



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

Determinación del número óptimo de fiscalizadores en buses del Transantiago para hacer frente a la evasión

MURIEL MANRÍQUEZ MIMICA

PROFESORES:

- PATRICIA GALILEA
- ALEJANDRO TIRACHINI

• **EL MERCURIO** •

NACIONAL

C

SANTIAGO DE CHILE, VIERNES 8 DE JULIO DE 2016

nacional@mercurio.cl

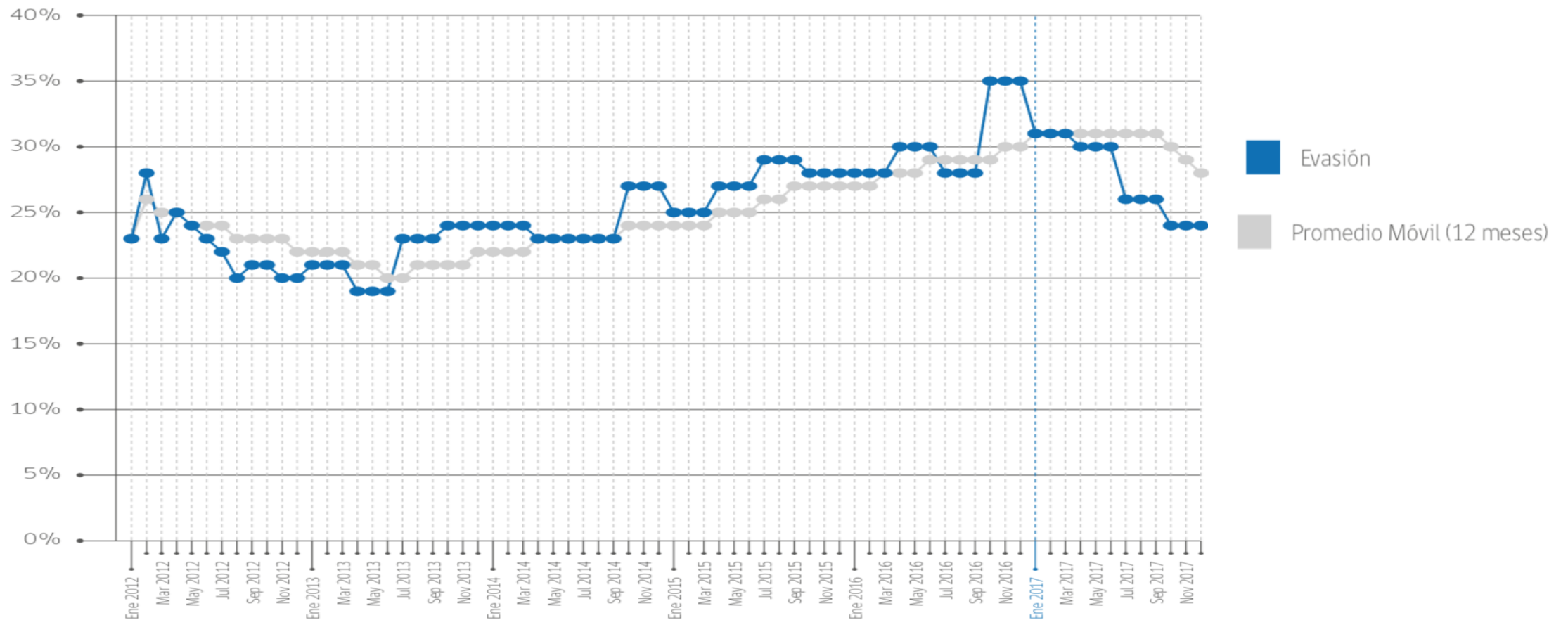
Ningún otro servicio estudiado alcanza ese nivel de irregularidad, según investigación de la U. de Chile:

Transantiago es el sistema con la mayor evasión del mundo y uno de los que menos fiscalizan

Source: *El Mercurio* [July, 2016]



