

ESCUELA DE INGENIERÍA DE  
CONSTRUCCIÓN Y TRANSPORTE



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO

EBERHARD KARLS  
UNIVERSITÄT  
TÜBINGEN



# La Perspectiva de la Resiliencia en la Movilidad Urbana

Vicente Aprigliano

*PhD en Geografía*

*Msc en Ingeniería de Transporte*

*Geógrafo*

Comité Desarrollo Productivo  
**VALPARAÍSO**  
*por* **CORFO**

# Contenido

**Movilidad Urbana**

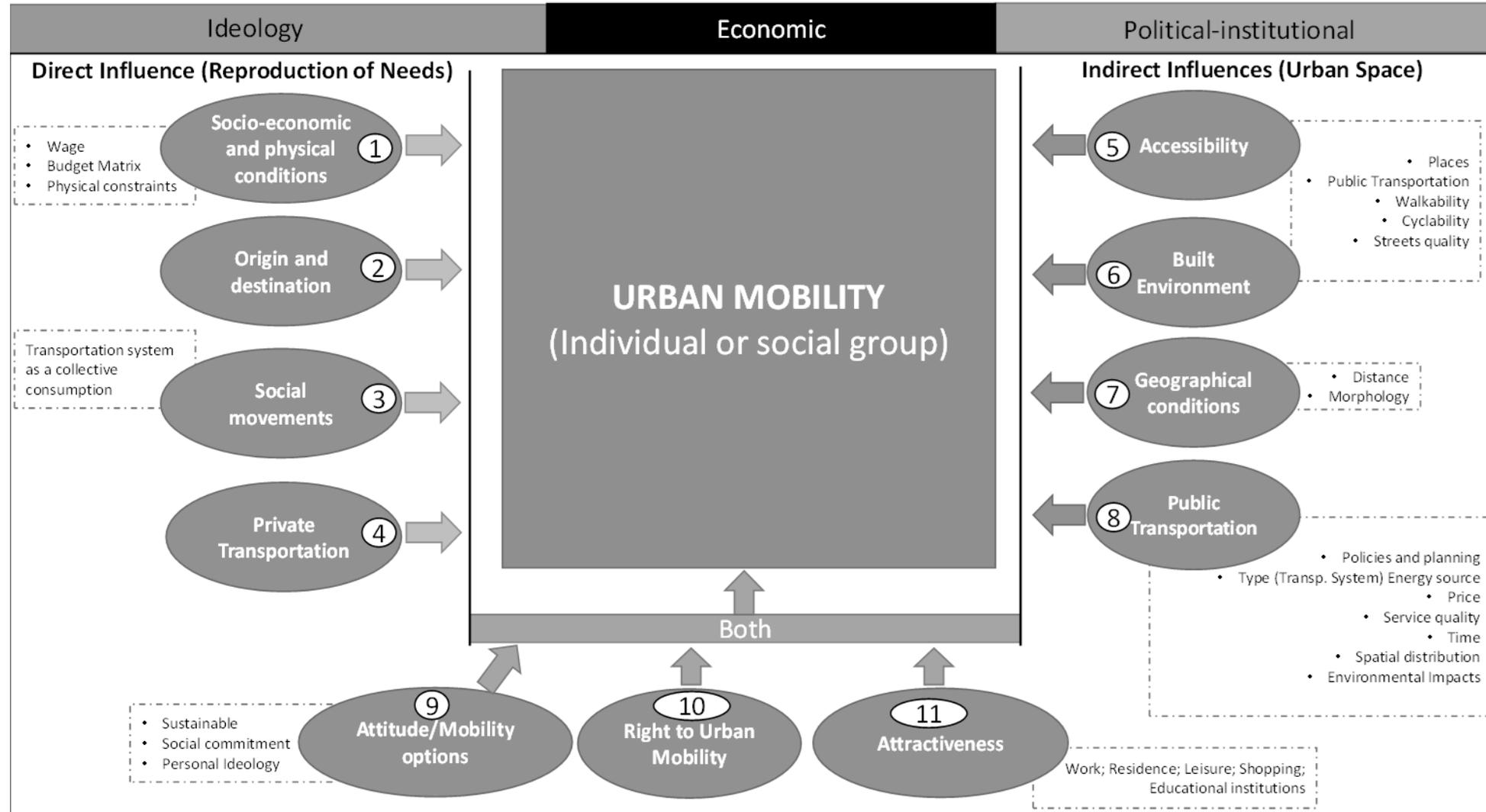
**Resiliencia**

**Casos de Estudio**

**Reflexión final**

# Modelo de Movilidad Urbana

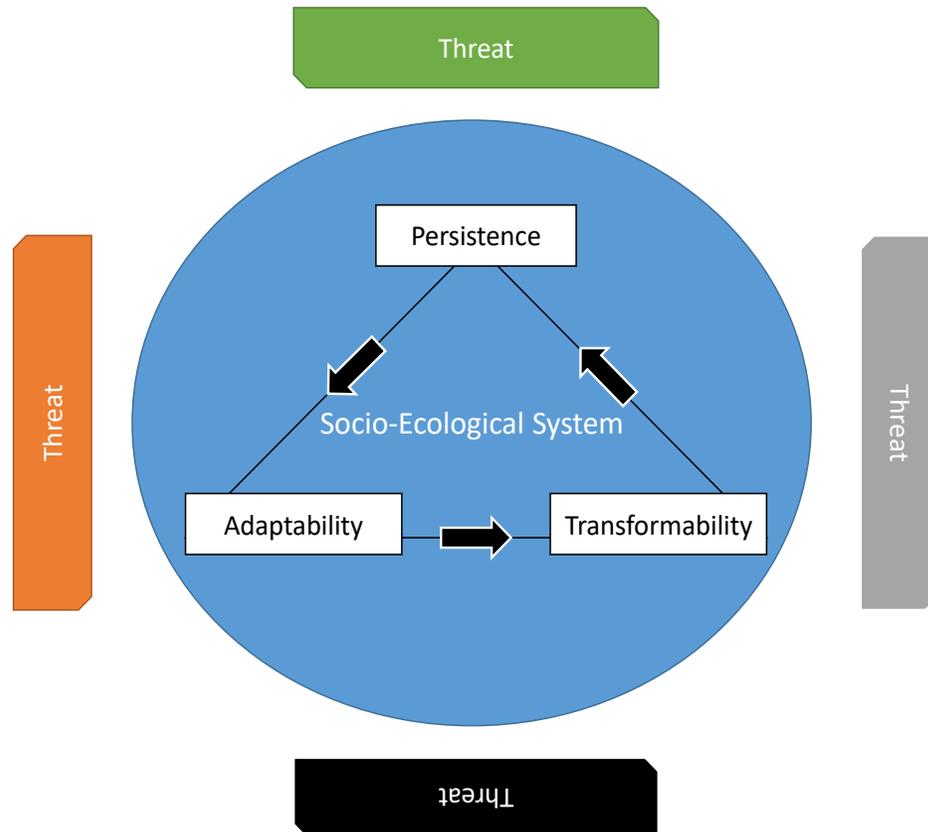
Urban space as a product of the social structure



