

# Evaluación de la sostenibilidad en estructuras de hormigón

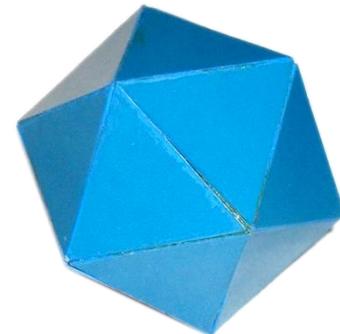
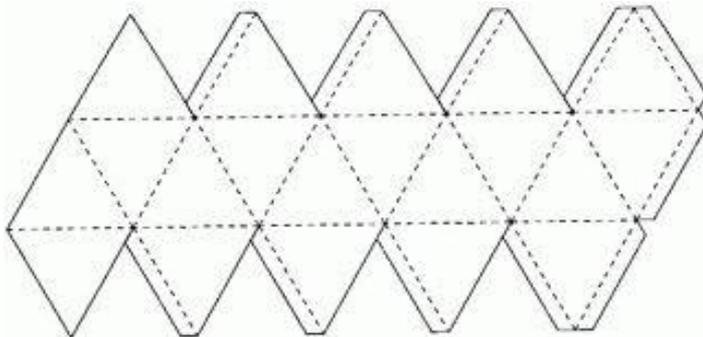
**ANTONIO AGUADO**

AVANCES EN TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN

Montevideo, 2 de diciembre de 2015

# Antecedentes

- Sociedad más compleja.
- Tendencia: más transparencia.
- Continua toma de decisiones
- Lo que no se mide no se puede mejorar
- Medidas numerosas, si bien desagregadas



# Tipo de decisiones a tomar

---

## A) Según el objetivo

A.1) Priorización-Optimización de inversiones

A.2) Selección solución técnica

A.3) Percepción social de una empresa

## B) Según las características del sistema

B.1) Homogéneo

B.2) NO homogéneo



*Homogeneización*

# Objetivo

---

- Análisis multicriterio como herramienta para resolver este tipo de problema. MIVES
- Explicar las diferencias que incorpora MIVES.
- Aplicaciones:
  - Priorización inversiones mantenimiento obras hidráulicas.
  - Índice de sostenibilidad del Plan de Inversiones Municipales (IsPIM). Ayuntamiento de Barcelona



# Como? Metodología MIVES

Metodología Científica con amplia experiencia (Propia i elevados resultados científicos y técnicos)