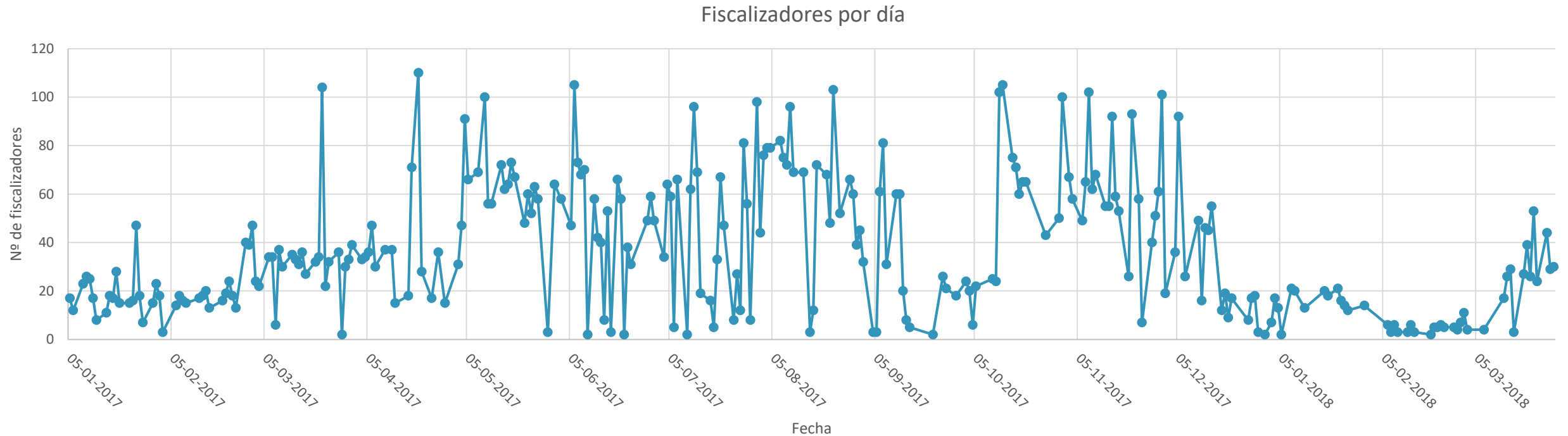
Tasa de evasión mensual, Transantiago. 2012 - 2017



Fuente: DTPM [2017]

1,6 de cada 1000 pasajeros es fiscalizado

Número de inspectores por día



Source: Own elaboration with data obtained from ADATRAP and inspection

Pregunta de
investigación

¿Cuál es el nivel óptimo de
control que debieran tener los
buses?

Índice

1. Marco teórico

2. Modelo

**3. Caso de estudio: buses del
Transantiago**

4. Análisis

1. Marco teórico



Marco teórico

Esta investigación se basa en **Barabino *et al.* (2013 y 2014)**

Objetivo: estimar el número óptimo de inspectores diarios (X) a través de la maximización de la recaudación total del sistema y los costos asociados a la fiscalización.

Definiciones importantes

P_E → Porcentaje de usuarios que deciden evader, dependiente de p_i

p_i → Probabilidad **subjectiva** de ser fiscalizado

$p(X)$ → Probabilidad **objectiva** de ser fiscalizado

X → Número de inspectores

Contribución de esta investigación: Se toma en cuenta la operación de todos los operadores

2. Modelo



1

Datos de inspección

Nº de inspectores y pasajeros multados

2

nivel de fiscalización percibido por los usuarios

Encuesta

3

Nº de pasajeros servidos en la red

Datos de transacciones BIP!

