



ESCUELA DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
Universidad Politécnica de Madrid



# La Ingeniería de Caminos en la Gestión de Desastres: Respuesta, Recuperación y Resiliencia

Jornada 23 de noviembre

Manuel G. Romana  
Profesor Titular de Universidad

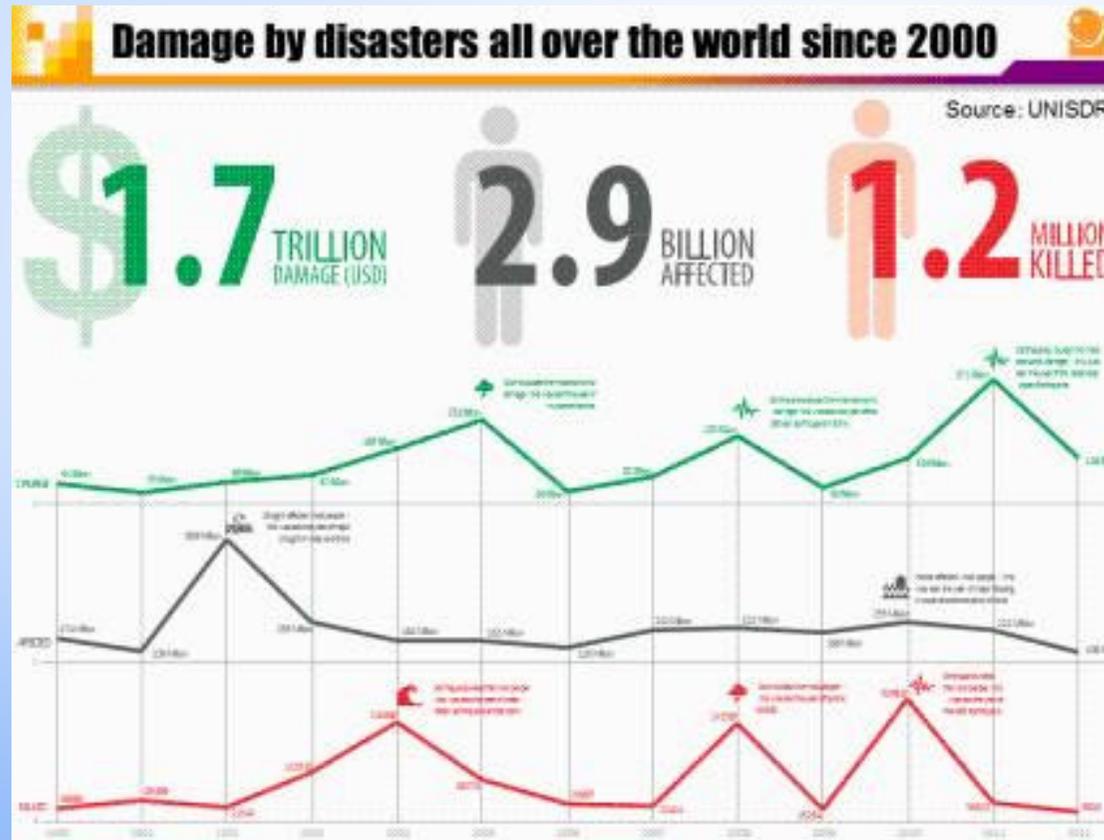
Fundación  
**AON**  
España

VII Simposium del Observatorio de Catástrofes

# Contenidos

- El ciclo de la gestión de desastres y la ingeniería
- La resiliencia
- La complejidad de la tarea
- Infraestructuras y otros componentes del sistema
  - El rol de los Ingenieros de Caminos
- La gestión de desastres relacionada con la infraestructura

# Magnitud del problema



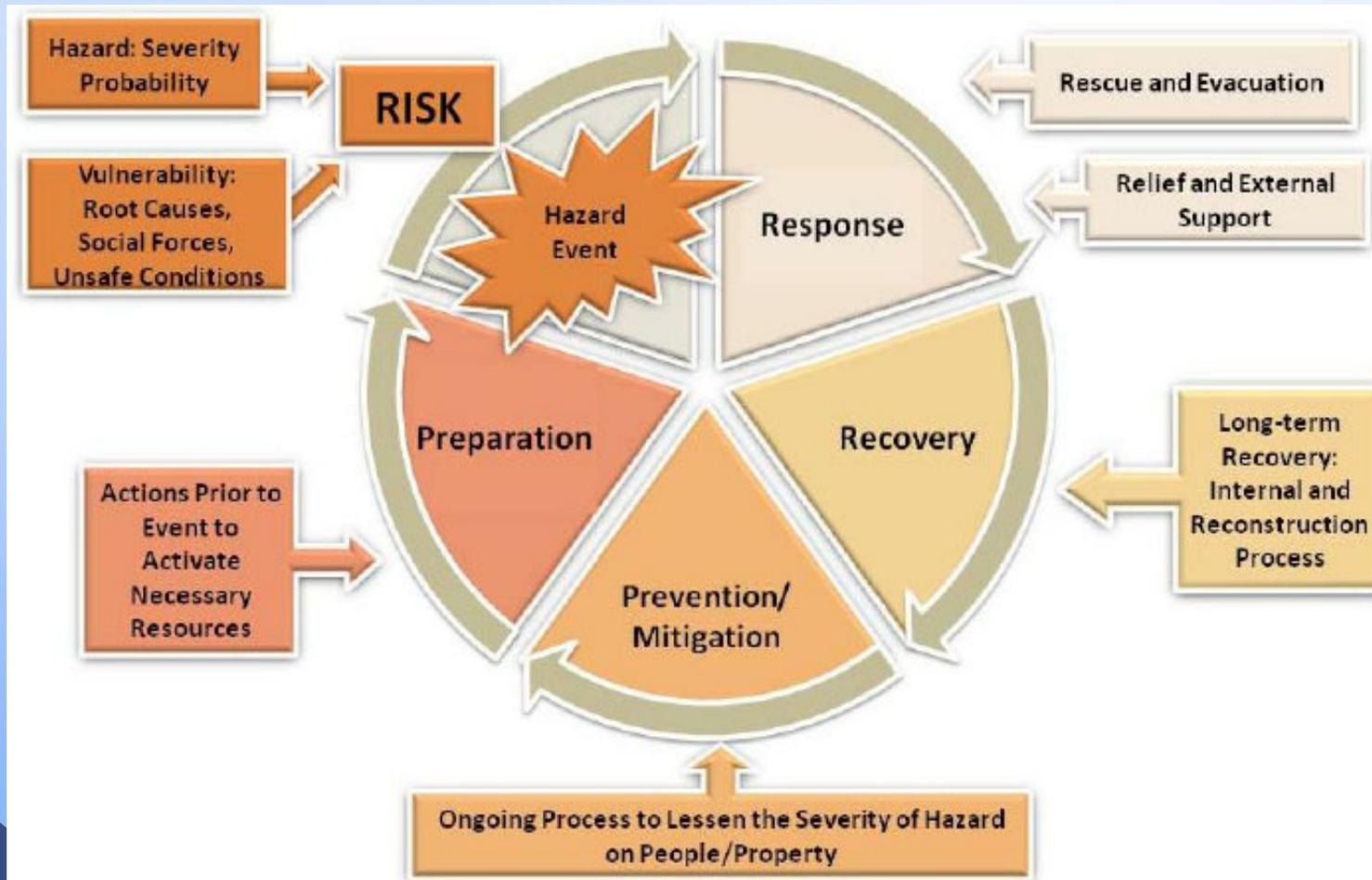
VII Simposium del Observatorio de Catástrofes



