>Acevedo</b>	A	Metro
	K	Cable aéreo
<b>Santo Domingo</b>	K	Cable aéreo
	L	Cable aéreo
<b>Hospital</b>	A	Metro
	1	Troncal BRT
<b>San Antonio</b>	A	Metro
	B	Metro
	T-A	Tranvía
<b>Cisneros</b>	B	Metro
	1	Troncal BRT
<b>San Javier</b>	B	Metro
	J	Cable aéreo
<b>San José</b>	T-A	Tranvía
	2	Buses padrones

ESTACIÓN	LÍNEAS CONVERGENTES	TECNOLOGÍA
<b>Miraflores</b>	T-A	Tranvía
	M	Cable aéreo
<b>Oriente</b>	T-A	Tranvía
	H	Cable aéreo
<b>Industriales</b>	A	Metro
	1	Troncal BRT
	2	Buses padrones

*Creación propia. Fuente: Metro de Medellín.*

Dentro del sistema se detallan dos tipos de estaciones de transferencia, estación con transferencia directa o estación con transferencia peatonal. La transferencia directa implica que la infraestructura dispuesta para realizar la conexión esta agrupada bajo un mismo edificio, por el contrario, la transferencia peatonal requiere que el usuario camine entre dos edificios que conforman la estación para realizar la conexión.

### 11.1 Estación Industriales

La estación industriales hizo parte del grupo de estaciones que conformaron la primera línea de metro que recorrió la ciudad, conocida actualmente como línea A, la cual en ese momento sólo llegaba hasta la estación Itagüi. Está ubicada en sur de la ciudad, conecta la línea A del Metro con el sistema de buses padrones y BRT de Metroplus, además, cuenta con integración a rutas de buses urbanos, los cuales realizan recorridos desde la estación hasta zonas de alta ladera ubicadas en el area de influencia de la estación.



*Ilustración 26. Estación industriales metro (Der) e Industriales buses (Iza). Fuente: Jdapenao Di - <https://www.flickr.com/photos/97765695@N04/30828064254/in/dateposted/>, CC BY-SA 2.0,*

# MAPA METRO

## METRO map



### LÍNEAS / Lines

#### METRO / Metro Urban Train

- Línea A Niquía - La Estrella
- Línea B San Antonio - San Javier

#### CABLE / Aerial Cable Car

- Línea H Oriente - Villa Sierra
- Línea J San Javier - La Aurora
- Línea K Acevedo - Santo Domingo
- Línea L Santo Domingo - Arví
- Línea M Miraflores - Trece de Noviembre
- Línea P Acevedo - El Progreso / Under construction

#### TRANVÍA / Tramway

- Línea TA San Antonio - Oriente

#### BUS / BRT (Bus Rapid Transit)

- Línea 1 U. de M. - Av. del Ferrocarril - Parque Aranjuez - Av. del Ferrocarril
- Línea 2 U. de M. - Av. Oriental - Parque Aranjuez - Av. Oriental
- Línea 3 Corredor Sur / Under construction

### CONVENCIONES / Conventions

- Estación / Station
- Parada / Stop
- ⊕ Transferencia directa / Direct transfer
- ⊙ Transferencia peatonal / Pedestrian transfer
- ▭ Ruta integrada / Integrated route
- 🚲 Parqueaderos para bicicletas / Bicycle parking
- 📖 Bibliometro / Library

- 👤 PAC Punto de Atención al Cliente / Customer Service Point (CSP)
- ♿ Todas las estaciones son accesibles / All stations have access for persons with reduced mobility
- ||||| En construcción / Under construction
- Estación fuera de servicio / Out of service
- 📶 Zona WIFI (en la estación o en sus alrededores) / WiFi zone (inside or near the station) Medellín-Digital
- 🌊 Río Medellín

Ilustración 27. Esquema mapa metro de Medellín. Fuente: Metro de Medellín.

El inicio del intercambiador se da en el año 2011 cuando comienza a operar la primera fase de los buses troncales BRT, que contaba en su recorrido troncal Belén – Aranjuez (Linea 1) con una pequeña estación cerca al área de influencia de la estación Industriales de metro. En el año 2014 se inauguró la estación industriales de buses, ubicada en el costado occidental de la estación de metro existente que lleva el mismo nombre.



Ilustración 28. Ingreso a estación de buses. Fuente: Creación propia tomada durante levantamiento de datos en estación.

### 11.1.2 Accesibilidad

Para acceder a los servicios de la estación se requiere caminar a través de un puente elevado, por el cual se conecta el costado oriental y occidental del río, así como las estaciones de metro y buses. Si bien esta disposición no favorece el ingreso para las personas con movilidad reducida, cada costado del puente cuenta con ascensores, elevadores y rampas para este fin. El tramo de conexión entre las estaciones no presenta discontinuidades y durante la construcción de la estación de buses se aumentó el ancho de este, adaptando su capacidad para los flujos de peatones estimados.

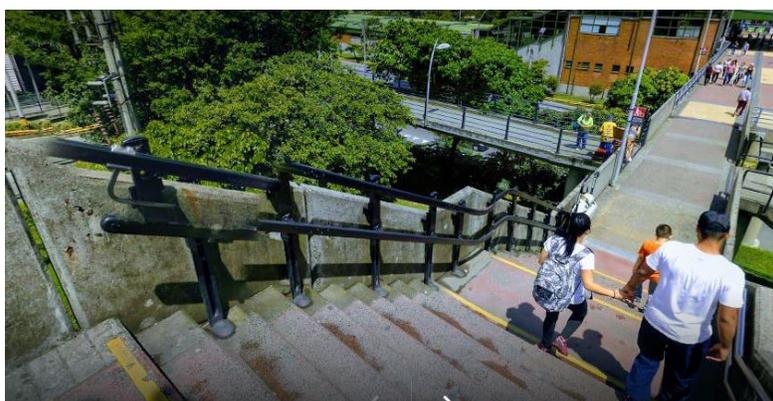


Ilustración 29. Escaleras condicionadas con elevador lateral. Fuente: Google maps.