4

Datos de costos

Tarifas, multas, costos de inspección, % de multas pagadas

Tipos de datos

Segmentación de usuarios

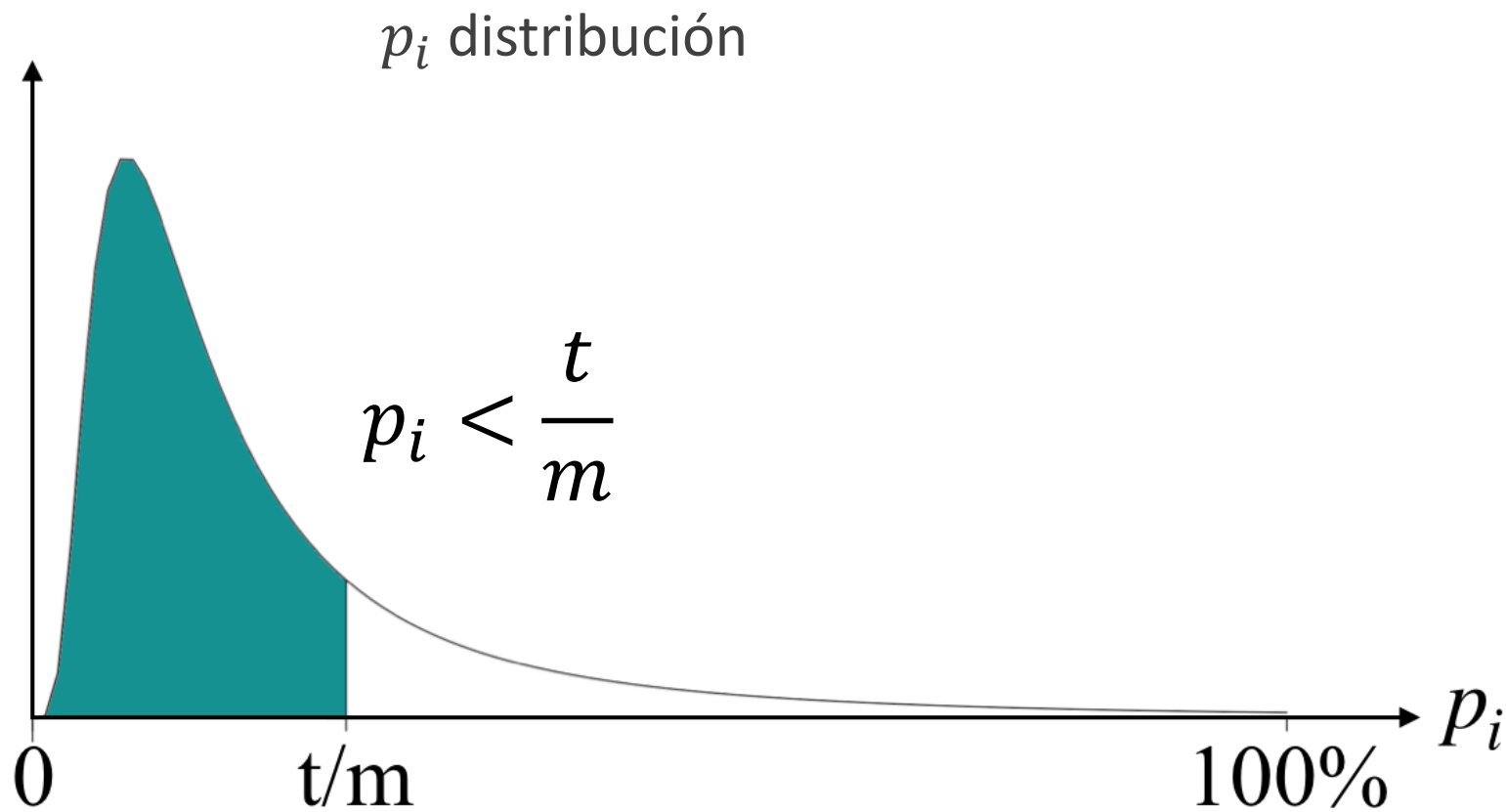
- **Usuarios decididos**

- Honestos (α)
- Los que nunca pagan(δ)

- **Usuarios indecisos/calculistas**

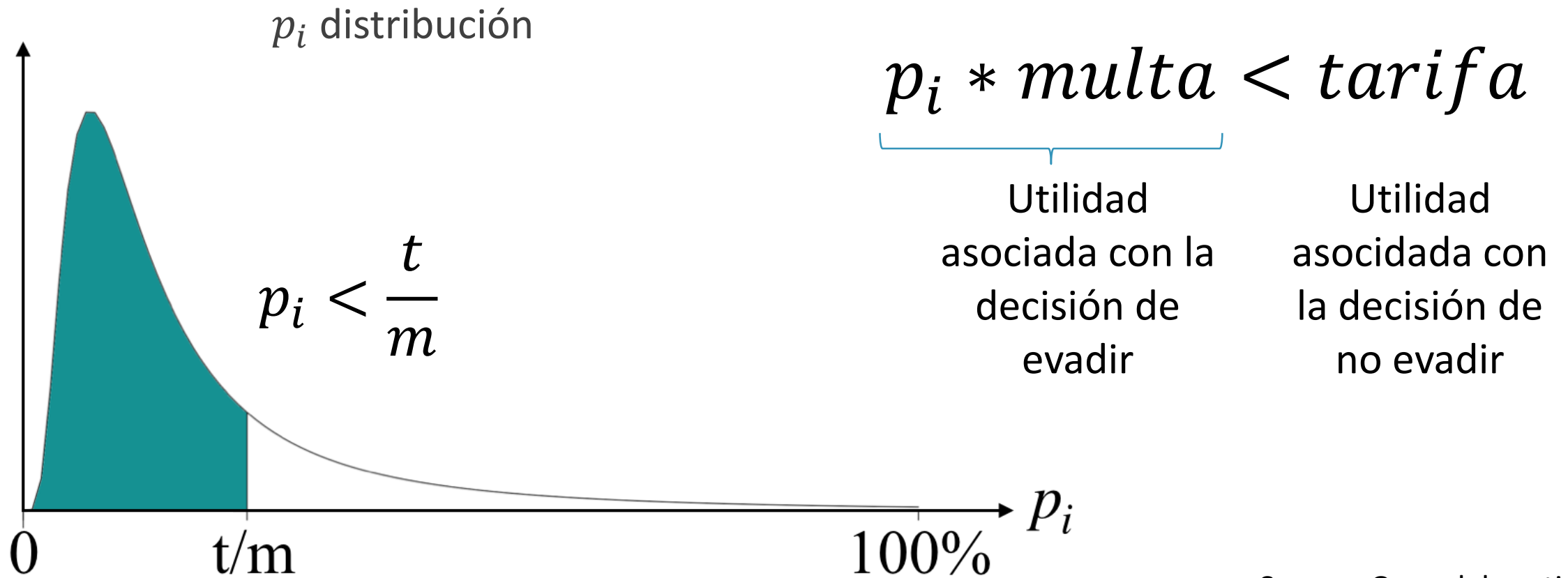
- Deciden evadir tarifa (E)
- Deciden no evadir tarifa (NE)

Porcentaje de usuarios que deciden evader (P_E)



Source: Own elaboration

Porcentaje de usuarios que deciden evadir (P_E)