# Desastres y Riesgos de Seguridad

- Los desastres naturales son consecuencia de la interacción, en espacio y tiempo, de un fenómeno natural y de la vulnerabilidad del lugar donde se producen.

# El ciclo de la gestión de desastres

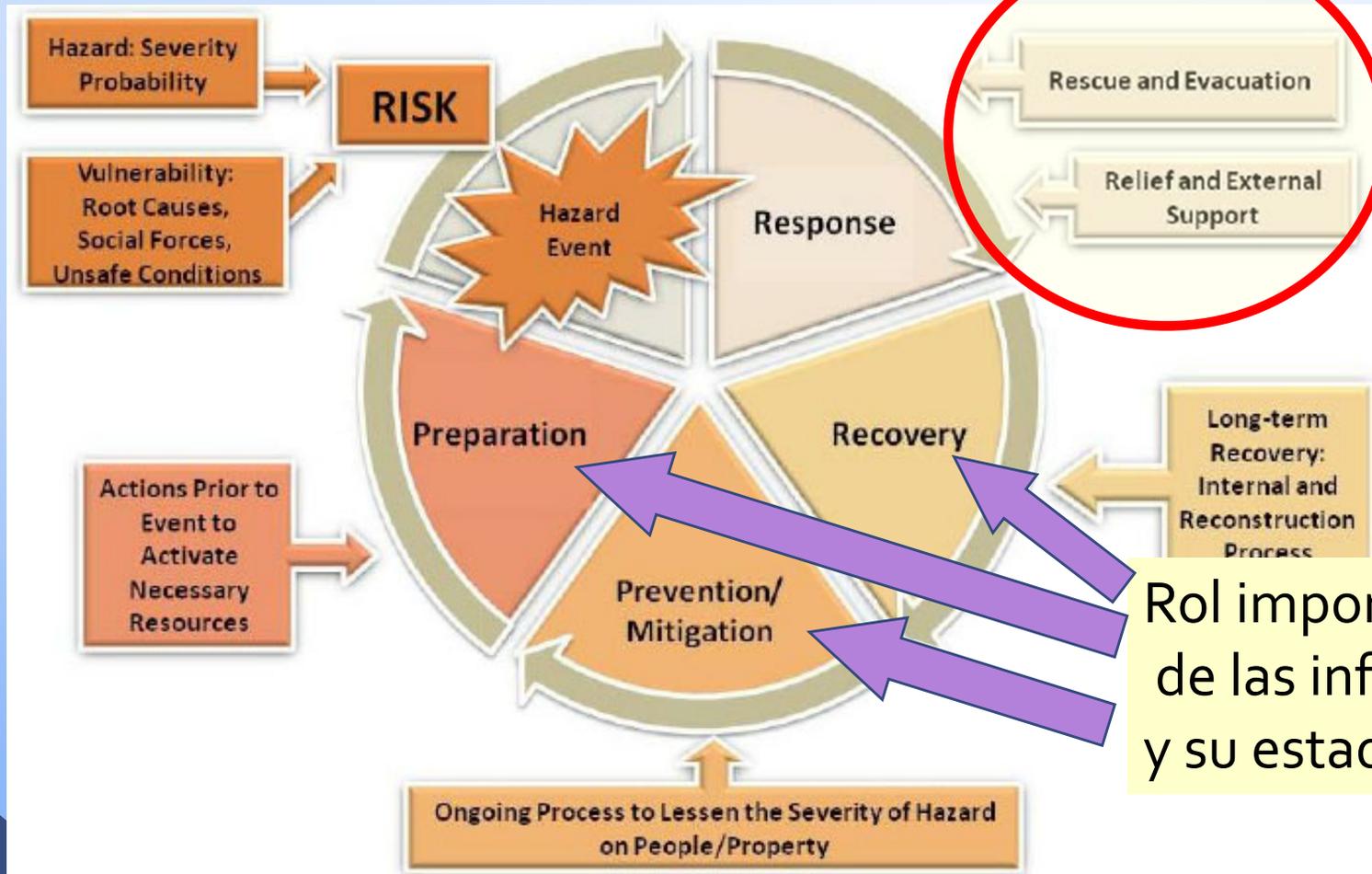


# El ciclo de la gestión de desastres

Rol crítico y fundamental de la red de transportes



# El ciclo de la gestión de desastres



Rol crítico y fundamental de la red de transportes

Rol importante de las infraestructuras y su estado





# ¿Es preparación o es respuesta?

*Depende del tiempo disponible entre decisión y evento*

- Preparación
  - Actividades ordenadas y calmas
  - Con tiempo
  - Medios variables
- Respuesta:
  - Actividades presurosas
    - Semiordenadas
    - Control depende de la sociedad
  - Tiempo escaso o limitado
  - Medios existentes

# Competencias profesionales de los Ingenieros de Caminos

- En el área de infraestructuras
- En estructuras no de vivienda u oficina
  - Que se emplean en respuesta a desastres
  - Pabellones deportivos
  - Estadios
- En logística de redes de transporte
- Hay un nuevo catálogo: [Nuevo Catálogo Competencias 2022-07](#)