El ingreso a las plataformas de buses se realiza a completamente a través de rampas, lo que garantiza el desplazamiento al interior de la estación a todos los usuarios. Así mismo se cuenta con espacios exclusivos de espera en la plataforma para personas que se desplazan en silla de ruedas.



Ilustración 30. Rampa al interior de la estación Industriales. Fuente: Google maps.

### 11.1.3 Señalética e información al viajero

La señalética está dispuesta para orientar al usuario hacia los servicios de transporte. La estación metro se destaca por contar con la señalética más actualizada del sistema, en la que se implementó colores para diferenciar cada flujo de pasajeros (ingreso, salida, fila a punto de venta), actualización que no tiene la estación de buses. Ambas estaciones, así como el resto del sistema, cuentan con información en español e inglés.



Ilustración 31. Señalética implementada en estación de metro. Fuente: Creación propia tomada durante levantamiento de datos.



Ilustración 32. Señalética implementada en estación de buses. Fuente: Creación propia tomada durante levantamiento de datos.



Ilustración 33. Señalética implementada en estación de Metro. Fuente: Creación propia tomada durante levantamiento de datos.

Cada estación y en pasarela de conexión se indica la dirección de la transferencia, que se realiza con un recorrido lógico e inmediato. El ingreso a la plataforma de buses cuenta con señales de gran tamaño, para indicar la zona de espera las líneas que allí convergen. Esta información usualmente se acompaña del color representativo de cada línea, que se observa en el Esquema mapa metro de Medellín. Fuente: Metro de Medellín., esta disposición no se conserva en las señales al interior de la estación de buses.



Ilustración 34. Señalética al interior de la estación de buses. Fuente: Creación propia tomada durante levantamiento de datos.

Para complementar la información entregada a los usuarios, el sistema de transporte masivo ha dotado a todas las estaciones con pantallas, en las cuales se puede observar el estado de cada línea y el tiempo de espera del vehículo correspondiente en plataforma, servicio que también se encuentra en la estación de buses.

## **12. Estudio de tiempos**

El análisis de la transferencia de este documento, se basó en el estudio del tiempo que le toma al usuario desplazarse desde la estación de metro Industriales hacia la estación de buses Industriales durante la hora pico de la tarde, establecida entre 16:30 hasta 18:00 hrs, dado que esta es jornada crucial en este punto del sistema de acuerdo con el volumen de usuarios que registra.

Estos tiempos son relevantes, debido a que, desde el diseño de la estación se proyectó que más de la mitad de los usuarios beneficiados con esta obra realizarían transferencia entre las líneas de buses y metro de manera rápida.

### **12.2 Toma de datos en estaciones**

La toma de los tiempos se llevó a cabo en días 24 y 25 de agosto, en el horario establecido como hora pico de la tarde (16:300 a 18:00 horas), con ayuda de los aprendices de cultura metro. Durante esta hora pico los resultados se analizaron por periodos de cuarto de hora.

La información levantada está relacionada con los tiempos de caminata y de espera durante el proceso de transferencia considerado, también se tomó en cuenta las longitudes de fila en las plataformas de buses. No se consideró el tiempo de validación en la zona de torniquetes de buses, debido a que las filas allí no presentan una longitud considerable y se tiene establecido que el tiempo de validación de una persona en torniquete es de 3 a 4 segundos por persona.

Los aprendices contaban con cronometro y formatos como el que se aprecia en la Ilustración 35 para la toma de datos, durante el proceso el tiempo se tomó por fases, como se detalla a continuación.

- *Medición tiempo de salida del sistema:* Tiempo que le toma a un usuario desaboardar el tren y salir de la estación metro. Contempla los tiempos de caminata en plataforma, caminata en escalas hacia mezanine y caminata en mezanine hasta “puerta” de la estación.

 <b>MEDICIÓN TIEMPO DE SALIDA DEL SISTEMA</b> tiempo que le toma al último usuario en desabordar el tren y salir de la estación					
Nombre aforador:		Hora inicio:		Hora final:	
Estación:		Fecha:		N° de hoja	
Hora	Tiempo de caminata en plataforma (cronometro)	Tiempo de caminata escalas (cronometro)	Tiempo caminata mezanine zona paga(cronometro)	Tiempo caminata mezanine zona NO paga(cronometro)	Observaciones
16:15-16:30					
16:30-16:45					
16:45-17:00					
17:00-17:15					
17:15-17:30					
17:30-17:45					
17:45-18:00					

Ilustración 35. Formato para levantamiento de datos en estación. Creación propia.

- *Medición tiempo de caminata por pasarela:* Tiempo que le toma a un usuario caminar desde la estación de metro hasta la estación de buses por medio de la pasarela de conexión.
- *Medición tiempo de caminata en estación de buses:* Tiempo de caminata de un usuario desde que atraviesa la barrera de torniquetes hasta que llega a la respectiva plataforma de abordaje a esperar el bus. Contempla la caminata en rampa y caminata en plataforma. En esta última caminata se

tomó el tiempo de desplazamiento por la plataforma hasta que el usuario llega a encolarse en la fila de espera.

- *Medición tiempo de espera en plataforma:* Tiempo de un usuario en fila mientras espera el bus, este tiempo finaliza cuando el usuario aborda el vehículo.
- *Longitud de cola en plataforma de abordaje:* Longitud de la fila de espera en cada plataforma de acuerdo con el número de usuarios en esta, Este dato se tomó de acuerdo con la frecuencia de los trenes, cada 3 minutos. El cálculo de la longitud se realizó tomando en cuenta una relación de 2,5 usuarios por metro lineal.