## Urban Mobility Framework

- **Production of space** (Castells, 2008)
- **Based in the transportation direct and indirect demand** (Rodrigue et al, 2013)
- **Direct influences** (Vasconcellos, 2014; Castells, 1983)
- **Indirect influences** (Vasconcellos, 2014; Rodrigue et al, 2013; Hanson, 2004; Cervero et al, 2009)
- **Both influences** (Vasconcellos, 2014; Castells, 2009; Harvey, 2008)

# General framework of the social-ecological resilience



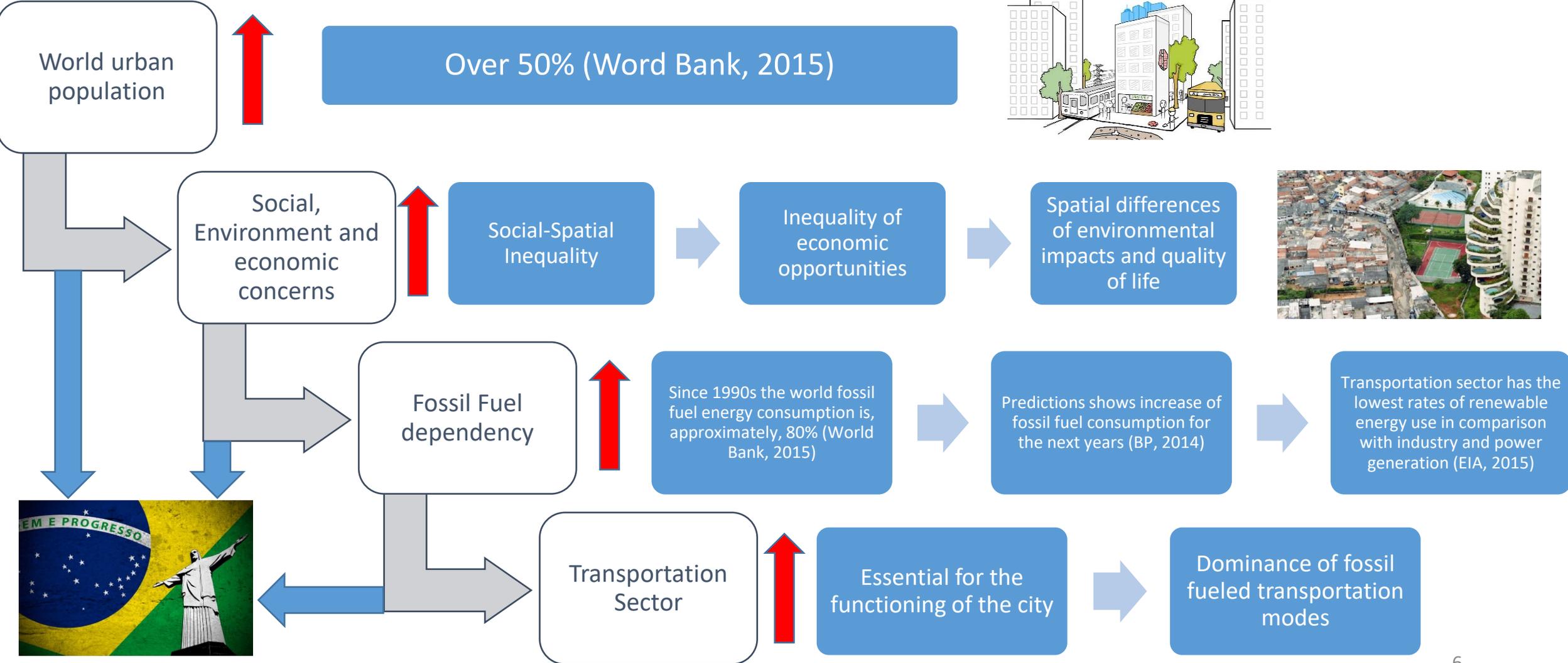
- **Persistence** – The ability of the system to maintain current conditions of functionality, when exposed to an internal or external stress.
- **Adaptability** – The ability to adapt, when exposed to an internal or external threat, considering acquired experience, knowledge and opportunities, in order to avoid being affected.
- **Transformability** – The potential of creating new stability domains, which can avoid threats that could jeopardise a system in a past stability domain.

Source: Adapted from Folke (2010)

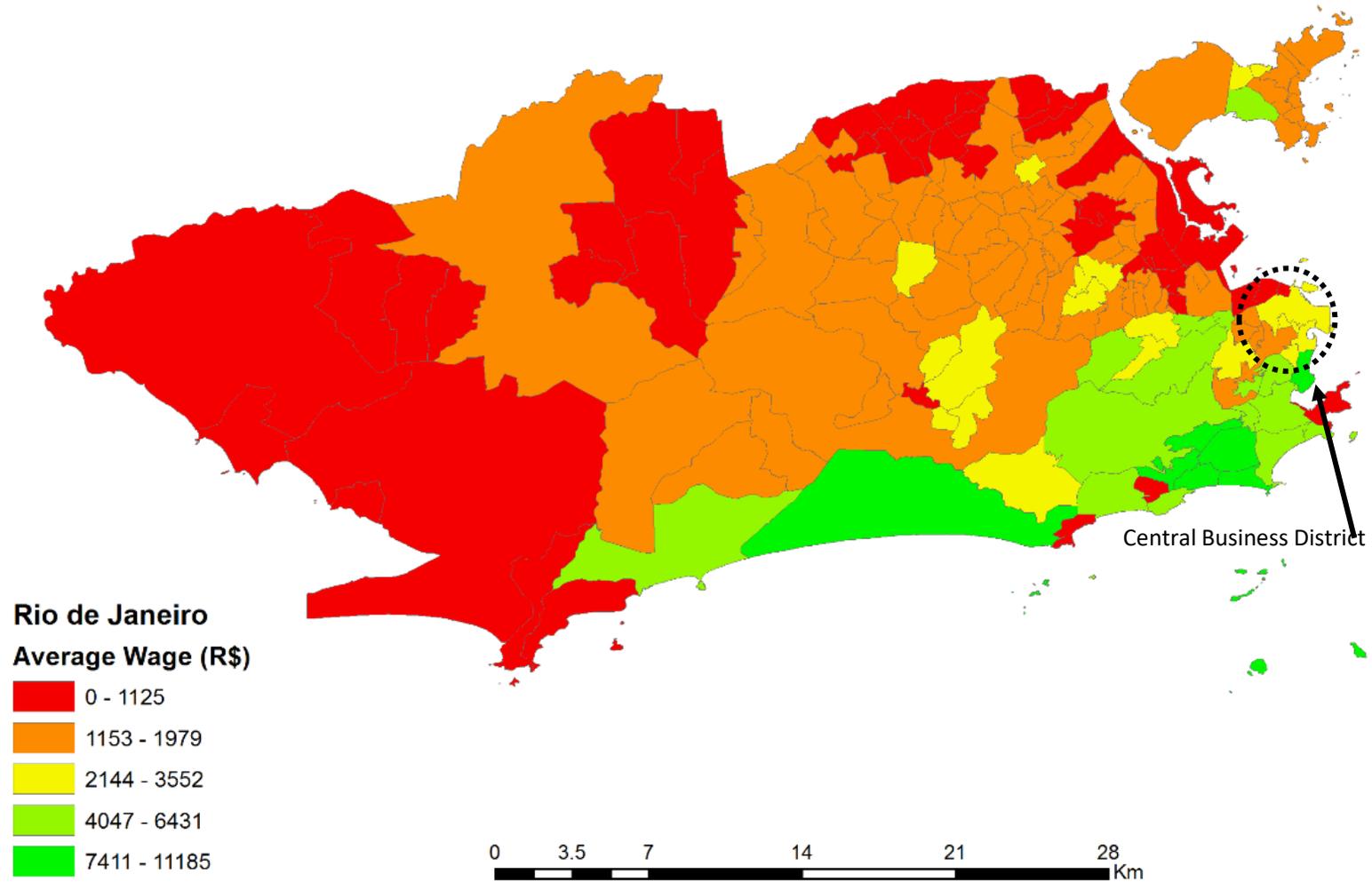
Aprigliano, V., Rothfuss, R., Hochschild, V., Silva, M. A. V. D., Silva, W. R. D., Steiniger, S., & Santos, T. F. D. (2019). Urban resilience in the face of fossil fuel dependency: the case of Rio de Janeiro's urban mobility. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, e20180160.  
<https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180160>

