

A high-angle, wide shot of a large parking lot filled with numerous red buses, likely a transit depot. The buses are parked in neat rows, and the lot is paved with asphalt. In the background, there are some industrial buildings and a clear sky. The title text is overlaid in the center of the image.

TEAM-BASED INCENTIVES IN TRANSPORTATION FIRMS: AN EXPERIMENT

Vicente Ramírez, Patricia Galilea, Joaquín Poblete, Hugo E. Silva

Transportation Research Part A 164 (2022) 1-12

INTRODUCTION

- Sistemas de incentivos "high powered" y output-based suelen tener consecuencias no deseadas en la calidad del servicio del transporte público (sabotaje, problemas de seguridad, frecuencia ineficiente del servicio, falta de servicio en zonas de poca demanda, etc.).
- Muchas ciudades del mundo pasaron de un modelo de competencia entre conductores a un modelo de competencia "por el mercado" (licitaciones donde participan firmas). Los esquemas de incentivos pasaron a ser salarios fijos.
- Se genera un problema de riesgo moral, donde el principal considera deseable que el servicio tenga varias características: regularidad, seguridad, fiscalización del pago, entre otras. El problema de la fiscalización del pago, en especial, requiere de esfuerzo por parte del conductor. Bajo el esquema de salarios fijos, el esfuerzo de los conductores es menor al socialmente óptimo, y entonces aumenta la evasión.
 - Evasión en Santiago primer semestre 2024: 38,3% (DTPM)
- Se exploran contratos en equipos versus contratos fijos y contratos individuales en un ambiente controlado.
 - Variables de interés: regularidad del servicio (frecuencia) y control de evasión
- Implicancias de políticas públicas para aumentar la calidad y disminuir el costo de los sistemas de transporte.
- En el largo plazo, cuando la tecnología permita buses autónomos, la inteligencia artificial tendrá que ser programada para ponderar los mismos tradeoffs que hoy hacen humanos.

LITERATURE REVIEW

- A pesar de haber literatura teórica que respalda la hipótesis que los incentivos team-based son más eficientes que los individuales bajo ciertas circunstancias, la evidencia empírica muestra gran heterogeneidad de resultados.
- Johnson et al. (2015) estudia los contratos fijos y por pasajero en Santiago en 2004 utilizando datos de paradas de buses y accidentes. Concluye que el sistema por pasajero (incentivos individuales) reduce el tiempo de espera en paradas, pero aumenta considerablemente la cantidad de accidentes.
- Muñoz and Gschwender (2008) estudian el paso a esquema "tendered" con 14 operadores y contratos fijos para los conductores. Encuentran que hubo una reducción importante en los accidentes y agresiones a conductores, y la discriminación en contra de pasajeros estudiantes cesó de existir.

Number of Accidents per Million Kilometers Traveled

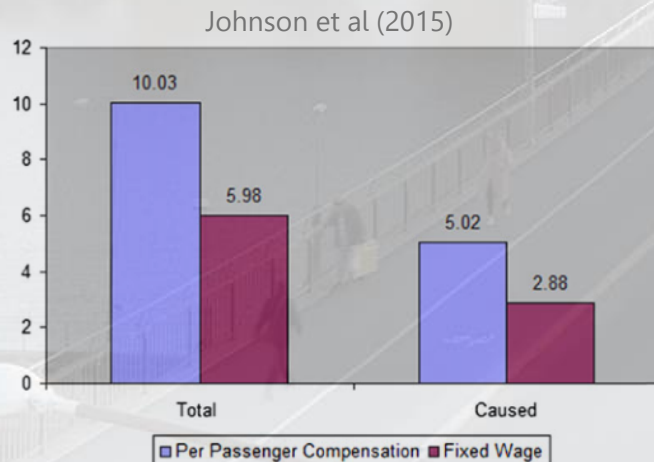


Table 1
Examples of high-powered incentives.