## **12.2 Procesamiento de datos**

Una vez levantados los datos en la estación, se llevó a cabo la digitalización de la información usando formatos similares a los utilizados en campo. El tratamiento de los datos tomó en cuenta los cuartos de hora y se obtuvo por estadística resultados en cada fase del proceso de transferencia, los cuales se adicionaron para obtener el tiempo total de transferencia.

El manejo estadístico se realizó obteniendo promedios, máximos y mínimos, sin tener en cuenta media y moda, debido a la cantidad de datos levantados.

## **13. Resultados y análisis**

Para facilitar el análisis de los resultados se presenta a continuación los tiempos procesados obtenidos en cada fase de la toma de datos en las estaciones.

### **13.1 Tiempo de caminata para salida del sistema**

En este caso se tomó tanto pasajeros que desabordaron en la plataforma del tren de vía A (hacia la Estrella), como en la plataforma del tren de vía B (hacia Niquia). La siguiente tabla muestra resumen del tiempo promedio de caminata para salir de la estación de metro, partiendo de diferentes puntos de la plataforma.

Tabla 4. Tiempo promedio de caminata para salida de la estación Metro Industriales.

Hora	Tiempo total <u>promedio</u> de caminata para salida de estación Metro (Seg)					
	Plataforma tren de vía A			Plataforma tren de vía B		
	Último vagón	Vagón medio	Primer vagón	Último vagón	Vagón medio	Primer vagón
16:30-16:45	140	82	50	114	113	68
16:45-17:00	129	81	35	125	105	58
17:00-17:15	147	87	50	136	90	67
17:15-17:30	147	81	60	155	93	70
17:30-17:45	136	86	38	116	92	69
17:45-18:00	158	86	61	147	72	57
<b>Total general</b>	<b>142</b>	<b>84</b>	<b>49</b>	<b>132</b>	<b>92</b>	<b>63</b>

Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

El tiempo de caminata en un lado de la plataforma no varía de manera de manera considerable con respecto a la otra. Este mismo patrón se observa para los máximos y mínimos, por lo tanto, para el tiempo final se consideró solo una plataforma como punto de partida.

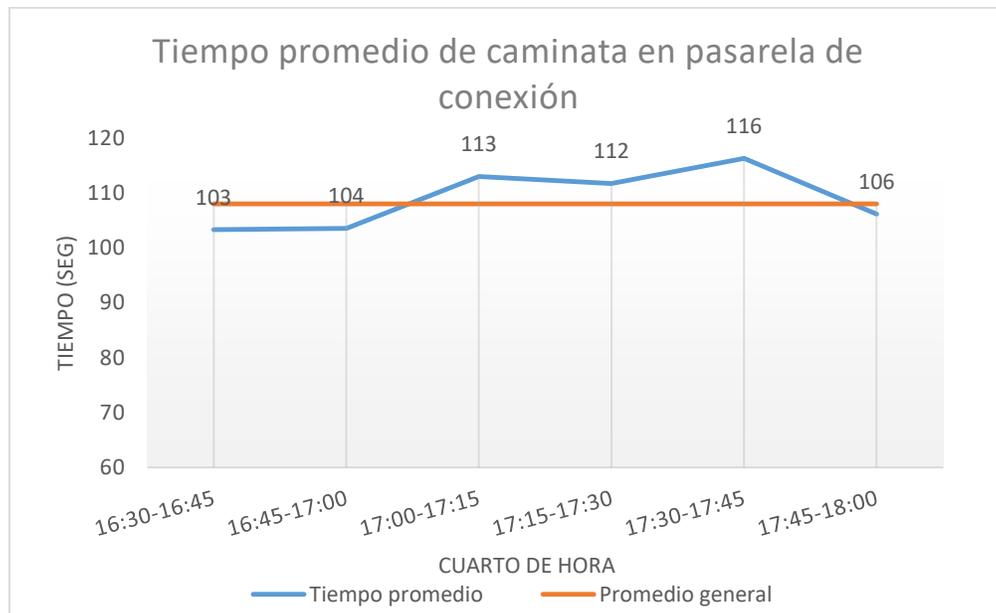
### 13.2 Tiempo de caminata por pasarela de conexión

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la caminata realizada por la pasarela que conecta ambas estaciones.

Tabla 5. Tiempo Promedio, máximo y mínimo de caminata por pasarela de conexión. Fuente: Creación propia

Hora	Tiempos de caminata en pasarela de conexión (Seg)		
	Tiempo promedio	Tiempo máximo	Tiempo mínimo
16:30-16:45	103	123	77
16:45-17:00	104	124	81
17:00-17:15	113	114	112
17:15-17:30	112	131	93
17:30-17:45	116	151	106
17:45-18:00	106	134	84
<b>Total general</b>	<b>108</b>	<b>151</b>	<b>77</b>

Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.



Gráfica 1. Tiempo promedio de caminata en pasarela de conexión. Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

De acuerdo con la información de la Tabla 5 el tiempo promedio general son 108 segundos, tiempo que se excede entre las 17:00 a las 17:45, pero estas diferencias no exceden los 8 segundos y como se puede observar en la Gráfica 1 a lo largo de la hora pico el tiempo de caminata promedio es homogéneo.

### 13.3 Tiempo de caminata en estación de buses

Siguiendo la metodología de para la toma de datos, el tiempo de caminata al interior de la estación de buses contempla dos fases, para las cuales se detallan los resultados a continuación.