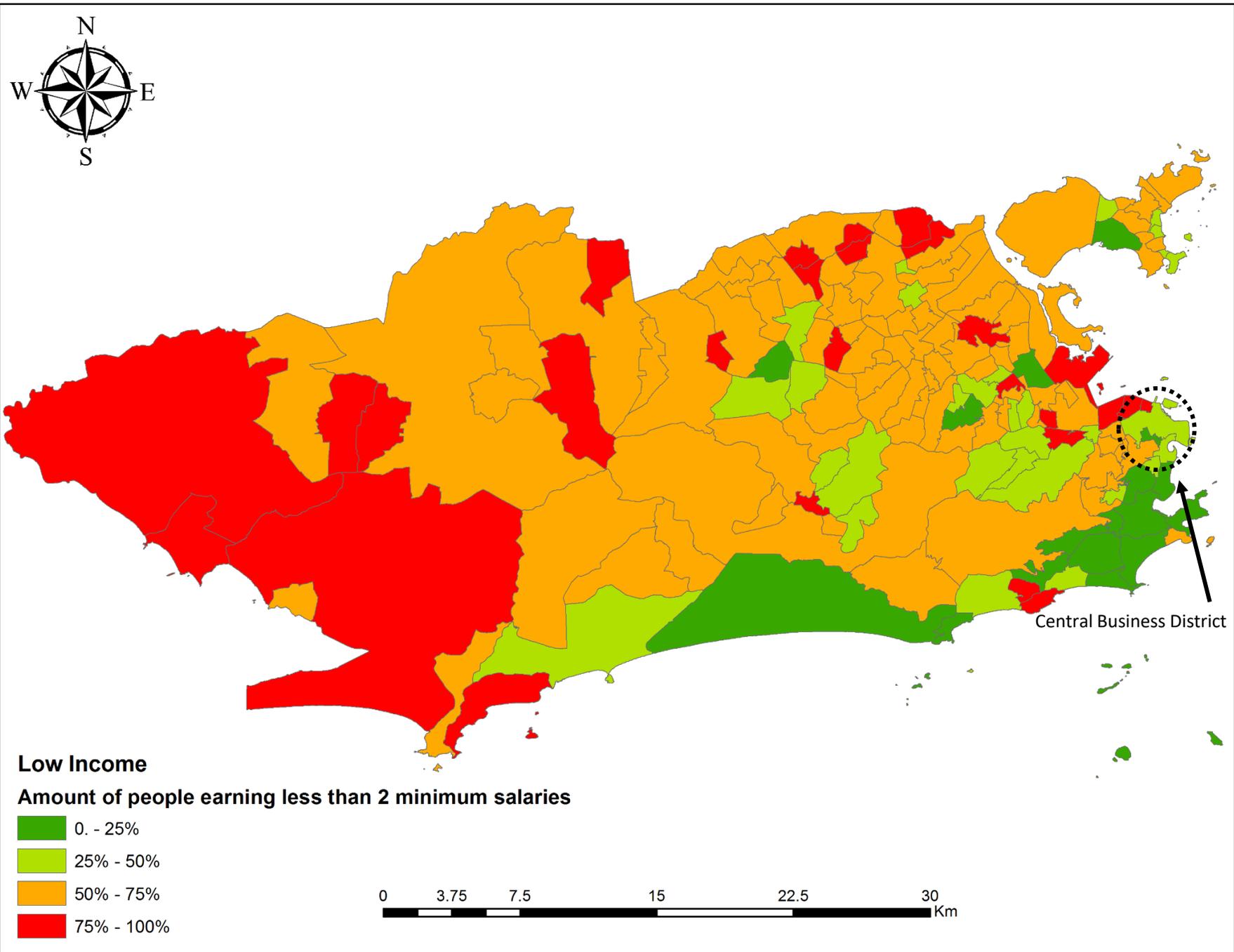
# **Resiliencia de la Movilidad Urbana: Dependencia al Combustible fósil**