Source: Own elaboration

Ingresos

$$I(X) = I_{\alpha} + I_{\delta} + I_{NE} + I_E$$

$$I_{\alpha} = \alpha \cdot n \cdot t$$

$$I_{\delta} = \delta \cdot n \cdot 0 = 0$$

$$I_{NE} = (1 - \alpha - \delta) \cdot n \cdot [1 - P_E(p_i)] \cdot t$$

$$I_E = (1 - \alpha - \delta) \cdot n \cdot P_E(p_i) \cdot p(X) \cdot m \cdot \beta \cdot \theta$$

$$C(X) = C_F + sX$$

Costos

$$\pi_E(X) = I(X) - C(X)$$

$$\pi_E(X) = \alpha \cdot n \cdot t + (1 - \alpha - \delta) \cdot n \cdot [t + P_E(p_i) \cdot (p(X) \cdot m \cdot \beta \cdot \theta - t)] - C_F - s \cdot X$$

Recaudación total del sistema menos costos
asociados a la fiscalización

$$\pi_E(X) = I(X) - C(X)$$

$$\pi_E(X) = \alpha \cdot n \cdot t + (1 - \alpha - \delta) \cdot n \cdot [t + \mathbf{P}_E(\mathbf{p}_i) \cdot (\mathbf{p}(X) \cdot m \cdot \beta \cdot \theta - t)] - C_F - s \cdot X$$

Recaudación total del sistema menos costos asociados a la fiscalización

Probabilidad
Objetiva de ser
fiscalizado (p)

$$DeliveredInspectionRate(X) = \frac{N_{fisc}}{N}$$

$$p(X) \cong TFE$$

$$p = kX$$

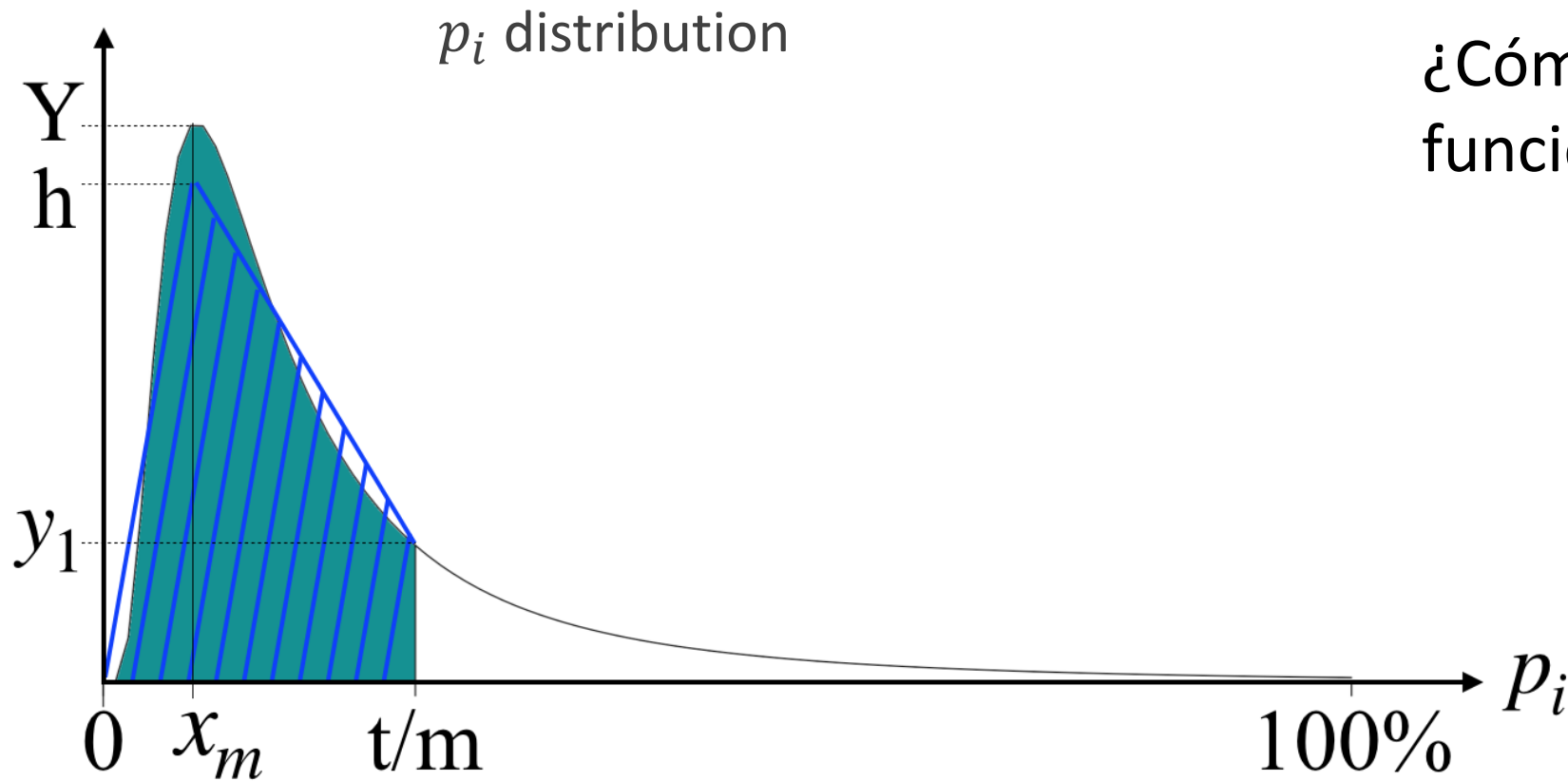
Probabilidad
Subjetiva de ser
fiscalizado (p_i)