#### 13.3.1 Tiempo de caminata en rampa

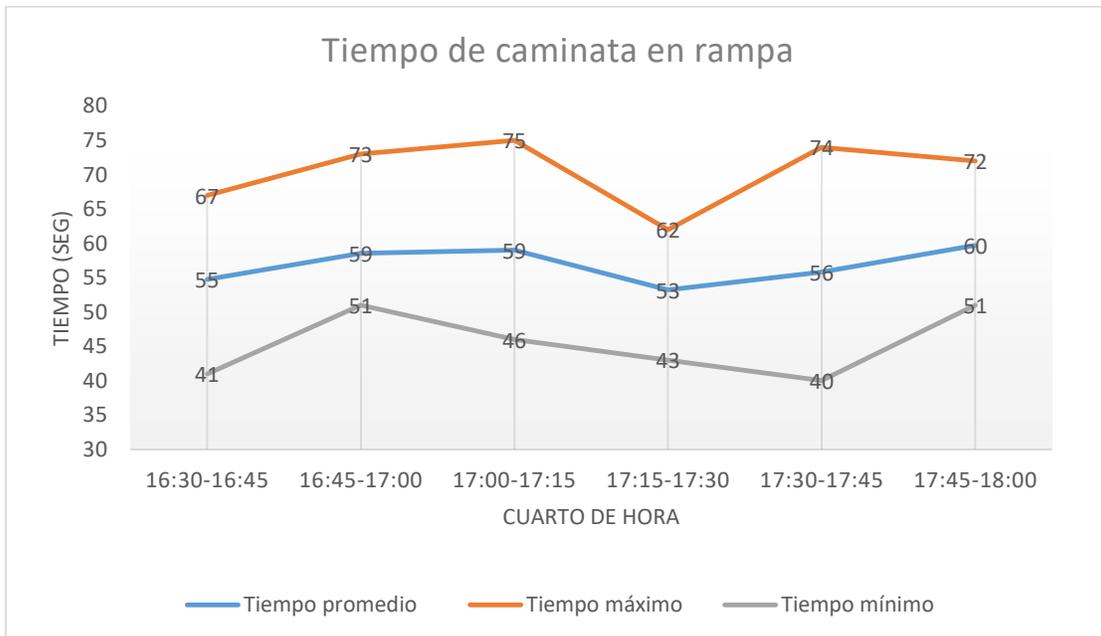
Los resultados obtenidos en esta fase se observan en la siguiente tabla. Se observa que entre 17:00 a 17:30 decrece ligeramente el tiempo de caminata registrado en esta estación, luego hacia el final de la hora pico el tiempo aumenta.

Tabla 6. Tiempo promedio, máximo y mínimo de caminata en rapa de estación Industriales buses.

Hora	Tiempos de caminata en rampa estación de buses (Seg)		
	Tiempo promedio	Tiempo máximo	Tiempo mínimo
16:30-16:45	55	67	41
16:45-17:00	59	73	51
17:00-17:15	59	75	46
17:15-17:30	53	62	43
17:30-17:45	56	74	40
17:45-18:00	60	72	51
<b>Total general</b>	<b>57</b>	<b>75</b>	<b>40</b>

Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

A pesar de esto, como se puede observar con mayor claridad en la Tabla 6, el desfase entre los picos no excede los 10 segundos, así mismo, la diferencia entre los tiempos máximo y mínimo esta alrededor de los 20 segundos presentando un promedio homogéneo a lo largo de la hora pico. En la siguiente gráfica se recopilan los datos encontrados.



Gráfica 2. Tiempo promedio, máximo y mínimo de caminata en rampa estación Industriales buses.  
Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

### 13.3.2 Tiempo de caminata en plataforma

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la caminata promedio hacia cada una de las plataformas existentes en la estación de buses, las cuales son: Plataforma de L1 y L2 hacia la estación UdeM, plataforma de L1 hacia la estación Aranjuez, plataforma de L2 hacia la estación Aranjuez.

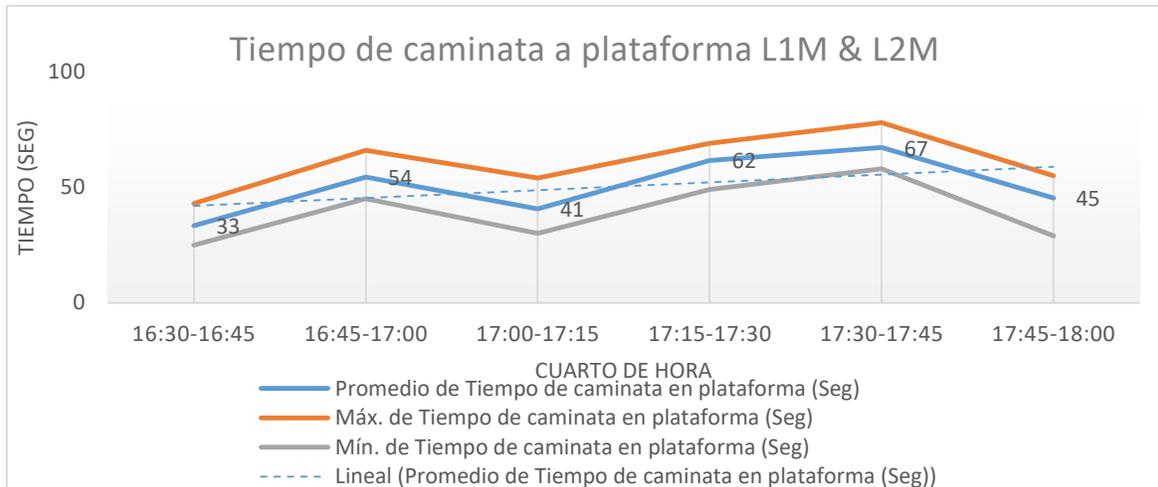
Tabla 7. Tiempo promedio de caminata en plataformas de abordaje, estación Industriales buses.