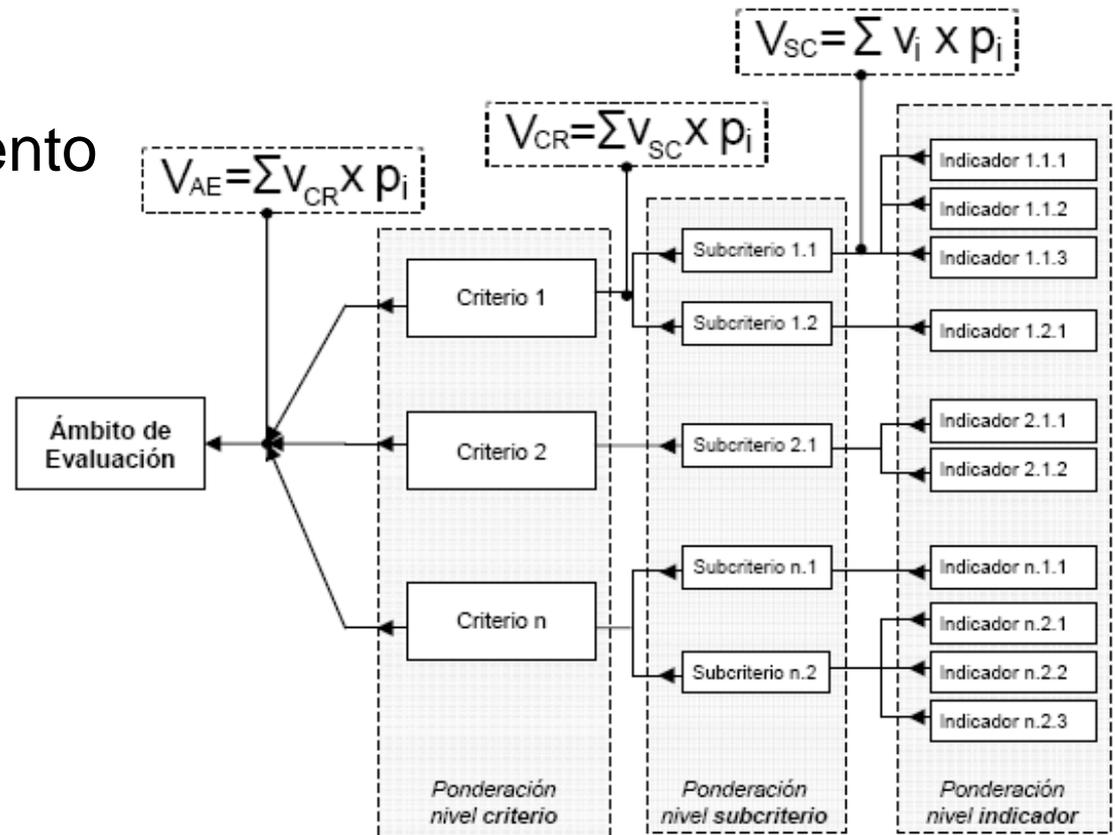
Método robusto y fácil de hacer servir

Capacidad de análisis retroactivo

**Básico:** participación de la empresa y/o Administración

# Como? Árbol de decisión MIVES

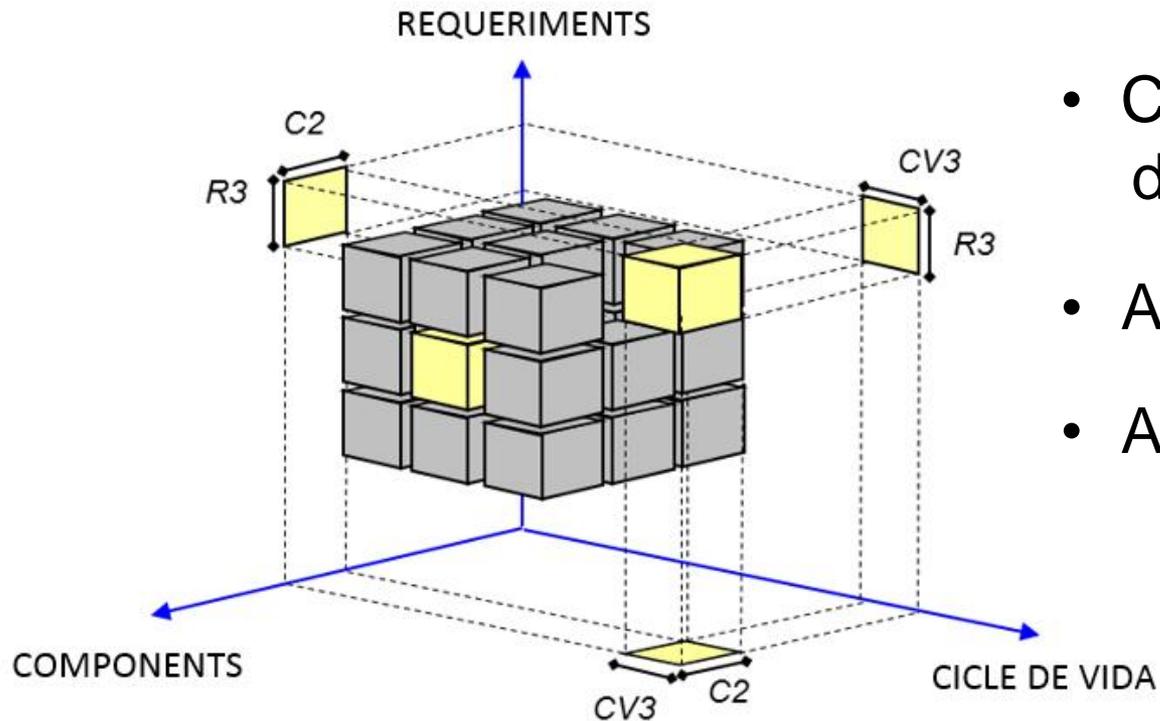
**Clásico:**  
Traductor pensamiento



**Novedades:**

- Alternativas homogéneas y **heterogéneas**
- Planteamiento determinista y/o **probabilista**

# Perspectiva Global: Límites del sistema



- Contrastación con datos anteriores
- Análisis de sensibilidad
- Ayuda toma de decisiones

# Como? Ejes del IP: *Els requeriments*

El **desarrollo sostenible** “asegura la satisfacción de las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las propias”.

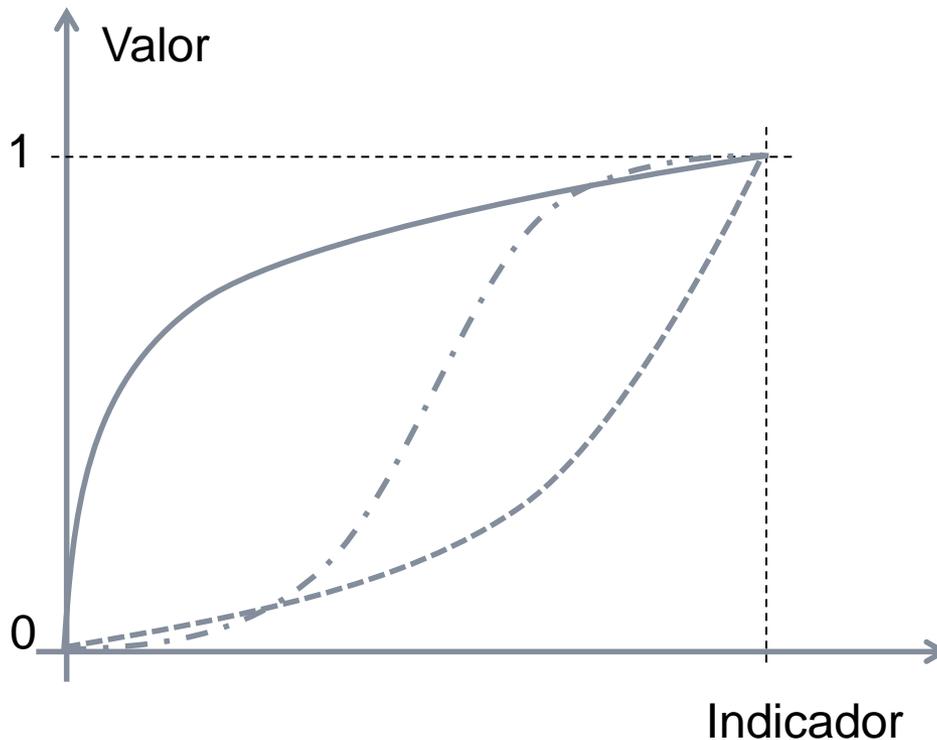


# Como? Metodología de análisis de un indicador

---

- **Objetivo:** finalidad básica del indicador.
- **Estrategia:** manera de abordar los datos contextualizando en la decisión.
- **Forma de medir:** Definición de las variables utilizadas en el cálculo numéricamente.
- **Función de Valor:** Argumentación y expresión gráfica de los valores del indicador a partir de la función de valor escogida.

