



**Escola Tècnica Superior d'Enginyers
de Camins, Canals i Ports de Barcelona**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE O TESIINA D'ESPECIALITAT

Títol

Análisis de flujo en las estaciones ferroviarias

Autor/a

Abel PEREA BURREL

Tutor/a

Andrés LOPEZ PITA

Departament

Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori

Intensificació

Transports

Data

Juny 2010

Prefacio

Durante el segundo semestre del segundo año de Doble Titulación, correspondiente al quinto año de licenciatura de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, el programa de l'Ecole des Ponts et Chaussées establece que sus alumnos deben realizar seis meses de “prácticas” en una empresa o laboratorio relacionados con su especialización.

La presente tesina ha sido realizada en la empresa AREP,S.A, ubicada en Paris. Siendo una filial de la SNCF, su principal misión es la concepción y remodelación de estaciones ferroviarias tanto francesas como del resto del mundo, como es el caso de la estación de Singapur, de Casa Port (Marruecos) o de Yeddah (Arabia Saudita).

Agradecimientos

Este es un gran momento para mí. El haber realizado esta tesina supone que me encuentro en la recta final de mi carrera universitaria. Es por ello que durante todo el tiempo que he invertido en su elaboración no he podido dejar de pensar en todas aquellas personas que han participado, de una manera u otra, en algún momento de mi etapa universitaria.

Primero, querría manifestar el gran honor que supone el haber podido contar con un tutor de la trayectoria y el reconocimiento de Andrés López Pita.

Quiero agradecer tanto a l'Universitat Politècnica de Catalunya como a l'Ecole des Ponts et Chaussées por la formación y las oportunidades que me han brindado a lo largo de estos años.

También a la empresa AREP, S.A. y especialmente a Catherine Gatineau y Nicolas Augris por haberme aceptado en su equipo de trabajo. Sin olvidar a mis compañeros, Matthieu Goudeau, Clement Merlot, Hiroyoshi Tosaki y Akiko Yoshihara con los que he compartido conocimientos y horas de trabajo.

Finalmente, debo agradecer el apoyo incondicional que mis padres me han dado en cada una de las decisiones que he ido tomando a lo largo de esta etapa. Sus consejos y su cariño me han acompañado durante este camino de conocimiento y madurez.

Índice

1. Objetivo y alcance	8
2. Contexto actual	9
3. Precedentes del estudio de flujo	11
4. El análisis de flujo.....	15
4.1. <i>Dimensión temporal.....</i>	<i>15</i>
4.2. <i>Datos de entrada en un análisis de flujo</i>	<i>17</i>
4.3. <i>Determinación de la punta dimensionante</i>	<i>19</i>
4.4. <i>Fabricación de la punta dimensionante</i>	<i>22</i>
5. Encuestas y determinación del flujo	26
5.1. <i>Encuestas</i>	<i>26</i>
5.2. <i>Ajuste estadístico de las encuestas</i>	<i>29</i>
5.3. <i>Determinación del flujo en la estación.....</i>	<i>33</i>
6. Cálculo de capacidad.....	34
6.1. <i>Principio del análisis de capacidad</i>	<i>34</i>
6.2. <i>Evacuación de un andén.....</i>	<i>36</i>
7. Ejemplo de estudio de flujo	41
Conclusiones.....	68

1. Objetivo y alcance

La presente tesina pretende ser una guía con la que se pueda realizar el análisis de flujo peatonal de una estación ferroviaria. Este análisis, basado en el comportamiento de los usuarios, permitirá a los ingenieros y arquitectos abordar de una manera sólida el dimensionamiento de las infraestructuras de la estación ferroviaria.

En Francia, actualmente, no existe ningún documento oficial que trate el análisis de flujo. Únicamente existen dos documentos que hagan referencia al flujo: la Directive de Sécurité d'Incendies [1] y la Directive « Sécurité du public dans les gares à la traversée des voies et sur les quais » IN1724 [2].

El primer documento es una Directiva de obligado cumplimiento emitida por el Gobierno francés, donde las instalaciones se utilizan al máximo de su capacidad (evacuación de urgencia) y no en un estado de explotación.

El segundo documento es una recomendación emitida por la SNCF y por ello de no obligado cumplimiento. Al ser el único documento existente que hace mención al flujo en condiciones de explotación es tomado como referencia para los trabajos de dimensionamiento.

El presente documento tiene como objetivo que el lector tome consciencia del estudio de flujo y pueda utilizarlo como referencia bibliográfica tanto a nivel personal como profesional. De ningún modo busca definir “ratios universales milagrosos” que respondan a las necesidades presentes en cada una de las estaciones ferroviarias.

El documento se basa en los resultados, la experiencia y el saber-hacer desarrollados en los diferentes análisis de flujo de peatones en las estaciones ferroviarias.

2. Contexto actual

Francia, país con una gran cultura del mundo ferroviario, ha visto como desde comienzos de siglo sus estaciones ferroviarias han sufrido un fuerte aumento de usuarios. Las causas, relacionadas con el deseo estatal de desarrollar el ferrocarril y los modos de transporte poco contaminantes, pueden resumirse en los puntos siguientes:

- Una evolución de la oferta: Modernización de líneas, obertura de nuevos corredores y el inicio del “cadencement” ferroviario⁽¹⁾ que ha obtenido grandes resultados en Suiza.
- La renovación de trenes y la aparición de nuevo material de gran capacidad.
- Un contexto favorable: Regionalización ferroviario, la Ley de Grenelle⁽²⁾, el precio del petróleo...)

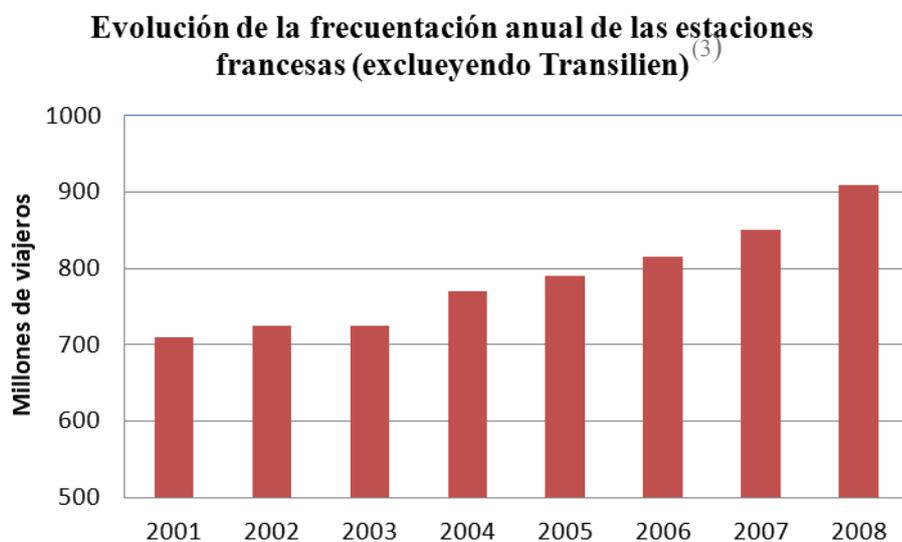


Figura 1. Evolución de la frecuentación anual en las estaciones francesas
Fuente: SNCF

Se debe subrayar también la fuerte evolución de la intermodalidad y de los modos de transporte ecológicos: autobuses eléctricos, implantación del tranvía, bicicletas de libre acceso en las ciudades, etc.

(1) Es una red de transporte ferroviario en la que se agrupan los trenes en “familias” que realizan el mismo itinerario, con las mismas políticas de paradas y que circulan en intervalos regulares, por ejemplo, todos los quince minutos. Los trenes se coordinan en toda la red para permitir la creación de correspondencias regulares en las estaciones.

(2) La Ley de Grenelle es una ley de publicada en 2009 en Francia que reúne los compromisos pactados en temas de medio ambiente y de desarrollo sostenible.

(3) Nombre de la red de trenes suburbanos de la SNCF en la región de Ile-de-France.

En 2010, el tráfico ferroviario de viajeros se abrió a la competencia. Debido a la entrada de nuevos transportistas, la SNCF, que hasta el momento controlaba la explotación de las vías y de las estaciones ferroviarias, se vio obligada a crear en mayo de 2009 una nueva rama: Gares&Connexions. De esta manera, queda diferenciado el transportista (SNCF, único por el momento) y el administrador de las estaciones ferroviarias (G&C).

Gares&Connexions es la responsable de la explotación, la remodelación y la construcción de las estaciones ferroviarias. Sus ingresos provienen de las subvenciones recibidas por el Estado francés, de las tasas que el transportista paga por el uso de las instalaciones y de los comercios de la estación, de donde extrae el mayor margen de beneficio.

Bajo este contexto, las estaciones ferroviarias surgen como polos de movilidad estratégicos dentro de las ciudades, con un fuerte valor añadido. La escala de los proyectos de las estaciones ferroviarias, tanto de remodelación como de nueva construcción, debe abarcar toda la zona de influencia de la estación y no limitarse al edificio histórico.

Esta nueva visión del concepto de “estación ferroviaria”, junto al aumento de la demanda de los últimos años, que ha provocado que muchas estaciones hayan sobrepasado su capacidad, ha puesto de relieve la importancia de los estudios de flujo, que han pasado de tener un papel totalmente residual a ser, en ocasiones, determinantes en la nueva configuración de las estaciones.

3. Precedentes del estudio de flujo

Los arquitectos e ingenieros, siempre respetando la normativa, se han basado en la experiencia para realizar el dimensionamiento de sus proyectos. Como ya se ha mencionado, a nivel legal existen exclusivamente dos documentos que hacen referencia al flujo de usuarios en las estaciones ferroviarias: la Ley de seguridad de incendios y la directiva IN1724.

Ninguno de los dos documentos se centra en el dimensionamiento de los diferentes elementos de la estación ferroviaria en situación de explotación (halles, andenes, elementos de circulación vertical, línea de tornos...). La Ley de seguridad de incendios lo hace en situación de emergencia, mientras que la directiva IN1724, emitida por la Direction Déléguée de Systèmes d'Exploitation et Sécurité de la SNCF en 2002, se centra en los temas de señalización y medidas de seguridad. Uno de los pocos puntos que relaciona esta directiva con el flujo es su artículo 32 donde dice que “El objetivo de evacuación un andén, sin tener en cuenta el trayecto sobre éste, es de 2 minutos en líneas regionales y 3 minutos en grandes líneas, con el objetivo que la dilatación del tiempo de espera no incite a los usuarios a atravesar las vías”.

Para dimensionar los accesos de circulación de evacuación de los andenes, los ingenieros y arquitectos utilizaban tradicionalmente, y algunos todavía lo hacen, la siguiente fórmula, que se podría considerar que en ella residen los fundamentos del estudio de flujo.

$$AT = \frac{NU}{TE \cdot FU}$$

Donde, la anchura acumulada de los accesos de circulación de un andén (AT) necesarios tiene en cuenta el número de usuarios a evacuar (NU), el tiempo de evacuación (TE) y el flujo de circulación de los usuarios (FU).

Los resultados obtenidos a través de esta fórmula son poco precisos y suelen sobredimensionar el resultado. A continuación, se ponen dos ejemplos.

- Ejemplo 1. Evacuación de un TGV⁽⁴⁾ con 500 viajeros que descienden del tren.
(Dispositivo: Escaleras fijas en descenso)

$$AT = \frac{500 \text{ viaj.}}{3 \text{ min} \cdot 40 \text{ pers./m/min}} = 4.2 \text{ m}$$

- Ejemplo 2. Evacuación de un TER⁽⁵⁾ con 500 viajeros que descienden del tren.
(Dispositivo: Escaleras fijas en descenso)

$$AT = \frac{500 \text{ viaj.}}{2 \text{ min} \cdot 60 \text{ pers./m/min}} = 4.2 \text{ m}$$

Este cálculo reproduce la situación en la que todos los viajeros que descienden del tren se aglomeran, a la vez, bajo 4.2 metros de escaleras fijas. Un escenario que evidentemente no refleja la realidad. No se tienen en cuenta un gran número de variables, por ejemplo, el flujo de viajeros que se reunirá debajo de la escalera variará según el tipo de material utilizado, también el lugar de estacionamiento del tren será importante, no es lo mismo que el tren se estacione al final del andén que en medio, ya que la distancia entre las puertas del tren y los accesos del andén variará.

A nivel de andén, la evacuación depende de la configuración de sus salidas. A continuación se muestra un ejemplo realizado con un simulador dinámico, en el que se tiene el mismo número de escaleras con el mismo número de metros de ancho pero con una configuración diferente.

En la simulación realizada se representan dos andenes paralelos donde estacionan dos trenes idénticos con el mismo número de viajeros que descienden del tren. Hay cuatro accesos de salida en cada andén de condiciones semejantes. La única diferencia es el posicionamiento de los accesos de la derecha, tal y como se observa en la figura siguiente.

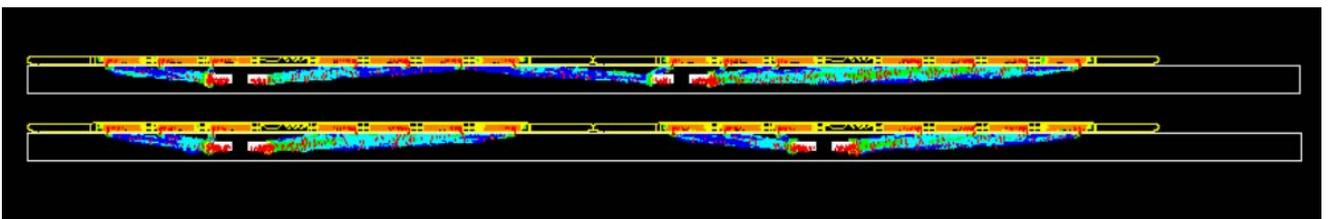


Figura 2. Simulación Legion de la evacuación de un andén
Fuente: Elaboración propia

(4) Train à Grande Vitesse. Es el tren de alta velocidad francés.

(5) Transporte Express Regional. Red de trenes de la SNCF que cubren las relaciones entre municipios de una misma región.

Los colores hacen referencia a los nivel de servicio o LOS (Level of Services) que J.J. Fruin publicó en 1971 en Estados Unidos[3], siendo el rojo el peor nivel de servicio (menos de $0,4\text{m}^2/\text{persona}$) y el azul el nivel excelente (más de $3,2\text{m}^2/\text{persona}$). En el anejo 1 se encuentra la conversión entre colores, metros cuadrados por persona y nivel de servicio en los espacios de circulación.

El resultado final (figura inferior), muestra los niveles de servicio alcanzados en cada punto del andén. Se observan comportamientos diferentes: el acceso izquierdo del andén superior tiene un mejor nivel de servicio que el del andén inferior, mientras que se produce un efecto inverso en el acceso derecho, donde el andén superior alcanza un nivel “rojo”.

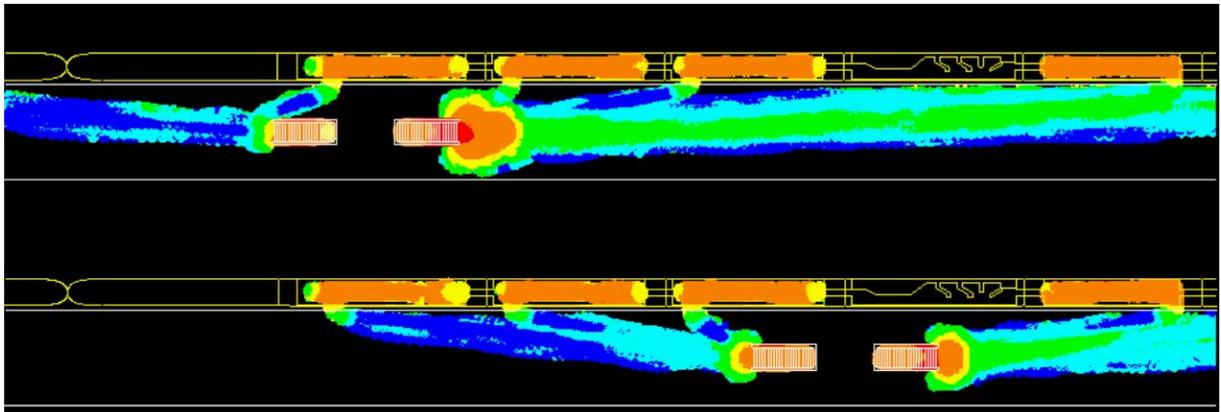


Figura 3. Resultado de la simulación Legion de la evacuación de un andén
Fuente: Elaboración propia

Después de estos ejemplos, se puede afirmar que para ser riguroso en el estudio de flujo hay que tener en cuenta muchas más variables que el número de viajeros, la capacidad del acceso y el tiempo de evacuación. Un estudio de flujo basado únicamente en estas variables carece de exactitud y garantía, por lo que no puede emplearse como base para la toma de decisiones.

A continuación, se presenta una lista de los datos de entrada necesarios y/o a tener en cuenta para la realización del análisis de evacuación de un andén.

- Sobre el comportamiento de los usuarios:
 - Velocidad de desplazamiento de los usuarios.
 - Diferencias tipológicas de los usuarios:
 - Habituales

- Ocasionales
- Con/sin maleta

- Trayecto atravesado por los usuarios
- Selección del acceso motivado por:
 - Repartición modal
 - Acceso más cercano
- Distribución de los usuarios en el tren:
 - Uniforme
 - Pre-posicionamiento dentro del tren

- Características del tren:
 - Posición de las puertas
 - Capacidad de evacuación del tren
 - Capacidad del tren

- Configuración del andén y de los accesos
 - Longitud y anchura del andén
 - Posición de los accesos
 - Tipo de acceso

- Condiciones de la explotación
 - Tipo de estación
 - Terminus
 - Estación de paso
 - Posicionamiento del tren en el estacionamiento
 - Posibilidad de retraso del tren

4. El análisis de flujo

Hasta el momento no se ha dado una definición concreta del concepto de “análisis de flujo peatonal en las estaciones ferroviarias”. Se podría empezar definiendo cada una de las partes. El “análisis” según la Real Academia Española de la Lengua es el “examen que se hace de una obra, de un escrito o de cualquier realidad susceptible de estudio intelectual”. Por otro lado, el “flujo” es la “acción de y efecto de fluir”, siendo “fluir” “moverse progresivamente de una parte a otra”. Por consiguiente, se puede definir el análisis de flujo como el examen del movimiento, en este caso peatonal, de una estación ferroviaria, siendo ésta la realidad susceptible de estudio.

Una vez se ha definido el concepto y se ha ubicado especialmente se le debe otorgar una dimensión temporal. Se recuerda que actualmente se debe entender la “estación ferroviaria” como el edificio, los andenes y toda la zona que se encuentra bajo su influencia.

La dimensión temporal depende de la fase en la que se encuentre el proyecto: estudios previos, ante-proyecto, proyecto o trabajos.

4.1. Dimensión temporal

El análisis de flujo no tiene una estructura definida, su composición depende del objetivo que se quiera alcanzar. Las cuestiones a las que tendrá que responder serán diferentes según la dimensión espacial, en función de la estación ferroviaria a estudiar; y de la dimensión temporal, según la fase en la que se encuentre el proyecto. A continuación, se citan las principales características del análisis en función de esta última dimensión.

Estudios previos

Dentro de los estudios previos de proyecto, el análisis de flujo pretende describir el funcionamiento del polo intermodalidad. Cuál es la frecuentación de la estación, cuál es el tipo de clientela (edad, frecuencia, profesión, origen, destino, motivo...), cuáles son los accesos y recorridos de los usuarios, etc. Si se es capaz de recoger y analizar toda esta información se llegará a conocer el comportamiento de la demanda y se podrá realizar un proyecto a la medida.