Hora	Tiempo promedio de caminata en plataforma de estación de buses (Seg)		
	L1&L2 hacia UDEM	L1 hacia Aranjuez	L2 hacia Aranjuez
16:30-16:45	33	44	26
16:45-17:00	54	46	15
17:00-17:15	41	46	15
17:15-17:30	62	52	21
17:30-17:45	67	54	19
17:45-18:00	45	59	11
<b>Total general</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>18</b>

Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

Se observa en el recorrido para L1&L2 hacia UDEM y L1 hacia Aranjuez una tendencia creciente a lo largo de la hora de estudio, presentándose en la primera un tiempo pico en el cuarto 17:30 a 17:45 y en la segunda un pico en el cuarto 17:45 a 18:00. Mientras que en el recorrido para L2 hacia Aranjuez se presenta una tendencia decreciente, contando con el menor tiempo hacia la hora de estudio.

Al detallar los tiempos máximo y mínimo para el recorrido hacia L1&L2, se observa el pico en el cuarto señalado y para el siguiente cuarto (17:45 a 18:00) decrece el tiempo de caminata, esto se presenta porque a medida que avanza la hora pico de estudio el número de personas en fila aumenta y presenta esta forma de U, debido a que la longitud de la fila excede la longitud de la plataforma. A continuación, se presenta el gráfico con los tiempos máximo y mínimo para esta plataforma.



Gráfica 3. Tiempo promedio, máximo y mínimo de caminata en plataforma de abordaje hacia UDEM. Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

El patrón decreciente en el recorrido para L2 hacia Aranjuez se presenta porque esta plataforma se ubica al lado de la rampa de acceso, y como la fila de espera aumenta conforme avanza la hora pico entonces el recorrido para alcanzarla disminuye.

### 13.4 Tiempo de espera

Para los datos recolectados en tiempo de espera en cada plataforma se obtuvo los siguientes resultados de tiempo promedio, como se observa en la Tabla 8.

Tabla 8. Tiempo promedio de espera en plataformas de abordaje, estación Industriales buses.

Hora	Tiempo promedio de espera en plataforma estación de buses (Seg)		
	L1&L2 hacia UDEM	L1 hacia Aranjuez	L2 hacia Aranjuez
16:30-16:45	1054	142	109
16:45-17:00	1413	173	292
17:00-17:15	1513	244	352
17:15-17:30	1513	151	200
17:30-17:45	1614	264	211
17:45-18:00	1614	400	211
<b>Total general</b>	<b>1454</b>	<b>197</b>	<b>229</b>

Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

En las plataformas, excepto en la plataforma de L2 hacia Aranjuez, se detalla una tendencia creciente en el tiempo de espera conforme va

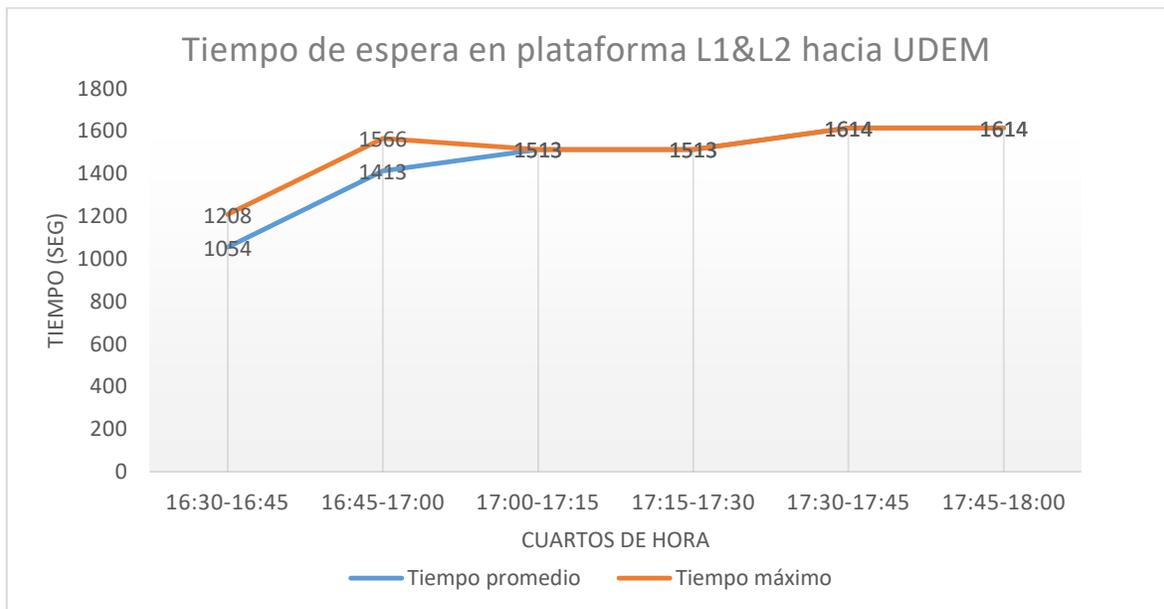
finalizando la hora pico. En la siguiente tabla se muestran los tiempos máximos de espera, en la que se puede comprobar que en los cuartos finales se encuentran los tiempos máximos para cada plataforma, o son coincidentes como pasa con la plataforma de L1 hacia Aranjuez.

Tabla 9. Tiempo máximo de espera en plataformas de abordaje, estación Industriales buses.