# Como? Funciones de valor



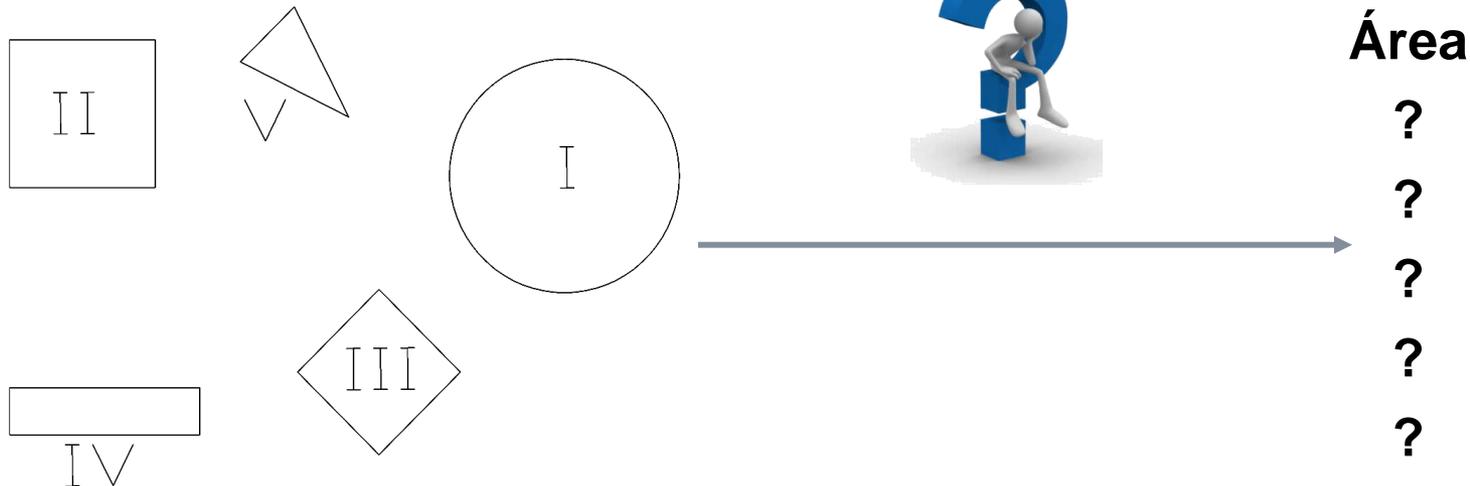
- **Abscisas:**  
**Variables o atributos**
- **Ordenadas:** Entre 0 i 1.
- **Creciente o decreciente**
- **Valor total del indicador:**  
Suma de los valores de cada grupo por su peso

# Definición de pesos

## MATEMÁTICA JERÁRQUICA (AHP)

Podrían determinar el área de cada figura por comparación?

Grado de error?



# Rehabilitación de obras hidráulicas

Tipo: **NO** homogéneo



Fisuras zona compuertas



Deslizamiento de ladera



Fisuras dientes pie de presa



Movimientos remanentes



Filtraciones en galerías



Degradación paramento



Fisura galería



Degradación muro contencion

# Razón de ser

El **envejecimiento** de las instalaciones es, actualmente, el principal problema de presas e infraestructuras asociadas.

**Seguridad** objetivo primordial de gestores de infraestructuras hidráulicas.

Necesidad creciente de disponer de **herramientas** para la **gestión** de las actuaciones en estas estructuras hidráulicas con el objetivo de reducir el nivel de riesgo.



# Gestión de estructuras construidas

en  $P$  presas pueden aparecer  $n$  daños distintos



Si los recursos son limitados...

¿Qué daño es más relevante?  
¿Dónde debe actuarse primero?

# Índice de priorización de inversiones (IPI)

---

Objetivo:

Cuantificar de forma **objetiva y homogénea** la **prioridad de las ACTUACIONES ORDINARIAS** en función del daño de la estructura

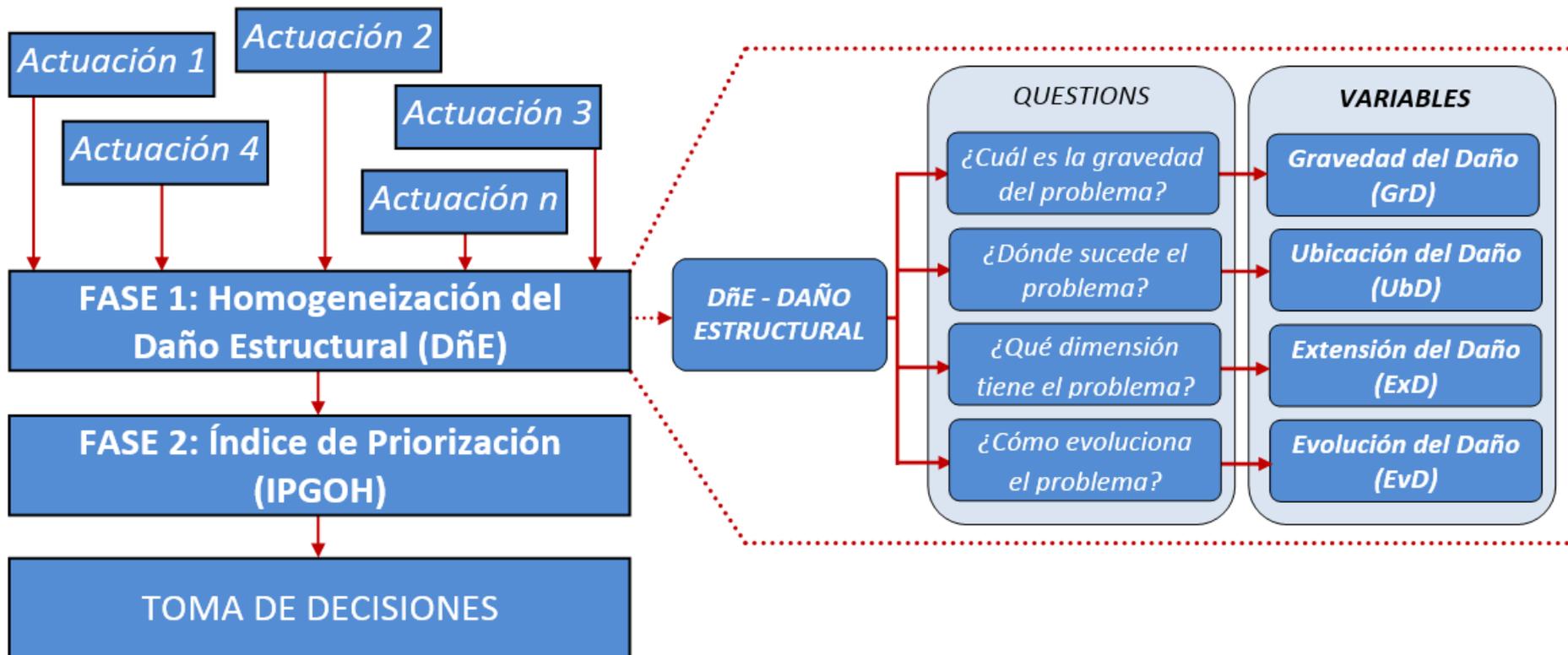
Necesidad de dos fases:

Fase 1: **Homogeneización**

Fase 2: **Árbol de decisión**

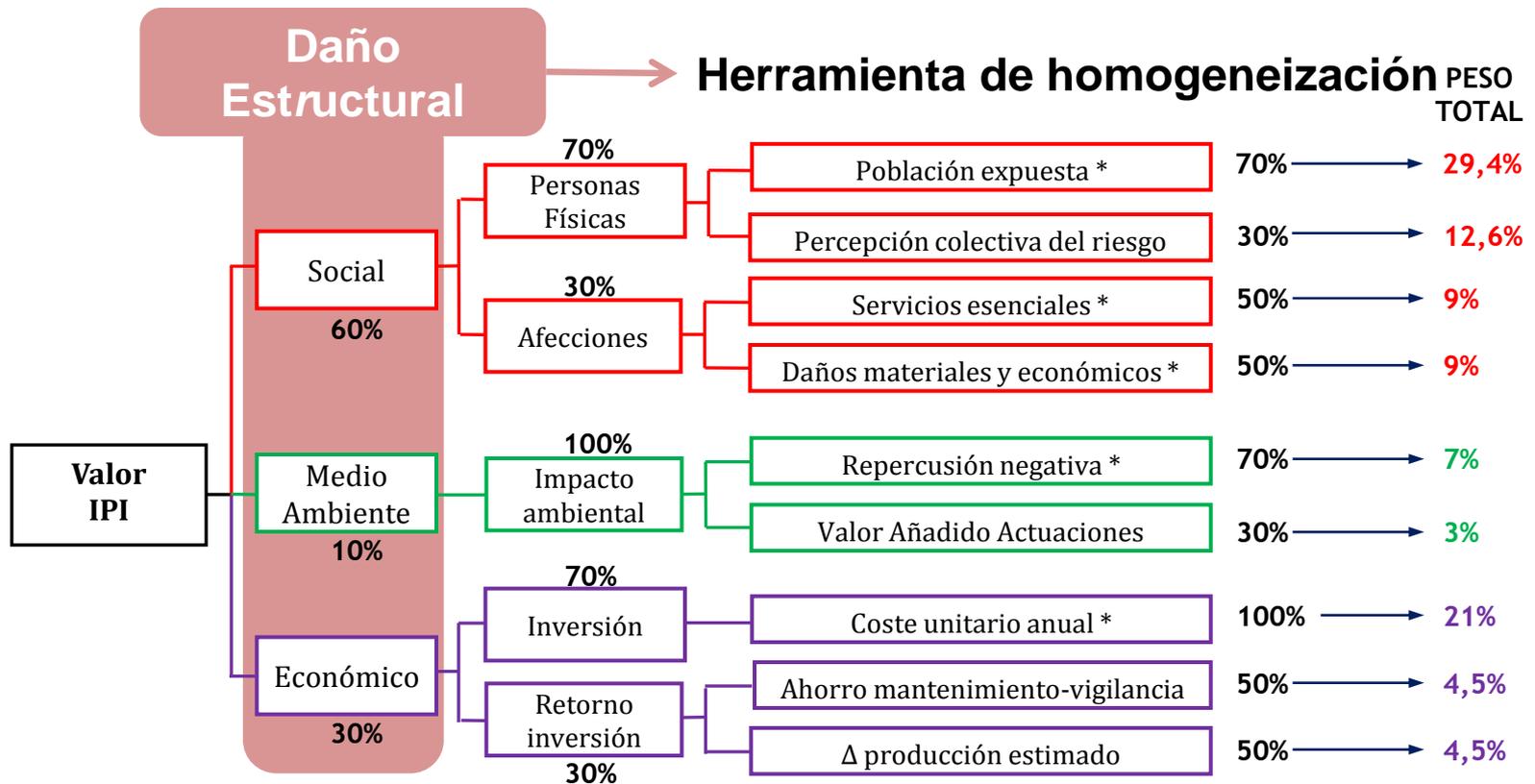
# Definición de pesos

## Metodología: a) Fase 1



# Definición de pesos

## Metodología: b) Fase 2



\* Indicador condicionado por el daño

IPI razonable = [0,2 ; 0,8]

# Desarrollo de un indicador (1)

## Población Expuesta (PoE)

Este indicador evalúa el grado en que la población humana se puede ver afectada como consecuencia directa de la aparición de un daño en el elemento estructural que se está analizando.