Place	Detail	Reference
Nairobi, Kenia	Daily cash target payment to vehicle's owner	Behrens et al. (2017)
Hong-Kong	Red Minibuses (RMB). The vehicle is leased to the driver by the shift. The driver becomes the residual claimant.	Rusco and Walls (2004)
Philippines	Jeepneys. The driver rents the vehicle per day and becomes the residual claimant.	Rusco and Walls (2004)
Dar es Salaam, Tanzania	The bus drivers operate under a sort of daily franchise. The driver becomes the residual claimant.	Rizzo (2011)

EXPERIMENTAL DESIGN

- 157 participantes familiarizados con el rubro del transporte fueron asignados a tres tipos de contratos:
 - Fixed-wage
 - Individual pay-for-performance (Individual P-f-P)
 - Team based pay-for-performance (Team P-f-P)
- Conductores en una ruta de bus de 10 paradas deben decidir la velocidad de viaje (entre 20 y 40 km/h) y el nivel de esfuerzo dedicado a fiscalizar el pago de la tarifa (0-4) a partir de la información disponible:
 - Tiempo entre su bus y el que va adelante
 - Tiempo entre su bus y el que va atrás
 - Flujo de pasajeros en la próxima parada
- Hay una penalización si el tiempo entre buses es menor a 5 minutos.
- Al final de cada período, los conductores son informados de la cantidad de pasajeros en los dos buses adyacentes.
- La información que tienen los conductores sobre los otros buses es igual a la del principal: solo observan resultados, no esfuerzo.

TRADEOFFS

- Velocidad:
 - Afecta la acumulación de pasajeros en las paradas (mayor distancia al bus de adelante la aumenta). Para el conductor, una mayor acumulación de pasajeros aumenta el "output" para su bus pero sabotea el del bus que va atrás al acortar el intervalo de tiempo entre ellos.
 - Existe una decisión intertemporal donde los conductores pueden anticipar mayor demanda en el futuro, y contruyen un "buffer" con el bus que va atrás para permitirse una velocidad más baja (y mayor acumulación) más adelante.
 - La velocidad elegida no es costosa en esfuerzo.
- Esfuerzo:
 - Conductores no conocen en detalle el efecto del esfuerzo en evasión y tiempos de espera.
 - Es costoso: cuesta energía. Al final del experimento los conductores reciben un pago proporcional a la energía que les queda.