En los proyectos de remodelación gran parte de esta información se puede conseguir mediante una “misión terreno” de recuento y encuestas. En cambio, en los proyectos de nuevas estaciones conocer el comportamiento de la demanda es una tarea verdaderamente difícil.

Otras fuentes que pueden proporcionar una información importante son las que proceden de los diferentes actores: en el caso francés se tiene la RFF (Réseau Ferré de France), propietario y gestor de las infraestructuras ferroviarias; la SNCF, explotador de las infraestructuras ferroviarias; la administración pública (Estado, Región, Aglomeración, Comuna, Ayuntamientos...); y los actores que explotan los otros modos de transporte ligados al polo multimodal (RATP, Phébus, SAVAC...)

En esta fase de proyecto, las preguntas a las que se deberá responder con más frecuencia son:

- ¿Cuál es la frecuencia de la estación?
- ¿Cómo se reparte el flujo dentro de la estación?
- ¿Cuáles son las características principales de la clientela?
- ¿Qué modos de transporte se utilizan para llegar y salir de la estación?
- ¿Cuáles son los orígenes y destinos de los desplazamientos?
- ¿Cómo evolucionará el flujo con el tiempo?

Ante-proyecto

En la fase de ante-proyecto el análisis de flujo es esencial para ayudar al proyectista a dar un primer dimensionamiento o a verificar el dimensionamiento de los diferentes elementos: andenes, espacios de espera, número de torniquetes de cancelación de billetes, aparcamientos, pasillos de circulación de viajeros y/o elementos de circulación vertical (escaleras fijas, escaleras mecánicas, ascensores).

El proyectista necesita el análisis de flujo como apoyo a su trabajo, con él podrá justificar el por qué de la instalación de una escalera mecánica más o menos, o el por qué proyectar pasillos de cinco metros en vez de cuatro metros. En esta fase, el análisis deberá responder a este tipo de cuestiones.

Proyecto

Durante esta fase los análisis flujo tienen como objetivo describir el funcionamiento de la estación. Se afina el dimensionamiento y se describe la distribución del flujo de la estación (si el proyecto se centra sólo en ella) o del polo intermodal.

Normalmente, en esta fase, los estudios se apoyan en la modelización dinámica, ya que aporta una perspectiva microscópica del comportamiento de los usuarios. Se identifica de esta manera las disfuncionalidades del sistema y los puntos potencialmente problemáticos. En el mercado existen varios softwares capaces de realizar esta simulación, en los ejemplos mencionados en el capítulo “Precedentes del estudio de flujo” se ha utilizado “Legion”.

Otro punto que se suele pedir es la creación de un plan de explotación que permita optimizar el flujo de viajeros en los andenes. El objetivo es distribuir los trenes entre las diferentes vías de explotación, de tal manera que el flujo de viajeros en los andenes sea mínimo. Para ello, se necesita tener la previsión del número de viajeros que descenderán y montarán en cada uno de los trenes y el horario previsto de llegada, además de su tiempo de estacionamiento en la estación.

Fase trabajos

Las estaciones ferroviarias suelen continuar su explotación mientras se realizan los trabajos de remodelación, o en el caso de nuevas estaciones, la explotación suele comenzar antes que los trabajos hayan finalizado.

El análisis de flujo permite realizar una previsión del funcionamiento de la estación en esta fase.

4.2. Datos de entrada en un análisis de flujo

Actualmente, los proyectos ferroviarios no se centran únicamente en la remodelación o la creación de un edificio y de una serie de andenes, sino que son mucho más ambiciosos. Además de estos elementos, se planifican las calles de los alrededores de la estación, la distribución de los diferentes locales comerciales dentro del edificio, se estudia el emplazamiento ideal de los modos de transporte que llegan a la estación, etc...

El proyecto toma una magnitud mucho más amplia que la encerrada entre las paredes del edificio ferroviario. Es por ello que se tienen en cuenta muchas más variables que el simple número de viajeros que monta y desciende de los trenes.

A continuación, se presenta una lista de los datos de entrada necesarios para la realización del análisis de flujo bajo esta “nueva” perspectiva.

- Características de los usuarios de la estación ferroviaria. (La obtención de estos datos se realiza mediante encuesta).
- Contabilización de los usuarios de la estación ferroviaria. (Mediante cuenta-personas)
- Oferta ferroviaria (Número de trenes, capacidad, tipo de tren y horarios).
- Perspectiva de evolución tanto en la oferta ferroviaria como en el número de viajeros.

Las características de los usuarios se obtienen mediante encuestas realizadas a pie de estación. El recuento de los usuarios se realiza mediante una misión terreno cuenta-personas. Normalmente, estos dos trabajos son realizados por una misma empresa especialista durante un periodo de tiempo a determinar.

La oferta ferroviaria precisa y los horarios de llegada y salida son facilitados por el Jefe de Estación.

Los puntos, seguramente más complicados, son la determinación de la evolución del número de usuarios y de la oferta ferroviaria en un horizonte concreto. Se debe hacer un estudio del impacto de los futuros proyectos que pudieran afectar al tráfico de la estación, además de un análisis socio-económico del área de influencia (crecimiento de la población, aumento del número de puestos de trabajo, etc.). Por otro lado, la oferta ferroviaria que va ligada, en cierta manera, a la perspectiva de crecimiento del número de viajeros, depende también de otros factores como las características del material ferroviario que circulará en el futuro. Los resultados que se obtienen son vagos y sin garantías totales, por lo que se toman diferentes escenarios de estudio.

4.3. Determinación de la punta dimensionante

La punta dimensionante describe la situación (no tiene porqué determinarse el momento exacto) en que la estación alcanza su carga máxima en situación de funcionamiento normal.

Dejando de lado las necesidades específicas como pueda ser la evacuación de urgencia, el dimensionamiento se realiza sobre un día “standard” de la semana. Se excluyen fenómenos excepcionales o días muy particulares (manifestaciones deportivas, religiosas o culturales excepcionales, días de súper-punta debidos al comienzo o final de las vacaciones, etc...) de los que no se conoce bien el comportamiento de los usuarios y que podrían conducir al sobredimensionamiento de los espacios y servicios.

El día de la semana en que se encuentre la punta dimensionante variará según el tipo de estación que se estudie. Las estaciones con un tráfico básicamente de larga distancia tendrán su punta generalmente el viernes o el domingo, en cambio las estaciones con un tráfico basado esencialmente en trenes de cercanías tendrán como punta un día laborable, siendo el viernes, por lo general, el día más débil.

Igualmente, se tiene que tener en cuenta la estacionalidad. El tráfico no será el mismo en la estación de Niza en verano que en invierno.

La Hora Punta

Se puede definir la hora punta como los 60 minutos en los que el flujo en la estación es el más importante. Si se analiza el diagrama del flujo de usuarios en las estaciones ferroviarias se observa que a lo largo del día se producen, normalmente, dos puntas, una por la mañana y otra por la tarde. Se suele identificar una hora punta en cada uno de los periodos, ya que el comportamiento de los usuarios es diferente. La punta dimensionante, salvo excepciones muy puntuales, se encontrará en alguno de estos dos periodos.

Tal y como se observa en el gráfico 1, el flujo de usuarios es diferente a lo largo del día. En este caso, por la mañana el número de usuarios que sale de la estación es superior al que entra en ella, en cambio, por la tarde el efecto se invierte. Observando este comportamiento, las

estaciones ferroviarias se pueden clasificar en dos categorías según qué flujo (entradas – salidas) sea más importante en la punta de la mañana.

- Emisoras: Son aquellas estaciones que por la mañana tienen un flujo de entrada superior al de salida. Suelen ser estaciones de tren situadas en el área de influencia de un gran núcleo urbano.
- Receptoras: Son aquellas estaciones que por la mañana tienen un flujo de salida superior al de entrada. Suele corresponder a las estaciones ferroviarias ubicadas en los grandes núcleos o en los polos de empleo.

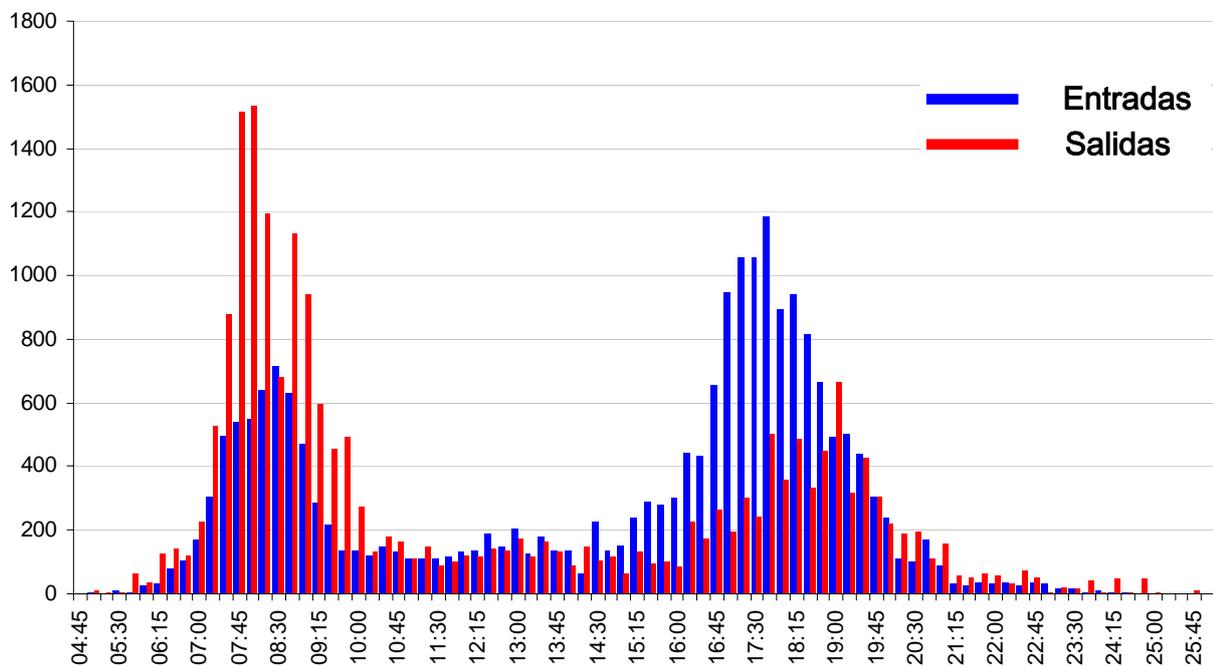


Gráfico 1. Flujo de usuarios en una estación ferroviaria a lo largo de un día
Fuente: AREP

Una hora es un periodo muy extenso para hacer un análisis de los elementos de la estación ferroviaria. Durante este tiempo el flujo puede comportarse de forma muy irregular. Póngase el ejemplo de una estación ferroviaria donde los usuarios generalmente acceden en tranvía. El flujo no llegaría de manera continua, sino que habría un efecto “tranvía”, cada vez que llegara uno a la estación. Los usuarios se aglomerarían en los diferentes accesos, si éstos se hubieran dimensionado cogiendo como base el flujo total de la hora punta, los accesos se congestionarían. Por consiguiente, no se puede considerar la hora punta como la punta dimensionante.

Normalmente, el recuento en las estaciones de tren se realiza en tramos de tiempo de 5 a 15 minutos, con lo que se puede estudiar el flujo de una manera más detallada. De todas maneras, siguiendo con el ejemplo anterior, los problemas continuarían. Volviendo al ejemplo del tranvía, se imagina un flujo constante de 5 usuarios cada minuto, en el minuto 3 llega el tranvía, con lo que el flujo en los siguientes minutos aumenta de manera muy significativa hasta alcanzar los 50 usuarios por minuto. Durante estos 10 minutos, el total de usuarios es de 180, una media de 18 usuarios/minuto. Si se dimensionan los accesos para albergar este número de usuarios por minuto se estarían sub-dimensionando. En efecto, para hacer un buen dimensionamiento se debe tener en cuenta los 50 usuarios que llegan a la estación en el minuto más cargado de estos diez minutos.

El gráfico siguiente muestra el ejemplo del efecto “tranvía” que se acaba de citar.

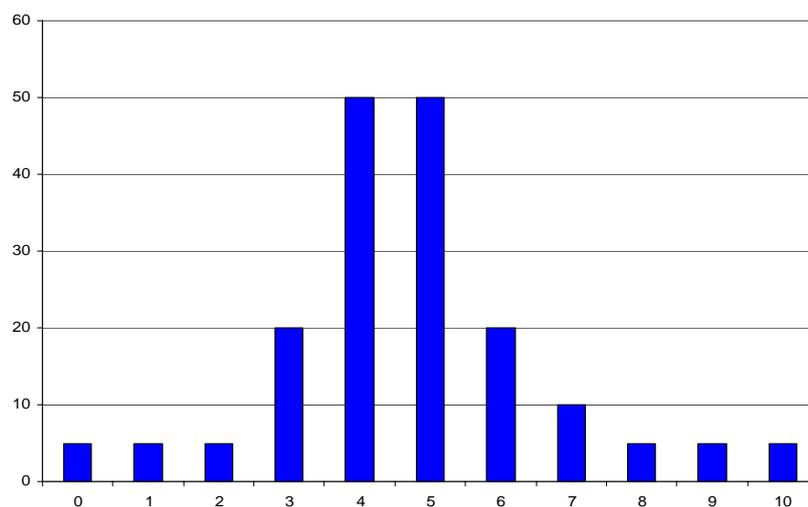


Gráfico 2. Efecto “tranvía” sobre un periodo de diez minutos
Fuente: Elaboración propia

Visto este último ejemplo, el análisis se debe realizar de la manera más detallada posible, por lo que se deben tener en cuenta las características de los medios de transporte que frecuentan la estación.

La punta dimensionante

Tal y como se ha comentado, una hora es un periodo de tiempo muy amplio para utilizarlo directamente en el análisis de los diferentes elementos de la estación. Incluso, como se ha mencionado, si se tomara un periodo de diez minutos se podría seguir cayendo en un error. Por consiguiente, la cuestión que se plantea es la siguiente: ¿Qué periodo de tiempo debe tomarse para permitir un análisis de flujo apropiado?

El minuto parece una unidad apropiada, la hora queda descartada y el segundo parece una unidad demasiado pequeña para el tipo de análisis que se realiza. Si se observa la IN1724, la unidad que utiliza para definir la capacidad de los elementos de circulación vertical es el minuto. Por lo tanto, parece apropiado hacer el análisis trabajando “al minuto”.

De esta manera, se puede definir la punta dimensionante como el minuto en el que el flujo es el más importante en cada uno de los elementos de análisis. Al estar trabajando con un periodo de tiempo tan pequeño, la punta dimensionante no se produce en el mismo momento en cada uno de los elementos de análisis, aunque el momento exacto en el que se produce carece de importancia, tal y como se verá a continuación.

4.4. Fabricación de la punta dimensionante

El análisis de flujo toma como referencia la hora punta, tanto de la mañana como de la tarde, y es a partir de ella que se estudia el perfil del flujo minuto a minuto. Como es lógico, se debe tener en cuenta los resultados obtenidos en el recuento. Finalmente, el minuto más cargado de la hora punta será la punta dimensionante.

Se debe identificar la punta dimensionante en cada uno de los elementos. Por ejemplo, en los accesos a la estación la punta dimensionante dependerá del flujo de usuarios a la entrada y a la salida. En la evacuación del andén se deberá identificar el número máximo de viajeros que descienden de los trenes. En la línea de torniquetes, si la hay, se deberán tener en cuenta los viajeros que han descendido del tren y no hacen correspondencia y los viajeros que acceden del exterior. Para evaluar el espacio útil de la estación ferroviaria se deben tener en cuenta el tiempo de precaución de los viajeros y el tiempo que tardan los viajeros que han descendido del tren en atravesar esta superficie.

Usuarios que entran en la estación

Se puede considerar que los viajeros de un tren llegan a la estación según una ley normal, tal y como se explicará en páginas posteriores. En la hora punta, y especialmente, en estaciones con un flujo importante, la acumulación de las leyes normales de cada uno de los trenes dibuja un perfil teórico que se puede considerar constante. En la práctica, el efecto “tranvía”

(producido por los medios de transporte públicos) hace que no se produzca este comportamiento.

Para estudiar el comportamiento de los usuarios que entran en la estación y tener en cuenta el efecto producido por los modos de transporte públicos se deben tomar ciertas hipótesis. A continuación, se cita alguna de las hipótesis que suelen emplear los expertos para realizar el análisis de flujo.

- A pie: El flujo se considera continuo durante la hora punta (1/60 del flujo total de la hora), salvo en la punta dimensionante en que se toma 1/40.
- Vehículo privado: Mismo comportamiento que el anterior.
- Bicicleta: Mismo comportamiento.
- Taxi: Mismo comportamiento
- Autobús: Se deberán tener en cuenta todas las líneas que llegan a la estación. El perfil que se dibuja durante la hora punta tiene en cuenta la frecuencia de cada una de las líneas, haciendo coincidir en la punta dimensionante el mayor número de líneas posibles. El número de viajeros de los autobuses de una misma línea se puede considerar uniforme.
- Autocar de línea: la idea sería la misma que la anterior. Se tiene que tener en cuenta la frecuencia y/o los horarios de las diferentes líneas, además del número de usuarios. Se deberá crear un perfil lógico en el que aparezca un efecto punta.
- Tranvía: mismo comportamiento que el autobús. Aunque, si el número de líneas fuera bajo (1 o 2), para definir la punta dimensionante, se puede tomar 1,5 veces el número medio de usuarios por tranvía.
- Autocar de empresa: suele ser un número pequeño y con un horario bastante estable. De la misma manera que en el caso del autocar de línea se creará un perfil de flujo lógico en el que aparezca una punta dimensionante.

El perfil de llegada de los usuarios a la estación se obtiene a partir de la adición de cada uno de los perfiles anteriores.

Usuarios que salen de la estación

Los usuarios que salen de la estación la estación pueden ser o viajeros que han descendido de un tren o usuarios no-viajeros que han entrado a la estación y salen de ella sin tomar ningún tren. Este segundo grupo suele ser pequeño respecto al global.

La llegada de los trenes y el descenso de los viajeros determinan el perfil de los usuarios que sale de la estación. Conociendo el número de viajeros que desciende de los trenes, extrayendo el porcentaje de viajeros en correspondencia y añadiendo el de usuarios no-viajeros se puede crear el perfil de usuarios que sale de la estación. El máximo corresponderá a la punta dimensionante.

Al realizar el perfil se deben tener en cuenta los horarios de los trenes y los posibles retrasos. Se deben analizar los escenarios que se pueden dar y situarse del lado de la seguridad.

Tiempo de presencia en la estación

El tiempo de presencia permite evaluar la superficie media útil de que disponen cada uno de los usuarios en la estación. Una vez conocida esta superficie, se puede valorar el confort de los usuarios a través de la evaluación de las tablas de J. J. Fruin. En la superficie de la estación se reúnen tanto usuarios en movimiento como usuarios estáticos o en espera, con lo que se hace necesario hacer un análisis teniendo en cuenta tanto la tabla del anejo 1 (situación dinámica) como la del anejo 2 (situación estática).

El tiempo de presencia en la estación no es el mismo para un viajero que va a tomar un tren que para un viajero que acaba de llegar a la estación. En el primer caso, este tiempo se rige por el tiempo de precaución del viajero. En el segundo, el tiempo depende de un factor de orientación dentro de la estación y del recorrido que deba tomar el viajero hasta la salida.

El tiempo de los viajeros que llegan a la estación en tren y salen de ella depende de la estación de estudio. En el análisis, se deben tener también en cuenta los viajeros en correspondencia.

Por otro lado, el tiempo de precaución de los usuarios para tomar su tren depende esencialmente de tres factores.