$$PerceivedInspectionRate_i(X) = \frac{Fr_{fisc,i}}{Fr_{viaje,i}}$$

$$p_i \cong TFP_i$$

distribution curve of p_i

Resolución

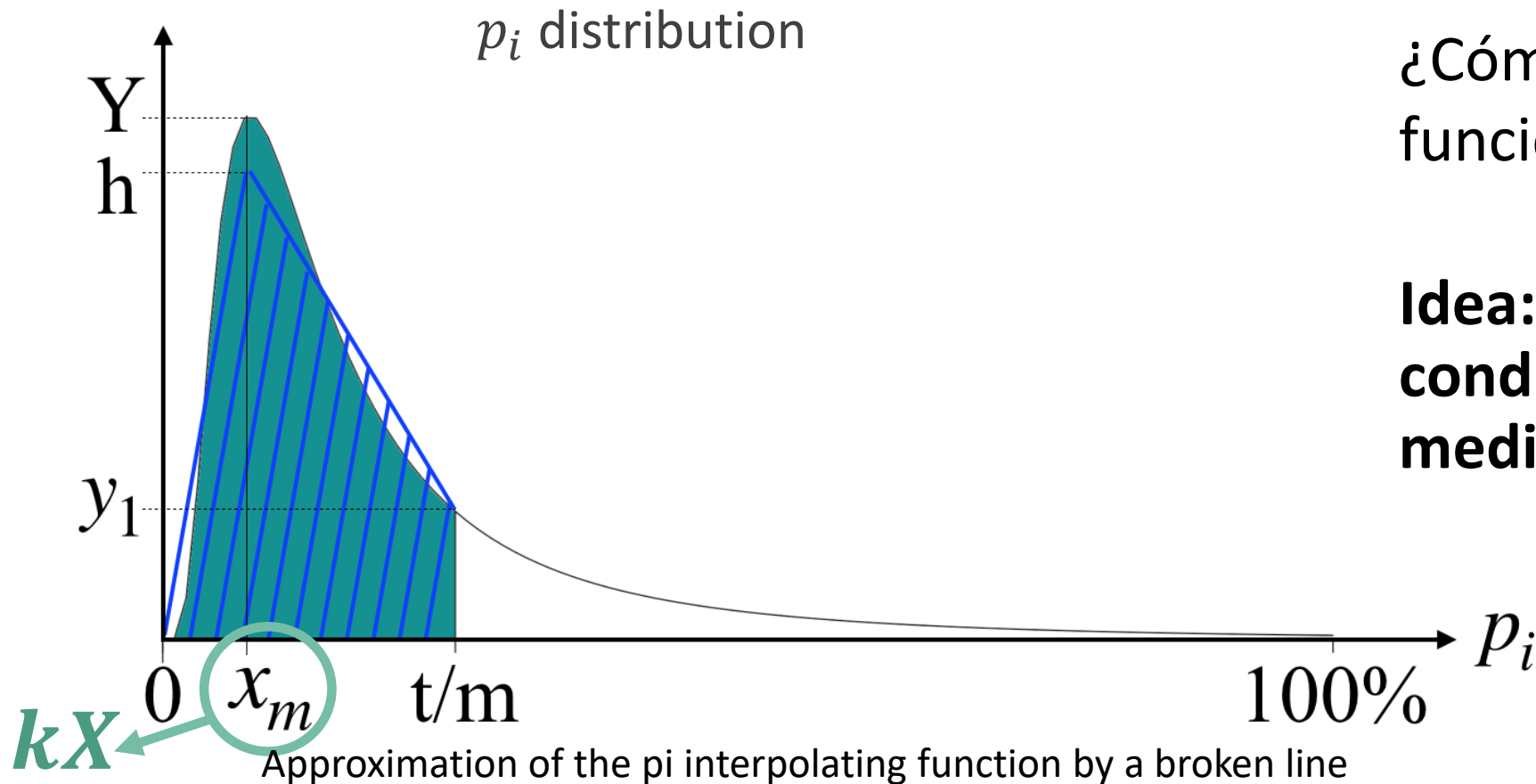


¿Cómo expresar p_i como una función de X ?