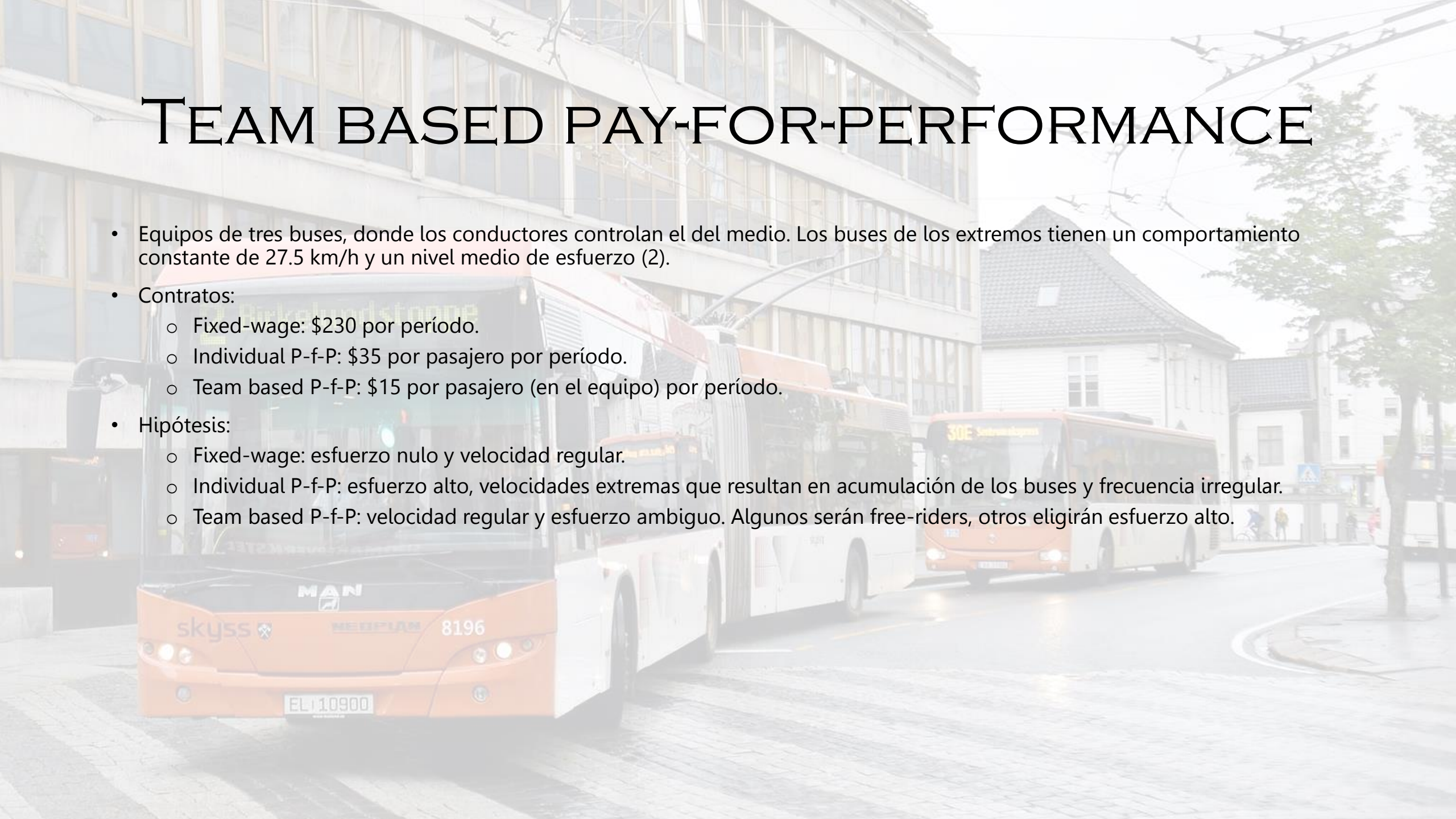
Table 2

Parameters values for payment rate and variable dwell time for all effort levels (unknown to the subjects).

Effort level	Payment rate	Variable time per passenger
No effort	60.0%	0 s
Effort level 1	72.5%	2 s
Effort level 2	80.0%	5 s
Effort level 3	87.5%	9 s
Effort level 4	95.0%	14 s