- Un tiempo de seguridad que se transforma en tiempo de espera. Aparece por la anticipación de los viajeros a posibles retrasos en su trayecto hacia la estación.
- Un tiempo de orientación.
- Un tiempo de despedida a las personas acompañantes.

Este tiempo de precaución aumenta, generalmente, en función de la distancia entre la estación y el origen del desplazamiento, y depende de la psicología y del comportamiento de los viajeros.

Según la encuesta sobre los servicios en las estaciones de Francia realizado por l'Effia en 2004 [4], el tiempo medio de espera del TGV es de 32 minutos, mientras que del TER (trenes regionales) es de 10 minutos. El andén en el que se estacionará el tren se fija en pantalla con 20 minutos de antelación.

Tal y como se observa en el grafico 3, donde se muestra la llegada de los viajeros a la estación en función del tipo de tren, se puede considerar que las llegadas siguen una ley normal.

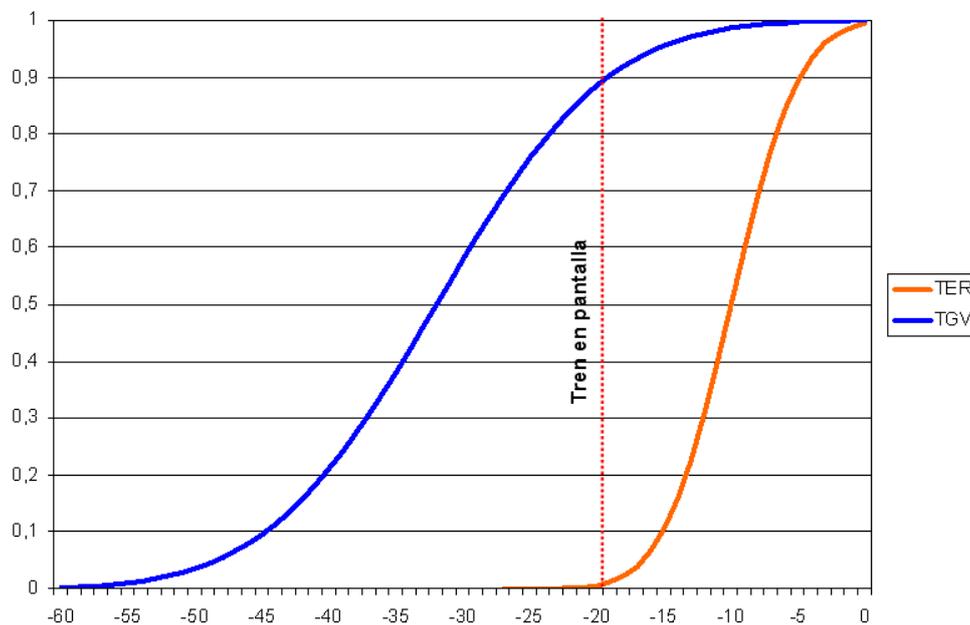


Gráfico 3. Perfil de llegada de los usuarios en función del tipo de tren

Fuente: Elaboración propia

5. Encuestas y determinación del flujo

5.1. Encuestas

Las encuestas son una fuente de información fundamental para el estudio de flujo. Aportan información sobre las características y los hábitos de la clientela. ¿Cómo han llegado los usuarios a la estación?, ¿por qué han venido?, ¿con qué frecuencia vienen a la estación?...Esta información es esencial para poder realizar el análisis de flujo.

Cuestionarios

El cuestionario tiene como misión extraer la máxima información de una manera rápida y clara. No debe ser extenso, sino concreto y directo. Hay que recordar que los usuarios de la no han venido a la estación para responder un cuestionario, sino para coger un tren o acompañar a un familiar o amigo.

A continuación, se analizan las preguntas más frecuentes que suelen aparecer en los cuestionarios. En el anejo 3 se puede encontrar un cuestionario realizado para la misión de la estación de Niza-Thiers a comienzos de marzo 2010.

- ¿Qué modo de transporte ha utilizado para llegar a la estación?
Se podría pedir la cadena de modos de transporte que el usuario ha empleado para llegar a la estación. De esta manera, se evitaría que un encuestado que haya venido a la estación en un modo de transporte, por ejemplo el autobús, pero que haya realizado los últimos metros a pie responda que ha llegado a la estación a pie. Este es uno de los errores frecuentes que aparecen en las encuestas si se pide únicamente una respuesta.
- Procedencia, origen del usuario.
El Código Postal, si el origen se encuentra fuera de la población de la estación, es un buen dato. En cambio, si el usuario tiene como origen algún lugar dentro de la población, el dato más interesante es la dirección.
- ¿Qué modo de transporte tomará para salir de la estación?
En esta pregunta puede aparecer el mismo problema que en la primera pregunta.

- ¿Cuál es su destino?

Las preguntas que se presentan a continuación dan información sobre las cualidades de los usuarios. Estos resultados serán realmente interesantes para el colectivo de comerciantes, que las tendrá muy en cuenta para implantar un tipo u otro de comercio.

- ¿Cuál es el motivo de su presencia en la estación?
- ¿Cada cuánto tiempo frecuenta la estación?
- ¿Cuál es su profesión?
- Edad
- Sexo

Puesta en práctica

Se debe tomar una muestra representativa, es decir, un número de encuestas suficiente capaz de describir las características de los usuarios. Un número muy bajo de encuestas nos puede llevar a errores muy graves. Como orden de magnitud se toma una proporción de encuestas durante toda la jornada superior al 1,5% del flujo total del mismo día.

En una estación ferroviaria se diferencian cuatro grandes grupos de usuarios, cada uno de los grupos tiene un comportamiento diferente, por lo que deben ser tratados de manera diferente.

Estos grupos son:

- Usuarios que entran y salen sin tomar ningún tren. Son usuarios que han acompañado a un viajero, que han entrado a la estación a comprar un billete u otro producto, que han esperado a algún viajero dentro del edificio, etc.
- Usuarios que únicamente entran. Son los usuarios que tomaran un tren.
- Usuarios que únicamente salen. Son los viajeros que han llegado a la estación y salen del edificio.
- Usuarios que ni salen ni entran. Son los viajeros que hacen correspondencia en la estación.

Normalmente, se exige un mínimo de encuestas de cada uno de los grupos para poder tener una muestra representativa. El porcentaje que cada uno de estos cuatro grupos representa del total viene determinado por la misión de recuento en la estación.

Particularidades

La singularidad del escenario y las circunstancias en las que se realizan las encuestas hace que esta misión tenga una serie de particularidades que deban ser analizadas. A continuación, se citan una serie de puntos de reflexión que se deben tener en cuenta al realizar y tratar las encuestas.

- Las encuestas deben realizarse de manera paralela al recuento de los usuarios de la estación. En el siguiente capítulo, “ajuste estadístico de las encuestas”, se dan los porqués de esta simultaneidad.
- Encuestar a usuarios que esperan un tren es mucho más sencillo que hacerlo a los usuarios que descienden del tren y se dirigen hacia la calle. Es por ello, que si no se tiene en cuenta este punto la diferencia entre el número de encuestas realizadas a usuarios que “salen” de la estación y que “entran” será realmente grande.
- El tiempo de precaución de los usuarios es diferente según el tipo de tren. No es lo mismo realizar un viaje Barcelona – Madrid que tomar un tren de cercanías.
- El tiempo de precaución es también diferente según la frecuentación con la que el usuario coja el tren. Un usuario habitual normalmente llegará a la estación con menos tiempo de antelación que un usuario ocasional.
- Los usuarios que “salen” de la estación y que se desplazan hasta su destino final con su vehículo particular o con el vehículo particular de un tercero que les espera están más predispuestos a realizar una encuesta que los usuarios que se desplazan con transporte público.
- Es más fácil entrevistar a los usuarios de la estación ferroviaria que esperan a un viajero dentro de la estación ferroviaria, ya que pueden estar solos, que a los usuarios que acompañan a un viajero dentro de la estación ferroviaria, ya que están acompañados.

Otros aspectos comunes a todas las encuestas (en la calle, en un centro comercial, etc.) que también pueden afectar al resultado final son la personalidad de los encuestadores y la impresión de un posible encuestado, es decir, un encuestador quizá no se atreve a abordar a una persona con traje y maletín.

En cada una de las encuestas debe quedar anotado la hora de realización para poder realizar a posteriori el ajuste estadístico.

5.2. Ajuste estadístico de las encuestas

Las encuestas y el recuento son dos fuentes de información fundamentales para el estudio de flujo, pero como se viene repitiendo hay que saber tratarlas e interpretarlas.

Si se utilizan directamente los datos obtenidos de las encuestas es muy fácil obtener unos resultados erróneos. Como se observa en el gráfico 4, ni el flujo ni las encuestas realizadas son constantes, ni tampoco lo es el cociente entre ellos. Por consiguiente, no se le puede dar el mismo valor a una encuesta recogida a las 11h, donde el volumen de flujo apenas superaba el 4%, que a una encuesta recogida a las 17h, donde el flujo supera el 10%.



Gráfico 4. Porcentaje de encuestas y flujo a lo largo del día de una estación modelo
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se desarrolla un método de ajuste estadístico que tiene como objetivo dar a cada una de las encuestas realizadas un peso relativo. De esta manera, quedará representada de una manera más fiel la realidad. El método que se desarrolla, seguramente el más conocido y utilizado, es el ajuste por post-estratificación simple.

Motivación

Las tres razones fundamentales por las que se utiliza este método de ajuste son:

- Se tienen dos fuentes de datos: el recuento (tamaño N) y las encuestas (muestra de tamaño n), con las que se pueden cruzar los datos a través de parámetros comunes.
- Se tiene el número de cuestionarios recogidos durante las diferentes franjas horarias, pudiendo asignarlo a un grupo de usuarios.

Los parámetros comunes a partir de los que se pueden cruzar los datos obtenidos son:

- Las franjas horarias.
- Los cuatro tipos de usuarios

De esta manera, se podrán obtener unos resultados absolutos mucho más rigurosos que los obtenidos a través del simple cociente n/N .

Resumen del método

El objetivo no es explicar de una manera rigurosa la post-estratificación simple, sino mostrar de una manera resumida y clara el método empleado.

Para aplicarlo se debe extraer, por sondeo aleatorio simple, una muestra de talla n , en este caso las encuestas. Se determinan H categorías, llamadas post-estratos, en función de los valores conocidos de la muestra (n_{ij} con $i=1,2,\dots,p$ y $j=1,2,\dots,q$ donde $q \cdot p = H$); siendo estas categorías las correspondientes a cada una de las franjas horarias y tipo de usuario de la estación ferroviaria. Lógicamente, se debe ser capaz de identificar en el recuento estas categorías, que se notan como N_{ij} .

Se aplicará un factor de ajuste estadístico f_{ij} a cada uno de los ij correspondientes. Siendo éste:

$$f_{ij} = \frac{\frac{N_{ij}}{N}}{\frac{n_{ij}}{n}}$$

A continuación, se expone un ejemplo del método de la post-estratificación a partir de los datos de una estación ferroviaria francesa. Entre las 6h y las 22h se realizaron 2.967 encuestas válidas con un flujo total de aproximadamente 70.000 usuarios.

La primera de las siguientes tablas muestra los resultados del recuento según la franja horaria y el tipo de usuario (salidas hace referencia a los viajeros que han descendido del tren y salen de la estación, mientras que entradas aquellos que entran en la estación para tomar un tren). La segunda tabla muestra el número de encuestas recogidas por tipo de usuario y franja horaria.

	Salidas	Entradas	Correspond.	No-viajeros	TOTAL
6h-10h	9,1%	17,8%	2,3%	0,7%	29,9%
10h-14h	6,9%	7,4%	1,1%	1,5%	16,9%
14h-18h	18,5%	8,3%	3,4%	1,4%	31,6%
18h-22h	8,6%	7,1%	2,4%	3,5%	21,6%
TOTAL	43,1%	40,6%	9,2%	7,1%	100%

Tabla 1. Datos del ejemplo. Recuento
Fuente: AREP

	Salidas	Entradas	Correspond.	No-viajeros	TOTAL
6h-10h	495	285	119	56	955
10h-14h	279	154	44	87	564
14h-18h	452	232	93	51	828
18h-22h	214	251	56	99	620
TOTAL	1440	922	312	293	2967

Tabla 2. Datos del ejemplo. Encuestas
Fuente: AREP

Aplicando el factor de ajuste visto anteriormente,

$$f_{ij} = \frac{\frac{N_{ij}}{n_{ij}}}{n}$$

se obtiene el resultado de la tabla siguiente.

	Salidas	Entradas	Correspond.	No-viajeros
6h-10h	0,543	1,852	0,583	0,345
10h-14h	0,737	1,444	0,747	0,512
14h-18h	1,216	1,056	1,096	0,786
18h-22h	1,188	0,844	1,254	1,041

*Tabla 3. Datos del ejemplo. Factor de ajuste estadístico
Fuente: Elaboración propia*

Este factor encontrado es el peso que tiene cada una de las encuestas enmarcada en cada ij . Las encuestas que tengan un factor de ajuste inferior a uno tendrán menos valor unitario que aquellas con un factor superior a uno.

Normalmente, los resultados obtenidos a través del ajuste por post-estratificación varían poco o muy poco de los obtenidos mediante el cálculo de la media clásica. Este hecho augura y tiende a probar que la muestra ha sido bien tomada.

Limites

Para dar finalmente validez al resultado obtenido se debe analizar si el factor f_{ij} se encuentra entre los límites L y U .

$$L \leq f_{ij} \leq U$$

El valor de U y L varía en función de la dimensión de la muestra obtenida. Como referencia se toma la tabla del manual “Les techniques de Sondage” de Pascal Ardilly (p.359)[5]. En

este tipo de estudios donde el número de encuestas recogidas no es elevado el factor f_{ij} queda limitado por los valores 0,3 y 3.

Se observa como el resultado obtenido en el ejemplo anterior cumple estos límites.

5.3. Determinación del flujo en la estación

El recuento de los usuarios en la estación ferroviaria es una fuente de información fundamental para el estudio de flujo. Como se ha visto, permite aplicar el método de la post-estratificación simple e identificar la proporción de cada uno de los grupos de usuarios. Por otro lado, el recuento refleja el verdadero movimiento de flujo de los usuarios en la estación.

La misión se lleva a cabo en situación de explotación normal, durante el día o días más significativos. Se hace el recuento en los accesos a la estación, tanto a la salida como a la entrada, en los accesos a los andenes y en los diferentes puntos intermedios relevantes, de tal manera que se pueda esquematizar el comportamiento del flujo. En el anejo 4 se encuentra la distribución empleada en la estación de Niza durante los días 03/03/2010 y 04/03/2010.

Lógicamente, el recuento que se hace en cada uno de los puntos señalados no es global, sino que se intenta que sea lo más detallado posible. Se suelen tomar periodos de 5 a 15 minutos. Realizar el recuento de esta manera facilita la detección del valor de la hora punta y de la punta dimensionante, además es básico para la realización del ajuste estadístico de las encuestas.

Normalmente, es una única empresa la que hace el recuento y las encuestas. Las dos misiones se realizan durante el/los mismo/s día/s de manera paralela. Se debe abarcar la mayoría de la jornada, pudiendo dejar sin contabilizar el flujo “residual” de la mañana y de la noche. El horario dependerá del flujo ferroviario de la estación, pero a modo de orientación la prestación debe llevarse a cabo desde las 6h00 a las 21h30.

6. Cálculo de capacidad

Una vez que se conoce en que consiste el análisis de flujo y se han estudiado los métodos de obtención de los datos de trabajo, se puede abordar el análisis de capacidad de los diferentes elementos de la estación ferroviaria.

Este capítulo se compone de dos partes. Una primera donde se explica la idea sobre la que se basa el análisis de capacidad de todos los elementos, y una segunda parte en la que se hace hincapié a la cuestión de la evacuación de los andenes.

6.1. Principio del análisis de capacidad

El análisis de capacidad se basa esencialmente en el tándem oferta-demanda. Se entiende la oferta como la capacidad de absorción de flujo de los diferentes elementos de la estación, mientras que la demanda corresponde al flujo de usuarios que pretende atravesarlos.

El primer punto que se debe abordar es la identificación de los diferentes elementos que puedan ser susceptibles de estudio. Los elementos esenciales a estudiar son:

- Los torniquetes
- Los dispositivos de circulación vertical
- Los espacios de espera
- Los andenes
- Los pasillos y corredores

A continuación se desarrolla el principio del análisis de capacidad.

$$S_{j,T} = \sum_{t=0}^T (Q_{j,t} - D_{j,t})$$

donde,

$$D_{j,t} = \begin{cases} Q_{j,t} & \text{si } Q_{j,t} \leq \hat{C}_j \\ \hat{C}_j & \text{si } Q_{j,t} \geq \hat{C}_j \end{cases}$$

Con S_j, T : Stock del acceso j en el momento T
 Q_j, t : Demanda del acceso j en el instante t
 D_j, t : Flujo del acceso j en el instante t
 \hat{C}_j : Capacidad del acceso j

El stock máximo del acceso j es :

$$S_j \max = \max_r (S_j, T)$$

donde

$S_j \max$: Stock máximo del acceso j

Finalmente, el tiempo máximo de espera de un usuario en el acceso j (W_j) será:

$$W_j = \frac{S_j \max}{\hat{C}_j \cdot \alpha}$$

Con α : coeficiente de aleatoriedad, si los usuarios se evacuan según el orden de llegada al acceso (FIFO), $\alpha = 1$

El gráfico siguiente muestra la idea en la que se basa el principio del análisis de capacidad. Gráficamente, el stock máximo ($S_j \max$) en el acceso j corresponde a la diferencia máxima entre la curva demanda y oferta en un instante t. Por otro lado, el tiempo máximo de espera (W_j) es igual a la diferencia horizontal máxima de las dos curvas.

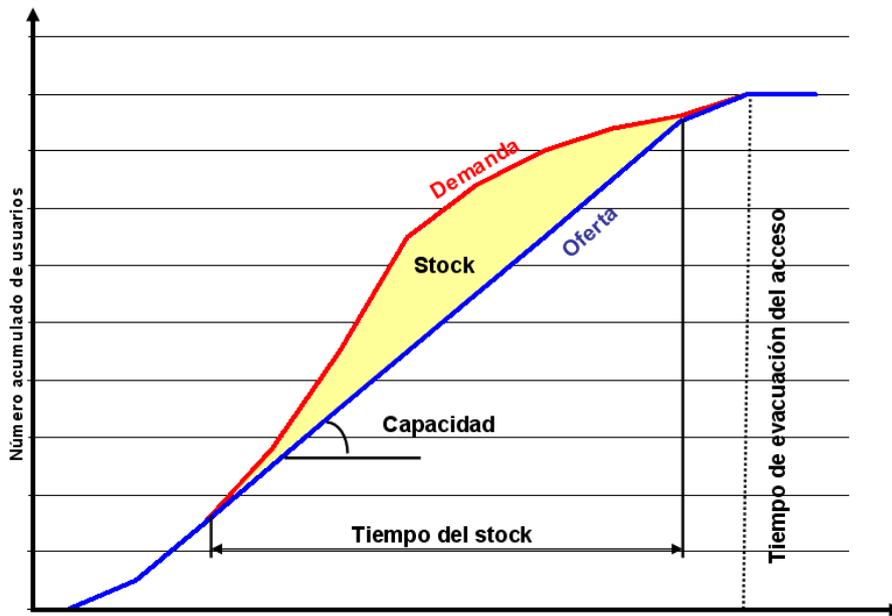


Gráfico 5. Teoría de la oferta y la demanda
Fuente: Elaboración propia

6.2. Evacuación de un andén

En este análisis particular se deben tener en cuenta ciertas variables, tal y como quedó probado en el capítulo 3 “Precedentes del estudio de flujo”. Se toma la hipótesis de que la velocidad de los usuarios es homogénea y que los viajeros toman el acceso más próximo.