# Respuesta "ante" y "post"

Decisión

## Respuesta "ante"

- La sociedad local funciona
- Puede ser asistida

Evento

## Respuesta "post"

- Sociedad local rota
- Es imprescindible asistencia

# Respuesta "ante" y "post"



Decisión

## Respuesta "ante"

- Evacuación
- Logística previa



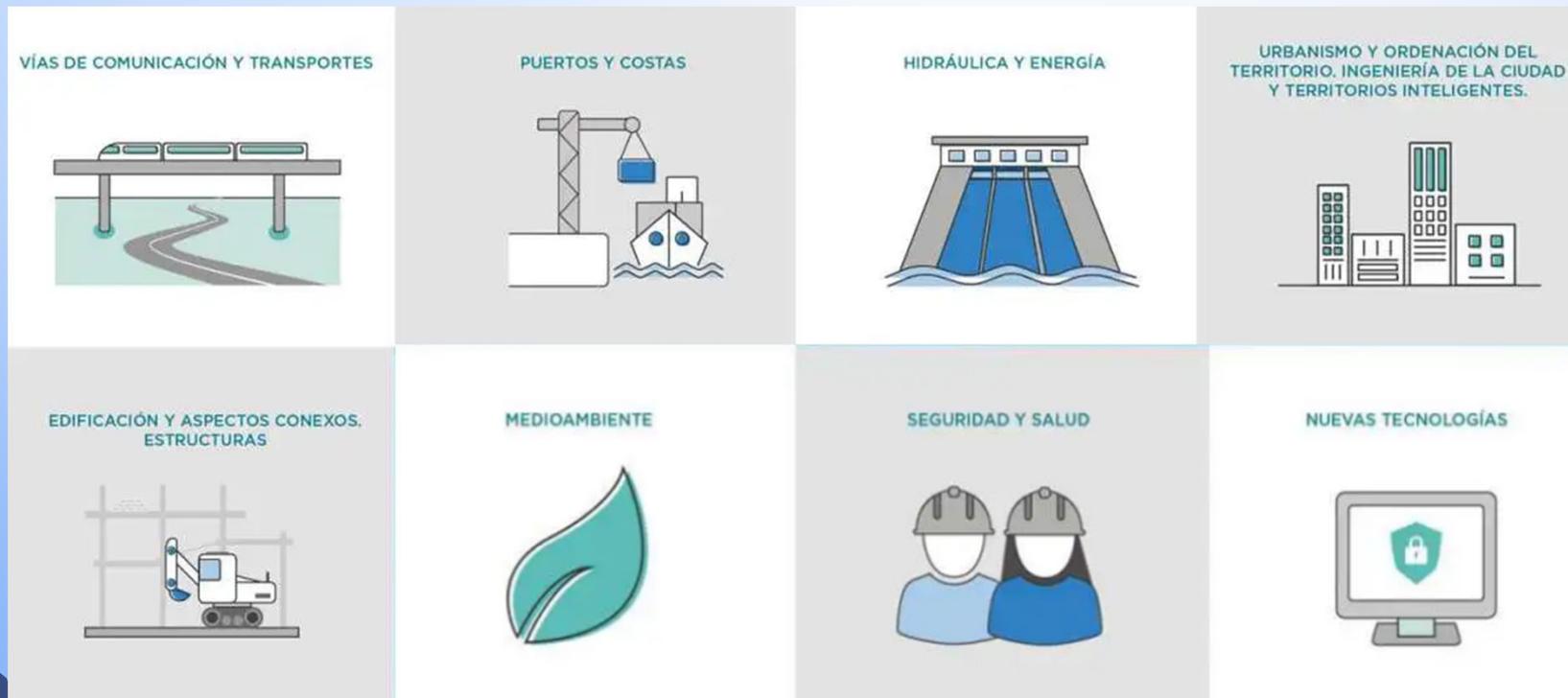
Evento

## Respuesta "post"

- Rescate
- Logística
- Asistencias
- Suministros

# Las infraestructuras que dan calidad de vida

- Infraestructura y su gestión: Red física + Equipamiento + Instalaciones



# La red de transportes

- Infraestructura
  - Red física
  - Equipamiento
  - Instalaciones
- Personal
  - Personal a pie de carretera
  - Técnicos en servicios locales/regionales
  - Técnicos de servicios centrales
- Organización / Sociedad extendida

- Infrastructure
- Facilities
- Equipment
- Personnel

- ¿La respuesta depende de la preparación? Pues claro
- “Disaster resistance emphasizes the importance of predisaster mitigation measures that enhance the performance of structures, infrastructure elements, and institutions in reducing losses from a disaster”.
- “Resilience reflects a concern for improving the capacity of physical and human systems to respond to and recover from extreme events”.

# Tipos de fallo

- Incapacidad para prever (nivel de planificación)
- Incapacidad para prever (nivel de acción)
- Incapacidad para aprender
- Incapacidad para adaptarse
- Incapacidad para coordinarse
- Fallo múltiple
  - Varios niveles (planificador, estratégico, táctico, logístico, de reacción) fallan simultáneamente
- Fallo catastrófico
  - Los fallos de un nivel empeoran las condiciones de los demás

# Tipos de fallo y característica causal (1)

- Incapacidad para prever (nivel de planificación)
  - Faltan estudios
    - Mediciones
    - Realidad futura
    - Condiciones de contorno
    - Falta reflexión
- Incapacidad para prever (nivel de acción)
  - Faltan estudios de consecuencias inmediatas y cadenas de eventos

## Tipos de fallo y característica causal (2)

- Incapacidad para aprender
  - Falta asimilación de la experiencia (o valor)
  - Propia en otra actuación similar (analogía)
  - Propia en otra actuación diferente (extrapolación)
  - Ajena en un desarrollo similar

## Tipos de fallo y característica causal (3)

- Incapacidad para adaptarse (Falta reacción)
  - No hay voluntad suficiente
  - No hay recursos suficientes (o no se dedican)
  - Se niega la probable consecuencia, alegando que no ocurrirá (no tendremos tan mala suerte)
- Incapacidad para coordinarse
  - Falta comunicación eficaz
  - Falla o falta definición de la jerarquía
- Falla la cadena de mando

## Tipos de fallo y característica causal (4)

- Fallo múltiple
  - Varios niveles fallan simultáneamente
  - (planificador, estratégico, táctico, logístico, de reacción)
- Fallo catastrófico
  - Los fallos de un nivel empeoran las condiciones de los demás