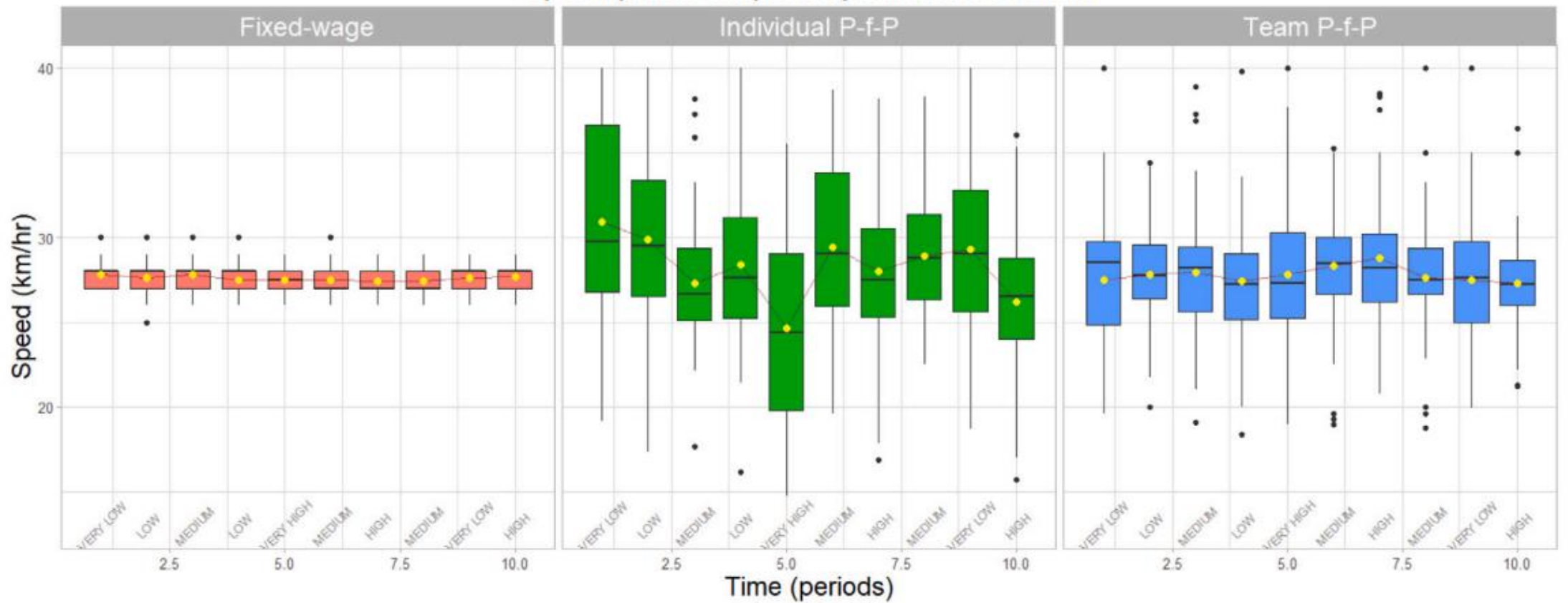
TEAM BASED PAY-FOR-PERFORMANCE

- Equipos de tres buses, donde los conductores controlan el del medio. Los buses de los extremos tienen un comportamiento constante de 27.5 km/h y un nivel medio de esfuerzo (2).
- Contratos:
 - Fixed-wage: \$230 por período.
 - Individual P-f-P: \$35 por pasajero por período.
 - Team based P-f-P: \$15 por pasajero (en el equipo) por período.
- Hipótesis:
 - Fixed-wage: esfuerzo nulo y velocidad regular.
 - Individual P-f-P: esfuerzo alto, velocidades extremas que resultan en acumulación de los buses y frecuencia irregular.
 - Team based P-f-P: velocidad regular y esfuerzo ambiguo. Algunos serán free-riders, otros elegirán esfuerzo alto.



RESULTS: SPEED

Speed profile boxplots by incentive scheme



RESULTS: SPEED

- Fixed-wage: velocidad muy constante y similar a los buses adyacentes (27.6 km/h en promedio con SD 0.69 km/h), dada falta de incentivos por pasajero y penalidades por bus-bunching.
- Individual P-f-P: velocidad altamente volátil (promedio 28.3 km/h y SD 4.9 km/h) que responde a incentivos a manipular la cantidad de pasajeros acumulados en las paradas (sabotaje al bus de atrás).
 - En períodos de alta demanda se observan velocidades muy bajas, mientras que en períodos de alta demanda se observan velocidades muy altas.
- Team P-f-P: velocidad promedio cercana a Fixed-wage (27.8 km/h) con SD de 3.7 km/h. No hay incentivo al sabotaje.

Table 3

Speed statistics by period for the individual and the team-based Pay-for-Performance contracts.

General info.		Fixed-wage		Individual		Team		p-values	
Period	Demand	Average	SD	Average	SD	Average	SD	F = T	I = T
1	Very Low	27.79	0.57	30.89	6.26	27.51	4.09	0.626	0.001
2	Low	27.63	0.86	29.91	5.45	27.81	2.94	0.685	0.015
3	Medium	27.81	0.74	27.33	3.82	27.98	3.58	0.737	0.371
4	Low	27.50	0.83	28.42	4.69	27.42	3.44	0.879	0.219
5	Very high	27.50	0.64	24.66	5.59	27.81	4.57	0.627	0.002
6	Medium	27.50	0.70	29.42	4.72	28.33	3.50	0.097	0.181
7	High	27.44	0.61	28.00	4.74	28.80	3.94	0.016	0.350
8	Medium	27.46	0.67	28.94	3.61	27.62	3.43	0.740	0.058
9	Very low	27.60	0.63	29.27	5.64	27.48	4.32	0.844	0.069
10	High	27.69	0.73	26.20	4.10	27.30	3.25	0.404	0.127
Total		27.59	0.69	28.30	4.85	27.81	3.71		

RESULTS: SPEED

Table 4
Estimates from a Linear Regression for Speed.