A continuación se presenta el desarrollo matemático de la evacuación de un andén.

El acceso utilizado por los viajeros de la puerta i del tren es,

$$A, P_i = \arg \min_j (E_{ij})$$

Donde

$$E_{ij} = |E_i - E_j|$$

Con

A, P_i : Acceso utilizado por el viajero de la puerta i

E_i : Distancia entre la puerta i y el punto de referencia

E_j : Distancia entre el acceso j y el punto de referencia

E_{ij} : Distancia entre la puerta i y el acceso j

La demanda de evacuación de la puerta i al acceso j en el momento T :

$$Q_{j,T} = \sum Q_{ij,T}$$

Donde

$$Q_{j,T} = \begin{cases} D_i & \text{si } A_j \neq A, P \text{ y } T_{ij} < T < T_i + T_{ij} \\ 0 & \text{si } A_j \neq A, P \text{ y } T < T_{ij} \text{ o } T > T_i + T_{ij} \end{cases}$$

$$T_i = \frac{N_i}{D_i}$$

$$T_{ij} = \frac{E_{ij}}{V_i}$$

Con

$Q_{j,T}$: Demanda en el acceso j en el momento T

$Q_{ij,T}$: Demanda en la puerta i en el acceso j en el momento T

T_i : Tiempo de evacuación del tren en la puerta i

N_i : Numero de viajeros en la puerta i

D_i : Capacidad de la puerta i

T_{ij} : Tiempo de desplazamiento entre las puertas i y el acceso j

V_i : Velocidad media de los viajeros en la puerta i

El lugar de estacionamiento de los trenes está fijado, no depende de la decisión del conductor. El número de accesos y de puertas del tren son parámetros también conocidos. El flujo medio de la puerta de los trenes es un dato experimental que también se conoce, igual que la velocidad media de los viajeros que dependerá de las características de los viajeros (habituales u ocasionales). La capacidad del acceso viene dada por la IN1724, como se puede observar en el anejo 5. El único dato que no se sabe con certeza es el número de viajeros en cada una de las puertas. Se podría tomar la hipótesis de que la repartición de los viajeros es uniforme, pero se estaría cometiendo un error.

Distribución de los viajeros dentro de un tren

A través de las encuestas se puede tomar una hipótesis más acertada acerca del posicionamiento de los viajeros en el tren. Para ello, se debe dar respuesta a las siguientes cuestiones: ¿Los viajeros se sitúan de manera aleatoria dentro del tren? ¿Se pre-posicionan según la situación de los accesos en la estación de destino? o ¿se sitúan principalmente en las puertas más cercanas al acceso que han tomando en la estación de origen?

A continuación, se desarrolla un método matemático que da respuesta a la distribución de los viajeros en el tren según su pre-posicionamiento y la “atractividad” de cada una de las puertas.

Se define una matriz E_{ij} de distancias, se recuerda que i son las puertas del tren y j los accesos del andén.

Se toma la siguiente función exponencial, con la que se construye la matriz de “atractividad” de cada par ij .

$$f = e^{\theta E_{ij} \beta}$$

donde E_{ij} es la distancia antes obtenida, β es el factor pre-posicionamiento y θ es una constante experimental que debe ser inferior a 0.

Los valores empleados para β son también experimentales, como referencia se puede tomar:

- 0 si no hay pre-posicionamiento. (Se observa que se obtiene una distribución uniforme)
- 1,2 pre-posicionamiento débil.
- 1,5 pre-posicionamiento medio
- 2 pre-posicionamiento fuerte

Finalmente, la “atractividad” relativa de cada una de las puertas i según los accesos j es:

$$H_{ij} = \frac{e^{\theta E_{ij} \beta}}{\sum_{i=1}^n e^{\theta E_{ij} \beta}}$$

Conociendo el número de viajeros que toma cada uno de los accesos N_j , y multiplicándolo por cada H_{ij} donde $i = 1, 2, 3, 4, \dots$ se halla el número de viajeros alrededor de cada una de las puertas N_i .

A continuación, se muestran dos ejemplos de repartición de los viajeros dentro de un tren 2N-NG Tri-casse⁽⁶⁾ que tiene una longitud de 81 metros y capacidad para 329 viajeros. Dispone de 6 puertas distribuidas de la siguiente manera (7.4m, 20.9m, 33.8m, 47.3m, 60.2m, 73.7m tomando como origen la cola del tren). El andén es de 100 metros y tiene tres accesos a 15m, 50m y 75m respecto a la cola del andén. El tren se estaciona de manera que su centro coincide con el centro del andén.

Los siguientes gráficos representan la distribución de los viajeros dentro del tren en función de las puertas de su pre-posicionamiento. En el eje de las abscisas se reparten las puertas del tren, mientras que las líneas verticales rojas corresponden a los accesos del andén.

El primer de los gráficos corresponde a una tasa de ocupación del 90%, mientras que el segundo del 50%.

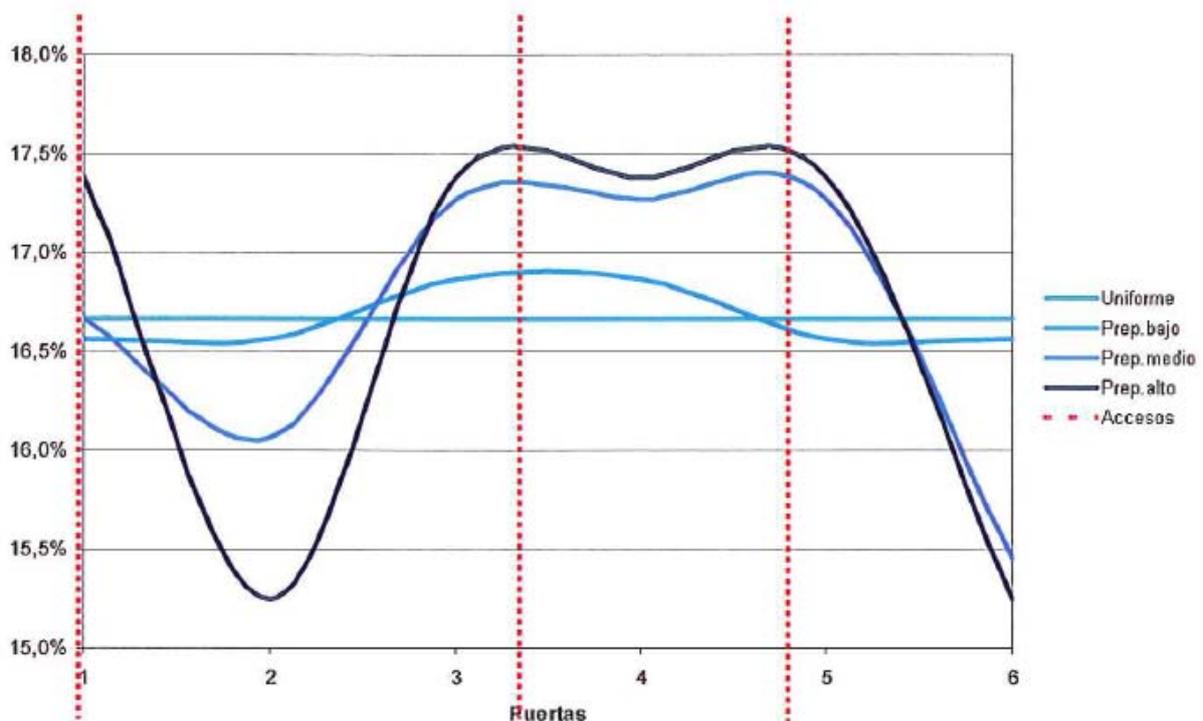


Gráfico 6. Repartición de los viajeros en el tren con una tasa de ocupación del 90%
Fuente: Elaboración propia

(6) Nombre de un tipo de material ferroviario francés.

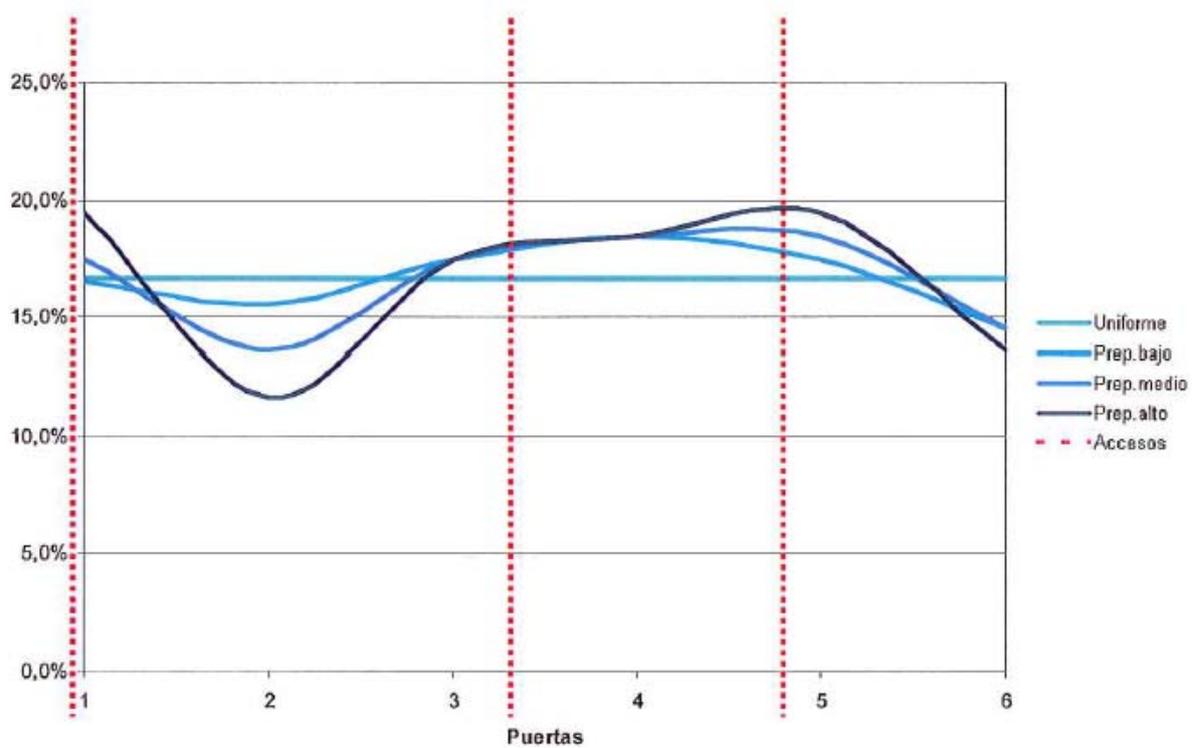


Gráfico 7. Repartición de los viajeros en el tren con una tasa de ocupación del 50%
Fuente: Elaboración propia

Se observa, en los dos gráficos, una clara diferencia en la distribución de los viajeros según el grado de pre-posicionamiento. Si es alto, las puertas más cercanas a los accesos tienen una tasa de ocupación elevada, mientras que en otras partes del tren los viajeros disponen de mayor comodidad.

Por último, se debe indicar que si el valor N_i es superior a la capacidad que puede albergar el espacio correspondiente a cada i , se deberán realizar iteraciones para respetar las condiciones de contorno. Este fenómeno ocurre especialmente en el caso de pre-posicionamientos elevados.

7. Ejemplo de estudio de flujo

El objetivo de esta segunda parte es que sirva como complemento de la primera. Se aplicarán los conceptos que han ido apareciendo a lo largo del documento para realizar un análisis de flujo completo. Se debe tomar esta segunda parte como ejemplo de desarrollo e inspiración, y nunca como un modelo estricto a seguir. Se recuerda, que la configuración de las estaciones ferroviarias es muy variada, de la misma manera que la finalidad de los análisis de flujo.

Contexto

El objeto de estudio es la estación ferroviaria de Versailles-Chantiers, ubicada en la población de Versailles (87.000 habitantes en 2007) situada a 20 km al sud-oeste de la ciudad de Paris. La ciudad cuenta actualmente con cinco estaciones ferroviarias, siendo Versailles-Chantiers la más importante de ellas.

El estudio se enmarca en la fase ante-proyecto de rehabilitación y remodelación de la estación ferroviaria Versailles-Chantiers.

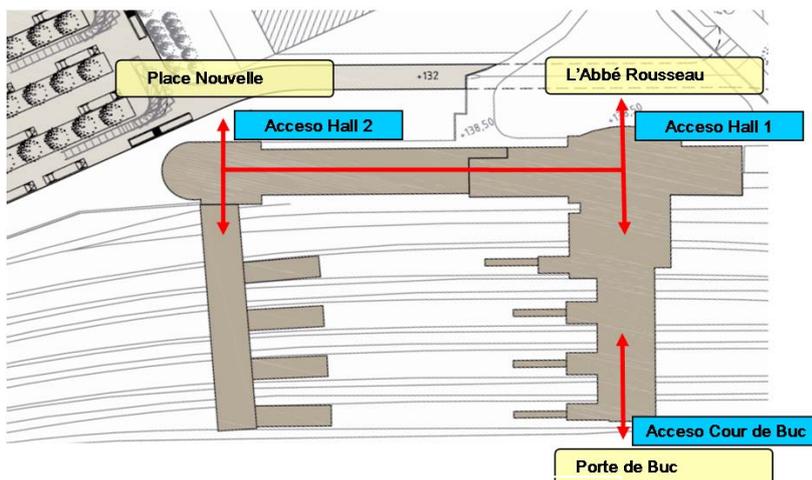


Figura 4. Croquis de la estación de Versailles-Chantiers

El proyecto prevé, por un lado, la construcción de un nuevo hall (denominado Hall 2) que dará un nuevo acceso a la estación, una galería que lo conectará con el hall actual (Hall 1) y una nueva pasarela sobre las vías que nacerá de este nuevo hall. Por otro lado, se creará un nuevo acceso

desde el otro lado de las vías a través de una nueva pasarela (Acceso Cour de Buc).

Finalmente, los accesos de que dispondrá la estación ferroviaria serán: acceso Hall 1, acceso Hall 2 y acceso Port de Buc.

Objeto de estudio

El análisis de flujo se enmarca en la fase ante-proyecto, dando respuesta a las cuestiones de pre-dimensionamiento. Las cuestiones a las que el cliente quiere dar respuesta son:

- ¿Cuál es la repartición del flujo (de entrada / de salida) entre los tres accesos?
- ¿La configuración del acceso al Hall 2 es suficiente para responder a la demanda de una manera fluida?
- ¿Cuáles son las necesidades en la línea de torniquetes?
- ¿El espacio de espera pre-dimensionada es suficiente para albergar el flujo?
- ¿Los elementos de circulación vertical previstos en la nueva pasarela son suficientes para evacuar los andenes?

Fuentes de datos

- Recuento a nivel de trenes
- Recuento en la entrada del edificio histórico
- Datos de entradas y salidas en la línea de torniquetes en la jornada (tienen capacidad de recuento)
- Encuestas realizadas.
- Datos facilitados por los diferentes transportistas, tanto ferroviarios como de las dos empresas de autobuses.

Oferta

La oferta ferroviaria de la estación de Versaille-Chantiers es de ámbito regional. Tal y como muestra la figura siguiente, de un total de 566 trenes, únicamente 2 son de largo recorrido.

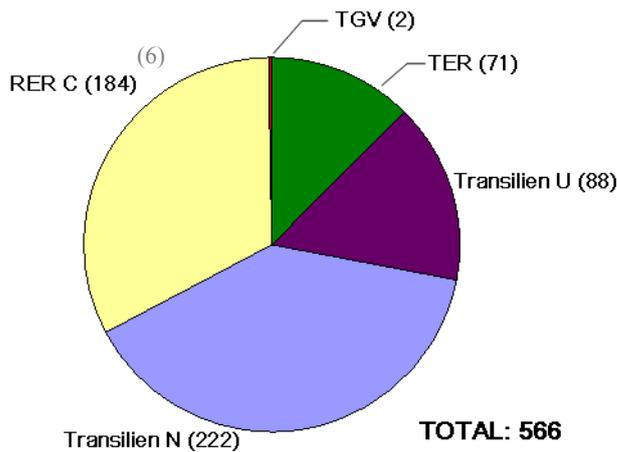


Figura 5. Repartición de la oferta ferroviaria de Versailles –Chantiers
Fuente: SNCF

Demanda

El análisis se aborda a partir de los datos facilitados por la Direction SNCF Transilien. Los datos se obtuvieron en abril de 2008. Se cuenta con un recuento realizado de 6h30 a 20h

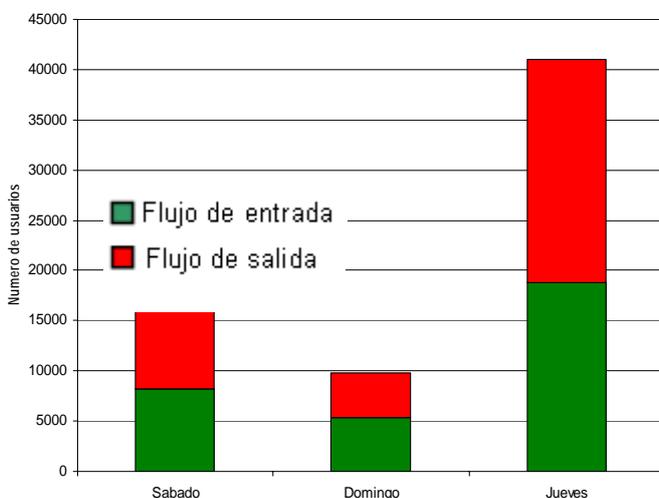


Gráfico 8. Resultados del recuento durante tres días de la semana
Fuente: Direction SNCF Transilien

durante un jueves, un sábado y un domingo; y 2187 encuestas tomadas durante los tres días de la misión terreno.

Tal y como muestra el gráfico el flujo más importante corresponde a un día entre semana, en este caso el jueves. El análisis se centrará exclusivamente en este día, donde el flujo total fue de 18.800 usuarios a la entrada y 22.220 a la salida.

Al centrar el análisis en un solo día, el número de encuestas con las que se puede contar queda reducido de 2187 iniciales a 1154 recogidas la jornada del jueves. Esta última cifra corresponde a un 2,8% del flujo total, entrando dentro del margen aconsejado.

Características de la demanda

Según las encuestas el 80% de los usuarios de la estación son habituales, es decir van a la estación todos o casi todos los días laborables. Un dato que no es sorprendente al tratarse de una estación dedicada al tráfico regional. Esta información define la velocidad de movimientos de los usuarios dentro de la estación. No es la misma velocidad la de un usuario habituado a la estación que un usuario ocasional.

Otro dato interesante que muestran las encuestas realizadas es el pre-posicionamiento de los usuarios. El 50% se pre-posiciona en función de la situación de los accesos en los andenes de la estación destino. Conocer en qué grado se produce este pre-posicionamiento, ayuda a construir escenarios de estudio más cercanos a la realidad.

Escenario de estudio

El análisis de flujo tendrá como año horizonte 2030 con las perspectivas de crecimiento siguientes:

- 1,5% por corresponder al crecimiento medio experimentado durante el periodo 2004-2008.
- 3% es un escenario optimista. Se podría producir un crecimiento significativo gracias al proyecto del Grand-Paris.

Metodología

Se obtendrá la repartición modal de los usuarios:

- A la llegada y la salida
- Sobre cada uno de los accesos
- Sobre toda la jornada y sobre las horas punta de la mañana y de la tarde.