# Niveles de actuación

1. Internacional
2. Nacional
3. Regional
4. Técnico-económico global
5. Estratégico
6. Táctico
7. Decisión local

# Preparación

- Definir evento de referencia
- Definir áreas a evacuar
- Definir redes de evacuación
- Hacer evaluaciones en el terreno de las infraestructuras
- Prever acceso de diferentes modos: helicópteros, aviación, camiones, ambulancias y socorro, lanchas, acceso por vías fluviales
- Dar áreas de almacenamiento y distribución
  - Resilientes frente a catástrofes y evolución de catástrofes
- Integrar investigadores, industria, todos los niveles de gobierno, ejércitos, protección civil, ONGs y agencias nacionales e internacionales



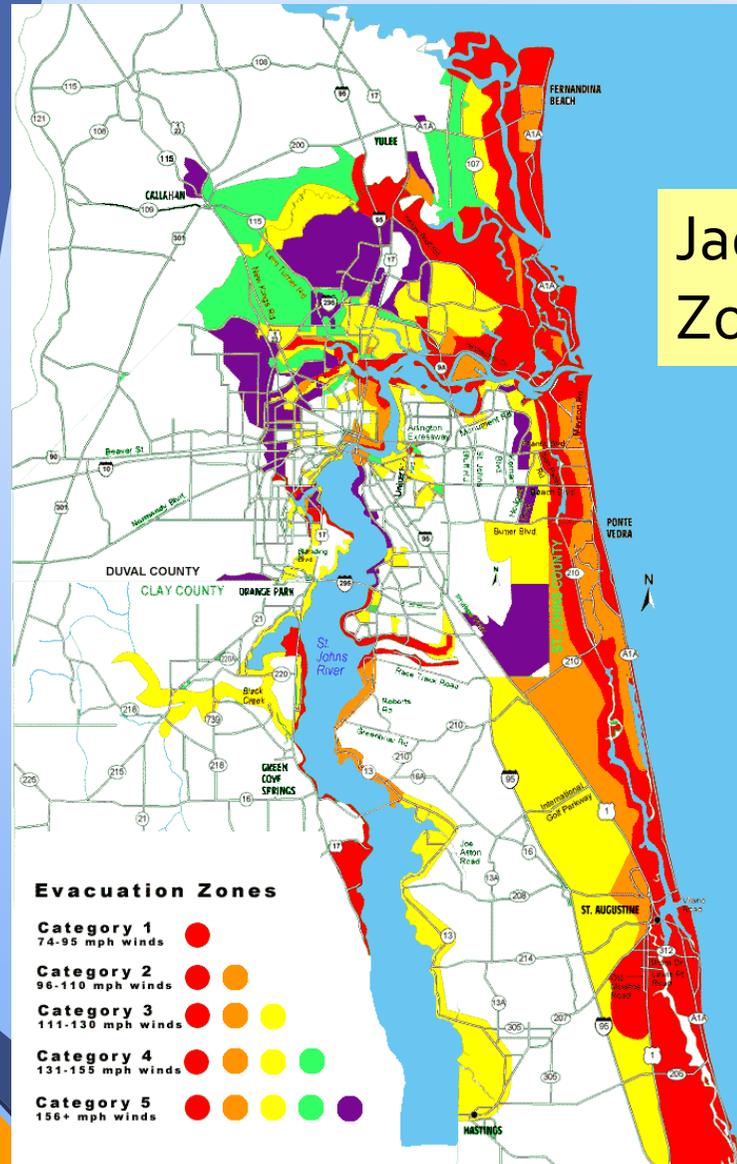
VII Simposium del Observatorio de Catástrofes



VII Simposium del Observatorio de Catástrofes



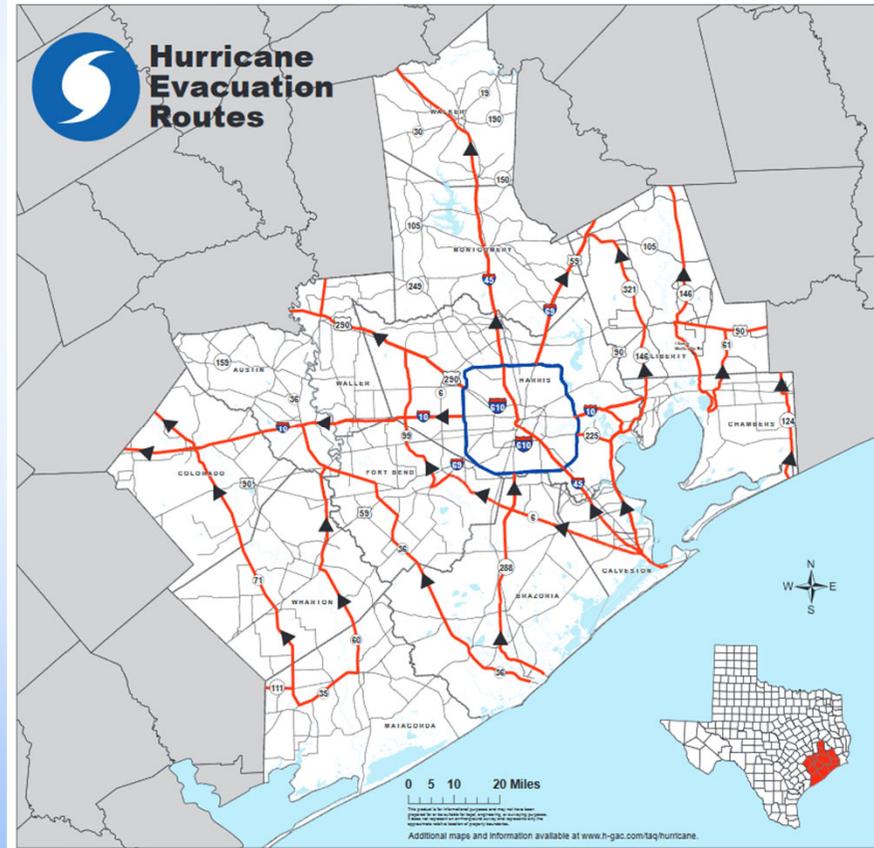
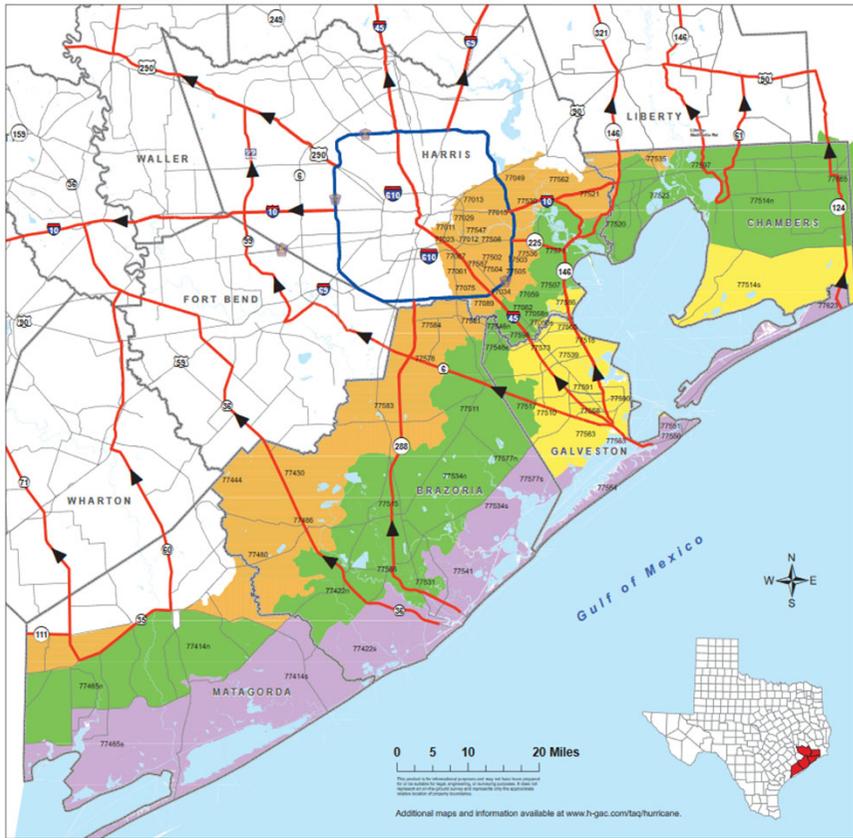
## Jacksonville – St Augustine Zonas de evacuación (viento, 5 categorías)