Intercept	38.124*** (0.590)
Individual P-f-P	-2.117*** (0.399)
Team P-f-P	0.535 (0.366)
High demand	-0.022 (0.367)
Low demand	-0.009 (0.344)
Individual x High demand	-1.934*** (0.520)
Team x High demand	-0.137 (0.517)
Individual x Low demand	1.443*** (0.486)
Team x Low demand	-0.262 (0.484)
Rear Distance	-1.055*** (0.053)
R^2	0.245
N	1,570

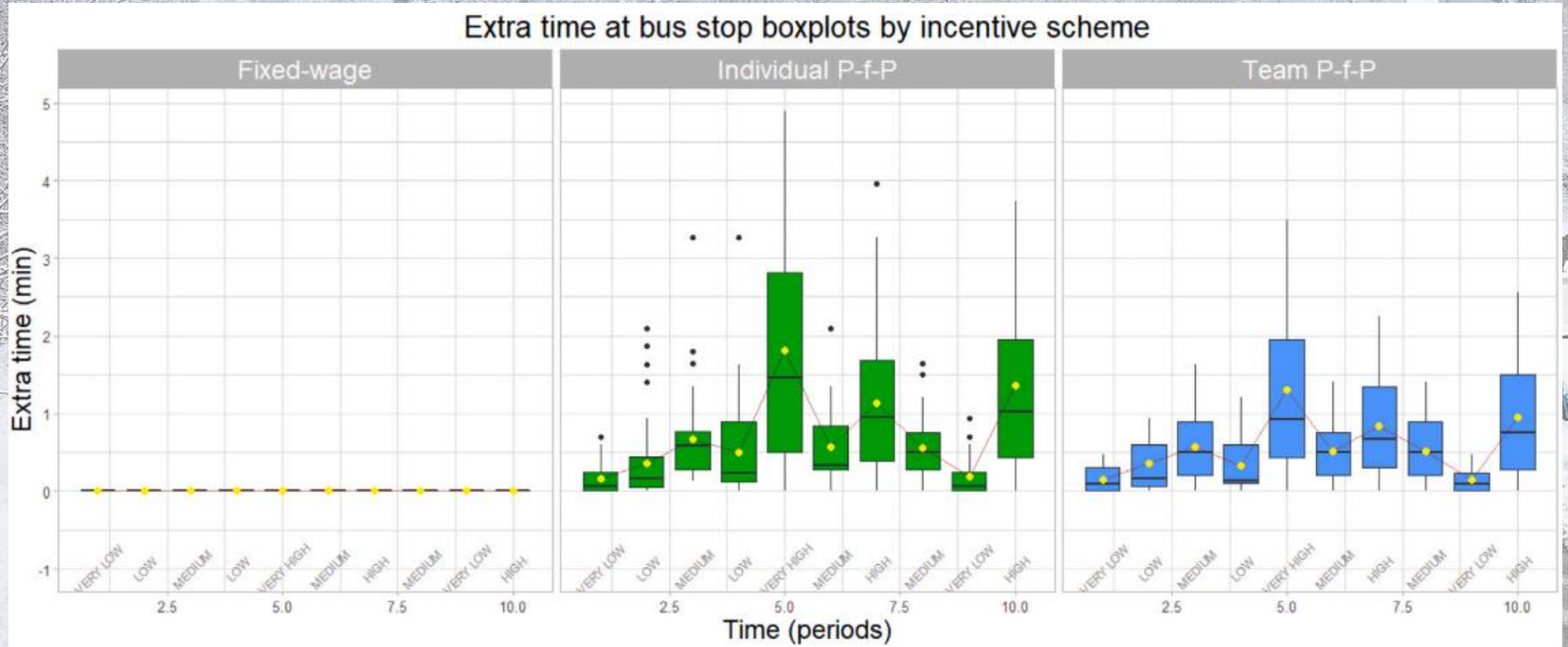
Notes: Robust standard errors are reported in parentheses. *p < 0.1, **p < 0.05, ***p < 0.01.