# Background and Motivation

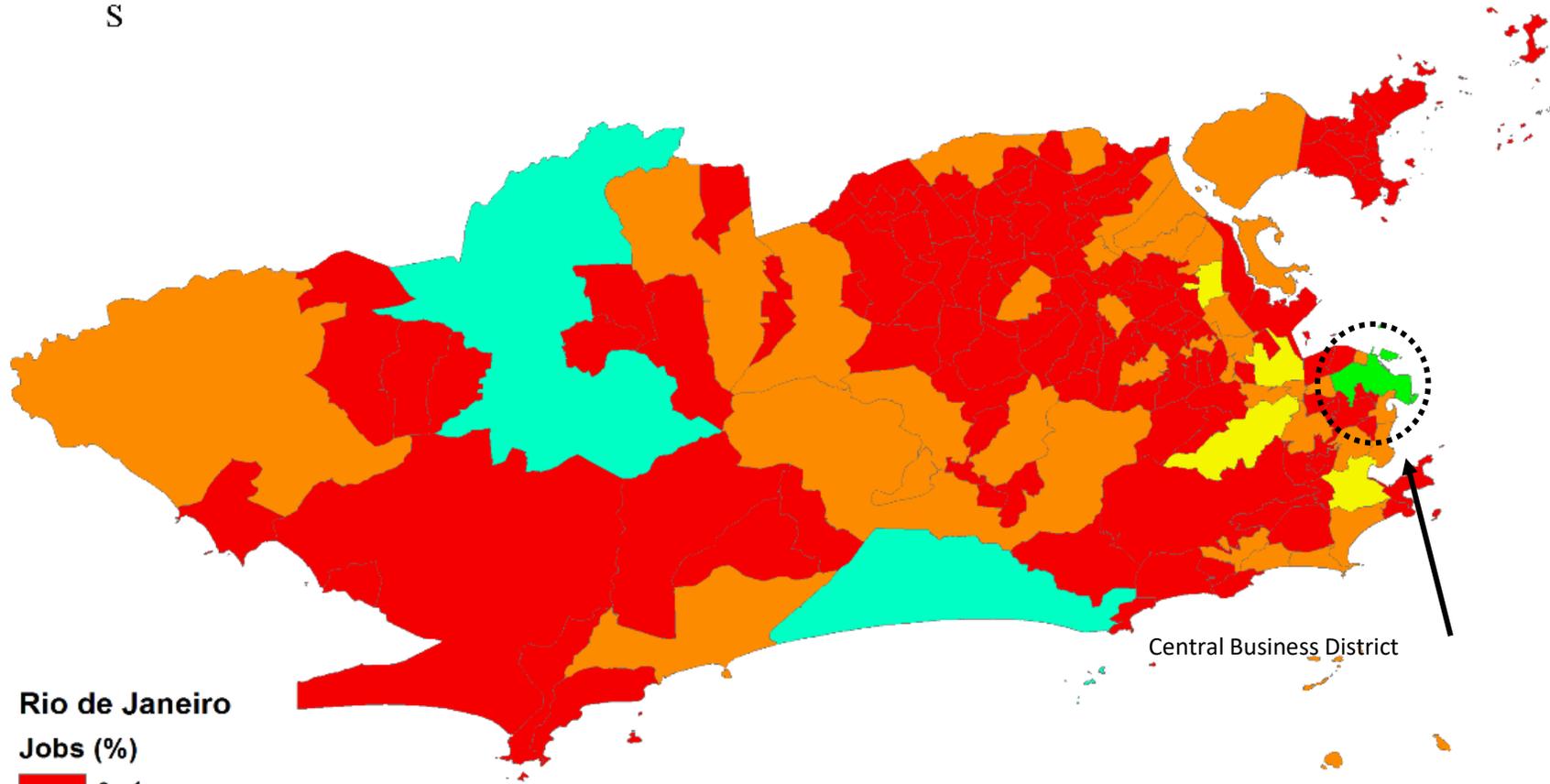


# City of Rio de Janeiro



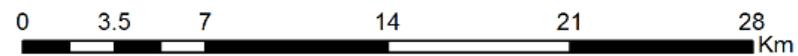


# City of Rio de Janeiro



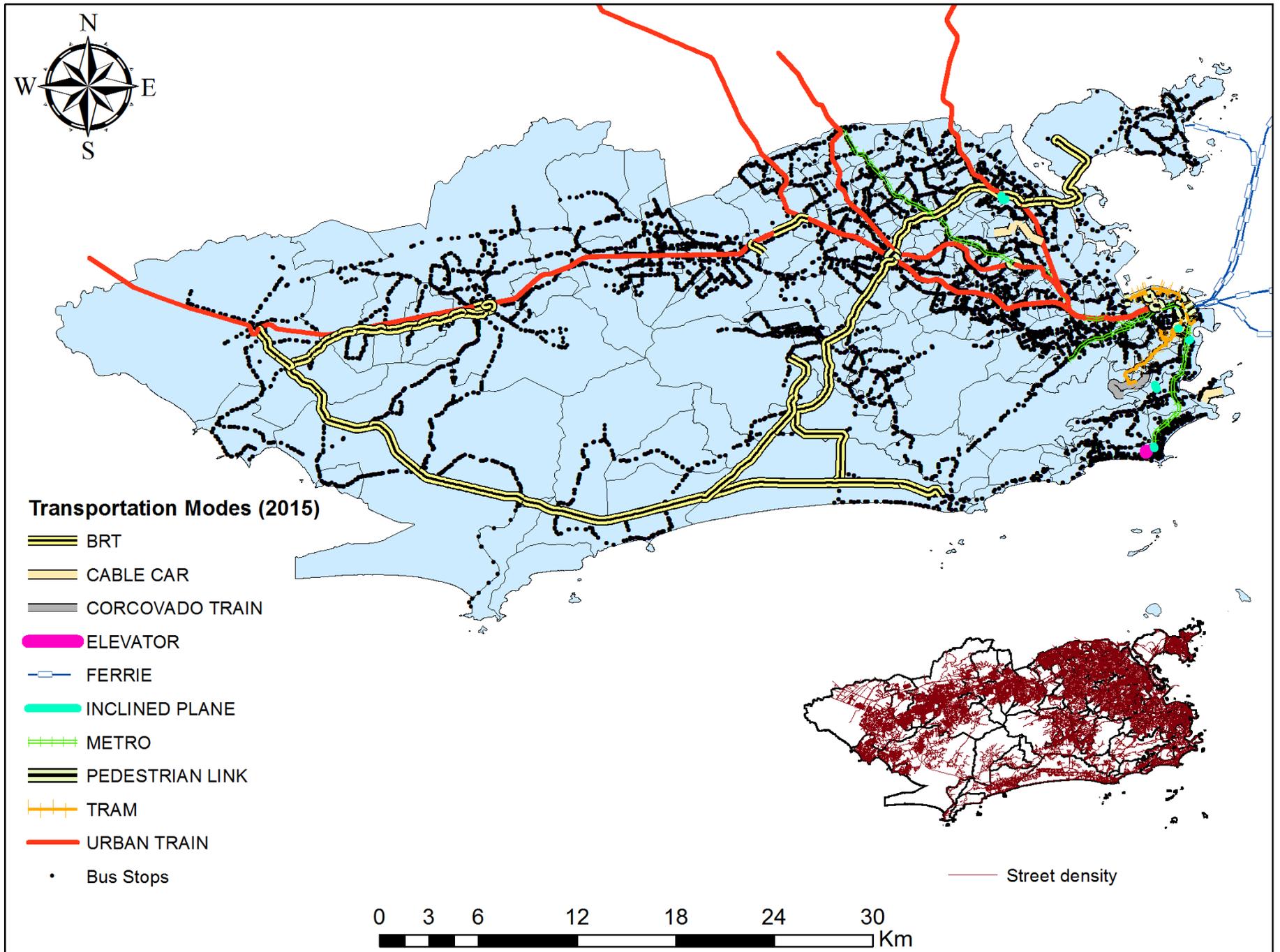
## Rio de Janeiro

### Jobs (%)

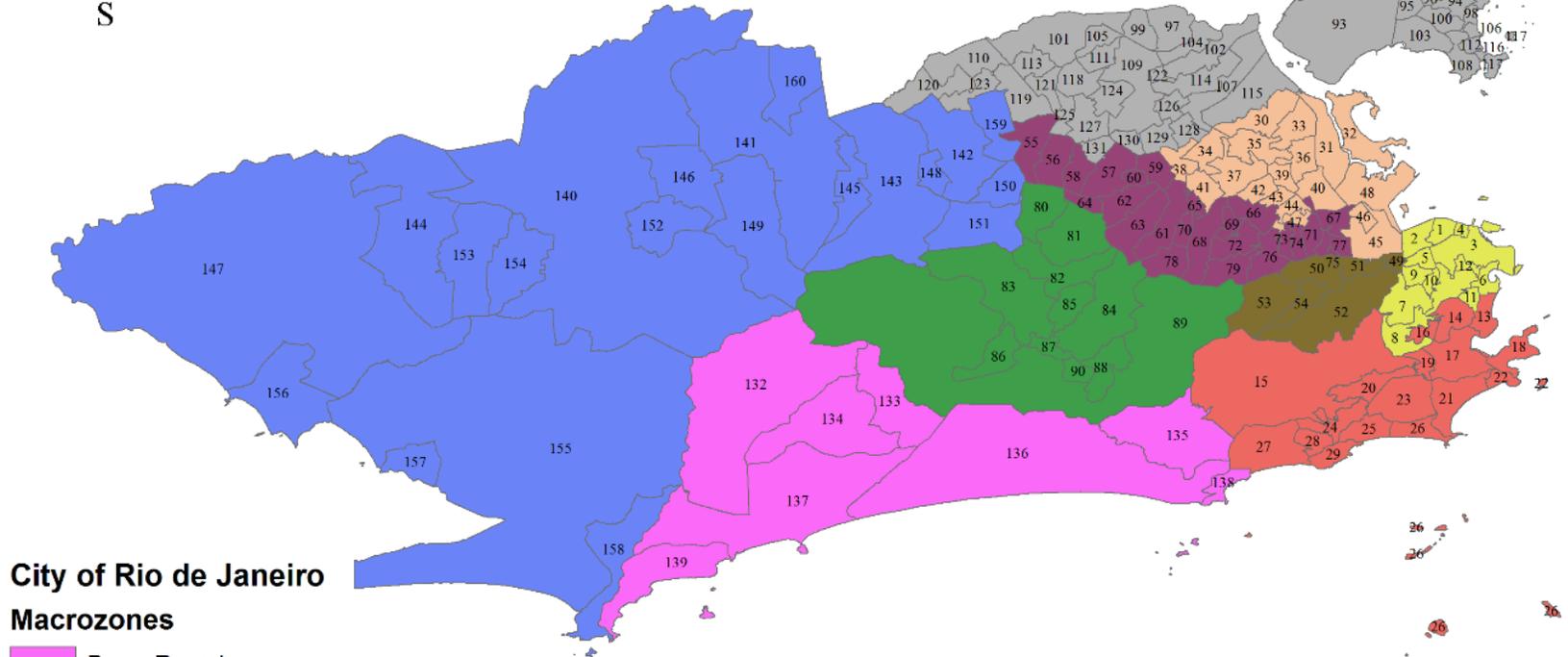


## Transportation System

- The conventional bus system has a larger geographical reach;
  - Bus Stops
- The metro System covers the east part of the city;
  - METRO
- The urban train covers the east and north-west part of the city;
  - URBAN TRAIN
- The BRT covers the south-west part of the city and reaches train and metro station in the east part.
  - BRT



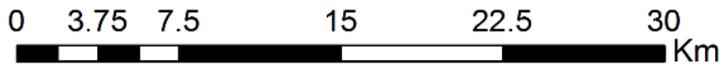
0 3 6 12 18 24 30 Km



**City of Rio de Janeiro**

**Macrozones**

-  Barra-Recreio
-  Central
-  Centro
-  Jacarepagua
-  Norte
-  Oeste-Rio
-  Praca\_Maua
-  Sul
-  Tijuca



# Metodología para Evaluar la Resiliencia

## Persistencia

Evalúa las condiciones actuales de movilidad y cómo se mantienen ante amenazas de combustibles fósiles, considerando patrones, condiciones socioeconómicas y gastos de transporte.

Datos de movilidad

Condiciones socioeconómicas

Matriz de gastos

Análisis cuantitativo

## Adaptabilidad

Analiza la capacidad de individuos y grupos para adaptar sus patrones de movilidad ante cambios en disponibilidad o precio de combustibles fósiles, incluyendo actitudes y opciones.

Entrevistas y cuestionarios

Análisis cualitativo

Evaluación de opciones alternativas

## Transformabilidad

Considera la capacidad de transformar la movilidad urbana mediante nuevas políticas, proyectos y movimientos sociales que promuevan transporte menos dependiente de combustibles fósiles.