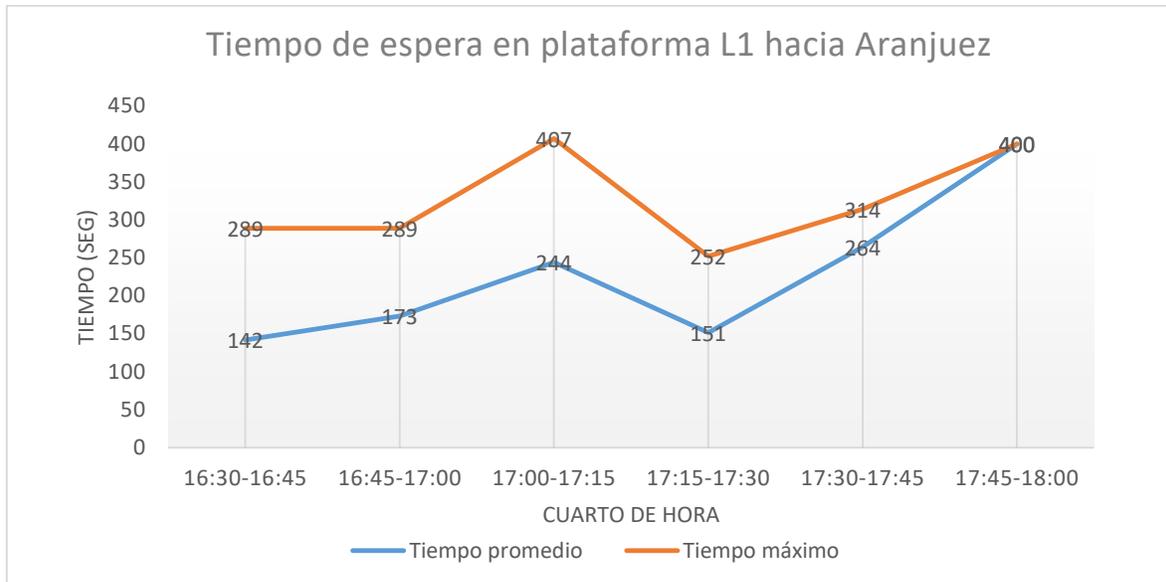
Hora	Tiempo <u>máximo</u> de espera en plataforma estación de buses (Seg)		
	L1&L2 hacia UDEM	L1 hacia Aranjuez	L2 hacia Aranjuez
16:30-16:45	1208	289	152
16:45-17:00	1566	289	658
17:00-17:15	1513	407	484
17:15-17:30	1513	252	299
17:30-17:45	1614	314	309
17:45-18:00	1614	400	309
<b>Total general</b>	<b>1614</b>	<b>407</b>	<b>658</b>

Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

En las siguientes gráficas se puede observar a tendencia creciente en el tiempo de espera, detallando los tiempos promedios y los tiempos máximos.



Gráfica 4. Tiempo de espera en plataforma de abordaje L1&L2 hacia UDEM. fuente: Creación propia con datos levantados en estación.



Gráfica 5. Tiempo de espera en plataforma de abordaje L1 hacia Aranjuez. Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

### 13.5 Longitud de fila

Para la longitud de fila se tomaron en cuenta las plataformas L1&L2 hacia UDEM y L1 hacia Aranjuez. No se analizaron los datos de la plataforma L2 hacia Aranjuez debido a que las filas allí no tenían una longitud representativa.

Tabla 10. Longitud de fila de espera en plataforma de abordaje L1&L2 hacia UDEM.

Hora	Longitud de cola en plataforma de abordaje (m)		
	Plataforma L1 & L2 hacia UDEM		
	Longitud promedio	Longitud máxima	Longitud mínima
16:30-16:45	43.07	47.6	35.2
16:45-17:00	59.52	70.8	51.2
17:00-17:15	66.8	80.8	47.2
17:15-17:30	76.32	90.8	58.8
17:30-17:45	74.9	95.2	59.6
17:45-18:00	90.16	143.2	68
<b>Total general</b>	<b>70.10</b>	<b>143.2</b>	<b>35.2</b>

Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

Tabla 11. Longitud de fila de espera en plataforma de abordaje L1 hacia Aranjuez.

Hora	Longitud de cola en plataforma de abordaje (m)		
	Plataforma L1 hacia Aranjuez		
	Longitud promedio	Longitud máxima	Longitud mínima
16:30-16:45	2.56	4	1.6
16:45-17:00	3.44	4.8	2.4
17:00-17:15	3.1	4	2
17:15-17:30	2.5	4	1.2
17:30-17:45	7.1	10	5.6
17:45-18:00	8.47	10	7.2
<b>Total general</b>	<b>4.70</b>	<b>10</b>	<b>1.2</b>

Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

La longitud de la fila de espera en las plataformas es consistente con la tendencia creciente a medida que avanza la hora pico, y las longitudes máximas se encuentran al final de esta en el último cuarto (17:45 a 18:00).

### 13.6 Tiempo de transferencia

El cálculo del tiempo total de transferencia se realizó tomando en cuenta los tiempos de caminata y espera para las líneas L1&L2 hacia UDEM y L2 hacia Aranjuez. Los resultados se presentan en las siguientes tablas, los tiempos se dan en minutos.

Tabla 12. Tiempo promedio de transferencia desde estación de metro a estación de buses.

Tiempo promedio de transferencia de Metro hacia MetroPlus				
Hora	Transferencia tren vía A último vagón + L1 & L2 UDEM	Transferencia tren vía A vagón medio+ L1 & L2 UDEM	Transferencia tren vía A último vagón + L1 Aranjuez	Transferencia tren vía A vagón medio + L1 Aranjuez
	Promedio M + L1M&L2M	Promedio M + L1M&L2M	Promedio M + L1A	Promedio M + L1A
16:30-16:45	23.1	21.6	8.1	7.1
16:45-17:00	29.3	27.6	8.5	7.7
17:00-17:15	31.2	29.5	10.2	9.1
17:15-17:30	31.4	29.3	8.6	7.5
17:30-17:45	33.2	31.2	10.4	9.6
17:45-18:00	33.1	31.1	13.1	11.9
<b>Total general</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	<b>9</b>	<b>8</b>

Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

Tabla 13. Tiempo máximo de transferencia desde estación de metro a estación de buses. Fuente: Creación propia.