$$PoE = (0,8 \cdot NPA + 0,2 \cdot TOE) \cdot DñE$$

Número de población afectada

Tipología ocupación del espacio

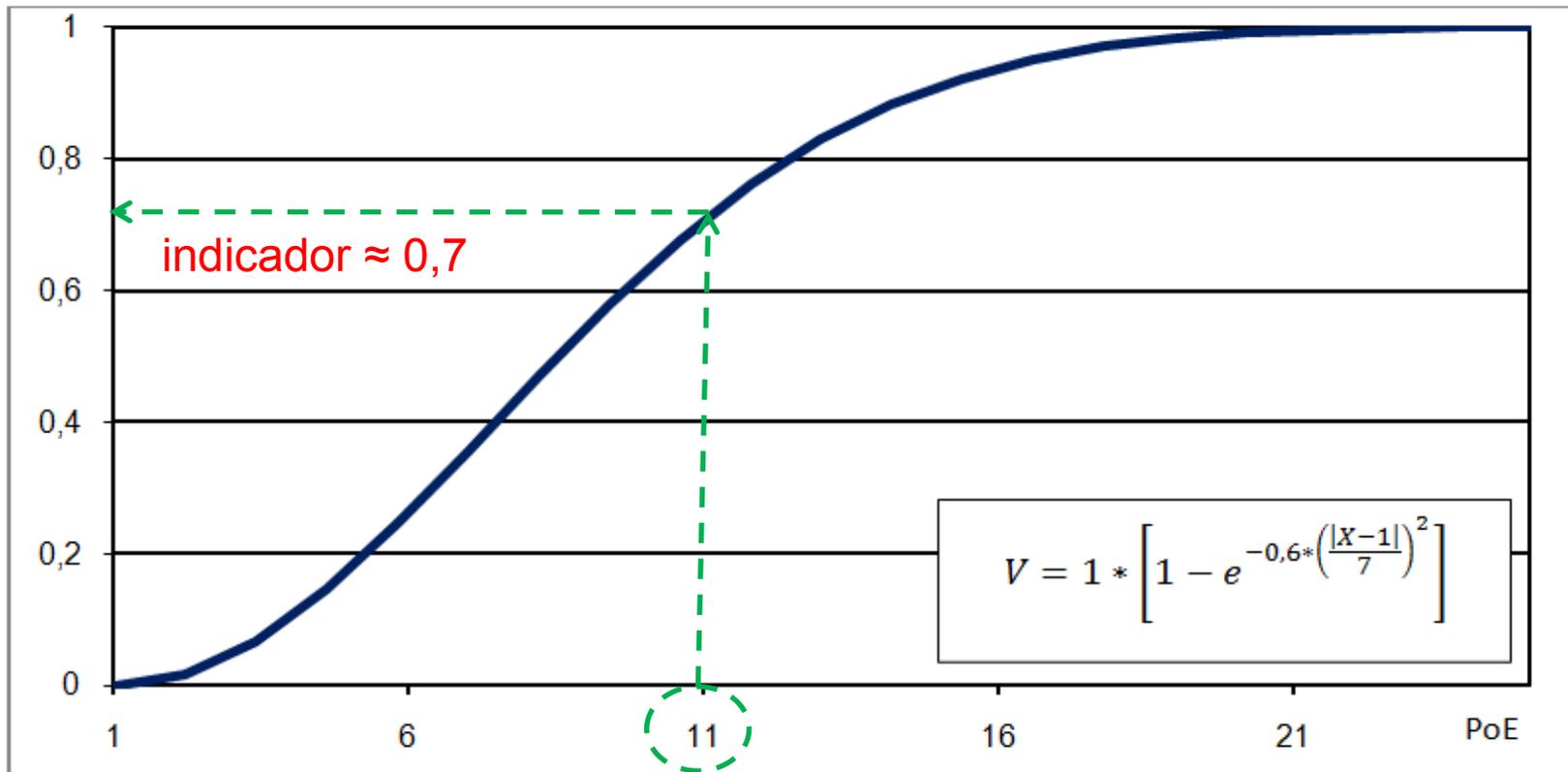
# Desarrollo de un indicador (2)

## Población Expuesta (PoE)

Variable	Atributos	Puntos
Número Personas Afectadas (NPA)	$n^{\circ} > 300$	5
	$30 < n^{\circ} \leq 300$	4
	$6 < n^{\circ} \leq 30$	3
	$1 < n^{\circ} \leq 6$	2
	$n^{\circ} \leq 1$	1
Tipología de Ocupación Espacial (TOE)	Núcleos urbanos de población	5
	Población en viviendas dispersas	4
	Áreas de ocupación permanente pero diferentes a viviendas habituales	3
	Áreas de ocupación ocasional	2
	Áreas sin ocupación	1

# Desarrollo de un indicador (3)

## Población Expuesta (PoE)



# Resultados

<b>PRESA</b>	<b>PROBLEMA</b>	<b>VALOR IPI</b>
A	Deslizamiento estribo presa	<b>0,72</b>
A	Deslizamiento de ladera embalse	<b>0,65</b>
C	Fisura y movimiento en un muro de tierras	<b>0,42</b>
B	Inestabilidad talud acceso presa	<b>0,33</b>
A	Filtraciones paramento	<b>0,30</b>
C	Fisuras bloque del cuerpo de presa	<b>0,27</b>
C	Degradación de las galerías por AS	<b>0,23</b>