Approximation of the p_i interpolating function by a broken line

Source: Own elaboration, based on Barabino et al. [2013]

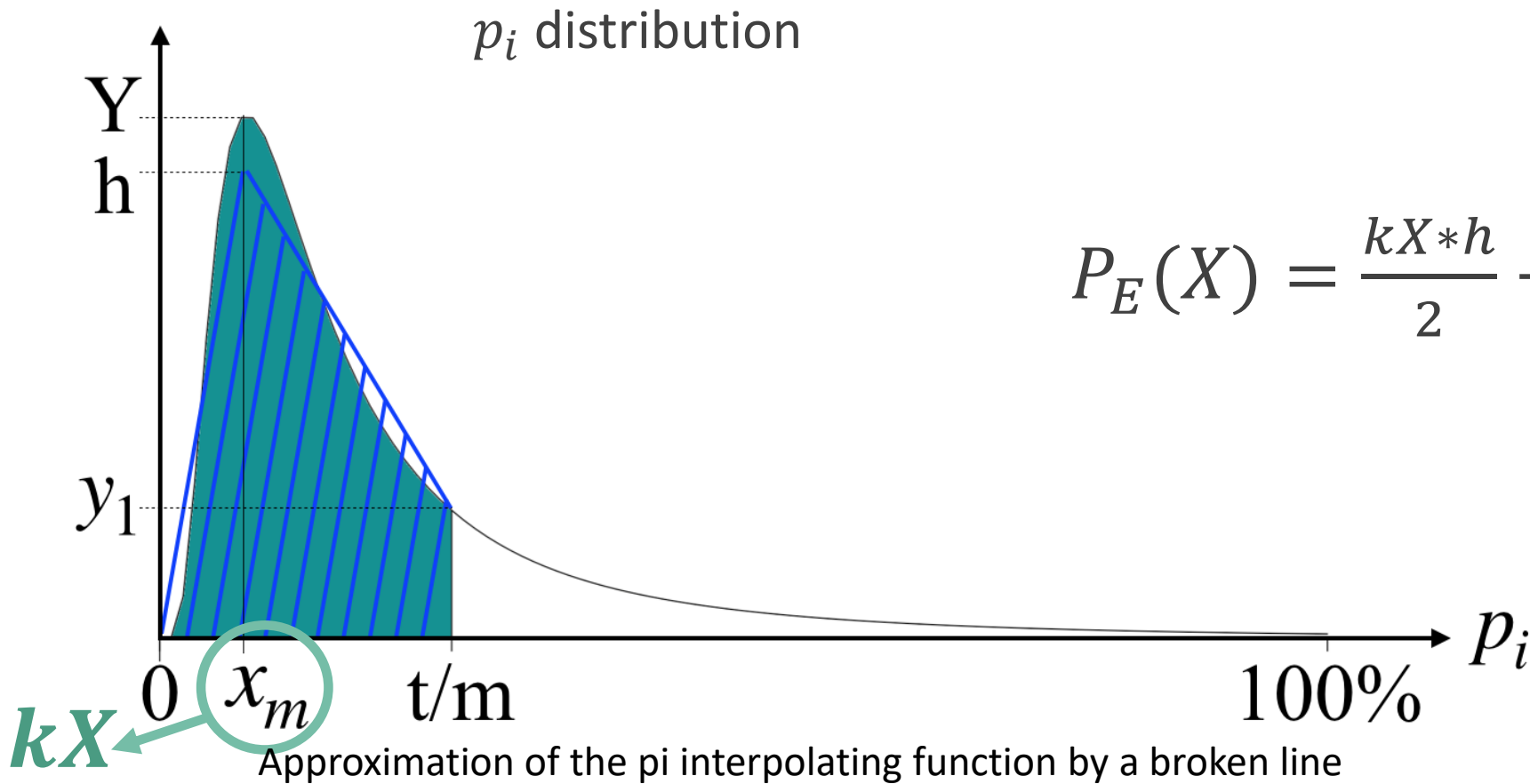
Resolución



¿Cómo expresar p_i como una función de X ?

Idea: Es necesario imponer la condición de igualdad entre la mediana de p_i y $p(X)$.

Resolución



$$P_E(X) = \frac{kX \cdot h}{2} + \frac{(y_1 + h)(t/m - kX)}{2}$$

Resolución

Maximizando π_E , el número óptimo de inspectores X^* es:

$$X^* = \frac{\frac{(1 - \alpha - \delta)nK}{2} [m\beta\theta(y_1 + h) * t/m + ty_1] - s}{(1 - \alpha - \delta)nm\beta\theta y_1 k^2}$$

3. Caso estudio: Transantiago

Datos

1

1. Datos sobre inspección

Proviene de la
"fiscalización"

2

2. Nivel de fiscalización percibida por los usuarios

Encuesta

3

3. Nº de pasajeros transportados

Datos de transacciones BIP!