Análisis de políticas y proyectos

Estudios de movimientos sociales

Entrevistas a expertos

Evaluación cualitativa

La evaluación de la resiliencia de la movilidad urbana se realiza en tres etapas: persistencia, adaptabilidad y transformabilidad, usando enfoques cuantitativos y cualitativos para un análisis completo.

# Estudio de Caso: Movilidad Resiliente en Río de Janeiro



## Contexto socioeconómico

Río de Janeiro tiene una población de aproximadamente 5,5 millones, con alta desigualdad en ingresos y distribución poblacional. Las zonas periféricas presentan mayor concentración de población y menores ingresos, mientras que la zona sur concentra mayores ingresos y servicios.



## Resultados cuantitativos

El análisis cuantitativo revela que la resiliencia varía según ingreso, acceso a empleo, distancia al trabajo y acceso a estaciones de metro o tren. Zonas como Sul y Tijuca presentan alta resiliencia, mientras Oeste-Rio y Norte muestran niveles bajos de resiliencia.



## Infraestructura de transporte

El sistema de transporte incluye metro, trenes, autobuses convencionales y BRT, con cobertura desigual. Zonas con alto ingreso tienen mejor acceso a metro y tren, mientras áreas periféricas dependen principalmente de autobuses y transporte privado.



## Resultados cualitativos

Encuestas y entrevistas muestran diferencias en actitudes hacia el transporte privado y público. Usuarios privados prefieren comodidad y presentan resistencia al cambio, mientras usuarios públicos enfrentan limitaciones económicas y de accesibilidad que afectan su resiliencia.



