

Caracterización de un recorrido de transporte público utilizando emociones declaradas e indicadores psicofisiológicos de usuarios: Caso de Valparaíso y Viña del Mar

Leandro Gayozo, lgayozo@ing.uchile.cl¹

Gabriel Nova, G.N.Nova@tudelft.nl³

C. Angelo Guevara, crguevar@ing.uchile.cl^{1,4}

Angel Jimenez-Molina, angeljim@gmail.com^{2,4}

Maximiliano Rosadio, Maximiliano.rosadio@gmail.com¹

Sebastian Seriani, sebastian.seriani@pucv.cl⁵

Emmanuel Valladares, emmanuel.valladares.a@mail.pucv.cl⁵

Shirley Gonzalez, shirley.gonzalez.z@mail.pucv.cl⁵

Gerardo Dureo, gerardo.dureo.r@mail.pucv.cl⁵

Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile¹

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile²

Engineering Systems and Services, Delft University of Technology³

Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI)⁴

Escuela de Ingeniería de Construcción y Transporte de la PUCV⁵

RESUMEN

Dentro de los métodos tradicionales para conocer la satisfacción de los usuarios de los sistemas de transporte público urbano, se encuentran las encuestas de satisfacción, sin embargo, inherente a estas se observan limitaciones en cuanto a la información que pueden proporcionar, dada su naturaleza. En particular estas no son capaces de garantizar granularidad ni insesgamiento en las evaluaciones, debido a que las dificultades para recordar eventos y evaluarlos con precisión, propias del proceso cognitivo, entre otras razones. En este contexto, este trabajo aborda un caso de estudio para la conurbación de Valparaíso - Viña del Mar, en el que se aplica una metodología que permite la caracterización de los diferentes modos de transporte para una ruta definida a partir de datos psicofisiológicos de usuarios del sistema de transporte público. Las particularidades de la zona en la que se realizaron los experimentos para la captura de datos presentan una variedad de condiciones que impactan en el estado físico y emocional de los usuarios, por lo que se considera un escenario propicio para la aplicación del marco experimental definido.

Palabras claves: Transporte público, Comportamiento en viajes, indicadores psicofisiológicos, biosensores, emociones.

ABSTRACT

Among the traditional methods to know the satisfaction of users of urban public transport systems, there are satisfaction surveys; however, inherent to these there are limitations regarding the information they can provide, given their nature. In particular, these are not capable of guaranteeing granularity or unbiased evaluations, due to the difficulties in remembering events and evaluating them accurately, inherent to the cognitive process, among other reasons. In this context, this work addresses a case study for the Valparaíso - Viña del Mar conurbation, in which a methodology is applied that allows the characterization of the different modes of transport for a route defined from psychophysiological data of users of the public transportation system. The particularities of the area

in which the experiments for data capture were carried out present a variety of conditions that impact the physical and emotional state of the users, which is why it is considered a favorable scenario for the application of the defined experimental framework.

Keywords: *Public Transport, travel behavior, psychophysiological indicators, IAPS, biosensors, emotions.*

1. Introducción

La satisfacción de los usuarios del transporte público es un tema ampliamente estudiado en el ámbito de la investigación en transporte. Sin embargo, los métodos tradicionales utilizados para recopilar datos de satisfacción, como las encuestas, presentan limitaciones en cuanto a la granularidad y la objetividad de las evaluaciones. Estos métodos brindan resultados agregados y carecen de la capacidad para caracterizar la satisfacción y el nivel de servicio en etapas específicas del viaje. Adicionalmente, los métodos tradicionales sufren de sesgos, que dificultan identificar de manera fehaciente los factores específicos que pueden afectar la satisfacción de los usuarios.

En Castro et al. (2020) se presenta un marco metodológico que incorpora indicadores psicofisiológicos recopilados por biosensores en modelos de comportamiento en elecciones de transporte. Luego, Barría et al. (2021) y Henríquez et al. (2023) entregan un enfoque de descripción, clasificación y análisis de emociones utilizando indicadores psicofisiológicos. Mediante el enfoque experimental propuesto por Barría et al. (2022) se caracteriza la experiencia de viaje con la granularidad espacio-temporal necesaria para identificar el efecto de condiciones específicas en el estado de los participantes.

En este estudio, se aplicará el enfoque propuesto por Barría et al. (2022) al caso de los usuarios del transporte público en la conurbación Valparaíso-Viña del Mar. Esta región presenta particularidades que impactan en el estado físico y emocional de los usuarios, como conflictos urbanos, la disponibilidad de modos alternativos de transporte y las altas pendientes en algunas ubicaciones. Por lo tanto, se considera un escenario propicio para aplicar el marco experimental definido en el estudio. El recorrido analizado considera diversas condiciones tales como el paso en metro por estaciones en superficie y subterráneas, la caminata por veredas estrechas, con condiciones de cruces desfavorables, y con pendientes; y el cambio de modo de metro a bus en una etapa final del recorrido con conexión mediante caminata.

En una primera instancia, el objetivo principal de este trabajo es determinar si el enfoque propuesto por Barría et al. (2022) es capaz de capturar los efectos de los conflictos urbanos y la disposición de modos alternativos de transporte en la satisfacción de los usuarios del transporte público en la conurbación Valparaíso-Viña del Mar. Para lograr esto, se realizará una caracterización de los tramos de viajes en función de un análisis cualitativo y cuantitativo de las emociones, los indicadores psicofisiológicos y el contexto. En particular, para este caso de estudio, se plantea que tanto los modos Metro y Microbús pueden afectar las emociones que sienten los usuarios en un recorrido de transporte público por la ciudad. Se discute la validez de la hipótesis a la luz de los resultados obtenidos con la aplicación del marco experimental definido por Barría et al., (2022) y aplicado a este caso de estudio.