laboratorio de Catástrofes

“Don’t take a chance. Leave before it’s too late,” Scott said.

Evacuation could begin today and the **Florida DOT is making sure roadways are clear for evacuation**, according to Scott. While you don’t have to evacuate, Scott strongly suggests it for residents near shores and in areas prone to flooding.



**H-GAC Region**

Austin, Brazoria, Chambers, Colorado, Fort Bend, Galveston, Harris, Liberty, Matagorda, Montgomery, Walker, Waller, Wharton



[www.pinellascounty.org/emergency](http://www.pinellascounty.org/emergency)

## EVACUATION GUIDELINES (mobile homes MUST always evacuate)

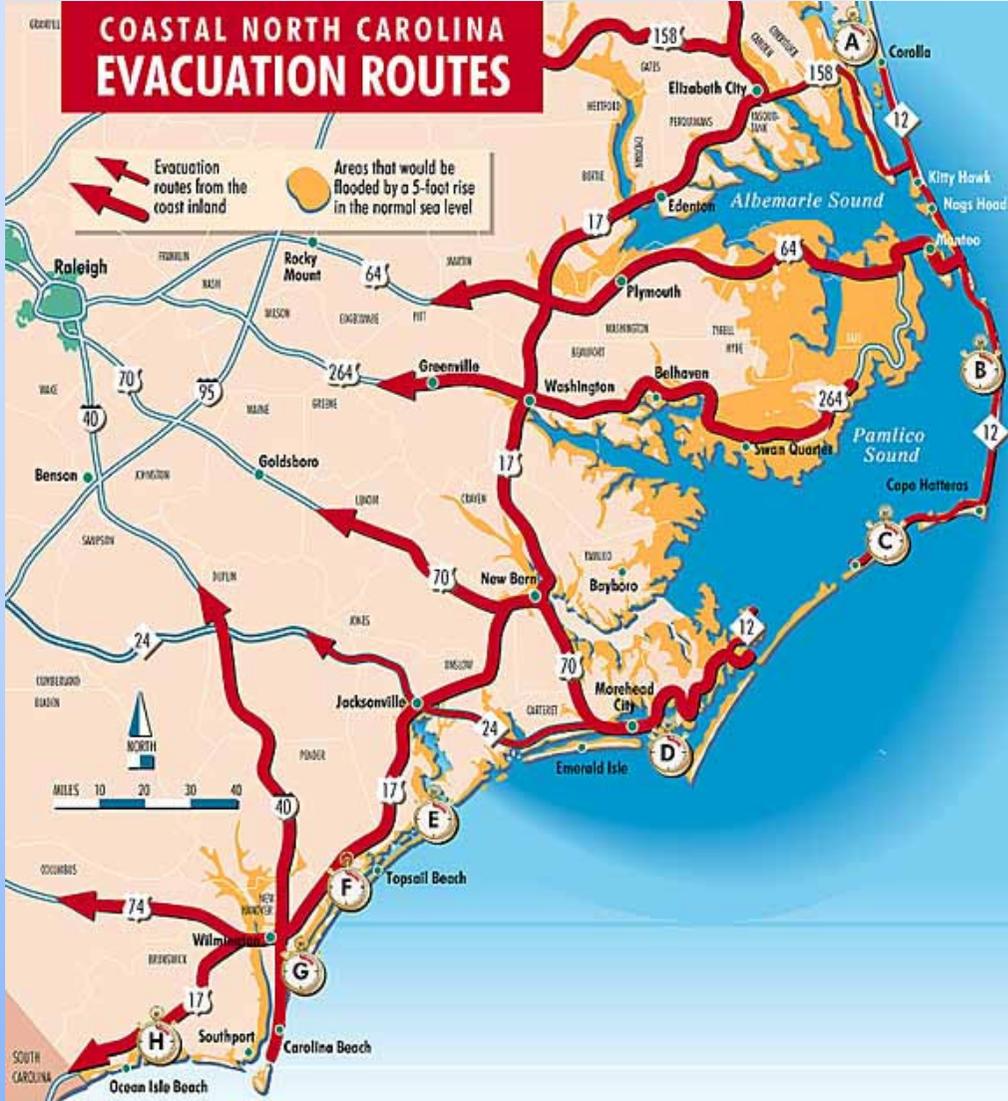
Potential Surge Heights (in feet)

EVACUATION ZONES

<b>E</b>	<b>Up to 35'</b> Evacuate red, orange, yellow, green and purple areas and all mobile homes
<b>D</b>	<b>Up to 28'</b> Evacuate red, orange, yellow and green areas and all mobile homes
<b>C</b>	<b>Up to 20'</b> Evacuate red, orange and yellow areas and all mobile homes
<b>B</b>	<b>Up to 15'</b> Evacuate red and orange areas and all mobile homes
<b>A</b>	<b>Up to 11'</b> Evacuate red areas and all mobile homes

Areas shown in white are non-evacuation zones.  
Surge height will vary depending on ground elevation.