# Priorización de inversiones **IsPIM**

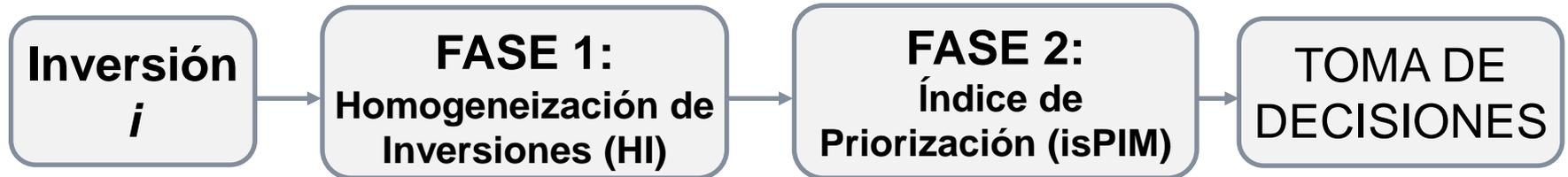
---

## **Precedentes:**

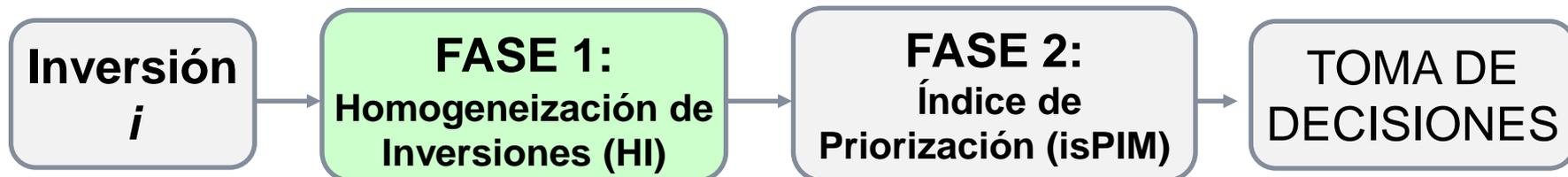
- Infraestructures.cat (ISPI)
- **Ayuntamiento de Barcelona: IsPIM**  
Actuaciones muy variada
- **Otros ámbitos de decisión**



# Índex de Sostenibilitat del Pla d'Inversions Municipals



# FASE I: HOMOGENEIZACIÓN DE LA INVERSIÓN

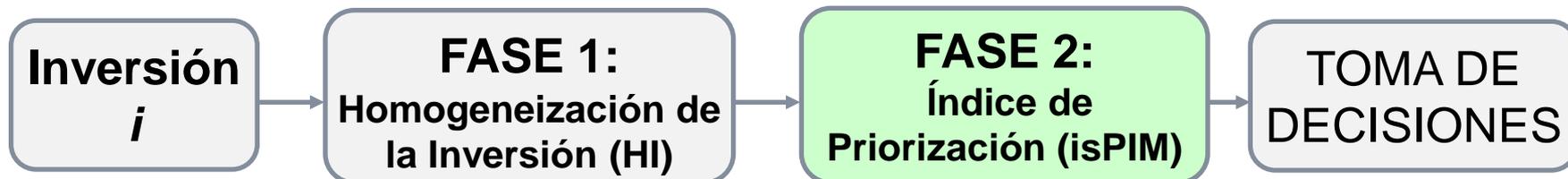


**Objetivo:** Homogeniza inversiones de diferente tipo desde una aplicación móvil o un plan espacios libres...hasta un túnel

qué  
considera?

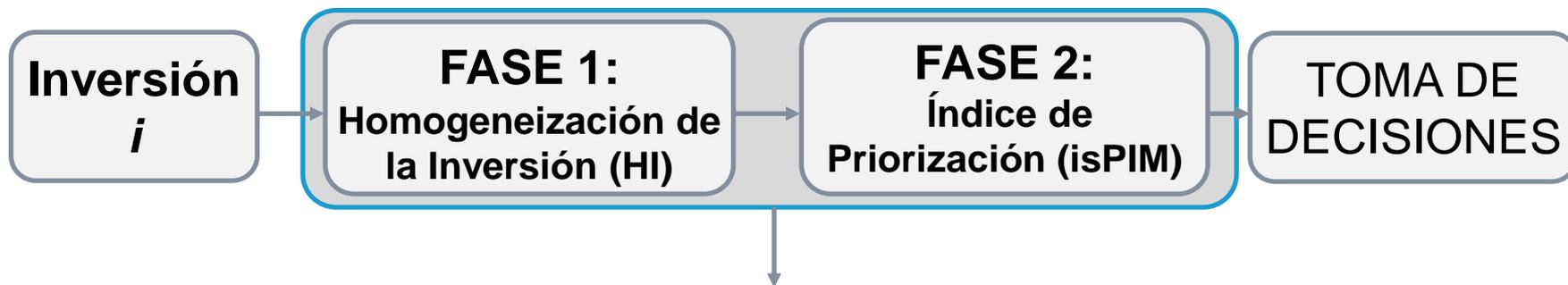
INDICADOR	FACTOR / VARIABLES CONSIDERADES
Contribución al equilibrio territorial (CET) (48%)	Extensión del territorio Contribución al PIB
Alcance de la Actuación (AbA) (21%)	Porción de Barcelona servida mediante la nueva inversión (PCS) Relevancia de la actuación (ReA)
Avaluación de la Situación Previa (ASP) (10%)	Adecuación de las Alternativas (AdA) Saturación de las Alternativas (StA)
Valores Barcelona (VaB) (21%)	Estado de la Inversión (Esl) Alineación Valores Barcelona (AVB)

# FASE II: ÁRBOL DE DECISIÓN



REQUERIMIENTO (%)	CRITERIOS (%)	INDICADORES (%)
<b>Económico (20)</b>	Inversión (80)	Coste Unitario Anual (70)
	Cofinanciación (20)	Gastos de Explotación (30)
<b>Medio ambiental (40)</b>	Impacto ambiental (100)	Financiación Externa (100)
<b>Social (40)</b>	Cambio en el Servicio (50)	Contribución al Medio Ambiente (100)
	Impacto en el entorno (50)	Variación de la calidad (50)
		Incremento de Ciudadanos Usuarios (50)
		Creación de Puestos de Trabajo (30)
		Acceptación Social (70)