El documento se estructura en 4 secciones de la siguiente forma. En la sección 2 se presenta la metodología utilizada para capturar los datos. En la sección 3 se presenta un análisis preliminar de los datos obtenidos. En la sección 4 se presentan las conclusiones preliminares de la aplicación.

2. Metodología

Para capturar el comportamiento psicofisiológico de los usuarios del sistema de transporte público en la conurbación de Valparaíso – Viña del Mar durante un viaje multimodal, se sigue el marco conceptual propuesto por Castro et al. (2020) y probado experimentalmente por Barria et al. (2023), en donde se registran eventos granulares (G), junto a indicadores psicofisiológicos y respuestas emocionales por parte de los usuarios de transporte público.

2.1. Participantes

El experimento incluyó un total de 14 participantes, de los cuales se cuenta con 12 participantes válidos, sin embargo, solo para 4 de ellos se cuenta con datos ambientales. Los participantes del experimento fueron estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Construcción y Transporte de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, quienes fueron reclutados a través de una difusión realizada dentro de la comunidad estudiantil de la carrera de Ingeniería de Transporte, y su participación fue voluntaria, manifestada mediante la firma de un consentimiento informado que detalla el procedimiento experimental. Además, los participantes declararon no haber consumido drogas en las 24 horas previas al experimento y se excluyeron aquellos que tuvieran enfermedades cardíacas.

2.2. Señales contextuales, ambientales, fisiológicas y emocionales

En primer lugar, para caracterizar el contexto del recorrido, un monitor que acompaña a los participantes durante el viaje registra “eventos” granulares mediante una aplicación de celular denominada PsychoTrans. Los eventos granulares son condiciones relacionadas con el transporte e identificadas en el recorrido, como cambios de modo, presencia de comerciantes u otros eventos externos, que podrían tener efectos en el estado emocional y psicológico de los usuarios.

Adicionalmente, se registra un conjunto de señales ambientales para caracterizar los recorridos. Para esto, se utiliza un dispositivo especialmente diseñado denominado ContextINO. El dispositivo opera con una frecuencia de 100 [Hz] y almacena una variedad de señales durante todo el viaje. La tabla 1 muestra las señales que son registradas y almacenadas junto con sus unidades de medida. La aplicación y el dispositivo fueron desarrollados por el WeSSTLab de la Universidad de Chile (Barria et al., 2022).

Tabla 1: Eventos granulares y señales ambientales junto a sus unidades respectivas

Dispositivo	Señales	Unidades
PsychoTrans	Eventos granulares	Se utilizan etiquetas que describen cada situación.
ContextINO	Acelerometría	Kilopondios [Kp] (anchura, altura y profundidad)
ContextINO	Altitud	Metros sobre el nivel del mar [m]
ContextINO	Dióxido de carbono	Partes por millón [PPM]
ContextINO	Dirección	Grados
ContextINO	Humedad	Porcentaje de humedad en el aire (%)
ContextINO	Luminosidad	Porcentaje de luminosidad (%)
ContextINO	Magnetometría	Micro-Tesla [T] (anchura, altura y profundidad)
ContextINO	Presión	Pascales [Pa] y Atmósferas [at]
ContextINO	Rotación	Grados por segundo [°/s]
ContextINO	Ruido ambiental	Señal analógica
ContextINO	Temperatura ambiental	Grados celsius [°C]
ContextINO	Inclinación	Grados [°]

Por otro lado, se reúnen indicadores psicofisiológicos de los usuarios durante el recorrido. Los indicadores psicofisiológicos se basan en bioseñales obtenidas a través del uso de un brazalete denominado Biomonitor V3.0, también desarrollado por el WeSSTLab. Este brazalete cuenta con una variedad de sensores, que miden la actividad electrodermal, fotopletismografía, temperatura de la piel, e incluye además acelerómetros y giroscopios. Estos sensores permiten capturar y sincronizar la actividad de las señales de los participantes, como la respuesta electrodermal, el ritmo cardíaco, la variabilidad del ritmo cardíaco, la temperatura de la piel y el movimiento del dispositivo. La tabla 2 muestra las señales corporales que son registradas por el brazalete junto a sus unidades de medidas.

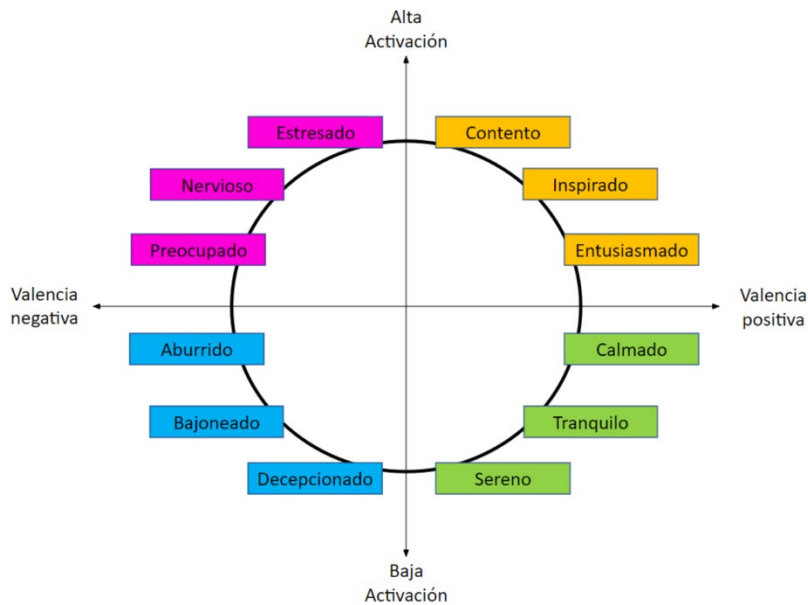
Tabla 2: Señales capturadas por Biomonitor y sus unidades respectivas