A partir de la repartición modal de los usuarios entre los diferentes accesos se analizará cada uno de los elementos, tomando las hipótesis generales siguientes:

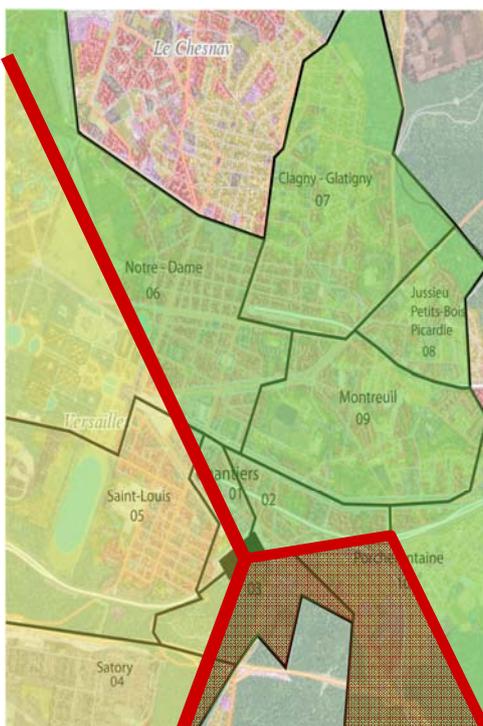
- La repartición modal en 2030 será la misma que en 2008.
- Los usuarios toman el acceso de entrada más próximo al lugar de estacionamiento o parada de su modo de transporte.

- Los usuarios que descienden del tren caminarán por el andén hacia la escalera que les conduzca al acceso deseado.
- Se desprecia el tráfico entre la galería de los halles.
 - El Hall 2 dispone de todos los servicios necesarios excepto la venta de billetes en taquilla que únicamente existe en el Hall 1. Tratándose de una estación esencialmente de tráfico regional, la venta de billetes en taquilla es muy pequeña con lo que este flujo se puede despreciar.

Los modos de transporte y su repartición entre los accesos

Los principales modos de transporte de intercambio en la estación ferroviaria son: el vehículo privado, el autobús y la marcha a pie. En las horas punta también aparece el autocar de empresa. A continuación, se analizan los diferentes modos de transporte y su repartición global entre los diferentes accesos.

La marcha a pie



La marcha a pie tiene unas características que limitan su utilización a la ciudad de Versailles. La ciudad se divide en tres zonas de influencia para conocer la repartición de los usuarios entre los tres accesos. Se supone los usuarios utilizan el acceso más cercano a su zona de origen o destino.

La figura 6 muestra el resultado obtenido. Las 10 zonas que aparecen corresponden a la división propia de la ciudad. El área de influencia de cada uno de los accesos viene marcada por las superficies coloreadas. La zona verde corresponde al acceso de "L'Abbé Rousseau", la zona marrón al acceso de la "Porte de Buc" y la zona amarilla al acceso de la "Place Nouvelle".

Figura 6. Repartición de la marcha a pie
Fuente: Elaboración propia

A continuación, a través de las encuestas y el ajuste estadístico se debe determinar la repartición de los usuarios entre los diferentes accesos. En este caso, la repartición de la marcha a pie se reparte según la figura siguiente.

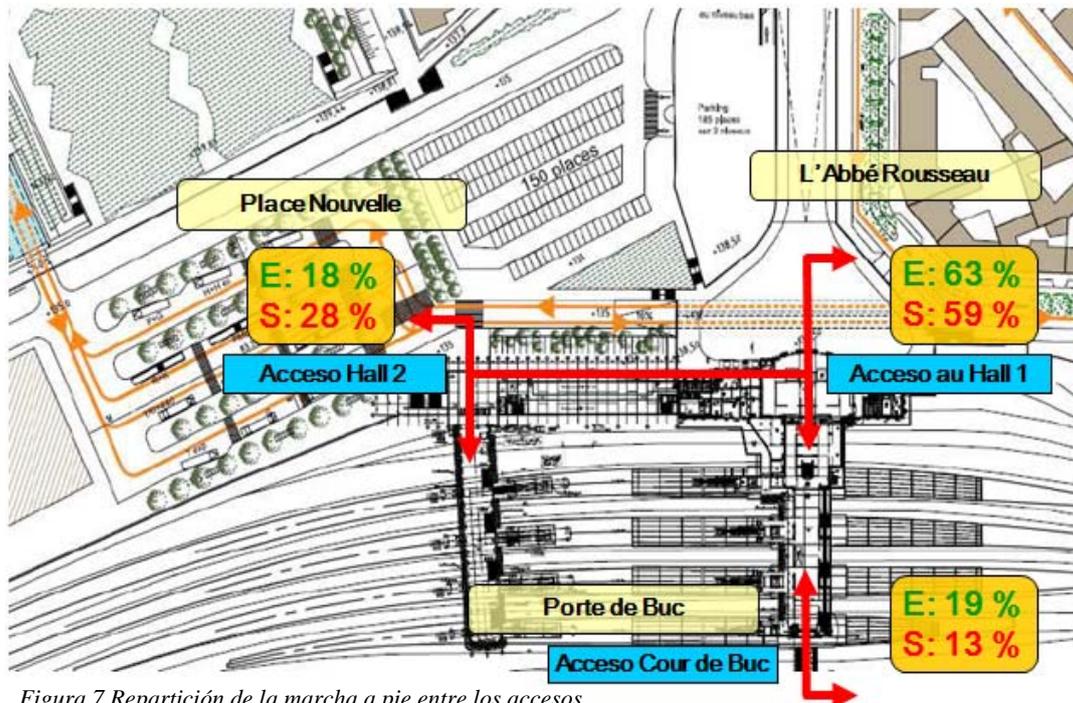


Figura 7. Repartición de la marcha a pie entre los accesos
Fuente: Elaboración propia

El vehículo privado

Puesto que la configuración de la estación variará una vez que el proyecto se haya realizado, la repartición del flujo del vehículo privado no se puede determinar ni a través de las encuestas, ni del recuento ni tampoco de la observación del estado actual. La aportación de alguno de los actores que conozca la futura configuración es imprescindible para la toma de hipótesis acertadas.

La lista siguiente reúne las hipótesis tomadas para el análisis de este modo de transporte:

- El 100% de los usuarios que vengan con un vehículo privado que realice una parada, es decir, que no estacione, se concentrará en el acceso “l'Abbé Rousseau”.
- El 80% de los usuarios que aparcen su vehículo lo harán en las proximidades del acceso “Place Nouvelle” y el 20% del acceso de “l'Abbé Rousseau”.
- El flujo de vehículos se repartirá 50%-50% entre aparcados y parados. Siendo este el resultado obtenido en la encuesta.

Por consiguiente, la repartición global del flujo de vehículos será 60% en el acceso “l'Abbé Rousseau” y 40% “Place Nouvelle”, tal y como se muestra en la figura siguiente.

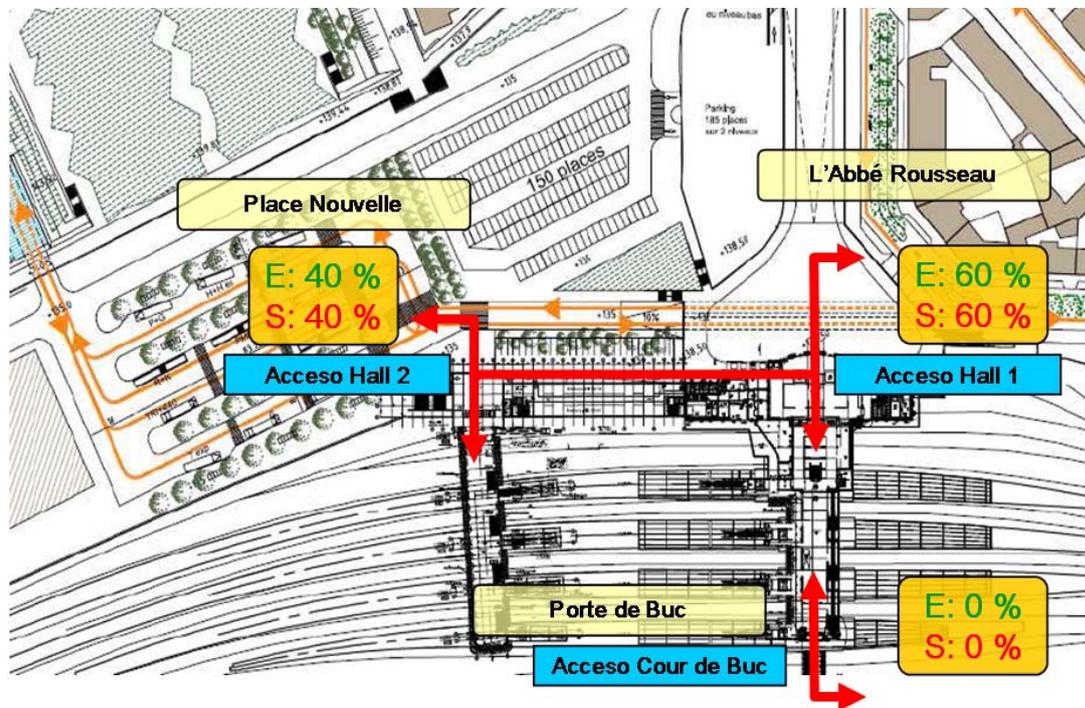


Figura 8. Repartición del vehículo privado entre los accesos
Fuente: Elaboración propia

De la misma manera que el flujo peatonal, se toma la hipótesis de que la repartición de este flujo se mantendrá constante a lo largo de toda la jornada.

Autobús de línea

Los autobuses de línea que tienen presencia en la estación ferroviaria son urbanos e interurbanos. Actualmente, todas las líneas tienen su parada en las inmediaciones del acceso de “l'Abbé Rousseau”.

El proyecto de remodelación de la estación prevé la creación de una nueva estación de autobuses a la altura de la “Place Nouvelle” con 13 paradas y el acondicionamiento de 6 paradas (3 por sentido) en el acceso de la “Porte de Buc”; además de una nueva configuración de las líneas: el acceso de la “Place Nouvelle” dispondrá de 10 líneas, el de “L'Abbé Rousseau” de 9 y el acceso de la “Porte de Buc” de 8 líneas.

El análisis de flujo tiene como año horizonte 2030. Por lo tanto, se debe hacer una previsión del peso de cada una de las líneas, siendo este peso función de la frecuentación y del número de usuarios. Las empresas que explotan las líneas de autobuses con presencia en la estación son los actores más apropiados para aportar y ayudar a tomar las hipótesis de trabajo.

Tal y como muestra la figura 9, se prevé que el flujo más importante corresponda al acceso de la “Place Nouvelle”, seguido por el de “l’Abbé Rousseau”. Aunque el acceso de la “Porte de Buc” albergue sólo dos líneas menos que el acceso de la “Place Nouvelle” su peso es muy inferior. Es por ello, que tomar la hipótesis de una repartición proporcional al número de líneas sería totalmente desacertada.

Esta repartición de flujo no es constante durante toda la jornada. Posteriormente, se abordará esta cuestión.

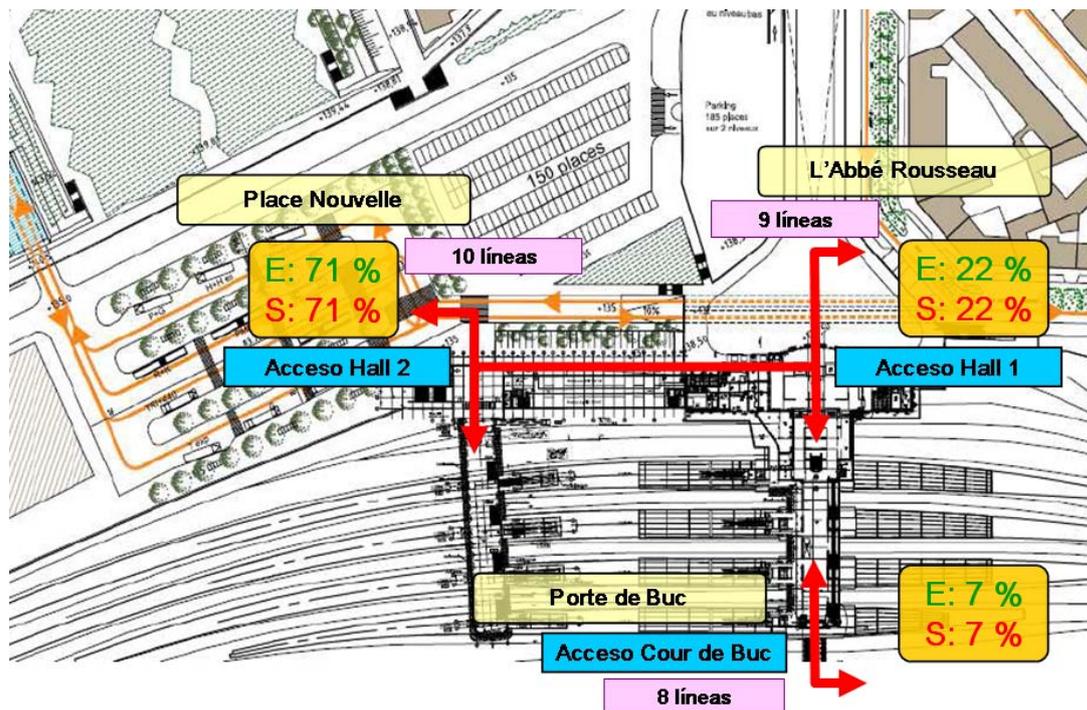


Figura 9. Repartición del autobús de línea entre los accesos
Fuente: Elaboración propia

Repartición del flujo entre los accesos.

A continuación se realiza una síntesis de la repartición del flujo entre los diferentes accesos a partir del análisis modo a modo que se ha realizado. Las figuras 10 y 11 reflejan la repartición del flujo total entre los diferentes accesos tanto a la entrada como a la salida.

La estación ferroviaria alberga más modos de transporte que los tres analizados. La bicicleta, el taxi, la moto y el autocar de empresa son los otros modos de transporte empleados por los usuarios.

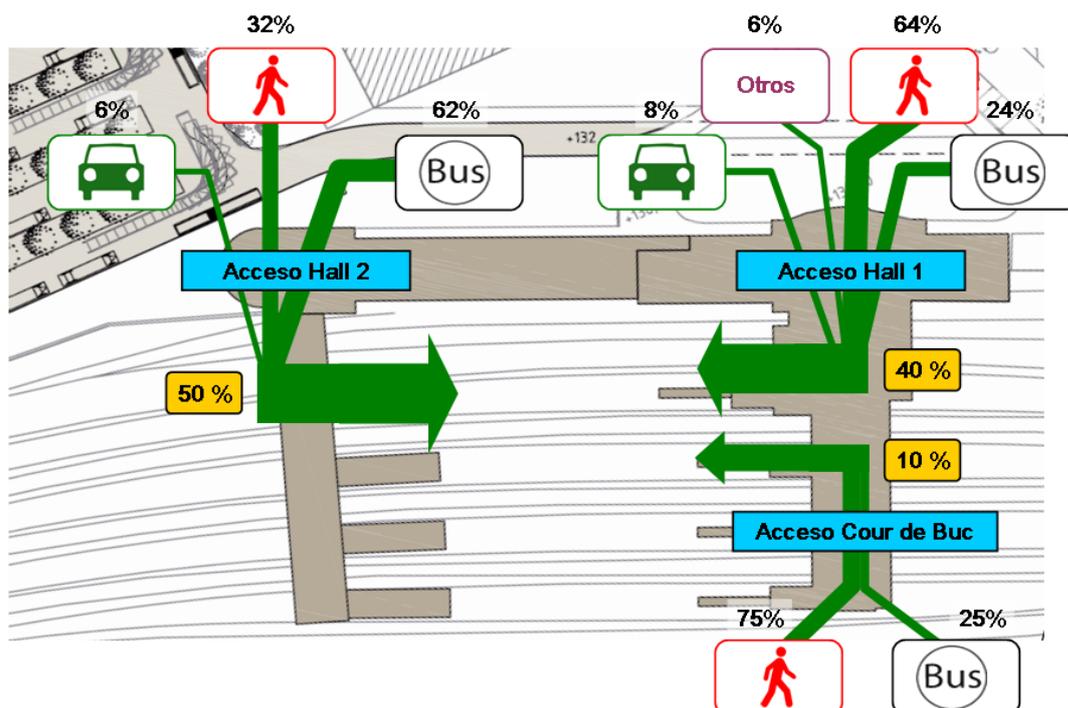


Figura 10. Repartición modal entre los accesos a la entrada de la estación
Fuente: Elaboración propia

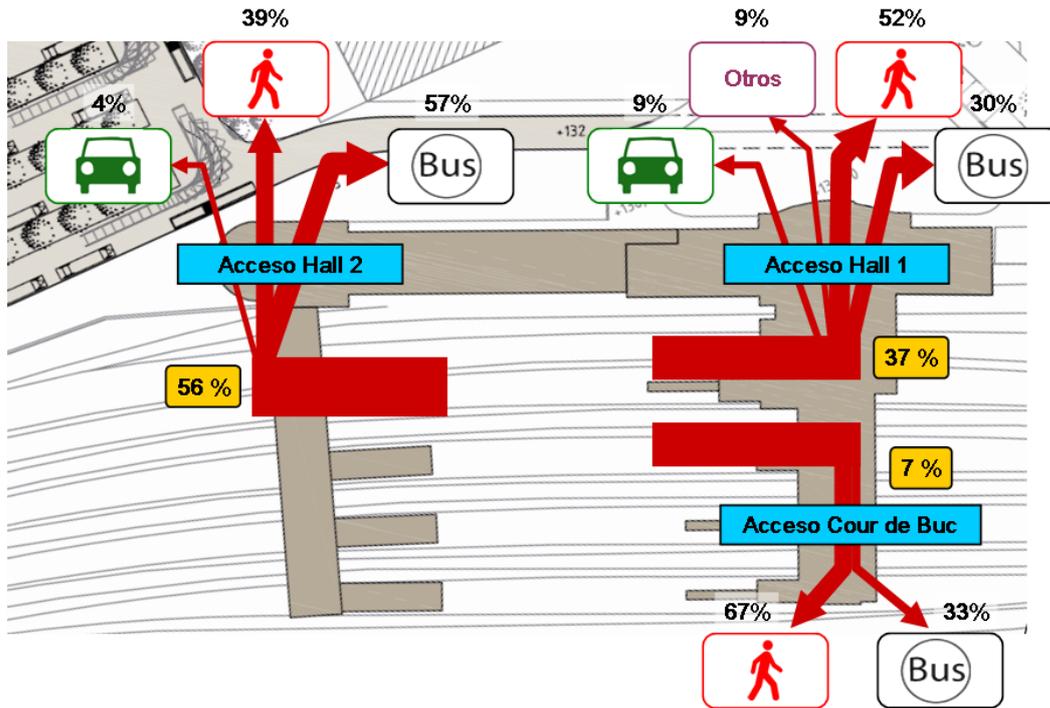


Figura 11. Repartición modal entre los accesos a la salida de la estación
Fuente: Elaboración propia

Definición de la hora punta

La hora punta de la mañana y de la tarde se definen a partir de la base de recuento en la que se basa el análisis. Se recuerda que el recuento se realizó entre las 6h30 y las 20h00.

La Hora Punta de la Mañana (HPM) corresponde al intervalo 7h30 - 8h30. La Hora Punta de la Tarde (HPT) corresponde al intervalo 17h00 – 18h00. En la tabla siguiente se detalla el número de usuarios que entran y salen de la estación en cada uno de los periodos, y lo que representan sobre el total.

	HPM	% del Total	HPT	% del Total
Entradas	2 444	13%	3 684	20%
Salidas	5 920	27%	1 667	8%
TOTAL	8 364	20%	5 351	13%

Tabla 4. Distribución del flujo durante las horas punta
Fuente: Direction SNCF Transilien

De la tabla se pueden destacar esencialmente dos elementos. El primero, el gran número de usuarios que utiliza la estación durante la HPM, el 20% del total de usuarios de la jornada (6h30 – 20h00).