# Ficha



**Por cada inversión ...**

**...una FICHA**

**evaluación EXHAUSTIVA y RIGUROSA  
pero también RÁPIDA y FÁCIL de realizar**

**..... donde se evaluen 29 variables**

# Ámbitos y variables de la ficha

---

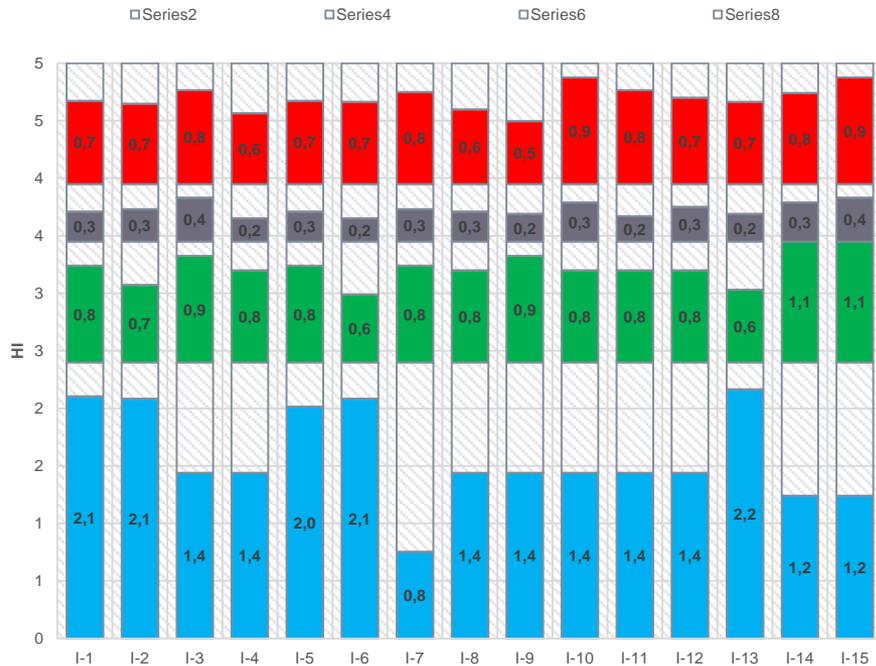
- Identificación del proyecto
- Datos económicos
- Descripción del proyecto y Situación
- Datos de la relevancia de la actuación
  - Alcance de la actuación
  - Alineación con los ejes estratégicos de la ciudad
  - Evaluación de la situación previa
- Datos ambientales (7 parámetros)
- Datos sociales
  - Variación de la calidad en bienestar social
  - Incremento de ciudadanos que en harán uso
  - Creación de puestos de trabajo
  - Grado de aceptación social



# Listado de inversiones a evaluar: Contrastación

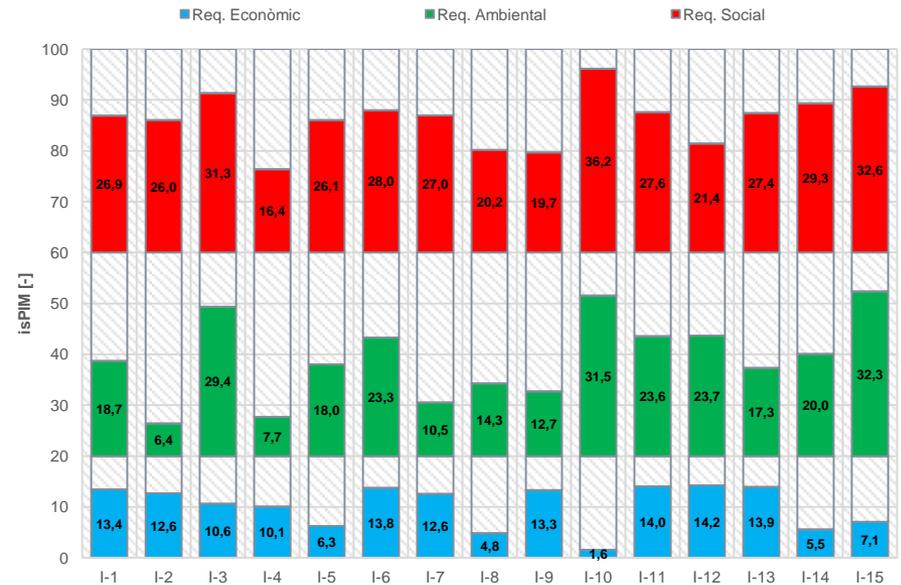
Nº	NOMBRE DE LA INVERSIÓN	OPERADOR	DISTRITO
I-1	BARRIS EN TRANSFORMACIÓ: BON PASTOR FASE E	BAGURSA	SANT ANDREU
I-2	PACIFICACIÓ CARRER MARINA	DIRECCIÓ DE PROJECTES	EIXAMPLE
I-3	RENATURALITZACIÓ DE LA CIUTAT	MASU	BARCELONA CIUTAT
I-4	DESPLEGAMENT DEL PLA DIRECTOR D'IL·LUMINACIÓ	ICU	BARCELONA CIUTAT
I-5	BARRIS EN TRANSFORMACIÓ: COLÒNIA CASTELLS_EXPROPIACIÓ FASE 2B I URBANITZACIÓ	BAGURSA	LES CORTS
I-6	SOLAR MECAPLAUTO_ARAGÓ-LEPANT	DIRECCIÓ DE PROJECTES	EIXAMPLE
I-7	DRENATGE AVINGUDA PARAL·LEL_CARRER VILA I VILÀ_FASES 2 I 3	MASU	SANTS MONTJUÏC
I-8	DESPLEGAMENT DEL PLA DIRECTOR DE PAVIMENTS	ICU	BARCELONA CIUTAT
I-9	GESTIÓ DE SÒL PER HABITATGE	BAGURSA	BARCELONA CIUTAT
I-10	PROGRAMA SUPERILLES	DIRECCIÓ DE PROJECTES	BARCELONA CIUTAT
I-11	IMPLANTACIÓ ACCIONS PREVISTES EN L'ESTRATÈGIA DE MILLORA DE QUALITAT DE L'AIRE HORITZÓ 2018	MASU	BARCELONA CIUTAT
I-12	BARCELONA AUTOSUFICIENT: PLA DE CONSCIENCIACIÓ DE L'AUTOSUFICIÈNCIA ENERGÈTICA	ICU	BARCELONA CIUTAT
I-13	VALLCARCA URBANITZACIÓ AA4	DIRECCIÓ DE PROJECTES	GRÀCIA
I-14	GLÒRIES_TÚNEL VIARI	DIRECCIÓ DE PROJECTES	SANT MARTÍ
I-15	GLÒRIES_PARC	DIRECCIÓ DE PROJECTES	SANT MARTÍ