Señales	Unidades
Actividad electrodermal	Microsiemens [mS]
Ritmo cardíaco	Pulsos por minuto [pulsos/min]
Temperatura de la piel	Grados celsius [C]
Variabilidad del ritmo cardíaco	Segundo [s]
Giroscopio	
Acelerómetro	

Por último, se registran las emociones de los usuarios durante el recorrido. Para esto se identifican los estados psicofisiológicos y emocionales que corresponden a las sensaciones que experimentan los participantes durante el viaje. Para medir y registrar estas emociones, se utiliza una aplicación móvil denominada StatusApp, la cual incorpora el Modelo Circumplejo adaptado al contexto de transporte público (Barría et al., 2023). Esta aplicación envía notificaciones push de forma aleatoria con un intervalo medio de 4 minutos, permitiendo a los participantes informar sobre las emociones que experimentan en ese momento. Además, se les brinda la opción de indicar voluntariamente en qué tramos del viaje se encuentran, así como también registrar cuando se suben o bajan de algún medio

de transporte. La figura 1 muestra el modelo circunplejo de emociones aplicadas a un contexto de viaje en transporte público.

Figura 1: Circumplejo de emociones adaptadas al contexto del transporte, barría, et al. (2021)

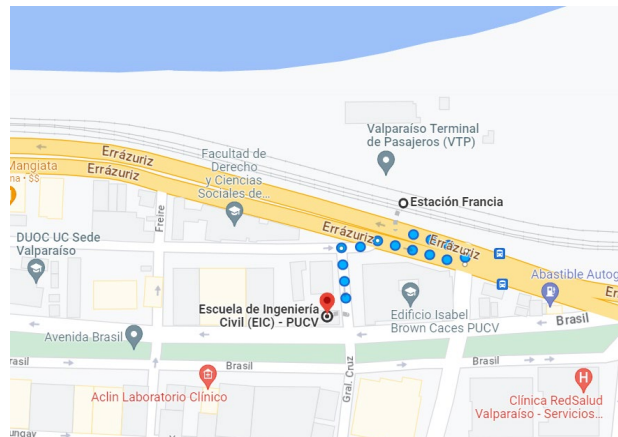


2.3. Ruta y modos de transporte público

La ruta definida para probar el diseño experimental en este estudio constituye una unión de diferentes tramos que presentan distintos tipos de modos de transporte público dentro de la conurbación Valparaíso-Viña del Mar. Se incluyeron diversos modos y contextos de transporte, reflejando así la realidad cotidiana de los desplazamientos en esta área urbana. En particular, el recorrido considera tramos en caminata, viaje en metro tren soterrado, viaje en metro tren en superficie y viaje en bus estándar con pago manual. A continuación, se proporciona un detalle de cada uno de los trayectos empleados en el experimento identificando el tipo de medio de transporte utilizado en cada caso.

El primer tramo consta de un recorrido a pie (caminata) desde la PUCV hasta la estación “Francia” de EFE Valparaíso, vale decir, el recorrido comienza en Av. Brasil 2147, continúa por calle Blanco en dirección al cruce de Av. Francia con Av. Errázuriz, para posteriormente caminar hacia la estación de metro señalada. Es importante mencionar que en el cruce para los peatones en muchas ocasiones las personas cruzan de forma diagonal sin que eso esté permitido. Además, las veredas de Calle Blanco con Errázuriz son muy estrechas, y hay un paradero de microbuses ubicado en Calle Errázuriz que impide la accesibilidad universal para los pasajeros. Lo señalado anteriormente, se puede apreciar en la figura 2, donde se muestra un mapa con la caminata a ejecutar, la cual presenta un tiempo de ejecución de 3 minutos.

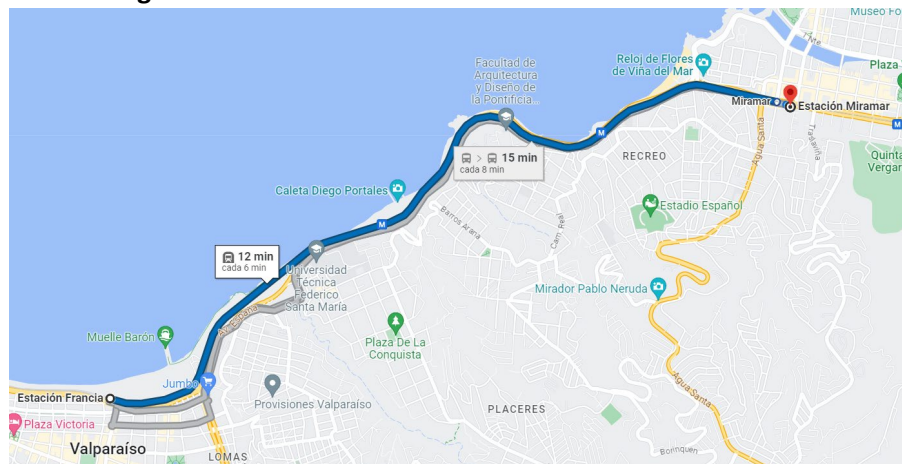
Figura 2: Tramo A-B: PUCV - Estación Francia



Fuente: Google Maps

El segundo tramo del recorrido contempla el traslado en el servicio de metro de EFE Valparaíso, desde Estación “Francia” hasta Estación “Miramar”, con la particularidad que el trazado entre dichas estaciones es a cielo abierto o de superficie. Para esto, el metro debe ser esperado en estación “Francia” para luego abordarlo y ejecutar un servicio a cielo abierto, con vista hacia el mar, el centro de Valparaíso y el paisaje disponible, pasando por las estaciones “Barón”, “Portales”, “Recreo” y finalizando en “Miramar”. La principal característica del tramo es que al ser en superficie, se potencia el atractivo visual de la costa, con alta luminosidad. El recorrido del tramo dos, finaliza en la Estación “Chorrillos”. Lo anterior, se puede apreciar en la figura 3, donde se inserta un mapa con el recorrido a cielo abierto, el cual posee una duración aproximada de 12 minutos.