$$\frac{\partial speed}{\partial IND} = \beta_{IND} + \beta_{IND-DHI} \cdot X_{DHI} + \beta_{IND-DLO} \cdot X_{DLO}$$

$$\frac{\partial speed}{\partial IND} = -2.117 - 1.934 \cdot X_{DHI} + 1.443 \cdot X_{DLO}$$

- Modelo base: Fixed-wage y demanda media.
- Todos los coeficientes relacionados al contrato Individual P-f-P son estadísticamente significativos al 1%.
- En promedio 2.1 km/h más bajo en demanda media.
- 1.9 km/h más bajo aún en demanda alta (sabotaje).
- 1.4 km/h más alto en demanda baja (construyendo buffer).
- Ningún coeficiente correspondiente al contrato Team P-f-P es significativo al 10%.

RESULTS: EFFORT



RESULTS: EFFORT

- Fixed-wage: esfuerzo cero en todos los casos, resulta en cero tiempo adicional en las paradas. Consistente con el nulo incentivo a fiscalizar.
- Individual P-f-P: alta variabilidad en el tiempo adicional, especialmente cuando la demanda es alta, donde hay un tradeoff relevante:
 - A mayor cantidad de pasajeros, más costoso es el esfuerzo (más tiempo adicional). Si hay riesgo de caer en penalidad por distancia al bus de atrás, considerando que esta es convexa, esperaríamos un esfuerzo más bajo.
 - A mayor cantidad de pasajeros, el esfuerzo es más productivo porque reduce la probabilidad de evasión de un número mayor de pasajeros (el incentivo es por número de pasajeros, no por otra métrica).
- Team P-f-P: variabilidad y promedio similar al Individual P-f-P. La variabilidad se explica porque hay divergencia en las estrategias:
 - Esfuerzo alto: en paradas de alta demanda, el esfuerzo es más productivo.
 - Esfuerzo bajo: actuar como free-rider.
- Test de Kolmogorov-Smirnov para las distribuciones de Individual P-f-P y Team P-f-P no rechazan (5%) la hipótesis que éstas sean distintas en todos las paradas excepto en demanda alta (8/10).
- No se muestra ningún análisis del nivel de esfuerzo elegido por los conductores, solo del tiempo adicional total por parada (no por pasajero).