# Resultados (I)



## Parámetro homogeneización

## Desglose de los requerimientos

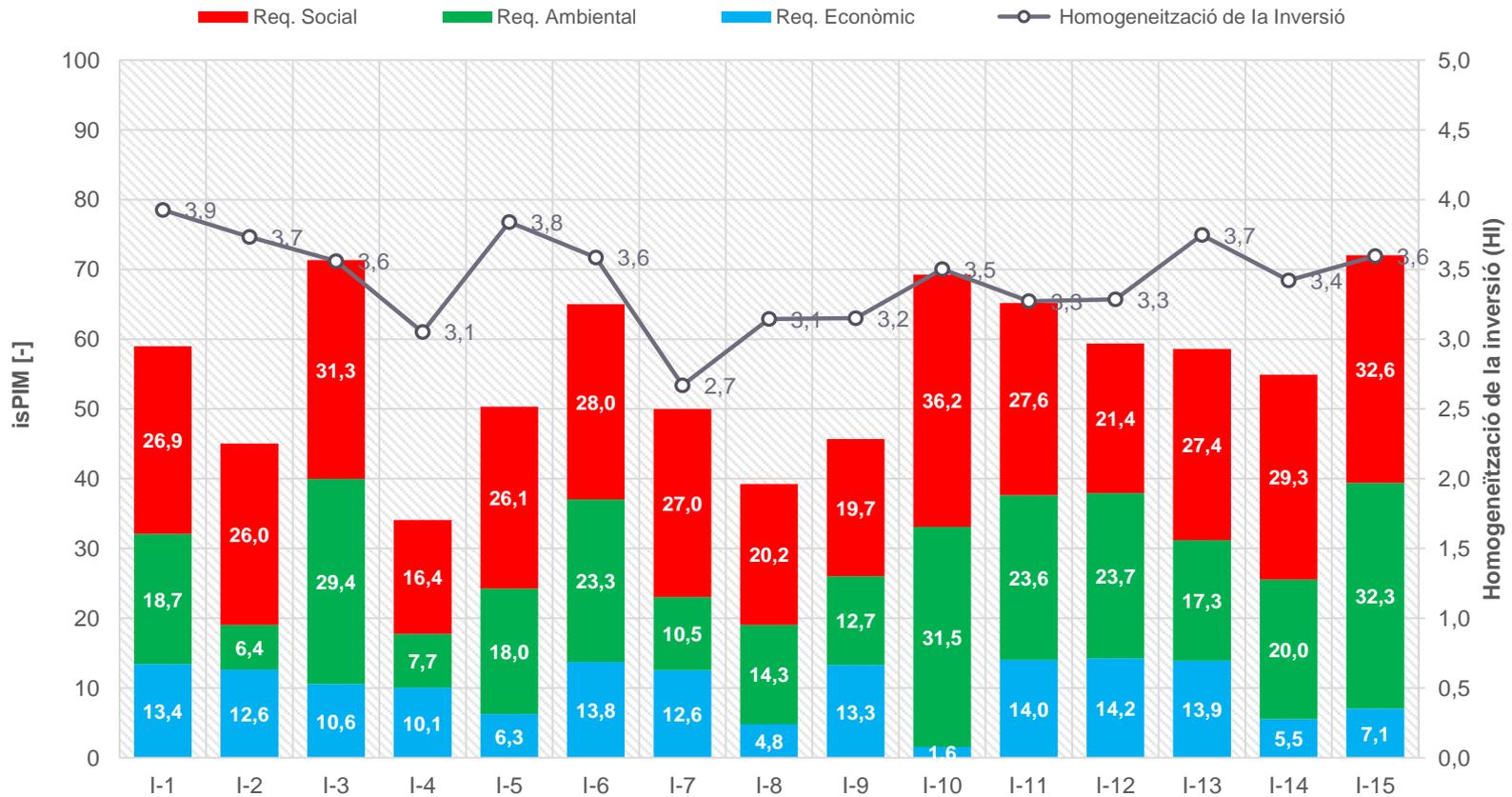


Ajuntament  
de Barcelona



SMART ENGINEERING

# Resultados (II): Conjunto



Ajuntament de Barcelona



SMART ENGINEERING

# Conclusiones

- MIVES es una herramienta multi-criterio, **versátil, sencilla y precisa** para resolver problemas de priorización, tanto de alternativas homogéneas como heterogéneas.
- En alternativas heterogéneas se debe introducir un **factor de homogeneización**.
- La **validación y contrastación** del método **conduce a resultados coherentes** con el planteamiento y la experiencia práctica de los técnicos y responsables de las empresas o administraciones.
- La aplicación de sPIM ha de ser un elemento que de **transparencia y argumentos** a las decisiones de las empresas y Administraciones.

# Agradecimientos

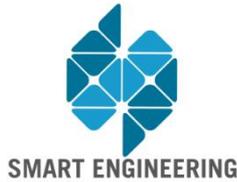
---

- ENDESA
- INFRAESTRUCTURES.CAT
- AJUNTAMENT DE BARCELONA. HABITAT URBÀ
- Otras empresas: BASF, GAS NATURAL FENOSA, ACEFAT

..... **pero, sobre todo: Importancia de la implicación de los técnicos**

**GRACIAS:** A los técnicos de empresas y administraciones, así como a los compañeros de las universidades que hemos desarrollado MIVES.





# Evaluación de la sostenibilidad en estructuras de hormigón

**ANTONIO AGUADO**

AVANCES EN TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN

Montevideo, 2 de diciembre de 2015