Figura 3: Tramo B-C: Estación Francia – Estación Miramar

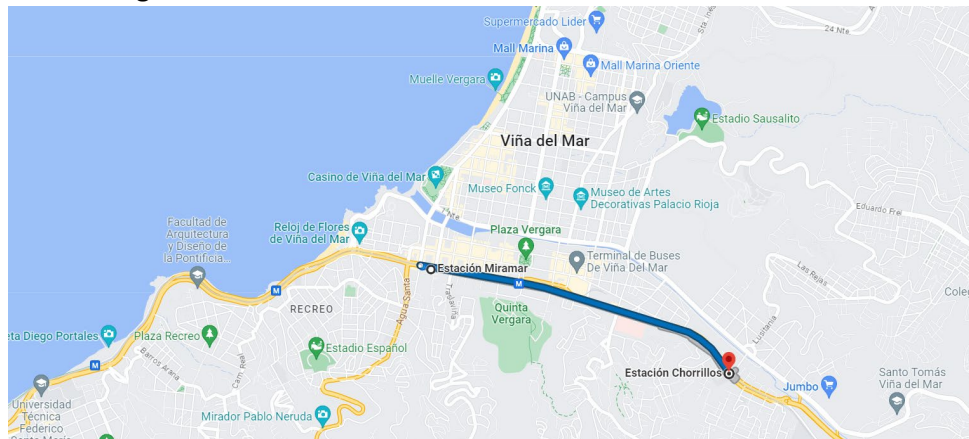


Fuente: Google Maps

El tercer tramo que contempla el recorrido, se desarrolla en el mismo metro que es abordado en la Estación “Francia” pero esta vez en un recorrido soterrado o tipo trinchera, entre las estaciones “Barón” y “Miramar”. El metro comienza su trazado subterráneo, pasando así por las estaciones “Viña del Mar”, “Hospital” y “Chorrillos”; es en esta última estación en la cual se debe hacer el descenso del tren. Se enfatiza que el recorrido es en trinchera, y por ende las estaciones son subterráneas, en comparación a la segunda etapa, donde las estaciones están sobre superficie. En las estaciones se observa menos luminosidad natural hacia los pasajeros y la visibilidad es muy poca dado el diseño de

los túneles y andenes. En la figura 4, se muestra un mapa con el recorrido subterráneo que ejecuta el metro, el cual posee un tiempo de duración de 6 minutos.

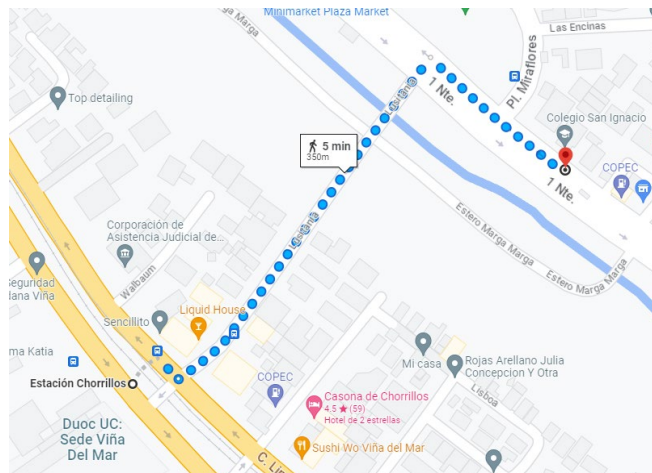
Figura 4: Tramo C-D: Estación Miramar - Estación Chorrillos



Fuente: Google Maps

El cuarto tramo, corresponde a la etapa uno de retorno hacia el punto de inicio del recorrido; vale decir, contempla el abandono de la Estación subterránea “Chorrillos” y la caminata hasta el paradero de microbuses ubicado en 1 Norte con San Ignacio. Para llevar a cabo el tramo, es necesario salir de la estación “Chorrillos” y estar en la superficie. Luego, se debe caminar por la calle Lusitania de manera recta, hasta llegar a la intersección con calle 1 Norte; es ahí, donde se debe abordar un cruce peatonal. El cruce considera a múltiples vehículos que transitan por la arteria. En la figura 5 se muestra el recorrido en caminata que se debe seguir para llegar a la parada de microbuses y así continuar con el retorno a Valparaíso.

Figura 5: Tramo D-E: Estación Chorrillos - Paradero 1 Norte con San Ignacio

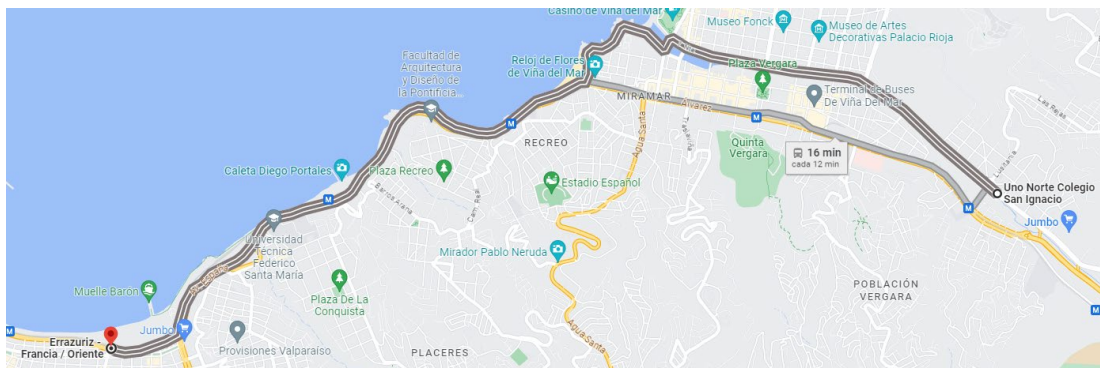


Fuente: Google Maps

El quinto tramo presente en el recorrido abarca la etapa dos y corresponde al retorno al punto de inicio haciendo uso del transporte público de superficie (microbuses) que realizan recorridos entre las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar. Pasado el tiempo de espera en el paradero de 1 Norte con San Ignacio, se debe tomar los buses disponibles (101, 102, 106 y 111), los cuales transitan por calle 1 Norte, tomando calle Miramar, para luego continuar por la Av. España. Es importante mencionar que 1 Norte es una vía urbana, con dos pistas unidireccionales separadas por un bandejón central y es de