## Patrones de movilidad

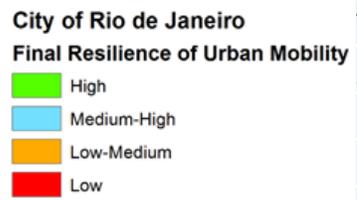
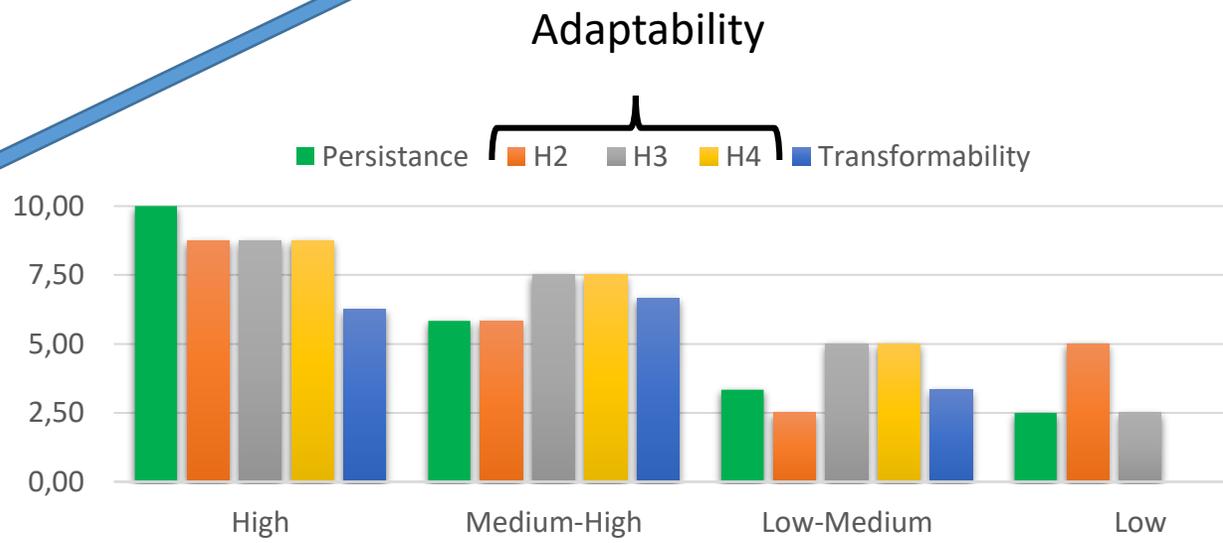
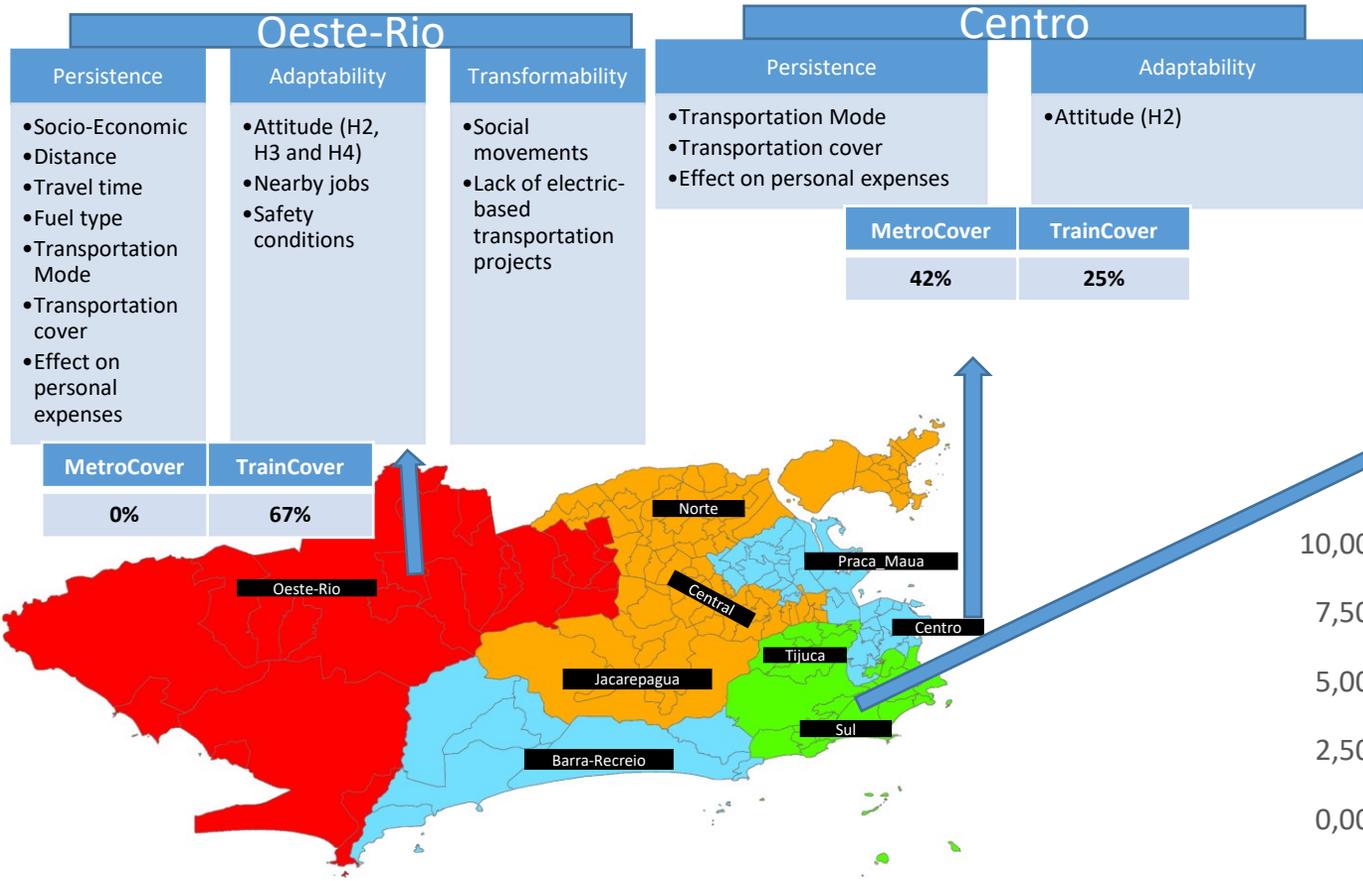
La mayoría de los viajes diarios en la región metropolitana usan transporte basado en combustibles fósiles (61%). Se observa predominancia del transporte público en zonas con menor ingreso y uso significativo de transporte privado en zonas de mayores ingresos.



## Impulsos para la resiliencia

La participación social en movimientos y proyectos de transporte eléctrico es desigual. Las áreas con mayor participación social y proyectos eléctricos recientes muestran mejor capacidad transformativa, mientras que otras zonas presentan baja participación y escasa inversión en movilidad sostenible.

# Results



Variables	High	Medium-High	Low-Medium	Low
Population located in each area and level of resilience	16%	18%	39%	26%
Earn less than two minimum salaries	38%	51%	61%	71%
Metro Access/District	30%	36%	14%	0%
Train Access/District	9%	38%	42%	67%
Average of weighted average distance to districts with Job Positions (km)	16.65	17.53	19.07	34.02
Working population/Number of Job Positions	1.97	0.58	3.01	3.32
Stolen cars (registered in police departments in this area)	4%	13%	62%	22%
Robberies of pedestrians (registered in police departments in this area)	11%	24%	49%	16%

Conclusión

# Conclusiones y Recomendaciones



## Hallazgos de la Resiliencia Urbana

Las macrozonas Sul y Tijuca presentan alta resiliencia, con mejor accesibilidad y condiciones socioeconómicas. Mientras que Oeste-Rio y Norte muestran baja resiliencia, con problemas en acceso a transporte público y mayores dificultades sociales y económicas.

## Movilidad Resiliente vs Sostenible

La movilidad resiliente se centra en la capacidad de adaptación y persistencia ante amenazas como la dependencia de combustibles fósiles, mientras que la movilidad sostenible integra además aspectos ambientales y equidad social, complementándose ambas para una mejor planificación urbana.

## Reflexión

Una participación ciudadana activa puede ser clave para mejorar la planificación y aumentar la resiliencia de nuestras ciudades.

Santos, T., Silva, M. A., Aprigliano, V., & Marsden, G. (2020). Resilience and Vulnerability of Public Transportation Fare Systems: The Case of the City of Rio De Janeiro, Brazil. *Sustainability*, 12(2), 647. <https://doi.org/10.3390/su12020647>

# **Resiliencia y Vulnerabilidad del Transporte Público: Integración Tarifária**

# Conceptos Clave: Resiliencia y Vulnerabilidad



## Definición de Resiliencia

La resiliencia es la capacidad de un sistema para adaptarse, persistir y transformarse como reacción a amenazas internas o externas, permitiendo mantener funciones y recuperarse rápidamente.



## Definición de Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es el estado de ser susceptible al daño por exposición a tensiones relacionadas con cambios ambientales y sociales, y la incapacidad para adaptarse a estas condiciones.



## Pilares de la Resiliencia Urbana

Resistir: Mantener funciones y estructuras. Recuperar: Proteger vida, propiedad y economía. Adaptar: Ajustar respuestas a cambios. Transformar: Crear nuevas condiciones y soluciones para la estabilidad.



## Diferencias entre Resiliencia y Vulnerabilidad

La resiliencia implica capacidad de respuesta y adaptación a amenazas, mientras que la vulnerabilidad indica susceptibilidad al daño y falta de capacidad para adaptarse o resistir esas amenazas.