<b>Tiempo máximo de transferencia de Metro hacia Metroplus</b>				
Hora	Transferencia tren vía A último vagón + L1 & L2 UDEM	Transferencia tren vía A vagón medio+ L1 & L2 UDEM	Transferencia tren vía A último vagón + L1 Aranjuez	Transferencia tren vía A vagón medio + L1 Aranjuez
	Máx M + L1M&L2M	Máx M + L1M&L2M	Máx M + L1A	Máx M + L1A
16:30-16:45	26.5	25.4	11.3	10.2
16:45-17:00	33.1	32.2	11.6	10.6
17:00-17:15	31.9	30.9	13.4	12.4
17:15-17:30	32.2	31.0	11.1	9.8
17:30-17:45	34.5	33.6	12.6	11.6
17:45-18:00	34.0	32.7	13.9	12.7
<b>Total general</b>	<b>35</b>	<b>34</b>	<b>14</b>	<b>13</b>

Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

Tabla 14. Tiempo mínimo de transferencia desde estación de metro a estación de buses. Fuente: Creación propia.

<b>Tiempo mínimo de transferencia de Metro hacia Metroplus</b>				
Hora	Transferencia tren vía A último vagón + L1 & L2 UDEM	Transferencia tren vía A vagón medio+ L1 & L2 UDEM	Transferencia tren vía A último vagón + L1 Aranjuez	Transferencia tren vía A vagón medio + L1 Aranjuez
	Mín M + L1M&L2M	Mín M + L1M&L2M	Mín M + L1A	Mín M + L1A
16:30-16:45	19.6	18.7	6.0	5.0
16:45-17:00	25.6	24.9	5.8	5.0
17:00-17:15	30.6	29.6	6.9	5.8
17:15-17:30	30.4	29.6	6.2	5.4
17:30-17:45	32.2	31.4	8.7	7.8
17:45-18:00	32.2	31.0	12.4	11.3
<b>Total general</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

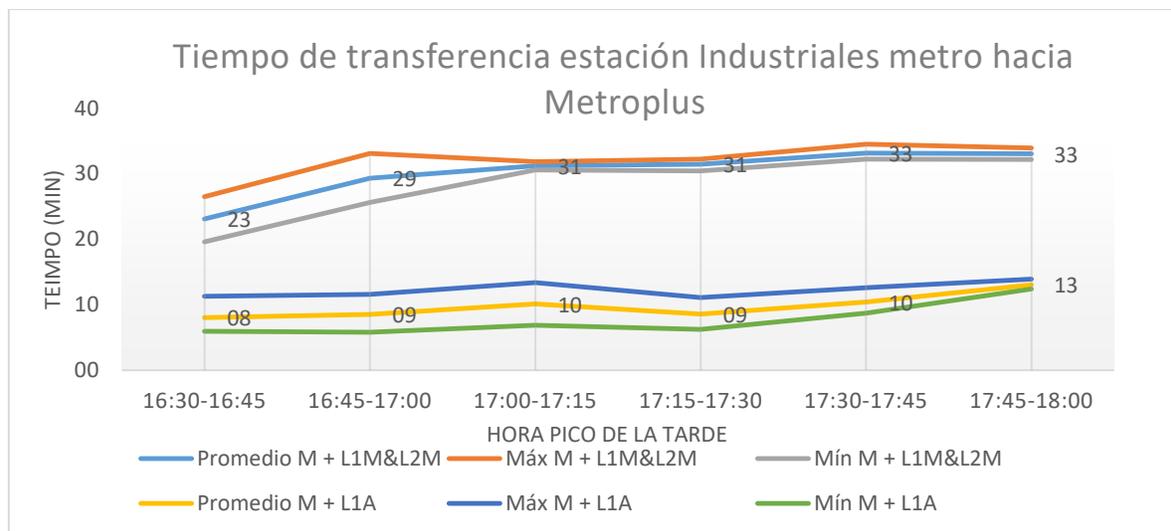
Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

Se observa que el punto de partida de la transferencia en la estación de metro, es decir si comienza desde el último vagón o el vagón del medio, no representa un cambio considerable en el tiempo total de transferencia. La diferencia no excede los 60 segundos.

Las longitudes de fila evidenciaron mayor flujo de pasajeros hacia la plataforma donde se esperan las líneas que conducen a UDEM, por esto los tiempos de espera en esta plataforma es mayor en relación a la de L1 hacia Aranjuez, este tiempo es el que marca la diferencia para el cálculo de la transferencia total.

En general el tiempo de transferencia para las personas que se dirigen a alguna estación en el corredor hacia la universidad de Medellín toma 30 minutos y aquellos que se dirigen por el corredor de la L1 vía a Aranjuez tomaran alrededor de 10 minutos.

Para el tiempo de transferencia total se evidencia con mayor claridad la tendencia creciente que tiene este tiempo a medida que avanza la hora pico de estudio. Lo que se puede evidenciar en la siguiente gráfica, para la que se tomó en cuenta la transferencia desde último vagón del metro a L1&L2 hacia UDEM y L1 hacia Aranjuez.



Gráfica 6. Tiempo promedio, máximo y mínimo de transferencia desde metro a L1&L2 hacia UDEM y L1 hacia Aranjuez. Fuente: Creación propia con datos levantados en estación.

## 14. Conclusiones

Como respuesta a los objetivos de este documento se obtuvo una revisión del estado del arte de los transbordos y los intercambiadores, como lugar donde se efectúan las conexiones entre diferentes líneas. Así mismo, con el conocimiento de los procesos y objetivos al interior de la empresa, se identificaron factores que influyen en la percepción del usuario en el proceso de la transferencia.

En la valoración de los factores que influyen en el proceso de transferencia se identificó que la estación de buses tiene condiciones óptimas para desempeñarse como intercambiador, las condiciones de accesibilidad hacia la estación tanto de buses y metro son funcionales, así también la pasarela de conexión cuenta un ancho considerable y continuo el cual permite la circulación de los diferentes flujos de manera cómoda. En relación con este tema se debe rescatar que los diseños de los intercambiadores contemplen la transferencia directa, evitando que el usuario atraviese diversas barreras o tenga que desplazarse por fuera de las estaciones, esto con el fin de brindar comodidad, seguridad y protección al usuario en su paso por el sistema, además, prevenir que este penalice el sistema de transferencia.