alta congestión vehicular. En el caso de calle Miramar, es una calle de menor tráfico de vehículos, la cual va bordeando la costa de Viña del Mar, presenta muchas curvas y los vehículos, dado el diseño, desarrollan velocidades menores. Finalmente Av. España también es una vía que bordea la costa, es de alto flujo de vehículos, pues es el nexo vial que conecta a Valparaíso y Viña del Mar; es de alto flujo vehicular y se desarrollan altas velocidades, incluso tanto los microbuses como los vehículos particulares sobrepasan la máxima permitida alcanzando los 100 km/h. En la figura 6, se inserta un mapa con el recorrido de regreso en microbús, el que presenta un tiempo de traslado de 16 minutos aproximadamente.

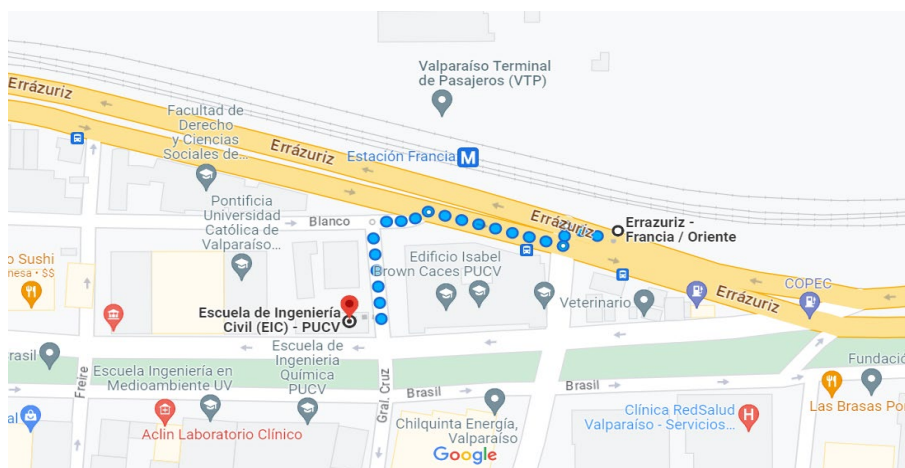
Figura 6: Tramo E-F: Paradero 1 Norte con San Ignacio - Paradero Avenida Errázuriz



Fuente: Google Maps

El sexto y último tramo del recorrido, es un símil del primer tramo, pero a la inversa; es decir, corresponde al recorrido de regreso, desde el paradero de microbuses ubicado en Av. Errázuriz con Av. Francia, hasta la PUCV. Para llevarlo a cabo, se debe hacer abandono del microbús en el paradero señalado, luego cruzar Avenida Errázuriz, y caminar por Calle Blanco, doblando por General Cruz, para luego llegar al destino inicial o punto de partida del recorrido. Lo mencionado, se puede visualizar en la figura 7, donde se inserta un mapa con el recorrido de caminata a realizar, el que presenta un tiempo de duración de 3 minutos, aproximadamente.

Figura 7: Tramo F-G: Paradero Avenida Errázuriz - ICT PUCV



Fuente: Google Maps

2.4. Consideraciones adicionales antes del experimento

Antes de comenzar cada experiencia, se realiza una introducción del experimento y se captura una línea base con la pulsera Biomonitor equipada, con el fin de normalizar los datos al final del experimento. La línea base consistió en que cada participante se mantuviera en un ambiente ausente de estímulos durante 3 minutos para la captura de señales fisiológicas.

Para el recorrido, cada participante se equipó una pulsera biomonitor, conectándola vía Bluetooth a un Smartphone, con lo que se registró y almacenó la información de las señales de cada usuario. Adicionalmente, se utilizó la aplicación Geotracker por cada participante, la que registró y almacenó la información geográfica de la ruta seguida (latitud, longitud, altura y Timestamp), y la aplicación StatusApp que consultaba periódicamente para que el participante declarara un estado emocional dentro del circumpleso de emociones.

Finalmente, se utiliza además una cámara GoPro manipulada por parte del equipo experimentador, con el fin de registrar eventos granulares relativos al viaje, que puedan explicar ciertos fenómenos en el comportamiento de los datos.

3. Resultados

A continuación, se estudia si mediante la utilización de indicadores psicofisiológicos es posible caracterizar el estado psicológico, físico y emocional a lo largo de un recorrido de transporte público en las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar.

Para realizar el análisis se plantea a priori una hipótesis acerca del comportamiento esperado en función de las condiciones identificadas en el viaje. Luego, mediante la información de contexto y los eventos granulares definidos por el monitor, se estudian las condiciones medidas durante el recorrido. Estas observaciones se complementan con un análisis cualitativo de los registros de los indicadores psicofisiológicos de los participantes. Finalmente, se discute el estado emocional de los usuarios, mediante un análisis cuantitativo que busca identificar si existe relación entre los estados emocionales y los modos a lo largo del recorrido.

3.1. Objetivos, métodos y alcances del análisis de resultados

Esta etapa preliminar de la investigación tiene como objetivo identificar si el marco experimental es capaz de dar cuenta de los efectos que producen las condiciones experimentadas durante el recorrido en Valparaíso y Viña del Mar. Para esto se plantean una hipótesis con su respectivo desarrollo, y se discute su validez en función de los resultados obtenidos en los diversos tramos del experimento ejecutado.