El segundo, es el hecho que en la HPM el flujo más importante es de salida, mientras que en la HPT el comportamiento es inverso. Por consiguiente, la estación de Versailles-Chantiers es una estación receptora. Es un dato realmente sorprendente tratándose de una ciudad situada en el área metropolitana de Paris. Normalmente, las ciudades bajo la influencia de la capital tienen un flujo inverso, por la mañana son emisoras, con dirección principal Paris, y receptoras por la tarde. El resultado obtenido significa que la ciudad de Versailles es un polo de empleo, además de ser, como ya es sabido, un importante centro turístico. Un ejemplo de este comportamiento es “La Défense”, distrito de negocios situado al oeste de Paris.

Modos de transporte en las horas punta

Durante las horas punta, la repartición del flujo de la marcha a pie y del vehículo privado entre los diferentes accesos se mantiene constante. En cambio, la repartición de flujo del autobús de línea no lo es.

La información necesaria para determinar la repartición del flujo del autobús de línea entre los diferentes accesos en las horas punta ha sido facilitada por Savac y Phébus, que son las empresas que explotan este modo de transporte.

La configuración es la que reflejan las dos siguientes figuras:

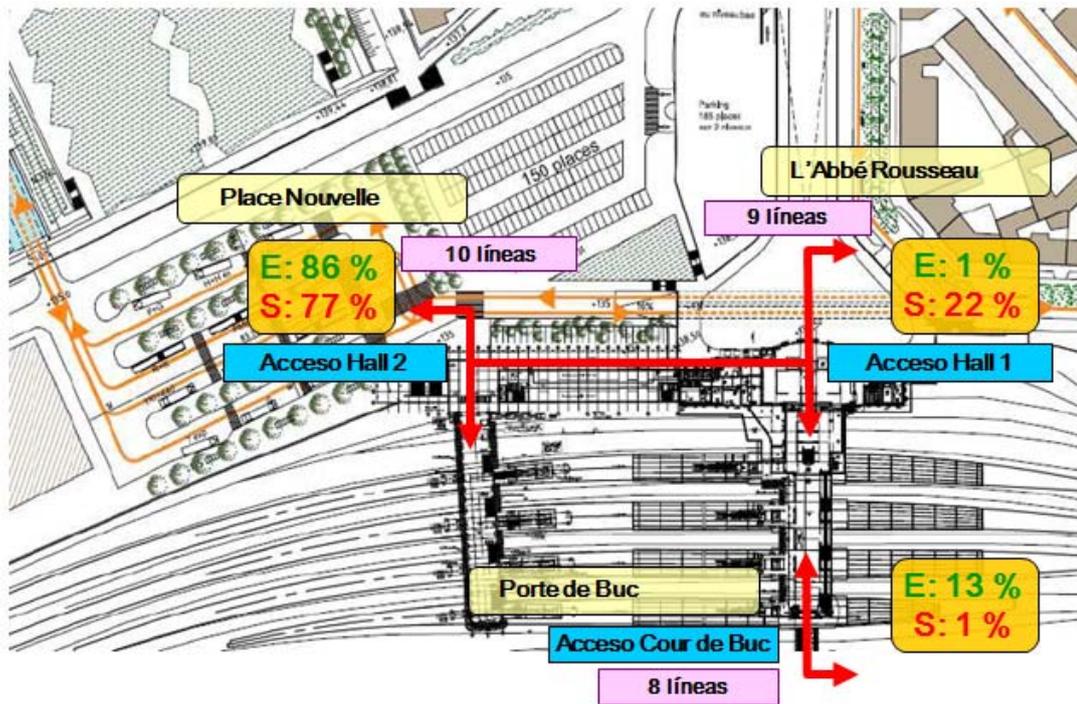


Figura 12. Repartición del autobús de línea entre los diferentes accesos en la HPM
Fuente: Elaboración propia

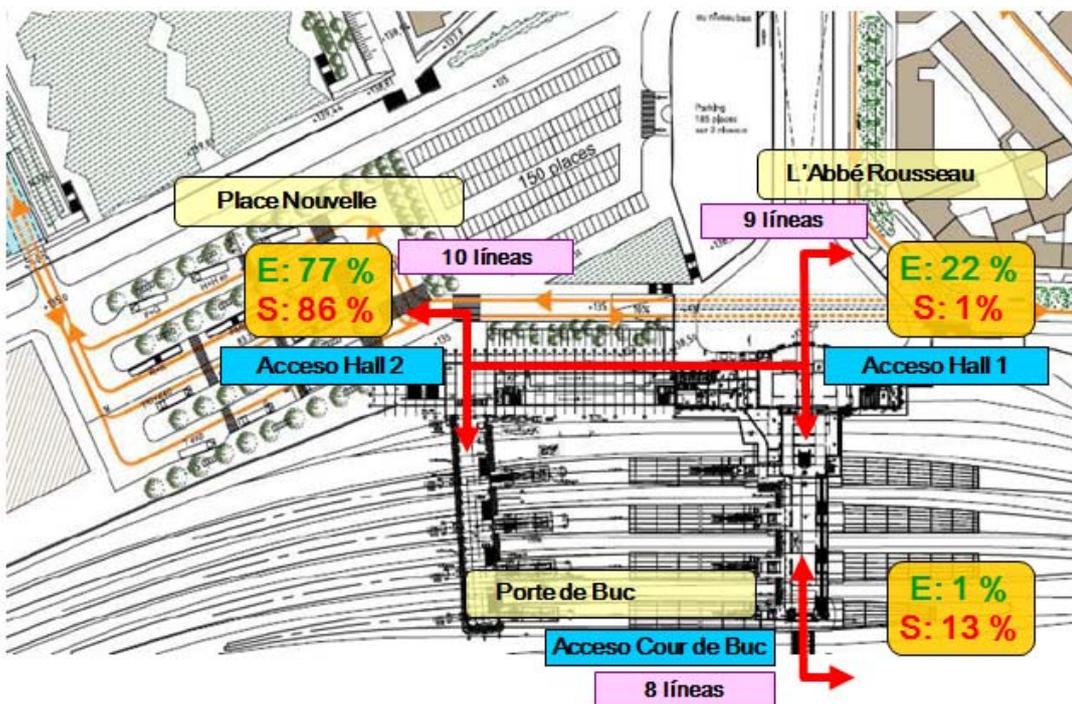


Figura 13. Repartición del autobús de línea entre los diferentes accesos en la HPT
Fuente: Elaboración propia

Se observa una clara asimetría de los flujos entre la hora punta de la mañana y la de la tarde. El flujo más importante continúa siendo el de la “Place Nouvelle”, además de ser el más regular de los tres.

Este resultado se basa, tal y como se ha mencionado, en las previsiones de las dos empresas explotantes. Puede parecer un resultado artificial, y lo es, pero es una hipótesis de trabajo que intenta describir, de una manera aproximada, el comportamiento futuro durante las horas punta.

Autocar de empresa

El autocar de empresa es un modo de transporte que aparece, de manera prácticamente exclusiva durante las horas punta. Al ser Versailles un polo de empleo, los autocares recogen a los trabajadores por la mañana en la puerta de la estación y los depositan por la tarde, tal y como se observa en las siguientes figuras, donde se describe el flujo en las horas punta.

Repartición del flujo entre los accesos en las horas punta

Una vez que se han definido las horas punta y la repartición modal de cada uno de los modos en cada uno de estos periodos, se puede determinar la repartición modal en cada uno de los accesos. Las figuras 14 y 15 hacen referencia a la HPM, las 16 y 17 a la HPT.

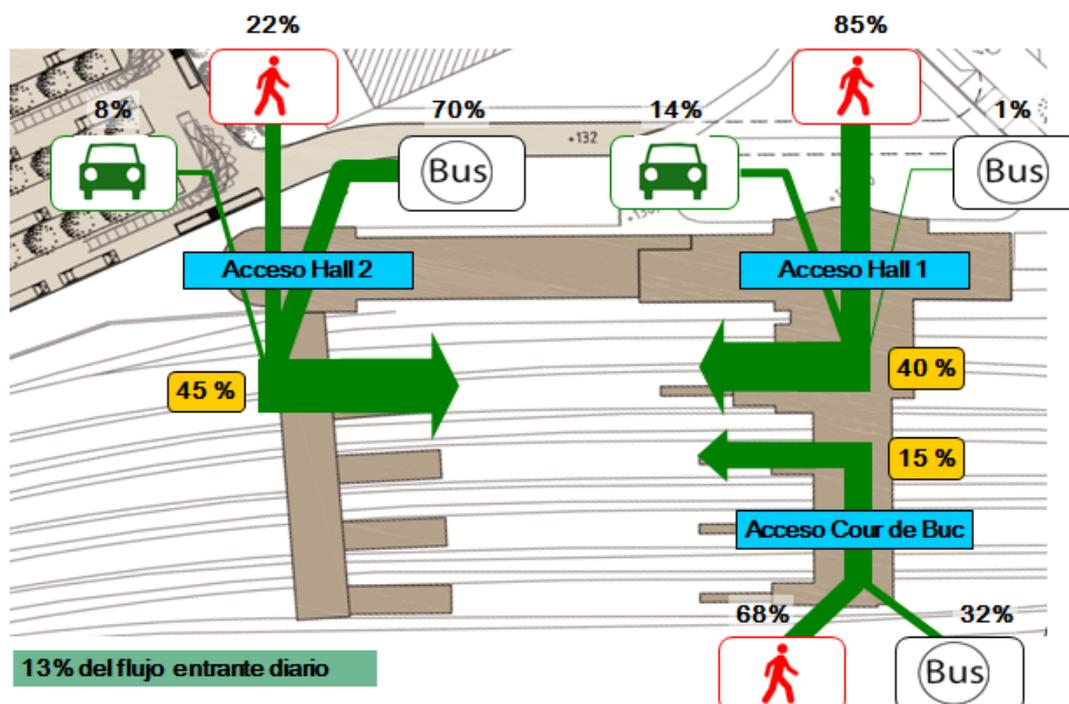


Figura 14. Repartición modal entre los accesos a la entrada de la estación en la HPM
Fuente: Elaboración propia

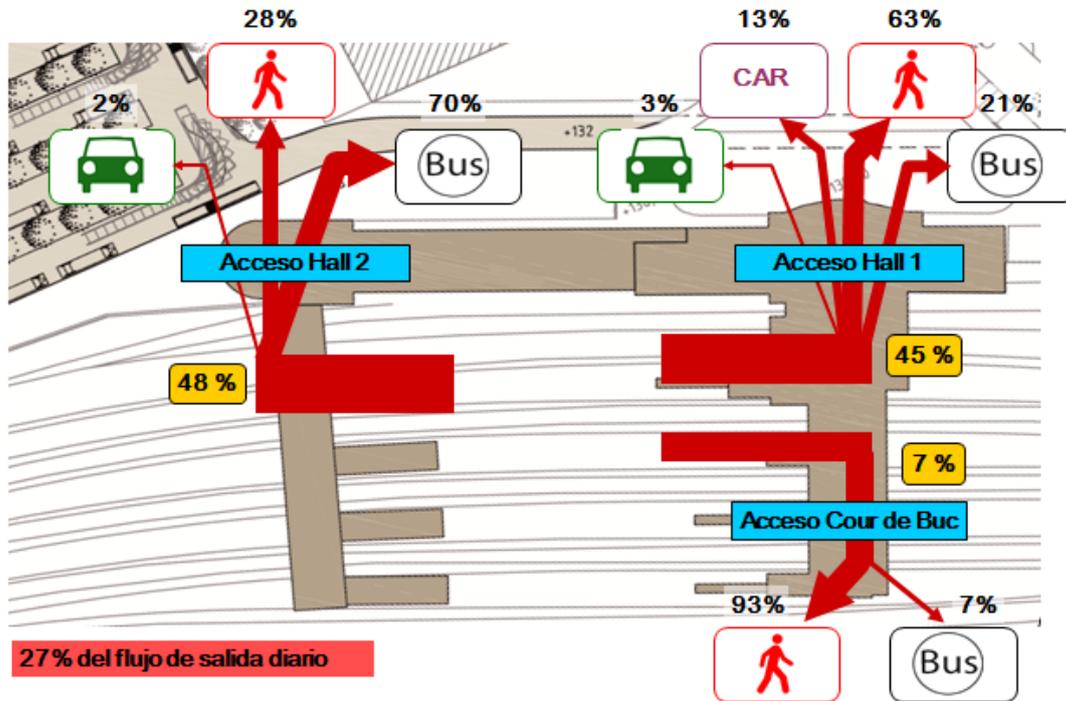


Figura 15. Repartición modal entre los accesos a la salida de la estación en la HPM
Fuente: Elaboración propia

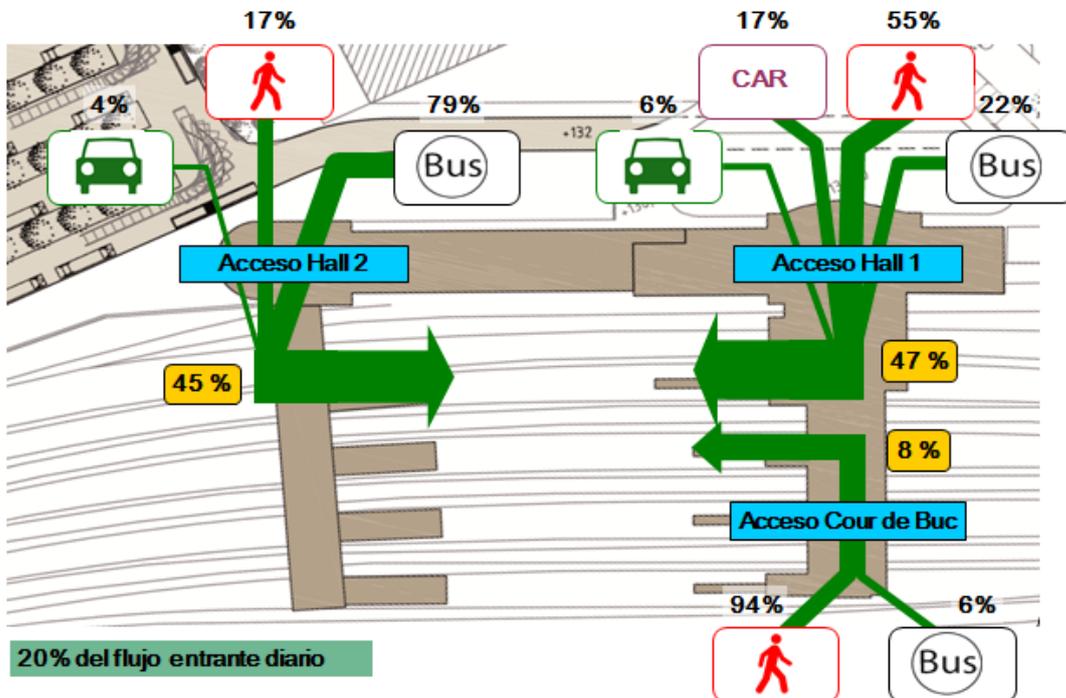


Figura 16. Repartición modal entre los accesos a la entrada de la estación en la HPT
Fuente: Elaboración propia

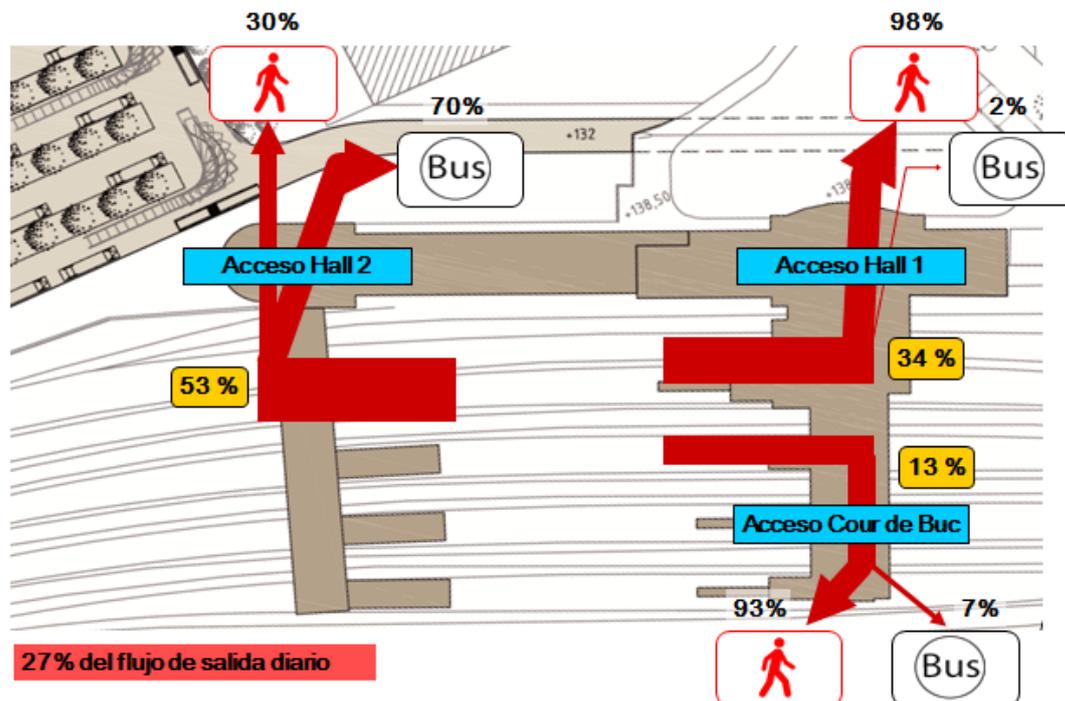


Figura 17. Repartición modal entre los accesos a la salida de la estación en la HPT
Fuente: Elaboración propia

Análisis de capacidad y pre-dimensionamiento

El análisis de capacidad se lleva a cabo en los elementos siguientes:

- Sobre el Ala Este:
 - Línea de torniquetes del acceso “L’Abbé Rousseau”
 - Línea de torniquetes del acceso “Place Nouvelle”
- Sobre el Ala Oeste
 - Acceso “Place Nouvelle” desde/hacia el exterior
 - Barrera de torniquetes
 - Escaleras mecánicas y fijas de cada uno de los andenes
 - Espacio de espera dentro del edificio.

Antes de empezar el análisis debe determinarse la proporción de las cuatro clases de clientes, analizada en el capítulo 5 “Encuestas y determinación del flujo”. Esta proporción variará en función del periodo de la jornada. A partir del recuento realizado se puede determinar el peso de cada uno de los grupos. La diferencia entre los viajeros que han subido a los trenes y los viajeros que han entrado por la línea de torniquetes es igual al número de viajeros en correspondencia. El resultado debería ser el mismo cogiendo el número de viajeros que han

descendido del tren y los que han salido por la línea de torniquetes. Lógicamente, los posibles errores realizados en el recuento hacen que el resultado no sea exactamente idéntico.

Por otro lado, la cantidad de no-viajeros se determina por la diferencia entre los usuarios que han entrado en la estación y los que han accedido al andén a través de la línea de torniquetes. Igual que antes, el resultado debería ser el mismo si se hiciera con los usuarios que han salido de la estación y aquellos que han salido por la línea de torniquetes.

Estos resultados se recogen en la siguiente tabla, en la que se diferencia el comportamiento global y el de las horas punta.