# Metodología: Modelado con Lógica Difusa

 **Plus tip:**

Incluya ejemplos específicos de reglas IF-THEN relevantes para su contexto.

## Lógica difusa

Herramienta para inferir conclusiones con información vaga o incompleta usando variables lingüísticas y funciones de pertenencia.

Definición de conjuntos difusos  
Funciones de pertenencia  
Variables lingüísticas

## Números difusos

Se usan números triangulares, trapezoidales y gaussianos para modelar pertenencia de valores en rangos específicos.

Números triangulares  
Números trapezoidales  
Números gaussianos

## Reglas IF-THEN

Base de reglas lógicas que relacionan entradas y salidas con conectores IF-THEN, AND, OR para capturar relaciones causales.

Formulación de reglas IF-THEN  
Operadores AND y OR  
Factores de certeza

## Inferencia y defuzzificación

Modelo de inferencia Mamdani combina reglas para obtener resultado difuso, luego se aplica defuzzificación para valor crisp.

Modelo Mamdani  
Agregación y composición  
Defuzzificación centroide

# Estudio de Caso: Río de Janeiro



## Regiones Administrativas y Población

La ciudad de Río de Janeiro está dividida en 33 regiones administrativas, con poblaciones distribuidas que varían desde 36,515 hasta 572,030 habitantes, representando diferentes niveles de concentración urbana y social.

## Empleo, Ingreso y Desarrollo Social

Las regiones muestran diferencias en empleo formal, ingresos promedio y el Índice de Desarrollo Social (SDI), destacando áreas con alta concentración de trabajos y mejores indicadores socioeconómicos.

## Importancia del Subsidio Tarifario

El subsidio tarifario en el sistema de transporte público permite integración tarifaria entre modos, facilitando el acceso a empleos y servicios, especialmente crucial para regiones con menor ingreso y alta vulnerabilidad.

# Resultados: Mapas de Vulnerabilidad y Resiliencia

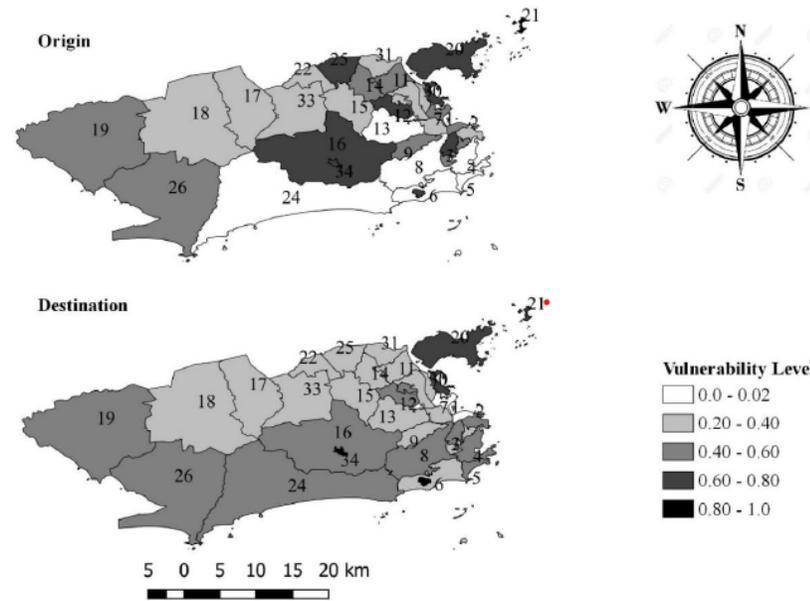


Figure 4. Vulnerability map of the (administrative regions) RJARs.

## Mapas de Vulnerabilidad

Las cinco regiones **más vulnerables** como origen son Paquetá, Ilha do Governador, Cidade de Deus, Jacarepaguá y Rocinha. **En estas áreas, la mayoría de los viajes necesitan subsidios para ser accesibles.** Las regiones con **menos vulnerabilidad**, como Botafogo, Tijuca, Barra da Tijuca, Copacabana y Lagoa, **tienen mejor acceso y mayores ingresos.**

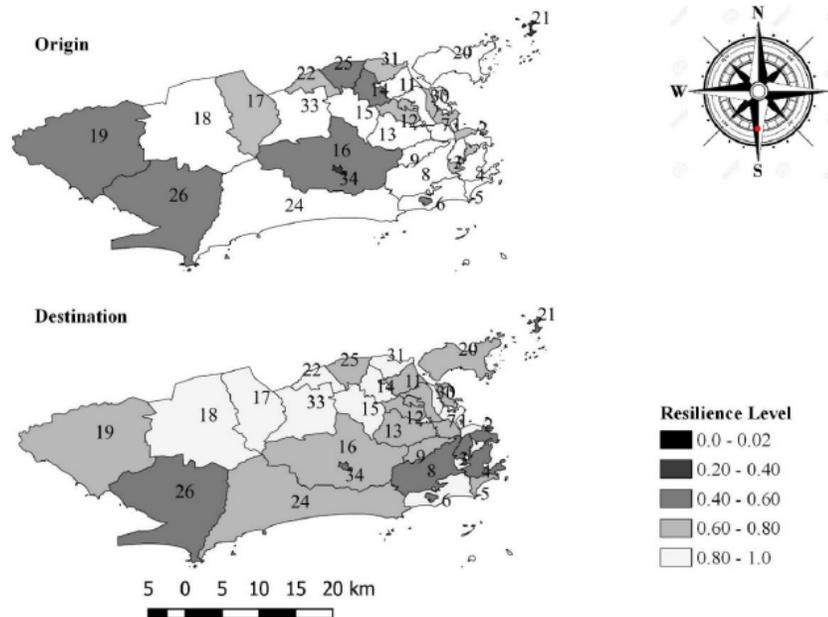


Figure 5. Resilience map of the RJARs.

## Mapas de Resiliencia

Las regiones **más resilientes** como orígenes son Tijuca, Lagoa, Copacabana, Botafogo y Barra da Tijuca, **donde las conexiones persisten sin subsidios.** Sin embargo, regiones como Paquetá, Cidade de Deus y Rocinha presentan **alta transformación requerida, indicando necesidad de cambios sociales y económicos para mantener la movilidad sin subsidios.**

# Conclusiones e Implicaciones



## Conclusiones principales

**Las amenazas económicas afectan la movilidad urbana;**

la resiliencia se mide mediante lógica difusa, evaluando la capacidad de las regiones para mantener el acceso a empleos sin subsidios tarifarios.



## Importancia de subsidios tarifarios

**El subsidio de integración tarifaria es vital para usuarios en regiones vulnerables, permitiendo accesibilidad y continuidad en sus desplazamientos laborales y cotidianos.**



## Papel del transporte masivo

Las regiones con acceso a sistemas de transporte masivo como metro y tren muestran mayor resiliencia y menor vulnerabilidad frente a la ausencia de subsidios.



## Aplicaciones futuras

**El método puede aplicarse en otras ciudades y analizar diferentes amenazas,** ayudando a diseñar políticas que incrementen equidad, sostenibilidad y resiliencia urbana.