Pinella County  
Surge heights



VII Simposium del Observatorio de Catástrofes



# Monmouth County Coastal Evacuation Routes



*"follow the blue dot to safety"*

- Coastal Evacuation Route
- Other Major Highways



## Respuesta “ante” (y vemos de dónde viene)

- Avisar cuando la red está intacta
- Evaluar el estado de las redes de evacuación
- Logística regional y local: suministro de bienes básicos (ojo con la lección 2)
- Integrar en la operación a industria y todos los niveles de gobierno
- Proceder a la evacuación

## Evacuación (respuesta “ante”)

- Señalización de red de evacuación
- Operación de tráfico preferente
- Uso de arcenes y calzadas contrarias
- Operación de vigilancia y tratamiento de averías mecánicas e incidentes
  - Red y explotación de la red

# Resiliencia de infraestructuras y servicios

- La resiliencia de una infraestructura o red se consigue cuando se definen **siete** aspectos:
  - a) Lista de fenómenos que deben considerarse
  - b) Severidad o intensidad de cada evento categorizado
  - c) Daño esperado
  - d) Estrategias para disminuir el daño
  - e) Usabilidad mínima esperada inmediatamente tras el evento
  - f) Tiempo (y recursos) de recuperación para la usabilidad mínima
  - g) Tiempo (y recursos) de recuperación para la usabilidad estándar

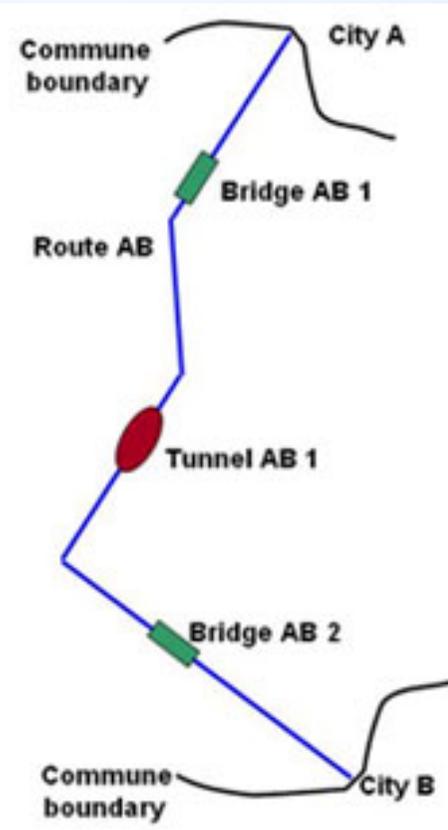
# Respuesta “post”

- Use deployment networks and routes
- Provide access for field evaluation
- Provide access to different modes: helicopters, aviation, ambulances, trucks, barges
- Provide storage areas, controllable and safe from disaster new and evolved series
- Integrate academia, industry, all levels of government, the military, research, nongovernmental organizations, and national and international relief agencies.
- Receive inputs from many parties

# Previsión / Evaluación tras desastre

- **Road AB - Components**
  - Road
  - Bridges
  - Tunnels
  
- **Component Status after Earthquake**

- Road	No Damage	Affected (passable)	Blocked
- Bridge 1	No Damage	Affected (passable)	Blocked
- Bridge 2	No Damage	Affected (passable)	Blocked
- Tunnel 1	No Damage	Affected (passable)	Blocked
  
- **Road AB Status after Earthquake**
  - **No Damage:** no damage in any component
  - **Affected (passable):** passable all components
  - **Blocked:** blocked any component