IMPLICATIONS FOR THE SYSTEM

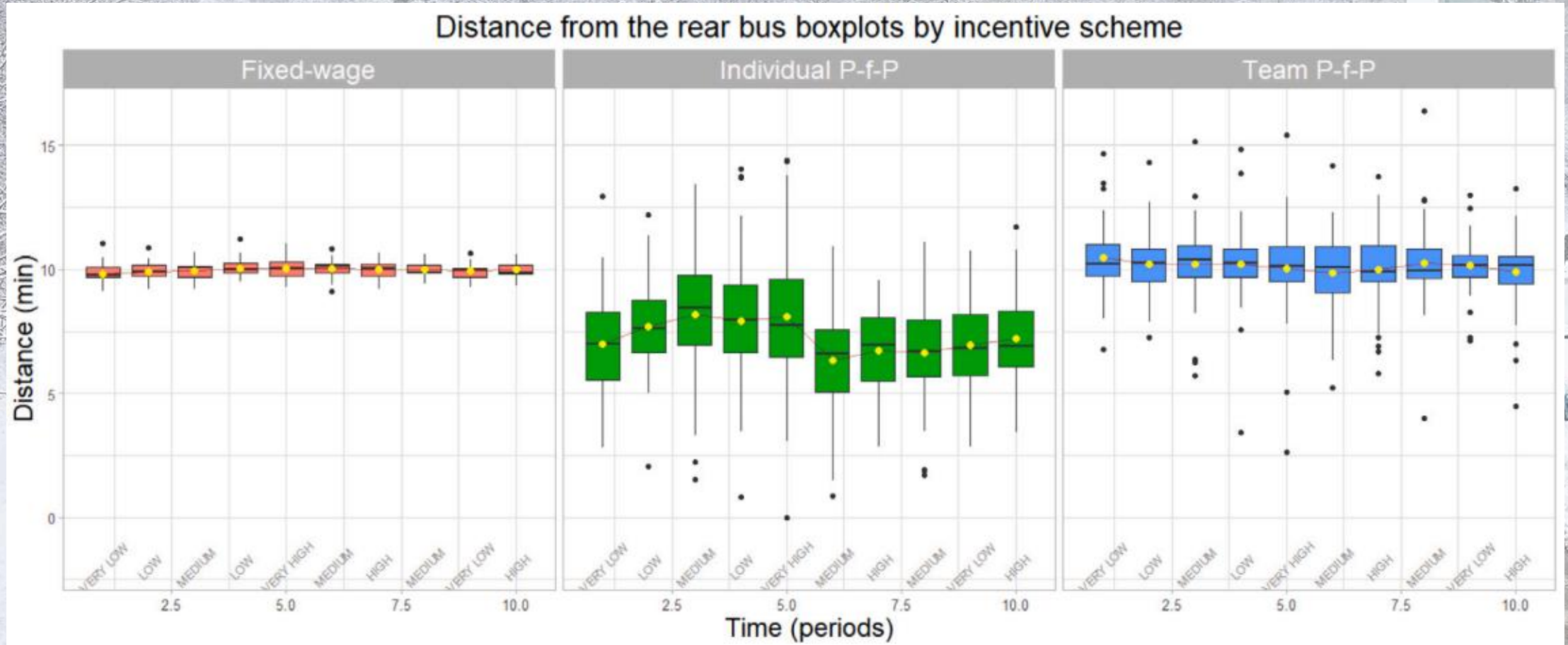
Pasajeros:

- Team P-f-P es el contrato que transporta más pasajeros (que pagan) en total con 191.
- Individual P-f-P en segundo lugar con 190.
- Fixed-wage es el que menos transporta, con 182.
- Resultados se explican por el incentivo en Team P-f-P a hacer esfuerzo, pero sin crear sabotaje.

Distancia entre buses:

- Fixed-wage y Team P-f-P mantienen distancias constantes y equidistantes con buses adyacentes (10 minutos).
- Team P-f-P muestra mayor variabilidad que Fixed-wage, como consecuencia de que los conductores en el esquema por equipos hacen esfuerzo más alto y por lo tanto pasan más tiempo en las paradas.
- Individual P-f-P muestra gran variabilidad en distancia a buses adyacentes, especialmente en reacción a la demanda del período anterior.
- Individual P-f-P en promedio está más cerca del bus de atrás (7 minutos), evidenciando sabotaje.

IMPLICATIONS FOR THE SYSTEM



DISCUSSION AND CONCLUSIONS

"We find that subjects under a group contract setting can generate production levels similar to the individual pay-for-performance system but with different operational decisions, avoiding the undesired behaviour exhibited by the subjects in other contracts. [...] the team-based contract induces decisions that lead to a uniform speed profile, enabling drivers to maintain regular time intervals to the adjacent buses. Thus, the group-based scheme generates regularity between buses and constant passenger load profiles while avoiding sabotaging other buses." (V. Ramírez et al., 2022)

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

- Test F de diferencias de varianzas entre velocidades en Individual P-f-P y Fixed-wage.
- Posible contradicción con Johnson et al (2015), tal vez por el comportamiento estratégico del bus delantero.
- Datos subyacentes de esfuerzo o tiempo por pasajero en lugar de tiempo adicional total de espera.
- Comportamiento estratégico de los dos buses adyacentes.
- Tamaño de equipos y consecuencias en free-riders.
- Experimento en terreno en situaciones reales y potenciales limitaciones.