La hipótesis a desarrollar está relacionada con la posibilidad de caracterizar diferentes tramos de recorridos del sistema de transporte público a partir de datos contextuales y psicofisiológicos de usuarios del sistema de transporte público. La hipótesis se evalúa mediante la discusión que se desarrolla en tres partes que se distribuyen de la siguiente forma. En la primera parte de la discusión se postulan los comportamientos esperados de las variables registradas mediante el dispositivo contextino (variables ambientales) para los diferentes tramos del recorrido, además se mencionan las limitaciones surgidas para el presente caso de estudio. En la segunda parte, se realiza un análisis

cualitativo de los datos psicofisiológicos de una muestra de participantes, para luego presentar los resultados del análisis ANOVA para la caracterización de los tramos que componen el recorrido a partir de los atributos extraídos de las señales psicofisiológicas. Finalmente, en la tercera parte se analizan las emociones declaradas durante los tramos relevantes y se comparan mediante un análisis cuantitativo.

Es importante mencionar que existe heterogeneidad en la respuesta emocional ante la exposición de un mismo estímulo, lo que está condicionado tanto por las características fisiológicas de los individuos, culturales e idiosincráticas de los mismos. En ese sentido, los resultados obtenidos en esta primera instancia son de naturaleza individual y particular al grupo estudiado, sin poder llegar a conclusiones extrapolables a los usuarios regulares del transporte público en la región de Valparaíso.

3.2. Hipótesis y discusión

La hipótesis propuesta busca identificar diferencias significativas para los datos, tanto de contexto como de los indicadores fisiológicos, además con las emociones declaradas por los participantes, contrastando los diferentes tramos de la ruta recorridos por los participantes.

3.2.1. Variables ambientales

Respecto de las variables ambientales, se espera que estas presenten variaciones significativas en al menos algunos de los diferentes tramos que componen el recorrido definido para el experimento. A continuación, se presentan un conjunto de variables ambientales relevantes obtenidas por el dispositivo contextino.

Figura 8: CO2 registrado por el Contextino

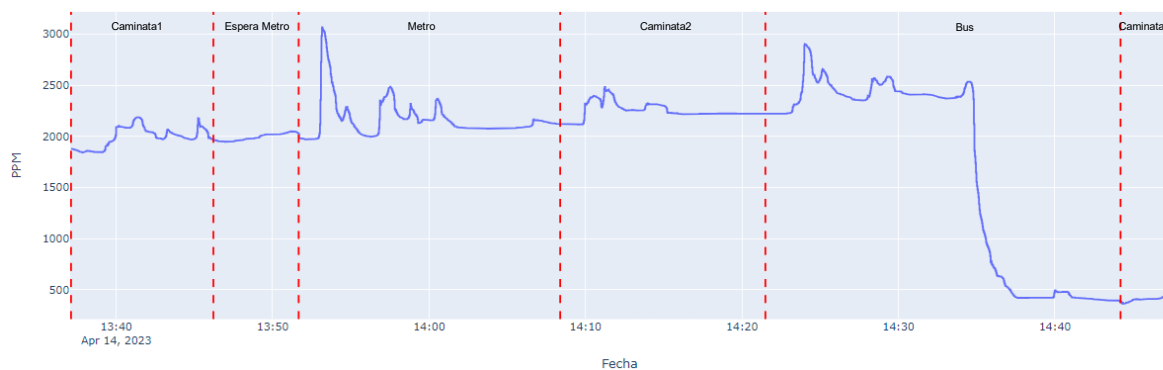


Figura 9: Temperatura registrada por el Contextino

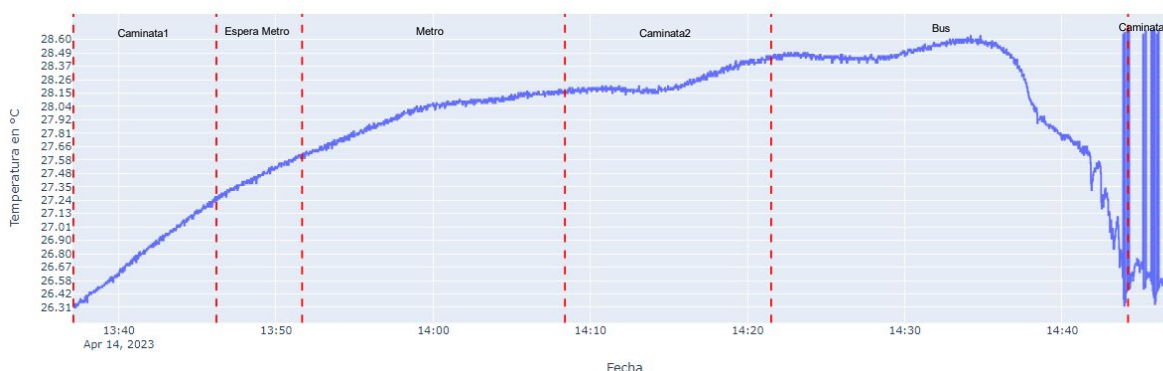


Figura 10: Nivel de Ruido registrado por el Contextino



Los datos muestran variación en la dinámica de las variables ambientales para cada tramo que compone el recorrido del experimento. En cuanto a la hipótesis de comportamiento de estas variables, se puede observar que para los tramos que implican espacios cerrados, existe un aumento en las concentraciones de CO2 además de un mayor nivel de ruido y aumento de temperatura. Cabe mencionar que los datos obtenidos para la caracterización de los datos ambientales fueron reducidos para este caso de estudio, por lo que no fue posible obtener conclusiones respecto a la persistencia en las tendencias de las variaciones observadas en la captura de datos realizada.