La señalética implementada en la estación industriales de metro es la más actualizada del sistema, debe considerarse igualar el estado de la señalización empezando con la estación buses, aplicando la estrategia de homogeneizar en ambas los colores que indican cada flujo. Durante el trabajo de campo se halló que los usuarios piden orientación preguntando por la estación a la cual se dirigen, la evaluación del estado del arte evidenció las convenciones usadas para áreas de transferencia en otros sistemas del mundo que resultarían provechosas para el sistema de transporte masivo de Medellín.

El estudio de los tiempos arrojó que la transferencia hacia las líneas que se dirigen a la estación UDEM es la de mayor tiempo, y en este proceso, el tiempo que mayor peso tiene en este caso es el tiempo de espera. Dicho tiempo es el más reprobado por los usuarios porque se encuentran en un estado inactivo, para este caso se debe implementar estrategias de mitigación como por ejemplo mejorar el estado del CIC, enriquecer la información al instante sobre los tiempos de llegada en cada punto de la plataforma, utilizar al máximo el espacio de la plataforma que cuenta con varias compuerta de abordaje, aprovechar el espacio que se tiene en la estación para brindar servicios complementarios al usuario que ofrezcan confort en su paso por el sistema. Esta última estrategia debe considerarse para el diseño de los futuros intercambiadores futuros en el marco de la movilidad como servicio.

La implementación de la aplicación para dispositivos móviles del metro de Medellín puede otorgar muchos beneficios para los usuarios de transferencia, a través de esta App los usuarios pueden conocer los tiempos de caminata para realizar conexión entre líneas, tiempos de espera, así como conocer el estado de las plataformas. Estas estrategias están encaminadas a facilitar el paso de los usuarios por el sistema de transporte, y que el uso de las transferencias no implique un esfuerzo en estos.

## 15. Referencias bibliográficas

Aróstegui, B. (2016). La transformación de las grandes estaciones europeas con la llegada de la alta velocidad. El caso de Atocha (Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid).

Briones, I. (2009). Transantiago: Un problema de información. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/42532803\\_Transantiago\\_o\\_Un\\_problema\\_de\\_informacion](https://www.researchgate.net/publication/42532803_Transantiago_o_Un_problema_de_informacion)

Chen, X. Wang, B. (2016). Coordination and Optimization of Connecting Trains in a Transfer Station of Urban Mass Transit. Recuperado de: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784479896.082>

Christiansen, P. Andersen, J. (2013). D2.3 Lessons from descriptive case studies – recommendations for City-HUB model. Recuperado de: <http://www.cityhub.imet.gr/>

Consortio Regional de Transportes de Madrid, CTRM. Informe anual 2016, consorcio regional de transportes de Madrid. <https://www.crtm.es/atencion-al-cliente/area-de-descargas/publicaciones/monografias-e-informes.aspx>

Consortio Regional de Transportes de Madrid, CRTM. Grandes intercambiadores. Puerta de Sol [https://www.crtm.es/tu-transporte-publico/intercambiadores/grandes-intercambiadores/90\\_58.aspx](https://www.crtm.es/tu-transporte-publico/intercambiadores/grandes-intercambiadores/90_58.aspx)

Díaz, S. (2011). Aproximación territorial a los intercambiadores de transporte (Transport interchanges, a territorial approach) Revista Facultad de Ingeniería, UPTC, I Semestre 2011, vol. 20, No. 30, p.18.

FCC Construcción. (2007). Informe técnico: ampliación de la estación Sol línea 3, Metro de Madrid. Recuperado de: <http://www.convensa.es/documents/265311/345629/Station+expansion+Sol+Line+3.+Madrid+Metro/8fc027ee-1bcb-4c28-b4d2-0bca5de94683?version=1.2>

Gómez-Gutiérrez, E. (2016). Criterios de diseño para estaciones de transferencia intermodal para facilitar una movilidad urbana sustentable (conveniente). Trabajo de obtención de grado, Maestría en Ciudad y Espacio Público Sustentable. Tlaquepaque, Jalisco: ITESO.

Lois, D. Monzón, A. Hernández, S. (2018). Analysis of satisfaction factors at urban transport interchanges: Measuring travellers' attitudes to information, security and waiting.

Metro de Madrid. Estaciones emblemáticas: Sol. Recuperado de: <https://www.metromadrid.es/es/estacion-emblematica/sol>

METRO DE MEDELLÍN, CENTRO DE ESTUDIOS URBAM. Actualización de los Corredores de Transporte de Plan Rector de Expansión. Medellín, URBAM EAFIT, 2016.

Moliner, A. Sanchez, L. (1997). Transporte público: planeación, diseño, operación y administración. Recuperado de: [https://books.google.com.co/books/about/Transporte\\_p%C3%BAblico.html?id=11R3sRgOZFAC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/Transporte_p%C3%BAblico.html?id=11R3sRgOZFAC&redir_esc=y)

Terzis, G. Last, A. (2000). GUIDE - Urban Interchanges - Interchanges - A Good A Good Practice Guide. Recuperado de: <https://trimis.ec.europa.eu/project/group-urban-interchanges-development-evaluation#tab-results>

Tozzi, M. Delgado, L. Di Pasquale, G. Dos Santos, A. (2015). D5.1 Best solution report on global innovative public transport. Viajeo Plus – International coordination for implementation of innovative and efficient urban mobility solutions. Recuperado de: <http://viajeoplus.eu/best-solutions/>

Ubbels, B. et al., 2013, Deliverable 2.2: Key Intermodality Factors, City HUB project. Recuperado de: <https://cordis.europa.eu/project/rcn/104630/reporting/en>