# Identificación de infraestructuras críticas

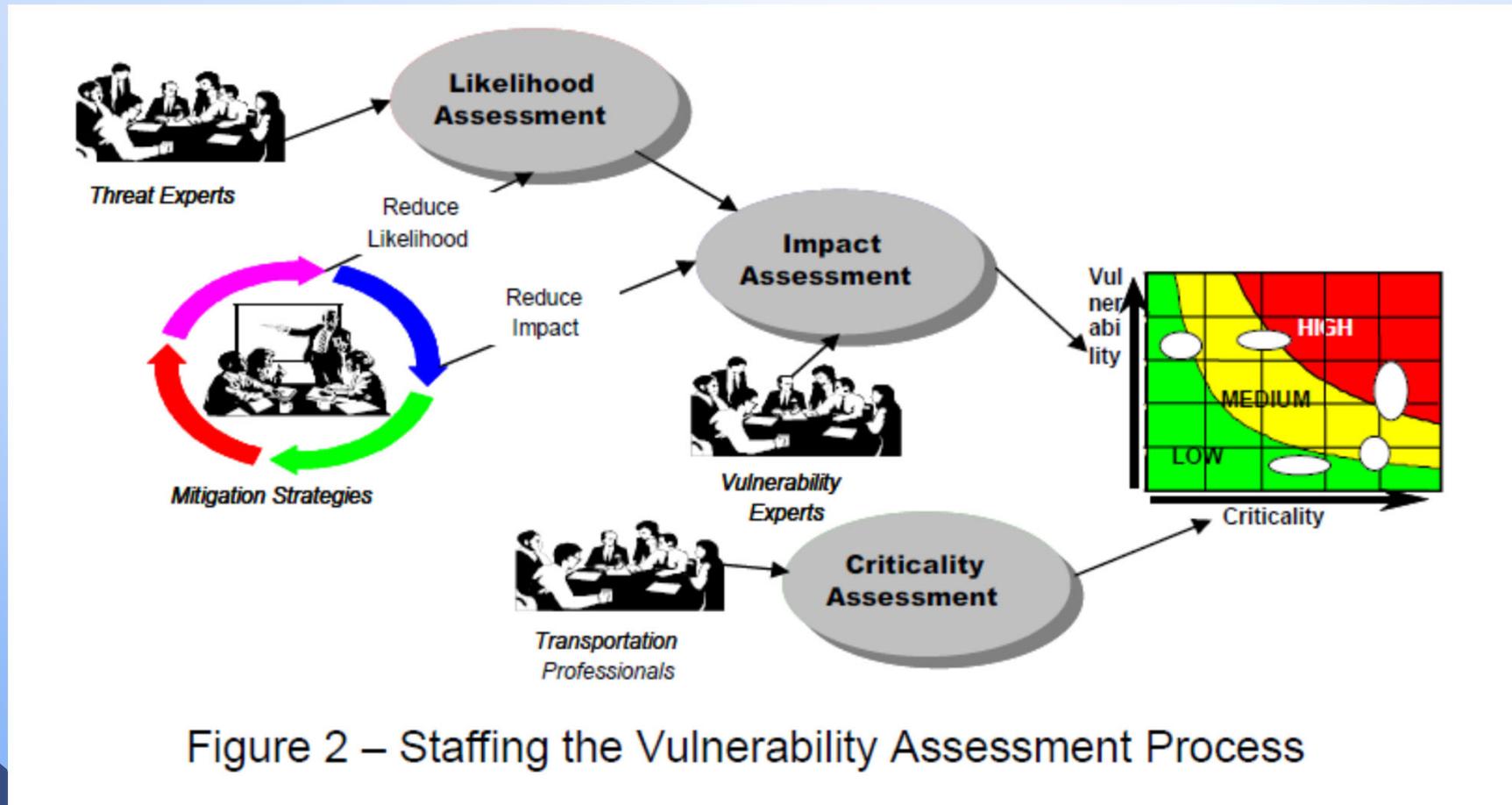


Figure 2 – Staffing the Vulnerability Assessment Process

# Identificación de infraestructuras críticas

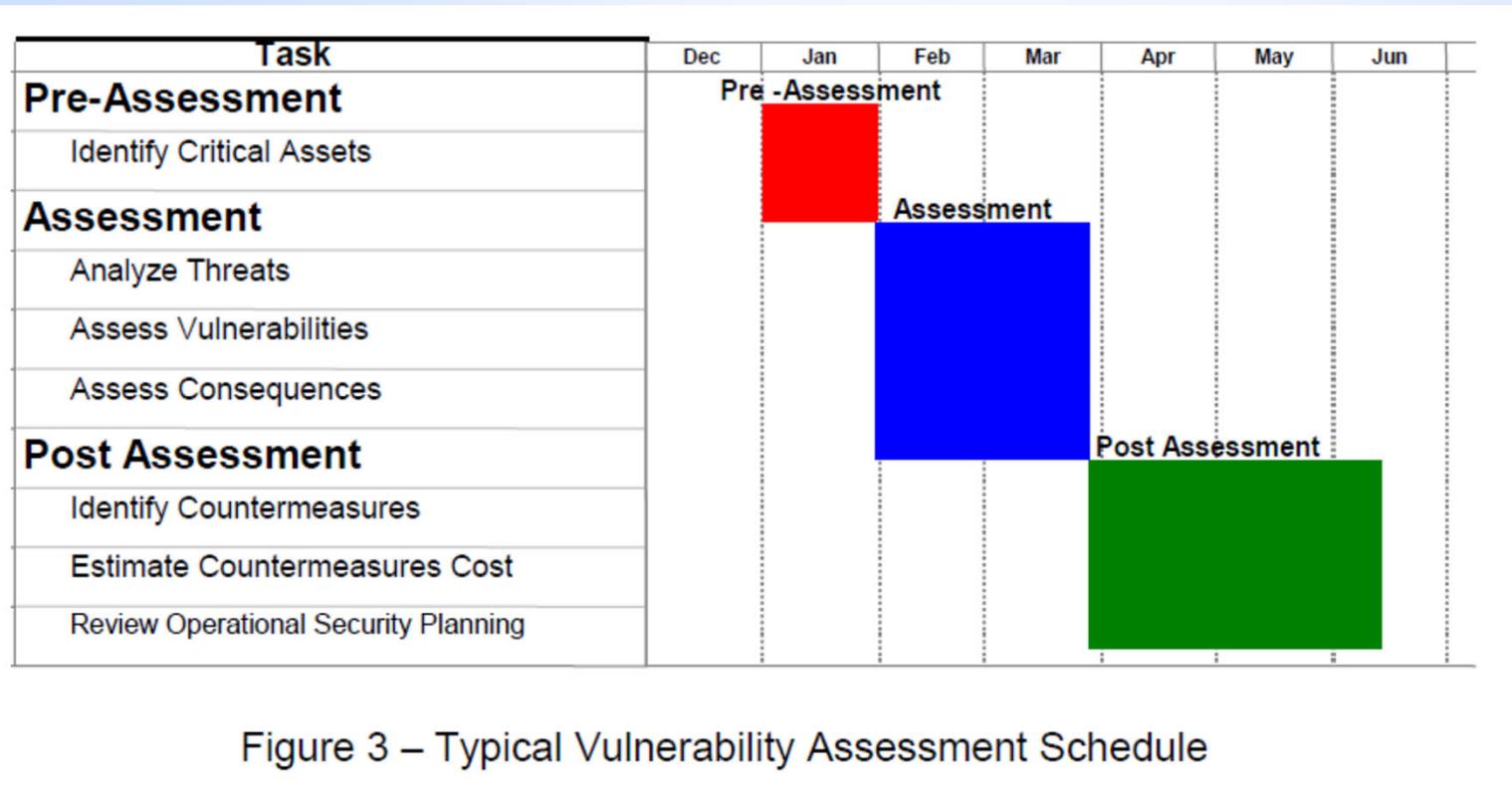


Figure 3 – Typical Vulnerability Assessment Schedule

# Identificación de infraestructuras críticas

Table 2 - Critical Asset Factors and Values

CRITICAL ASSET FACTOR	VALUE	DESCRIPTION
<i>Deter/Defend Factors</i>		
A) Ability to Provide Protection	1	Does the asset lack a system of measures for protection? (i.e., Physical or response force)
B) Relative Vulnerability to Attack	2	Is the asset relatively vulnerable to an attack? (i.e., Due to location, prominence, or other factors)
<i>Loss and Damage Consequences</i>		
C) Casualty Risk	5	Is there a possibility of serious injury or loss of life resulting from an attack on the asset?
D) Environmental Impact	1	Will an attack on the asset have an ecological impact of altering the environment?
E) Replacement Cost	3	Will significant replacement cost (the current cost of replacing the asset with a new one of equal effectiveness) be incurred if the asset is attacked?
F) Replacement/Down Time	3	Will an attack on the asset cause significant replacement/down time?
<i>Consequences to Public Services</i>		
G) Emergency Response Function	5	Does the asset serve an emergency response function and will the action or activity of emergency response be affected?
H) Government Continuity	5	Is the asset necessary to maintain government continuity?
I) Military Importance	5	Is the asset important to military functions?
<i>Consequences to the General Public</i>		
J) Available Alternate	4	Is this the only asset that can perform its primary function? (i.e., There are no alternate facilities that will substitute adequately if this asset is damaged or destroyed)
K) Communication Dependency	1	Is communication dependent upon the asset?
L) Economic Impact	5	Will damage to the asset have an effect on the means of living, or the resources and wealth of a region or state?
M) Functional Importance	2	Is there an overall value of the asset performing or staying operational?
N) Symbolic Importance	1	Does the asset have symbolic importance?