3.2.2. Señales psicofisiológicas

A continuación, se presentan algunos de los indicadores fisiológicos de los participantes observados durante el recorrido y su evolución para cada uno de los tramos. En una primera aproximación, se realiza un análisis cualitativo de los indicadores. La figura 13 presenta la evolución de la temperatura de la piel (SKT) normalizada a través de las etapas del recorrido para cuatro participantes del experimento. La figura 14 presenta la evolución de la actividad electrodermal (EDA) normalizada y la figura 15 la señal de fotopletismografía (PPG) normalizada utilizando una media móvil. La señal PPG se relaciona al ritmo cardíaco, mientras que la EDA se ha utilizado como proxy para el estrés. En la figura 13 se observa que la SKT se modifica a lo largo del recorrido, pero hay diferencias importantes en la dirección de los cambios entre los participantes. Por su parte, las figuras 14 y 15 sugieren diferencias entre los modos únicamente para participantes específicos.

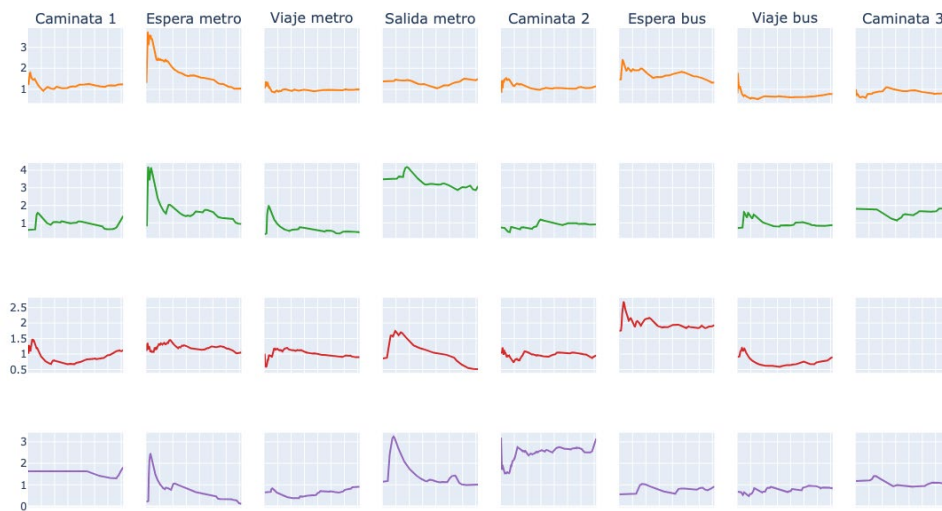
Figura 13: Temperatura de la piel en el recorrido para cuatro participantes



Figura 14: EDA en el recorrido para cuatro participantes



Figura 15: PPG en el recorrido



Considerando los datos válidos de los participantes del experimento, se procedió a realizar un análisis ANOVA, con el que se busca identificar diferencias significativas para un conjunto de atributos calculados para las 4 señales capturadas por participante (Temperatura de la piel, actividad electrodermal, ritmo cardiaco y variación del ritmo cardiaco) para los diferentes tramos del recorrido.

Tabla 3: Atributos significativos para la identificación de diferencias, tramos de viaje

Atributo	Tramo: Viaje metro – Viaje bus		
	p-valor	f-statistic	significancia
scr_kurt	0.0868	3.3907	0.1
Atributo	Tramo: Espera metro – Espera bus		
	p-valor	f-statistic	
scr_mean	0.0629	4.0815	0.1
skt_mean	0.0433	4.9318	0.05

skt_std	0.0131	8.0630	0.05
skt_min	0.007	9.9178	0.01
skt_rango	0.008	9.5422	0.01
skt_rms	0.439	4.9017	0.05
eda_peak_number	0.0393	5.1624	0.05
eda_rise_duration	0.0366	5.3368	0.05
Tramo: Caminata 1 – Viaje metro			
Atributo	p-valor	f-statistic	
gsr_skew	0.0604	4.1684	0.1
scr_std	0.0560	4.3415	0.1
scr_min	0.0971	3.1601	0.1
scr_rms	0.0560	4.3413	0.1
hr_mean	0.0274	6.0527	0.05
hr_min	0.0130	8.0832	0.05
hr_max	0.0594	4.2055	0.1
hr_rms	0.0290	5.9128	0.05
hrv_mean	0.0798	3.5657	0.1
hrv_std	0.0640	4.0425	0.1
hrv_min	0.0443	4.8773	0.05
hrv_max	0.0450	4.8439	0.05
hrv_rango	0.0384	5.2210	0.05
hrv_rms	0.0624	4.0962	0.1
skt_max	0.0741	3.7235	0.1
eda_accumulative	0.0063	10.2539	0.01
eda_peak_amplitud	0.0072	9.8374	0.01
eda_peak_number	0.0365	5.3434	0.05
eda_rise_duration	0.0283	5.9714	0.05

De los datos anteriores, se observa que la cantidad de atributos significativos de las señales psicofisiológicas que permiten explicar diferencias, considerando todos los participantes válidos para este caso de estudio, varía de forma importante, lo cual da una idea de la sensibilidad y variabilidad de los atributos como posibles variables explicativas. En ese sentido, solo se logró obtener un atributo significativo para determinar diferencias en los tramos de bus y metro, que corresponde a la curtosis del scr (skin conduction responses), que es una componente de la actividad electrodermal (EDA). Respecto a las diferencias en las zonas de espera para los modos bus y metro, se encontró una mayor cantidad de atributos significativos, relacionados principalmente con la actividad electrodermal (EDA) y la temperatura superficial de la piel (SKT). Adicionalmente, para el caso del primer tramo de caminata y el viaje en metro, se obtuvo una mayor cantidad de atributos significativos, involucrando a las 4 señales psicofisiológicas medidas por el dispositivo biomonitor, en particular, en este último caso, se observaron atributos relacionados con la frecuencia cardíaca y la variación de la frecuencia cardíaca, como hipótesis, se plantea que dado que la caminata es un modo activo, es esperable que afecten a esta señal, dado por el esfuerzo físico y la carga mental necesaria para transitar de forma atenta en el espacio público, a diferencia del modo metro.