4

4. Datos sobre el costo

Entregados por
MTT

Estimación de funciones de probabilidad

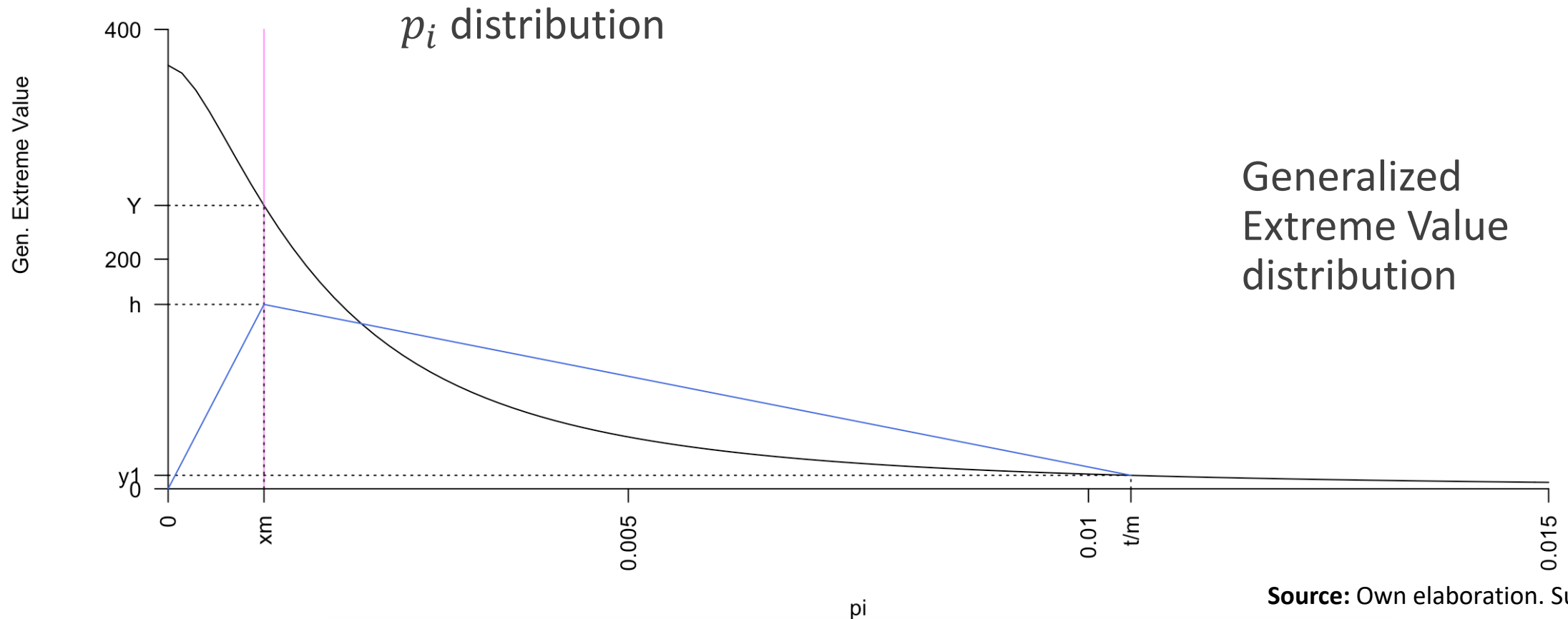
Probabilidad objetiva de ser fiscalizado (p)

Análisis de regression entre el número de pasajeros transportados y fiscalizados por día → Tasa de fiscalización

Probabilidad subjetiva de ser fiscalizado (p_i)

Ajuste de distribución

Resolución



Número óptimo de inspectores diarios

	Generalized Extreme Value distribution	Generalized Pareto distribution	Histogram
x^*	2.595	2.704	2.769
Tasa fiscalización	8,5%	8,8%	9.0%

Número óptimo de inspectores diarios

	Generalized Extreme Value distribution	Generalized Pareto distribution	Histogram
x^*	2.595	2.704	2.769
Tasa fisclización	8,5%	8,8%	9.0%