Tipo de usuario	Franja horaria	Proporción
No-viajeros	Global	8%
	Horas punta	3%
Viajeros en correspondencia	Global	43%
	Horas punta	37%
Viajeros sin correspondencia	Global	49%
	Horas punta	60%

Tabla 5. Proporción de los diferentes grupos de usuarios

Como es lógico durante las horas punta los usuarios realizan mayoritariamente desplazamientos domicilio-trabajo o domicilio-estudio, por lo que la proporción de no-viajeros desciende considerablemente. Hay que subrayar la importancia que tienen las correspondencias. Versailles-Chantiers cuenta con cuatro líneas importantes (RER C, TER, Transilien N y Transilien U), además de una parte residual de TGV, con lo que la convierte en una de las estaciones más importantes del suroeste parisino. Al ser un polo de empleo, en las horas punta se convierte en una estación principalmente de origen o destino, con lo que el número de correspondencias es inferior al de la jornada.

Plano de la estación

La figura 18 muestra el plano de la estación de Versailles-Chantiers y los elementos que se deben analizar. Como se observa, la estación se divide en dos. La parte derecha del edificio

(ala este) corresponde a la estación histórica, salvo el acceso que aparece por la parte inferior de la imagen que es de nueva creación, igual que la parte izquierda (ala oeste).

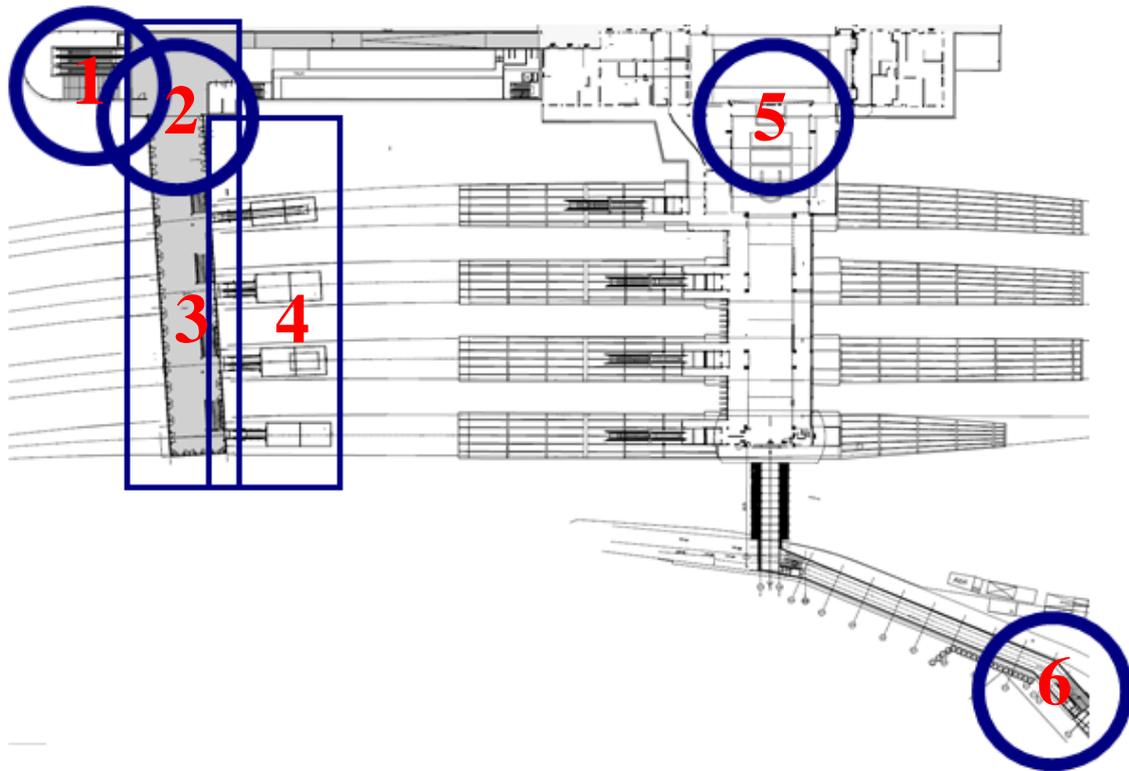


Figura 18. Los seis elementos de análisis
Fuente: Elaboración propia

El ala oeste, de nueva creación, está compuesta por una pasarela por encima de las vías, un hall donde se sitúa la línea de torniquetes, un pasillo que une esta parte a la estación histórica y un acceso al hall desde el exterior.

Los elementos que se analizan del ala oeste, tal y como se ha mencionado con anterioridad son: el acceso desde el exterior (círculo 1), la línea de torniquetes (círculo 2), los elementos de circulación vertical (rectángulo 4) y los espacios de espera dentro del edificio (rectángulo 3). En la otra ala, la este, se tiene la línea de torniquetes del hall 1 (círculo 5) y la del acceso de “Cour de Buc” (círculo 6).

Análisis de los elementos

A continuación se analizan cada uno de los elementos citados a partir de los conceptos citados y desarrollados hasta el momento.

Estudio de los elementos de circulación vertical

La estación ferroviaria cuenta con 4 andenes denominados BC, DE, FG y HJ (de más próximo a más lejano del edificio), además del andén A contiguo al edificio de la estación. Los andenes quedan unidos al edificio de la estación mediante dos pasarelas, la actual y la futura. Esta última se conectará a los andenes (salvo el andén A) mediante una escalera mecánica de 1 metro de anchura y una escalera fija de 2.2 metros. La pasarela actual cuenta con una escalera mecánica y una escalera fija de 3.2 metros de anchura.

Para analizar el tiempo de evacuación de los andenes se toman las siguientes hipótesis de cálculo:

- Los viajeros toman la pasarela que les conduce directamente a su modo de difusión.
- El 50% de los viajeros se pre-posiciona en el tren.
- El otro 50% se reparte de manera homogénea sobre la totalidad del tren.
- El escenario de estudio es: la llegada al mismo andén del tren con más viajeros que descienden de él y de un tren medio.
- La simulación se realiza sobre el andén BC.
- La repartición de los viajeros entre la escalera mecánica y la escalera fija es la óptima para que el tiempo de evacuación sea mínimo.
- Se toman dos trenes 2N-NG (tri-casse), siendo el material que más frecuenta la estación.
- La evacuación del andén se realiza sin flujo en sentido inverso en los elementos de circulación vertical.

La simulación se realiza con las herramientas desarrolladas en el capítulo de “Cálculo de capacidad”.

El día que se realizó el recuento, el máximo número de viajeros que descendieron de un tren fue de 550, mientras que los descensos medios por tren durante la hora punta fueron de 170.

Por consiguiente, con un crecimiento del 1,5% y un 3%, los escenarios de estudio corresponden a una evacuación de 1000 y de 1350 viajeros respectivamente.

La tabla siguiente muestra el resultado que se obtiene utilizando las herramientas desarrolladas en el capítulo de “Cálculo de capacidad”. Se han definido dos configuraciones. La “Configuración base” corresponde a una explotación normal, mientras que en la “Configuración 2” se ha supuesto que la escalera mecánica está averiada y se comporta como una escalera fija de un metro de ancho.

	Configuración de base (Escalera mecánica + escalera fija)			Configuración 2 (Escalera mecánica averiada + escalera fija)		
	Tiempo de evacuación	Tiempo máx. de espera	Stock máx.	Tiempo de evacuación	Tiempo máx. de espera	Stock máx.
1 000	03:19	00:35	56	03:50	01:06	118
1350	04:18	00:46	72	05:06	01:31	163

Tabla 6. Resultado del análisis de la circulación vertical
Fuente: Elaboración propia

El tiempo de evacuación es el correspondiente al tiempo desde que el primer viajero sale del tren hasta que el último toma la escalera. El tiempo máximo de espera es el tiempo máximo que un viajero espera “quieto” durante el proceso de evacuación. Este es el tiempo al que se refiere la IN1724, que se recuerda no debe ser superior en ningún caso a 2 minutos en líneas regionales. Por último, el stock máximo es el número máximo de viajeros que se acumulan al pie de los elementos de circulación vertical.

Por consiguiente, en el horizonte 2030, bajo las hipótesis expuestas, los elementos de circulación vertical instalados en la nueva pasarela serán suficientes para garantizar un proceso de evacuación correcto, aunque no fluido. De todas maneras, el proyecto de Versailles-Chantiers prevé la posibilidad de instalar, si fuere necesario en un futuro, una segunda escalera mecánica de las mismas características que la prevista.

Espacio de espera dentro del edificio

El espacio de espera está dividido por la línea de torniquetes en dos partes. (GraficoXXXX) Por encima de esta línea la espera se realiza en el hall 2, por debajo sobre la pasarela. La superficie global útil es de 806 m².

Para realizar el análisis se tiene en cuenta el flujo de viajeros que proviene de los andenes y se dirige hacia el exterior de la estación, y los usuarios que provienen del exterior.

La estación de Versailles-Chantiers es una estación donde prácticamente la totalidad de los trenes que circulan son regionales. El tiempo de precaución medio de los usuarios en este tipo de estaciones es de 10 minutos, con lo que al llegar a la estación conocerán el andén en el que el tren se estacionará. Esta información se fija en las pantallas 20 minutos antes de la llegada del tren.

Para analizar el nivel de servicio que tendrán los usuarios en 2030, se toman las hipótesis siguientes:

- Los viajeros que han descendido del tren y se dirigen al exterior circulan por el espacio de espera 2 minutos.
- Los usuarios procedentes del exterior utilizan una media de 5 minutos el espacio de espera. Si se tratase de una estación ferroviaria principalmente dedicada a trenes de larga distancia, este tiempo de espera medio debería ser sensiblemente superior.
- La baja proporción de no-viajeros hace que no se les diferencie de los usuarios de la categoría anterior.

Con estas hipótesis se deben realizar dos gráficos, uno de la HPM y otro de la HPT, que muestren el número de usuarios que se hallan en el espacio de espera minuto a minuto. En este caso, el perfil que debe analizarse es el correspondiente a la HPM, ya que tiene la cantidad de usuarios máxima más elevada.

El gráfico 9 muestra la cantidad de usuarios que se encuentra en el espacio de espera minuto a minuto en la HPM con un crecimiento del 3%. En este caso, la cantidad de usuarios máxima es de 550, mientras que para una tasa de crecimiento del 1.5% la cifra es de 402.

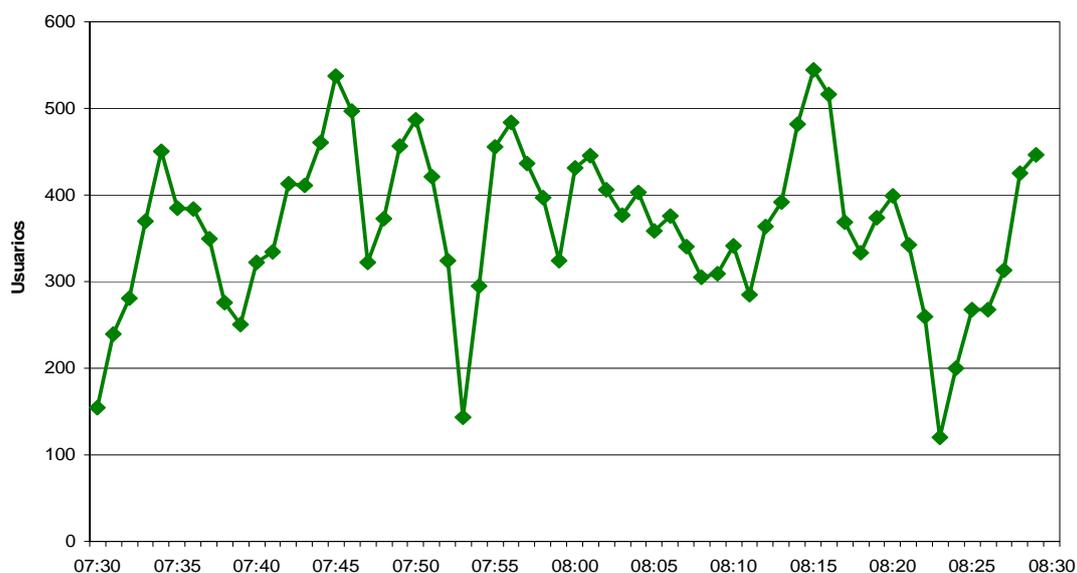


Gráfico 9. Número de usuarios en el espacio de espera durante la HPM

Fuente: Elaboración pronia

A continuación, se obtiene el nivel de servicio dividiendo la superficie entre la cifra máxima de usuarios. El cociente, para una tasa del 1.5%, da como resultado $2\text{m}^2/\text{usuario}$, lo que corresponde a un nivel de servicio bueno, y $1,5\text{m}^2/\text{usuario}$ para una tasa del 3%, que corresponde también a un nivel de servicio bueno.

La traducción de la superficie/usuario en nivel de servicio se debe hacer a través de las tablas que se encuentran en los anejos 1 y 2. Hay que tener en cuenta que en la superficie de espera se encuentran usuarios tanto estáticos como dinámicos, haciéndose imprescindible una valoración conjunta para establecer el nivel de servicio.

Acceso al Hall 2

El Hall 2 es la nueva plataforma que conecta el nuevo acceso de “Place Nouvelle” con los andenes a través de la nueva pasarela. El Hall 2 queda conectado al Hall 1 mediante un pasillo paralelo a las vías, mientras que una línea de torniquetes lo separa de la nueva pasarela. Se encuentra a un nivel superior al de la calle, por lo que los usuarios que entren en la estación deberán tomar alguno de los elementos de circulación vertical a disposición para acceder al Hall.

El objetivo de esta parte es analizar si la configuración de los elementos de circulación vertical prevista es suficiente. La configuración es la siguiente:

- 2 escaleras mecánicas reversibles de un metro de ancho cada una.
- 1 escalera fija bidireccional de 4 metros de ancho útil.

Según la IN1724, la capacidad de los diferentes elementos instalados es la siguiente:

- 1 escaleras mecánica: 80 pers/min/m
- 1 escalera fija:

Flujo subida: 50pers/min/m

Flujo descenso: 60pers/min/m.

Por consiguiente, se tiene:

360 pers/min, si las escaleras fijas se utilizasen únicamente en sentido ascendente.

400 pers/min, si las escaleras fijas se utilizasen únicamente en sentido descendente.

El análisis debe realizarse tanto en la HPM como en la HPT, ya que los flujos son diferentes. Se crea el perfil del flujo de la hora punta, haciendo coincidir las puntas dimensionantes de las “entradas” y las “salidas”. En el gráfico siguiente se puede observar el resultado.

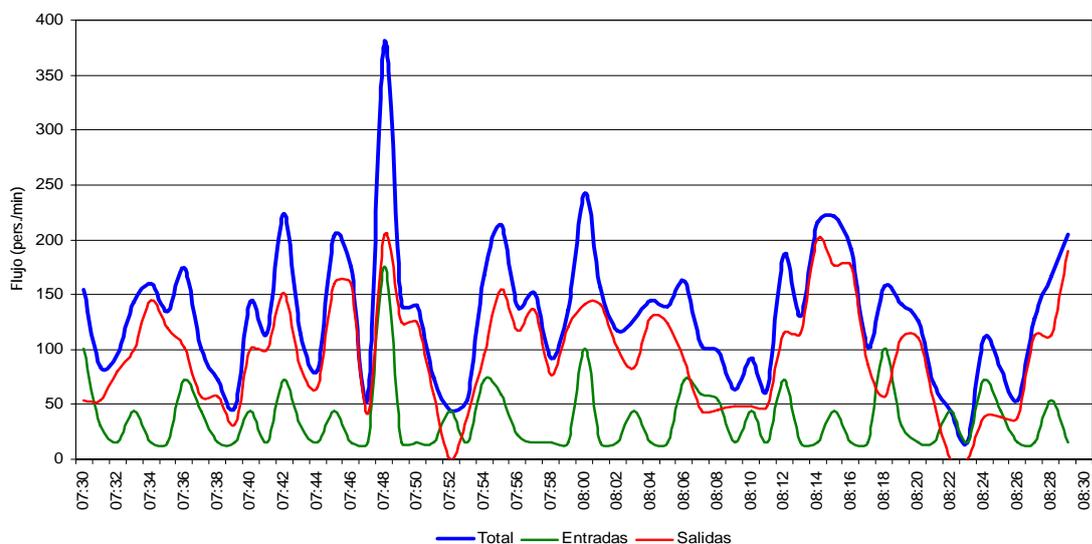


Gráfico 10. Flujo de entrada-salida del Hall 2
Fuente: Elaboración propia

La tabla siguiente recoge los resultados de la punta dimensionante en cada uno de los escenarios de estudio, diferenciando las entradas y las salidas.

	HPM		HPT	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
1.5%	130	150	200	60
3%	175	205	270	80

*Tabla 7. Número máximo de entradas-salidas en cada uno de los escenarios
Fuente: Elaboración propia*

Primero se realiza el análisis de la HPM. Se toma el peor de los escenarios que es el de una tasa de crecimiento anual del 3%. En este caso, la suma de las entradas y las salidas es de 380. La diferencia entre ellas es pequeña, con lo que al disponer de dos escaleras mecánicas se habilita una en cada sentido de circulación. El resto del flujo, 95 en sentido ascendente y 125 en sentido descendente se hará pasar por las escaleras fijas. La configuración proyectada es capaz de absorber el flujo de la punta dimensionante.

En la HPT, la suma de las entradas y las salidas es de 350. La diferencia entre ellas es importante. En este caso, se utilizarán ambas escaleras mecánicas en sentido ascendente. El flujo que falta por absorber utilizará las escaleras fijas.

Se puede concluir que el flujo previsto en el escenario más optimista, con un 3% de crecimiento anual, se podrá absorber con la configuración prevista. Por la mañana, se utilizará cada una de las dos escaleras mecánicas en uno de los dos sentidos, mientras que por la tarde, las dos escaleras mecánicas se utilizarán en sentido ascendente.

Si alguna de las escaleras mecánicas se averiase, se produciría un stock. En este caso, la IN1724 no hace ninguna referencia como en la evacuación de los andenes. Por lo tanto, el análisis se debe realizar únicamente en condiciones de explotación normal.

Línea de torniquetes

Se debe analizar la línea de torniquetes de cada uno de los accesos. Para ello se emplean las herramientas desarrolladas en el capítulo de “Cálculo de capacidad”.

Los usuarios que atraviesan la línea de torniquetes son exclusivamente los usuarios que provienen del exterior y toman un tren, los usuarios que descienden de un tren y se dirigen hacia el exterior de la estación. Se menosprecian los posibles usuarios que atraviesan la línea de torniquetes para acompañar a otro y no toman ningún tren.

Otra de las hipótesis es que el perfil del flujo a través de la línea de torniquetes es el mismo que el de entradas-salidas de los accesos. Esto es cierto en el acceso “Cour de Buc”, ya que no existe ningún hall de espera, en cambio en los otros dos accesos existe un hall que algunos usuarios utilizarán para esperar antes de atravesar los torniquetes. Por otro lado, al ser una estación dedicada casi en exclusivo a los trenes regionales, la gran mayoría de los viajeros acudirán a la estación con un tiempo de precaución pequeño, inferior a 20 minutos, con lo que la vía en la que se estacionará el tren ya está anunciada en las pantallas informativas de la estación.

La tabla siguiente muestra la cantidad de torniquetes en cada acceso, su configuración y la capacidad de cada uno de los torniquetes del acceso.

Acceso	Número de torniquetes				Capacidad (pers/min.)
	De entrada	De salida	Reversibles	PMR	
Hall 1	4	5	4	1	25
Hall 2	4	3	4	1	30
Cour de Buc	2	2	4	1	30

*Tabla 8. Dispositivos en cada uno de los accesos
Fuente: Elaboración propia*

Los dispositivos que se prevé que se instalen en el Hall 2 y en el acceso de “Cour de Buc” tienen una capacidad superior a los que se instalaron en el Hall 1. La capacidad del dispositivo para las Personas de Movilidad Reducida (PMR) es irrelevante, ya que el análisis se realiza con un torniquete averiado y sin tener en cuenta el PMR.