# Identificación de infraestructuras críticas

Table 2 - Critical Asset Factors and Values

CRITICAL ASSET FACTOR	VALUE	DESCRIPTION
<i>Deter/Defend Factors</i>		
A) Ability to Provide Protection	1	Does the asset lack a system of measures for protection? (i.e., Physical or response force)
B) Relative Vulnerability to Attack	2	Is the asset relatively vulnerable to an attack? (i.e., Due to location, prominence, or other factors)
<i>Loss and Damage Consequences</i>		
C) Casualty Risk	5	Is there a possibility of serious injury or loss of life resulting from an attack on the asset?
D) Environmental Impact	1	Will an attack on the asset have an ecological impact of altering the environment?
E) Replacement Cost	3	Will significant replacement cost (the current cost of replacing the asset with a new one of equal effectiveness) be incurred if the asset is attacked?
F) Replacement/Down Time	3	Will an attack on the asset cause significant replacement/down time?

# Identificación de infraestructuras críticas

<i>Consequences to Public Services</i>		
G) Emergency Response Function	5	Does the asset serve an emergency response function and will the action or activity of emergency response be affected?
H) Government Continuity	5	Is the asset necessary to maintain government continuity?
I) Military Importance	5	Is the asset important to military functions?
<i>Consequences to the General Public</i>		
J) Available Alternate	4	Is this the only asset that can perform its primary function? (i.e., There are no alternate facilities that will substitute adequately if this asset is damaged or destroyed)
K) Communication Dependency	1	Is communication dependent upon the asset?
L) Economic Impact	5	Will damage to the asset have an effect on the means of living, or the resources and wealth of a region or state?
M) Functional Importance	2	Is there an overall value of the asset performing or staying operational?
N) Symbolic Importance	1	Does the asset have symbolic importance?

# Identificación de infraestructuras críticas

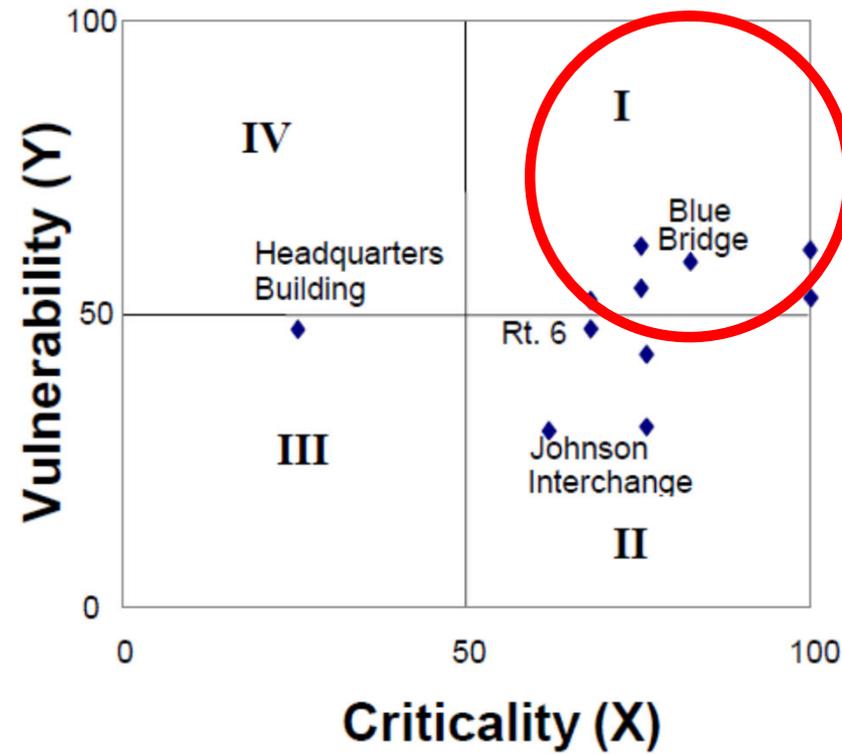


Figure 6 – Illustrative Example of Criticality/Vulnerability Matrix

# Identificación de infraestructuras críticas

Table 4 – Example Scoring Table for Identifying and Prioritizing Critical Assets

CRITICAL ASSET	CRITICAL ASSET FACTOR														TOTAL SCORE (x)
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
	1	2	5	1	3	3	5	5	5	4	1	5	2	1	
Smith Bridge	1	2	5	1	3	3	5	5	5	4	1	5	2	1	43
Bayside Tunnel	1	2	5	1	3	3	5	5	5	4	1	5	2	1	43
Blue Bridge	1	0	5	0	3	3	5	5	5	4	0	5	2	0	38
Crystal Bridge	1	2	5	1	3	3	0	5	5	0	0	5	2	1	33
Interstate 1	1	2	5	1	3	3	5	0	0	4	1	5	2	1	33
Interstate 218	1	2	5	1	3	3	5	0	0	4	1	5	2	1	33
Interstate 88	1	2	5	1	3	3	5	0	0	4	1	5	2	1	33
Rt. 49	1	2	5	0	3	3	5	0	0	4	1	5	0	1	30
Rt. 6	1	2	5	0	3	3	5	0	0	4	1	5	0	1	30
Johnson Interchange	1	0	5	0	3	3	5	0	0	4	0	5	2	0	28
Headquarters Building	1	2	0	1	3	3	0	0	0	0	1	0	2	1	14

# Conclusiones

- Las infraestructuras dan la calidad de vida
- La ingeniería de infraestructuras es fundamental en:
  - Respuesta + : Reparación + Resiliencia + Preparación
- Respuesta "ante" y "post"
  - Acceso y logística
  - Todas las infraestructuras: resistencia
- Relevancia de la secuencia iterativa de actuaciones
- Aprender de otros + buscar similares + varios ministerios + sociedad civil
- Simulaciones + juegos de tablero
- Participación armónica de much@s profesionales de ramas diferentes