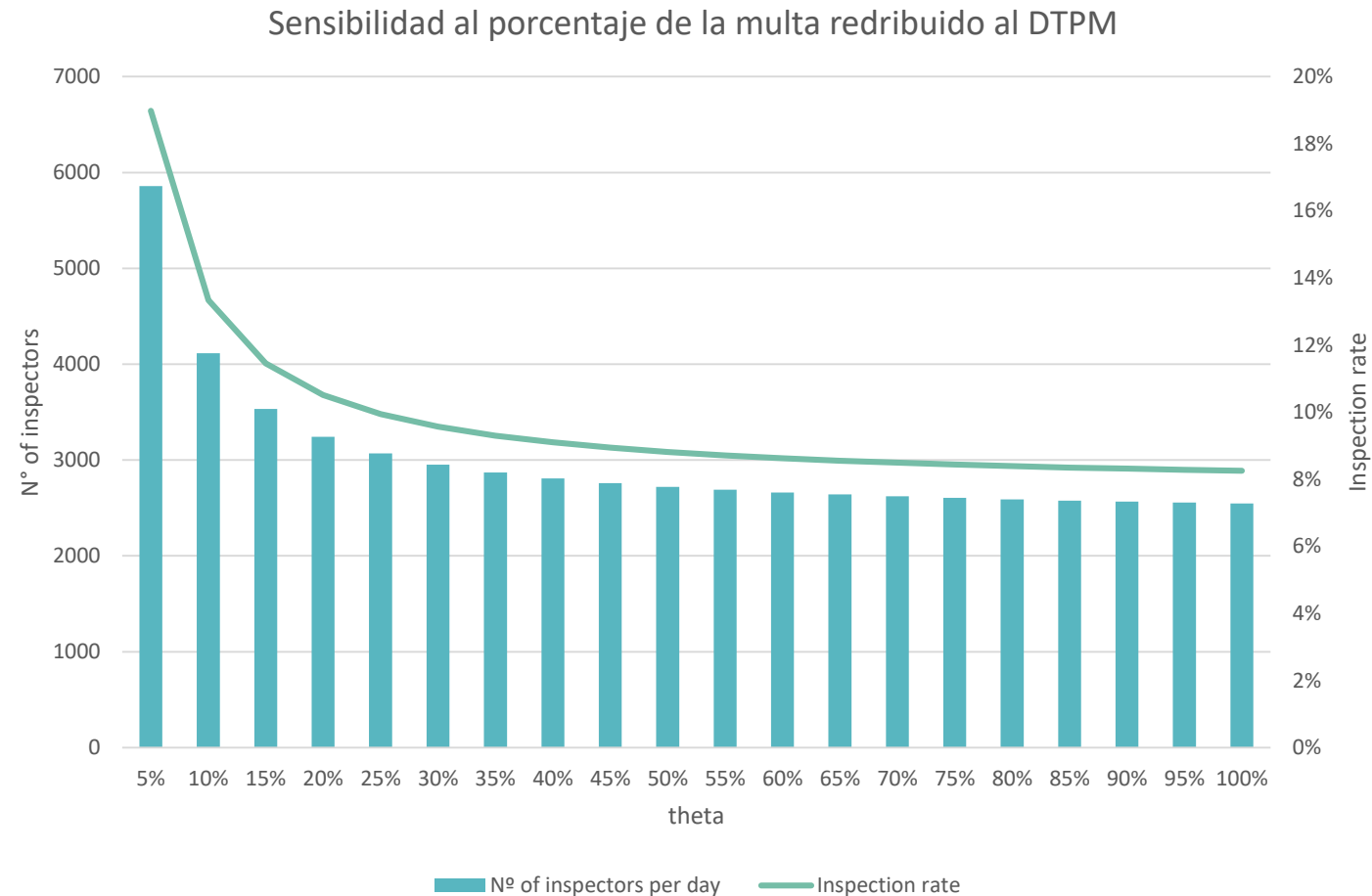
Tasa de fiscalización de ciudades

Ciudad	Evasión (%)	Tasa de inspección (%)
 Santiago	28	0,11
 Berna	1	5
 Génova	1,1	2,5
 La Haya	9,9	1
 Milán	8	1
 Munich	1,4	3
 Vancouver	0,5	43,3

Fuente: El Mercurio [July, 2016]

4. Análisis

Análisis de sensibilidad por el porcentaje de multas pagadas (θ)



Source: Own elaboration

¿Qué pasa si cambiamos la razón tarifa/multa?

		Number of inspectors		
Variable	Value	G.E.V	G.P	H
$x_z (m = 106 * t)$	0,009	2.595	2.704	2.769
$(m = 212 * t)$ (2m)	0,005	967	966	979
$(m = 212 * t)$ (t/2)	0,005	934	934	948

Source: Own elaboration

¿Qué pasa si aumentamos la tasa de inspección objetiva?

			Number of inspectors		
Variable	Value	Average number of passengers inspected by a single inspector	G.E.V	G.P	H
k	0,0000326	83	2.595	2.704	2.769
$2 * k$	0,0000652	165	1.352	1.408	1.442
$3 * k$	0,0000978	248	912	951	974
$4 * k$	0,000130	330	689	718	736

Source: Own elaboration

¿Qué pasa si aumentamos la tasa de inspección objetiva?

			Number of inspectors		
Variable	Value	Average number of passengers inspected by a single inspector	G.E.V	G.P	H
k	0,0000326	83	2.595	2.704	2.769
$2 * k$	0,0000652	165	1.352	1.408	1.442
$3 * k$	0,0000978	248	912	951	974
$4 * k$	0,000130	330	689	718	736

Source: Own elaboration

EN conclusión → percepciones de riesgo más altas se logran al

1. Reducir la razón tarifa/multa

2. Aumentar la tasa objetiva de inspección

3. Aumentar la tasa subjetiva de inspección



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

Determinación del número óptimo de fiscalizadores en buses del Transantiago para hacer frente a la evasión

MURIEL MANRÍQUEZ MIMICA

PROFESORES:

- PATRICIA GALILEA
- ALEJANDRO TIRACHINI