Finalmente, para analizar las emociones declaradas durante el recorrido, se presenta una tabla de contingencia. La tabla 3 separa las emociones declaradas durante el recorrido en los modos metro y microbús. Cada fila presenta todas las ocasiones en las que los participantes del experimento declararon alguna emoción durante los tramos realizados en metro y bus. Cada columna representa

la emoción declarada. A priori se identifica que los participantes se declaran mayoritariamente felices y relajados en el metro, mientras que la primera y segunda mayoría en la preferencia para el bus el estado triste y luego relajado. Para identificar si existe relación entre la emoción declarada y el modo en el que se encontraba el participante, se utiliza un test de independencia χ^2 . El estadístico obtenido para los datos de la tabla 3 es de 28,28 que es mayor al valor del χ^2 de 9,48, por lo que se rechaza la hipótesis de que las emociones son independientes de los modos.

Tabla 4: Tabla de contingencia emociones para metro y bus

Modo	Emociones					Total
	0: Neutral	1: Feliz	2: Estresado	3: Triste	4: Relajado	
1: Metro	110	28	6	14	33	191
2: Bus	61	4	10	17	47	139
Total	171	32	16	31	80	330

4. Conclusiones

Mediante el enfoque propuesto por Barria et al., (2022) se utiliza la declaración de emociones, los indicadores psicofisiológicos y el contexto para caracterizar la experiencia de un recorrido en transporte público en la conurbación de Valparaíso y Viña del Mar, de forma granular, escalable, no-invasiva y ecológica.

El enfoque experimental considera el registro del contexto y de los eventos granulares mediante un dispositivo especializado denominado Contextino, el que es operado por un “monitor” que acompaña a los participantes del experimento durante el recorrido. Cada participante utiliza un dispositivo equipado en su muñeca denominado Biomonitor, que registra señales fisiológicas a lo largo del viaje. Adicionalmente, cada participante activa en su teléfono una aplicación GPS para registrar el recorrido, y una aplicación denominada statusApp que consulta periódicamente la emoción que el participante siente. Las emociones disponibles en la aplicación son adaptadas del Circumplejo de Russell según el trabajo desarrollado en Barría et al., 2022.

En una etapa inicial del estudio se determina que, a través de la recolección de los indicadores psicofisiológicos, el enfoque propuesto es capaz de dar cuenta de los efectos que presenta la disposición de modos alternativos disponibles (Metro/Tren y Bus) en los usuarios. Para esto se caracterizan los tramos de viajes en función de un análisis cualitativo y cuantitativo de las emociones, los indicadores psicofisiológicos y el contexto.

A través de los indicadores de contexto registrados utilizando el dispositivo Contextino se plantea la hipótesis sobre la posibilidad para identificar diferencias en las condiciones del recorrido en ambos modos, sin embargo, para este caso de estudio no fue posible comprobar dicha hipótesis debido a la baja cantidad de datos contextuales capturados. Por otra parte, los indicadores fisiológicos presentan el nivel de detalle necesario para analizar el efecto de los tramos, y a priori se identifican variaciones importantes entre participantes, sin embargo, a partir de un análisis ANOVA, se logró identificar un conjunto de atributos de las señales capturadas que permiten determinar diferencias significativas para caracterizar los diferentes tramos recorridos por los participantes. Adicionalmente, las emociones declaradas durante los tramos en metro y bus sugieren que no hay independencia entre las emociones y los modos.

La aplicación de la metodología en la conurbación de Valparaíso y Viña del Mar todavía se encuentra en una etapa inicial. Con este enfoque, se espera obtener resultados más detallados y objetivos sobre la satisfacción de los usuarios del transporte público, particularmente en regiones. Estos resultados serán de gran utilidad para los responsables de la planificación y gestión del transporte público en la región.

No obstante, es importante recalcar que las conclusiones son preliminares y es necesario con un tamaño muestral mayor para obtener resultados más concluyentes.

REFERENCIAS

- 1) Castro, M., Guevara, C.A., Jimenez-Molina, A.: A methodological framework to incorporate psychophysiological indicators into transportation modeling. *Transp. Res. Part C: Emerg. Technol.* 118, 102712 (2020)
- 2) Barría, C., Guevara, C.A., Jimenez-Molina, A., Seriani, S.: Relating emotions, psychophysiological indicators and context in public transport trips: case study and a joint framework for data collection and analysis. *Transp. Res. Part F: Traffic Psychol. Behav.* (2022, submitted)
- 3) Barría, C., Guevara, C.A., Jimenez-Molina, A.: An experiment to describe public transport users' emotions using psychophysiological indicators. *Congreso Chileno de Ingeniería de Transportes* (2021)
- 4) Biomonitor V3.0. Disponible en línea: <https://isci.cl/biomonitor/>. Accedido 13-06-2023
- 5) Fitch, Dillon, James Sharpnack, and Susan Handy. "The road environment and bicyclists' psychophysiological stress." *The 6th International Cycling Safety Conference*, 2017.
- 6) Jimenez-Molina, A., Guevara, C.A., Retamal, C., Diaz-Guerra, F.: Toward emotion classification in public transport using psychophysiological and contextual signals. *Congreso Chileno de Ingeniería de Transportes* (2021)
- 7) Shoval, Noam, Yonatan Schvimer, and Maya Tamir. "Tracking technologies and urban analysis: Adding the emotional dimension." *Cities* 72 (2018): 34-42.
- 8) Thomas O. Hancock & Charisma F. Choudhury (2023) Utilizing physiological data for augmenting travel choice models: methodological frameworks and directions of future research, *Transport Reviews*