## Limitaciones del estudio

El estudio se centra en subsidios tarifarios en Río de Janeiro y requiere ampliar análisis geográficos **y variables sociales para abarcar informalidad y transporte no oficial.**

Cardoso, M., Santos, T., Tessarolo, L. G. A., Aprigliano, V., Rodrigues da Silva, A. N., & da Silva, M. A. V. (2023). Exploring the Resilience of Public Transport Trips in the Face of Urban Violence from a Gender Perspective. *Sustainability*, 15(24), 16960.  
<https://doi.org/10.3390/su152416960>

# **Resiliencia del transporte público y violencia de género**

# Contexto y objetivo del estudio



## Contexto urbano y sistema analizado

El estudio se centra en el barrio Cidade Universitária de Río de Janeiro, donde el único sistema de transporte público disponible es el autobús, incluyendo autobuses convencionales y BRT.



## Amenaza evaluada: violencia urbana

La violencia urbana se presenta como una amenaza significativa que afecta la movilidad, con altos índices de criminalidad en el transporte público y áreas circundantes, especialmente para mujeres.



## Objetivo desde la perspectiva de género y resiliencia

El objetivo es evaluar los niveles de resiliencia de los viajes realizados por usuarios de transporte público expuestos a la violencia, considerando las diferencias de género en la percepción de seguridad y comportamiento.

# Metodología y clasificación de resiliencia

## Caracterización

---

Selección del área y población:  
comunidad académica en Río  
de Janeiro. Sistema: autobús.  
Amenaza: violencia urbana.

Área y población definidas  
Sistema de transporte  
seleccionado  
Amenaza identificada

## Cuestionario

Diseño y aplicación online para  
recoger datos  
sociodemográficos,  
percepciones de seguridad y  
cambios en patrones de viaje.

Cuestionario aplicado  
763 respuestas válidas  
Datos de percepción y  
comportamiento

## Análisis estadístico

Pruebas chi-cuadrado para  
asociaciones entre género,  
victimización y patrones de  
viaje. Cálculo de riesgo relativo  
y odds ratio.

Resultados estadísticos  
Asociaciones entre variables  
Impacto en movilidad

## Clasificación de viajes

Viajes clasificados en  
Persistente, Excepcional,  
Adaptable y Transformable  
según cambios voluntarios o  
forzados en el viaje.

Viajes clasificados  
Evaluación de la relación con  
género

# Conclusiones y recomendaciones de políticas públicas



## Vulnerabilidad diferencial de género

Los datos y análisis confirman que las mujeres experimentan condiciones menos favorables y mayor inseguridad en el transporte público, especialmente en autobuses y zonas aledañas.



## Influencia de experiencias pasadas

Las experiencias previas de violencia impactan en el comportamiento y la resiliencia de los usuarios, aumentando la tendencia a modificar patrones de viaje para buscar protección.



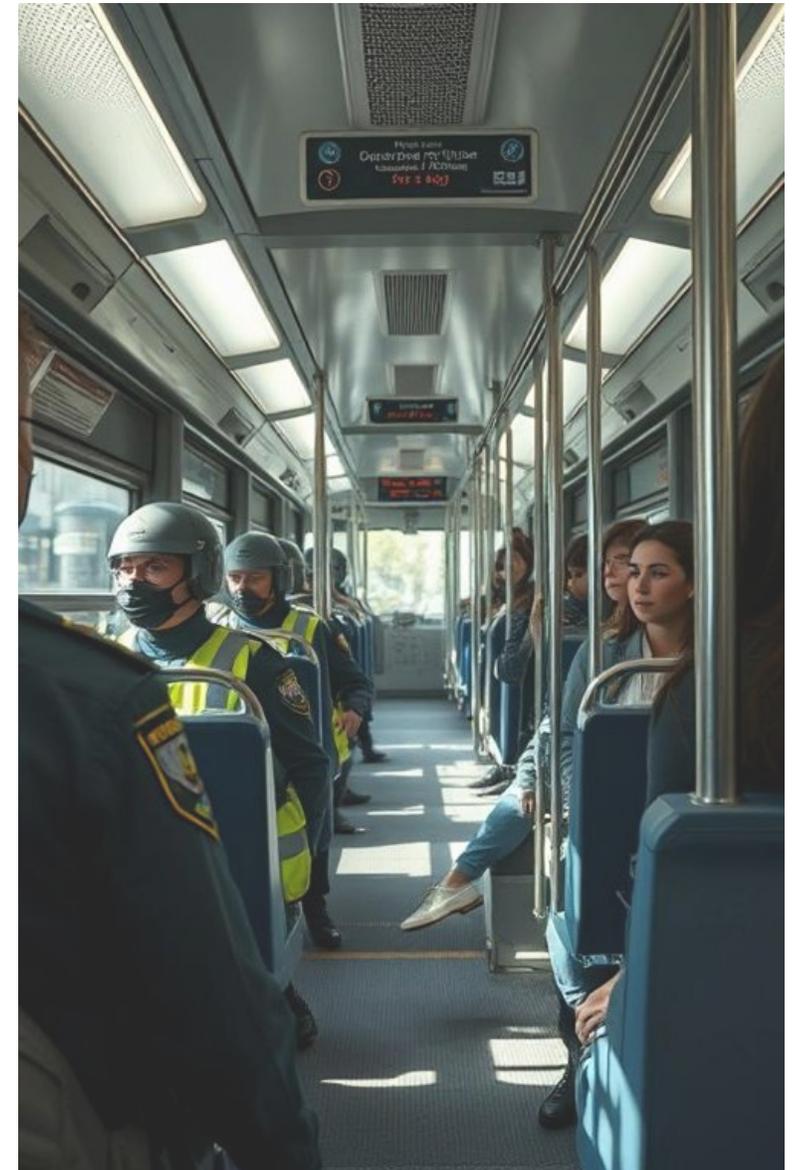
## Clasificación de resiliencia

Se establecieron categorías de resiliencia (persistente, excepcional, adaptable, transformable) que reflejan cómo los usuarios ajustan sus viajes ante la violencia y percepción de inseguridad.



## Recomendaciones para políticas públicas

Las políticas deben enfocarse en mejorar la seguridad, especialmente para mujeres, con medidas específicas y un enfoque en la prevención y respuesta a la violencia en el transporte público.



## **Reflexiones clave:**

- 1. La resiliencia es un continuo:** mantener, adaptar y transformar sistemas de movilidad ante cualquier perturbación.
- 2. Los riesgos cotidianos erosionan la resiliencia** igual que los eventos extremos; ignorarlos compromete la capacidad de respuesta futura. (Ej.: dependencia de combustibles, violencia de género, inequidad tarifaria).
- 3. Dimensión económica:** los subsidios e integración tarifaria amortiguan choques y reducen la vulnerabilidad de los hogares más pobres.
- 4. Dimensión social:** la percepción de seguridad y la participación comunitaria determinan la adaptabilidad y la transformación de los sistemas.
- 5. Prepararse para lo extremo empieza fortaleciendo lo cotidiano:** redes multimodales robustas, políticas de equidad y entornos seguros crean capacidad de recuperación escalable.
- 6. Llamado a la acción:** integrar métricas de resiliencia en la planificación, co-crear soluciones con la ciudadanía y asegurar financiamiento sostenido.



  
**KEEP  
CALM  
AND  
DO  
RESEARCH**

ESCUELA DE INGENIERÍA DE  
CONSTRUCCIÓN Y TRANSPORTE



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO

**GRACIAS**



ANY  
QUESTIONS?