Finalmente, si se hace atravesar el flujo de entradas-salidas de la estación extrayendo la proporción de usuarios no-viajeros se obtienen los resultados que se muestran en las tablas siguientes:

- **Hall 1**

	HPM			HPT		
	Entrada	Salida	Tiempo de espera máx.	Entrada	Salida	Tiempo de espera máx.
1,5%	2	6	00:00	4	2	00:00
3%	3	8	00:00	6	2	00:00

Tabla 9. Análisis de la capacidad de la línea de torniquetes del Hall 1
Fuente: Elaboración propia

La línea de torniquetes del Hall 1 durante las horas punta permite una circulación fluida, en el año horizonte 2030 tanto para un crecimiento del 1,5% como del 3%.

- **Hall 2**

	HPM			HPT		
	Entrada	Salida	Tiempo de espera máx.	Entrada	Salida	Tiempo de espera máx.
1,5%	4	5	00:00	7	3	00:00
3%	4	6	02:42	7	3	01:59

Tabla 10. Análisis de la capacidad de la línea de torniquetes del Hall 2
Fuente: Elaboración propia

En este caso, con un crecimiento del 3%, el dispositivo es insuficiente para permitir la circulación fluida durante las horas punta. Hay que recordar que un crecimiento del 3% cada año es una hipótesis realmente optimista. Una de las soluciones que se podría llevar a cabo es dejar abiertos los torniquetes a la salida para absorber de esta forma un flujo por minuto mayor.

- **Cour de Buc**

	HPM			HPT		
	Entrada	Salida	Tiempo de espera máx.	Entrada	Salida	Tiempo de espera máx.
1,5%	2	1	00:00	1	1	00:00
3%	2	2	00:00	1	1	00:00

Tabla 11. Análisis de la capacidad de la línea de torniquetes del acceso de Cour de Buc
Fuente: Elaboración propia

Se prevé que el acceso de “Cour de Buc” sea el menos utilizado de los tres. Un dispositivo con 5 torniquetes y un paso PMR será suficiente para absorber la demanda durante las horas punta.

Conclusiones del análisis de flujo

La estación objeto de estudio presenta un flujo de usuarios algo superior a los 40.000 usuarios diarios en 2008 (entendiendo “diario” por el periodo 6h30 – 20h00). La Hora Punta de la Mañana (HPM) se produce en la franja 7h30 – 8h30, mientras que la Hora Punta de la Tarde (HPT) entre 17h00 – 18h00. El flujo de estas dos horas representa el 33% del flujo total de la estación durante el día.

La estación es receptora, ya que durante la HPM el flujo más importante es el de salida de la estación. El efecto punta es realmente importante. Durante la HPM, los usuarios que salen de la estación representan un 27% del total de usuarios que salen de la estación durante el día. En la HPT, los usuarios que entran en la estación representan un 20% del total de usuarios que entran en la estación durante el día.

La previsión de repartición de flujo durante la jornada entre las dos alas que compondrán el nuevo edificio de la estación es bastante equilibrada (50% - 50%), tanto de entrada como de salida. El acceso más utilizado es el de la “Place Nouvelle” entorno al 50% del flujo, seguido del acceso “L’Abbe Rousseau” con un 40%, y finalmente el 10% restante corresponde al acceso “Cour de Buc”. Durante las Horas Punta (HP), la repartición no varía significativamente.

El número de viajeros en correspondencia es elevado, 43% durante la jornada y 37% durante las HP. En cambio, al tratarse de una estación dedicada al tráfico regional, el número de usuarios no-viajeros es poco importante, 8% durante la jornada y 3% durante las HP.

Una de las hipótesis que se toma en el análisis de flujo es que tanto la repartición de flujo entre los diferentes accesos como la proporción de cada uno de los grupos de usuarios en la estación permanecerá constante en el tiempo.

Los elementos objeto de estudio en el análisis de flujo han sido: los dispositivos de circulación vertical que conecta cada uno de los andenes con la nueva pasarela, la línea de torniquetes de cada uno de los accesos, los dispositivos de circulación vertical del acceso desde el exterior al nuevo hall y la superficie de espera de la zona de nueva construcción.

El año horizonte de referencia para realizar el análisis de capacidad de los diferentes elementos es 2030. Se estiman dos posibles tasas de crecimiento: 1,5% y 3%.

Los dispositivos de circulación vertical previstos en la nueva pasarela son suficientes para evacuar a los viajeros de los andenes. El flujo de usuarios en las líneas de torniquetes es fluido en todos los casos, salvo en el Hall 2 si se produjese un crecimiento anual de usuarios del 3%. En cuanto al dispositivo previsto en el acceso desde el exterior al Hall 2, éste será capaz de absorber la demanda prevista. Finalmente, la superficie de espera, compuesta por el Hall 2 y la nueva pasarela es suficiente para garantizar un nivel de servicio bueno.

Conclusiones

El fuerte desarrollo de los últimos años en Francia de los modos de transporte poco contaminantes ha provocado un importante aumento de los usuarios del ferrocarril. Esta nueva demanda ha hecho necesaria la renovación y ampliación de muchas de las estaciones existentes como la creación de otras.

Este nuevo contexto ferroviario en el que nos encontramos, junto con el deseo de optimizar los costes de los nuevos proyectos, ha hecho que este tipo de estudio sea básico para los trabajos de concepción. De esta manera, se tiene un conocimiento del funcionamiento de la estación ferroviaria y se puede desarrollar de una manera precisa el trabajo de dimensionamiento de los diferentes elementos y dispositivos (superficies de espera, número de torniquetes, dispositivo de circulación vertical, dimensión de los andenes...).

Quizá esta necesidad reciente es la causa del poco desarrollo de las herramientas heredadas, con las que únicamente se obtenían respuestas vagas y poco precisas. La tesina ha tenido como objetivo la creación de una base para el análisis de flujo desde una perspectiva más amplia, teniendo en cuenta el polo intermodal y no sólo la estación ferroviaria, a través de ideas sólidas y herramientas mucho más precisas que las heredadas.

Finalmente, debe recordarse que el análisis de flujo de una estación ferroviaria no tiene una estructura cerrada, sino que varía en función de las cuestiones a las que se quiera dar respuesta.

Referencias bibliográficas

- [1] Direction Déléguée Systèmes d'Exploitation et Sécurité de la SNCF. « Directive de Sécurité d'Incendie de la SNCF », 2001. France
- [2] Direction Déléguée Systèmes d'Exploitation et Sécurité de la SNCF. « Sécurité du public dans les gares à la traversée des voies et sur les quais (IN 1724) », 2002. France.
- [3] Fruin, J.J. Pedestrian planning and design, 1971. New York.
- [4] EFFIA. Enquête dans les gares ferroviaires françaises, 2004. France
- [5] ARDILLY, P. Les techniques de Sondage. Ed. Technip p.273-283 y 339-359, 2000
- BONNEL, P. Concevoir la modélisation des déplacements. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
 - CANAVOS, G. Probabilidad y Estadística. Ed. Mc.Graw Hill, 2004.
 - CARTIER, G. Les équipements ferroviaires. Dossier formation continue. ENPC, 2008. France
 - CIERVA, J. Los transportes ferroviarios. Ed.Madrid.1915
 - Direction Déléguée de l'Aménagement et du Patrimoine – Agence d'Etude des Gares « Programmation des gares. Eléments pour le dimensionnement des espaces et services », 26 août 1998. France
 - Direction Déléguée de la SNCF – AP/AREP Etudes urbaines. « Géométrie des terminaux de transport (IN 3260) », 2002. France
 - FERNANDEZ – ALLER,J. Soluciones ferroviarias para la movilidad en las grandes áreas metropolitanas. Dirección de Ferrocarriles de Inocsa.

- GARCIA, C. La transformación de las infraestructuras ferroviarias en las ciudades: Modelos reales. III Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. Febrero 2005
- GOUDEAU, M. Etude capacitaire de la gare de Casa Port. AREP. 2010
- GOURIEROUX, C. Théorie des sondages. Ed. Economica. p.108-112. 1981
- HIROYOSHI, T. Aménagement des gares ferroviaires – Predimensionnement des quais. Mémoire ENPC, Setiembre 2009
- HUNEAU, D. Système Ferroviaire : acteurs et environnement institutionnel. Dossier formation continue. ENPC, 2008
- LOPEZ PITA, A. Explotación de líneas de ferrocarril. Ediciones UPC.2008
- MERLOT, C. Etude foncier de la gare de Chambéry. AREP. 2009
- ORRO, A. Planificación de sistemas ferroviarios metropolitanos. Revista IT. 2006
- PIASKOWSKI, N. Une nouvelle gare pour Rouen. Mémoire de fin d'études. Dossier formation continue. ENPC, 2007
- PREUILH, P. Grands événements et gestion des flux. DRAST-Ministère des Transports
- SERVAT, D. Modélisation dynamique de flux par agents. Thèse Doctoral Université Paris 6.
- SNCF. Atlas des trains français. 2008.
- SNCF – Délégation de l'Aménagement. Histoire des Gares: Histoire Urbain. Séminaire les Lieux-Mouvements de la Ville, 1995

- SNCF – Délégation de l'Aménagement. La Gare: dedans, dehors. Séminaire les Lieux-Mouvements de la Ville, 1996
- SNCF-DAAB/AREP. Référentiel Etudes d'exploitation des gares. 2005
- SNCF-DAAB/AREP. Référentiel sur les largeurs de quai : Comment dimensionner les quais voyageurs ? 2008
- THOMAS, G. Environnements virtuels urbains: modélisation des informations nécessaires à la simulation de piétons. Thèse Doctoral par l'Université de Rennes 1.
- Unión Internacional de Ferrocarriles. Diccionario técnico de términos ferroviarios: [español, français, english, deutsch, italiano, nederlands]. Barcelona Gustavo Gili, S.A, 1995
- VANNORENBERGHE, P. Updating a Reference Image for Detecting Motion in Urban Scenes.

Anejos

Anejo 1: Niveles de Servicio de J.J Fruin dinámicos

Niveau de service	Surface m ² /pers	Condition de progression
A (excellent)	>3,2	-libre choix de la vitesse -dépassements libres -collisions improbables -mouvement totalement libre
B	2,3 à 3,2	-libre choix de la vitesse -dépassements faciles -conflits facilement évitables (lors des croisement et des changements de direction)
C	1,4 à 2,3	-possibilité de déplacement à vitesse normale -léger encombrement -quelques restrictions pour le déplacement -léger risque de collision obligeant à adapter vitesse et trajectoire
D	0,9 à 1,4	-vitesse réduite et contrainte -dépassements difficiles -changements de direction difficiles occasionnant des conflits de flux -nécessité d'adapter vitesse et trajectoire pour progresser de manière raisonnable
E	0,4 à 0,9	-vitesse de déplacement réduite (démarche irrégulière, arrêts fréquents) -dépassements quasiment impossibles -changements de direction très difficiles -collisions fortement probables
F (très mauvais)	<0,4	-vitesse très réduite (piétinement) -dépassements impossibles -contact inévitable entre les personnes -croisements ou demi-tours virtuellement impossibles



Anejo 2: Niveles de Servicio de J.J Fruin estáticos

Niveau de service	Surface m ² /pers.	espace entre les individus	Conditions d'attente Possibilités de circulation	Type de situation Préconisations d'utilisation	
A (excellent)	> 1,2	> 1,2 m	- attente confortable - circulation libre sans gêne	attente dans les halls, zones d'attente sans forte limitation d'espace	
B	0,9 à 1,2	1 à 1,2 m	- attente confortable - circulation limitée dans la zone d'attente	halls, quais	
C	0,7 à 0,9	0,9 à 1 m	- situation à la limite du confort psychologique - déplacement possible en dérangeant d'autres personnes	attente devant des guichets, attente devant un ascenseur	
D	0,4 à 0,7	60 à 90 cm	- attente serrée sans contact entre les individus - mouvements à l'intérieur de la foule très limités, seul un mouvement en avant de l'ensemble du groupe est possible	souhaitable pour une attente de courte durée attente devant les escaliers mécaniques, de rétention, attente aux passages piétons	
E	0,2 à 0,4	moins de 60 cm	- contact inévitable entre les individus - circulation impossible à l'intérieur de la zone d'attente	peut convenir uniquement pour un temps d'attente très court cabine d'ascenseur	
F (très mauvais)	moins de 0,2	individus en contact	- situation d'attente très inconfortable, avec contact entre les individus - aucun mouvement possible - risque de panique potentiel pour des foules importantes	plus de 5 personnes / m ² transports collectifs bondés aux heures de pointe situation potentiellement dangereuse : risque de panique dans des foules importantes	

Anejo 3: Encuesta en la estación de Nice-Thiers

QUESTIONNAIRE SNCF – GARE DE NICE THIERS

Entourez le jour : Jeudi 04/03 ou Vendredi 05/03 Heure : ___ h. ___ min. Enquêteur : _____

Bonjour Madame, Monsieur. Pouvez-vous m'accorder 2-3 minutes pour répondre à ce questionnaire pour SNCF Gares & Connexions, dans le cadre du projet de réaménagement de la gare de Nice Thiers.

Q1 Comment êtes-vous arrivé à la gare ? (1 seule réponse possible)

En train → entourez :  → gare d'origine : _____

Tramway → station d'origine : _____

Car/Bus → entourez réseau urbain : 4 – 12 – 17 – 23 – 30 – 64 – 71 – 75 – T75 – 99

A pied Taxi Vélo Vélo bleu

Voiture comme passager Voiture comme conducteur Voiture de location Moto/scooter
→ Où êtes-vous stationné ?

Q2 De quel endroit êtes-vous parti ?

Commune ou code postal _____

Si Nice, Demander le nom de la rue : _____

Q3 Comment quitterez-vous la gare ? (1 seule réponse possible)

En train → entourez :  → Gare de destination : _____

Tramway → station de destination : _____

Car/Bus → entourez : réseau urbain : 4 – 12 – 17 – 23 – 30 – 64 – 71 – 75 – T75 – 99

A pied Taxi Vélo Vélo bleu

Voiture comme passager Voiture comme conducteur Voiture de location Moto/scooter
→ Où êtes-vous stationné ?

Q4 A quel endroit allez-vous ?

Commune ou code postal _____

Si Nice, Demander le nom de la rue : _____

Q5 Quel est le motif de votre présence en gare ?

1 Un déplacement domicile/travail ou étude 2 Une démarche/service en ville 3 Un déplacement professionnel

4 Un déplacement de loisirs 5 Un déplacement familial

6 Une activité en gare : 6.1 Vous accompagnez quelqu'un 6.2 Vous venez chercher quelqu'un

6.3 Vous venez prendre un renseignement 6.4 Vous venez acheter un billet de train

6.5 Vous venez faire un achat autre qu'un billet de train

7 Autre : _____

Q6 Dans ce train, vous voyagez : 1 En première classe 2 En seconde classe

Q7 Dans ce train, ce voyage est-il ? : 1 L'aller 2 Le retour Ne sait pas

Q8 A quelle fréquence venez-vous à la gare SNCF de Nice Thiers ?

1 Tous les jours ouvrés de la semaine ou presque 2 Au moins 1 fois par semaine

3 Au moins 1 fois par mois 4 Moins d'1 fois par mois / C'est la première fois

Q9 Quelle est votre profession ?

1 Agriculteur, exploitant agricole

6 Ouvrier ou employé

2 Artisan, commerçant, chef d'entreprise TPE

7 Scolaire, collégien, lycéen (jusqu'au bac)

3 Cadre supérieur, profession libérale ou intellectuelle,
Chef d'entreprise >10 salariés

8 Étudiant (après le bac)

9 Sans emploi (demandeur d'emploi / parent au foyer)

4 Personnel de l'enseignement (professeur)

10 Retraité

5 Technicien, agent de maîtrise

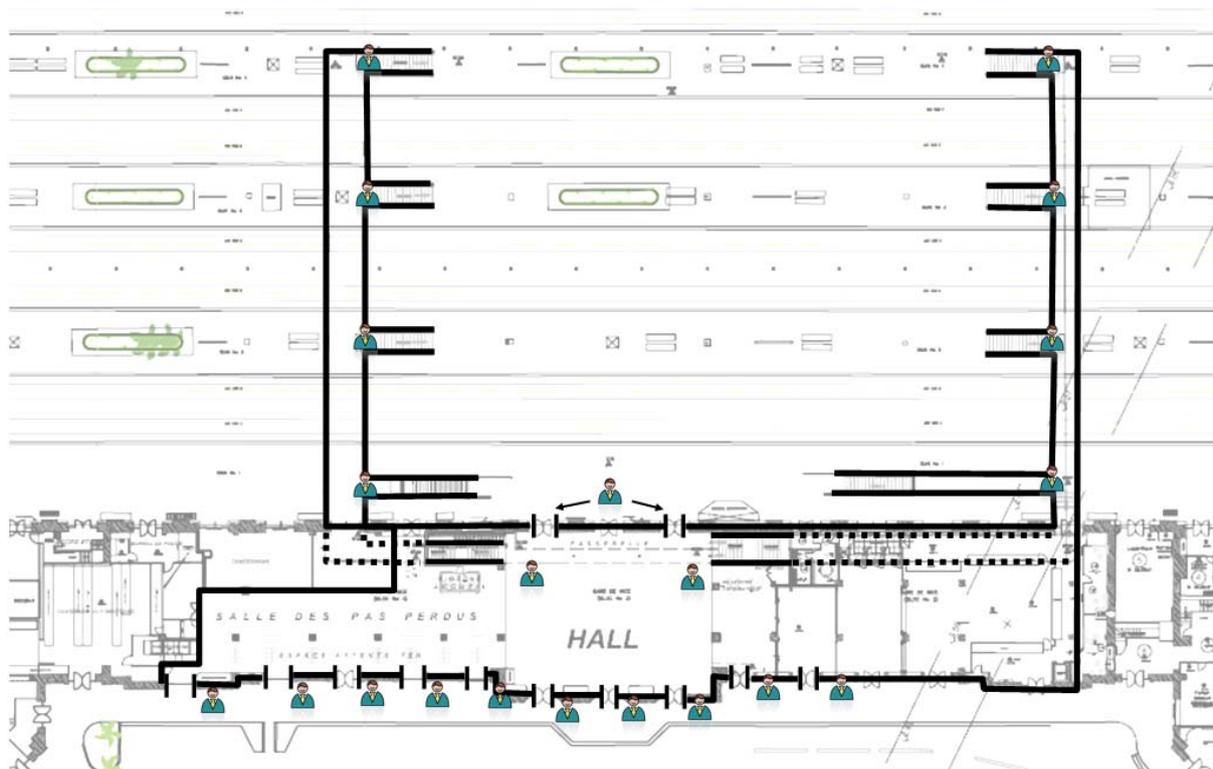
11 Autre, précisez : _____

Q10 Quel est votre âge ? _____ ans

Q11 Sexe de l'interviewé(e) : Masculin Féminin

Q12 Quel est le code postal de votre domicile ? | _ _ | _ _ _ |

Anejo 4: Distribución de los efectivos de la misión de recuento de Nice-Thiers



Anejo 5: Capacidad de los diferentes elementos establecida por la IN1724

CIRCULATION DU PUBLIC
le débit des ouvrages dénivelés

TYPE D'INSTALLATIONS		Nombre de personnes par mètre de largeur et par minute	
		Banlieue	Grandes lignes
GARES IMPORTANTES (1)			
Souterrain	1 sens de circulation		30
	2 sens de circulation		25
	échanges importants entre souterrain et quai		15 correspondances multiples et simultanées
AUTRES GARES (2)			
Souterrain		70	40
POUR TOUTES LES GARES			
Escalier fixe	montée	50	40
	descente	60	40
Escalator	montée	80	50
	descente	100	60