



# MANEJO DE RIESGOS DE TORMENTAS COSTERAS CONSIDERACIONES ECONÓMICAS Y DE INGENIERÍA

Los análisis económicos y de ingeniería están integrados a lo largo del estudio. Los resultados de estos análisis son usados para pronosticar la posible extensión de los daños causados por las tormentas, con y sin proyecto. El análisis esta basado en características físicas, estructurales, ambientales, y económicas del área de estudio.

**EL ANÁLISIS DE INGENIERÍA** considera los procesos costeros naturales, las características geológicas y las estructuras rígidas existentes en el área del estudio. Se toma en consideración los datos y el conocimiento local del patrocinador y otros grupos de interés para entender los problemas y desarrollar alternativas para reducir los daños por tormentas en el área del estudio.

## PROCESOS COSTEROS

- Marejada ciclónica
- Oleaje
- Mareas
- Cambio en el nivel del mar
- Transporte de arena



## CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

- Arrecife marino
- Puntas rocosas
- Bahías de playa
- Bancos de arena



## ESTRUCTURAS RÍGIDAS EXISTENTES

- Revestimientos
- Rompeolas
- Espigón de piedra
- Muros

## PROYECTOS DE FUENTES DE ARENA - TERRESTRES Y DE MAR



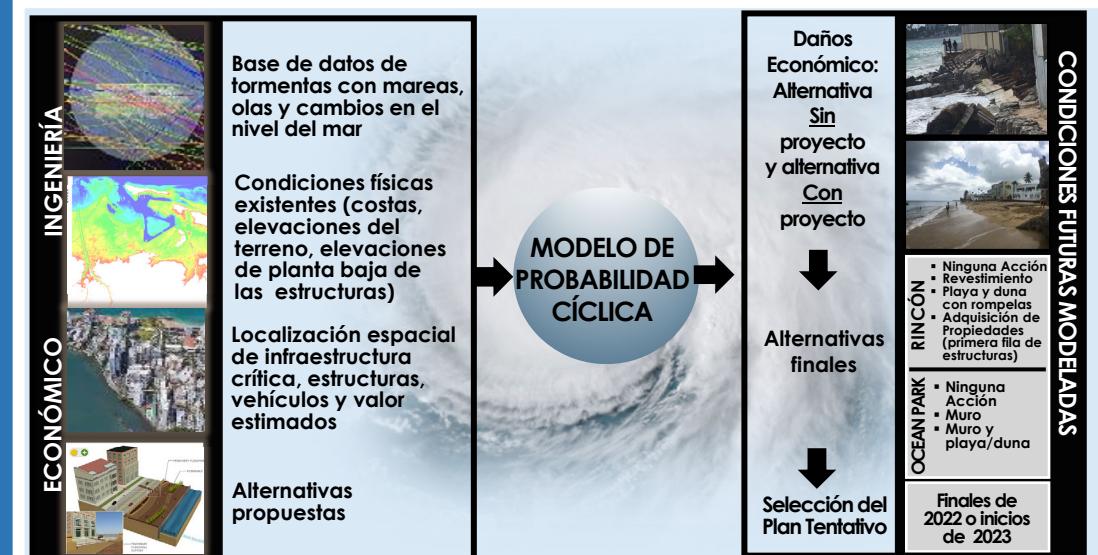
## MODELOS DE INGENIERÍA Y ECONOMÍA - DATOS INICIALES Y RESULTADOS

Se utilizaron modelos de probabilidad cíclica para evaluar la interacción entre las fuerzas de tormentas y la infraestructura a través de un período de análisis de 50 años:

- Beach-fx: Evalúa daños a propiedades y estructuras primariamente causados por erosión y tormentas costeras
- G2CRM: Evalúa daños a propiedades de tierra adentro, estructuras, y vehículos causados por inundaciones debido a tormentas costeras

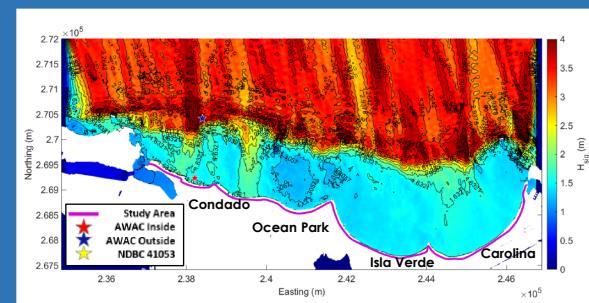


Este esquema muestra la base de datos inicial y los resultados preliminares de ambos modelos:



## MODELO HIDRODINÁMICO

Modelos de simulación hidrodinámica son utilizados para evaluar el impacto de las tormentas en el área de estudio (ej., mareas, oleaje, y cambios en el nivel del mar) con el fin de determinar las condiciones con proyecto y alternativas (ejemplo a la derecha: mapa de oleaje mostrando alturas significativas de olas causadas por sistemas del noreste (nor'easters) en 2015).



## CONTABILIZACIÓN INTEGRAL DE BENEFICIOS



Presenta cambios en el valor monetario de los daños prevenidos con el proyecto.

Ejemplos:  
Beneficios – Costo = Beneficio Neto\*  
y Relación Beneficio/Costo (BCR) > 1  
\* Beneficios de recreación son incluidos cuando un BCR de 0.5 es obtenido (basado en daños causados por tormentas).

Presenta efectos no monetarios en importantes recursos naturales y culturales.

Ejemplo: Efectos potenciales tal como creación de hábitats.



REGISTRA CAMBIOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA REGIONAL

Ejemplos: Ingresos y empleos por turismo.

REGISTRA LOS EFECTOS DEL PLAN QUE SON RELEVANTES PARA EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN, PERO NO SON RELEVANTES EN LOS OTROS TIPOS DE BENEFICIOS

Ejemplos: Riesgo a la vida humana; resiliencia.

# ESTUDIO COSTERO DE PUERTO RICO



SEPTIEMBRE 2022



# COASTAL STORM RISK MANAGEMENT (CSR) ENGINEERING AND ECONOMIC CONSIDERATIONS

The engineering and economic analyses are integrated throughout the study. The outputs of the analyses are used to forecast the extent of potential storm damages, with and without a project, based on the unique physical, structural, environmental, and economic characteristics of the study area.

THE ENGINEERING ANALYSIS considers natural coastal processes, geological setting, and existing coastal armor in the study area. Data and local expertise from the sponsor and other groups are leveraged to fully understand the problems and to develop alternatives to reduce storm damages within the study area.

## COASTAL PROCESSES

- Storm Surge
- Waves
- Tides
- Sea Level Change
- Sediment Transport



## GEOLOGICAL SETTING

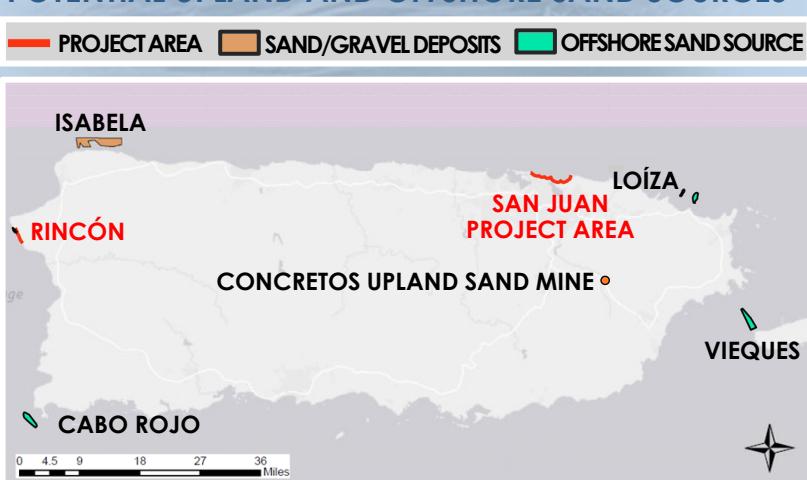
- Offshore Reef
- Rocky Headlands
- Sandy Beach Embayments
- Sediment (Sand) Supply



## EXISTING ARMOR

- Revetments
- Breakwaters
- Groins
- Seawalls

## POTENTIAL UPLAND AND OFFSHORE SAND SOURCES



## ENGINEERING AND ECONOMIC MODELS WORKING TOGETHER (INPUT AND OUTPUT DATA)

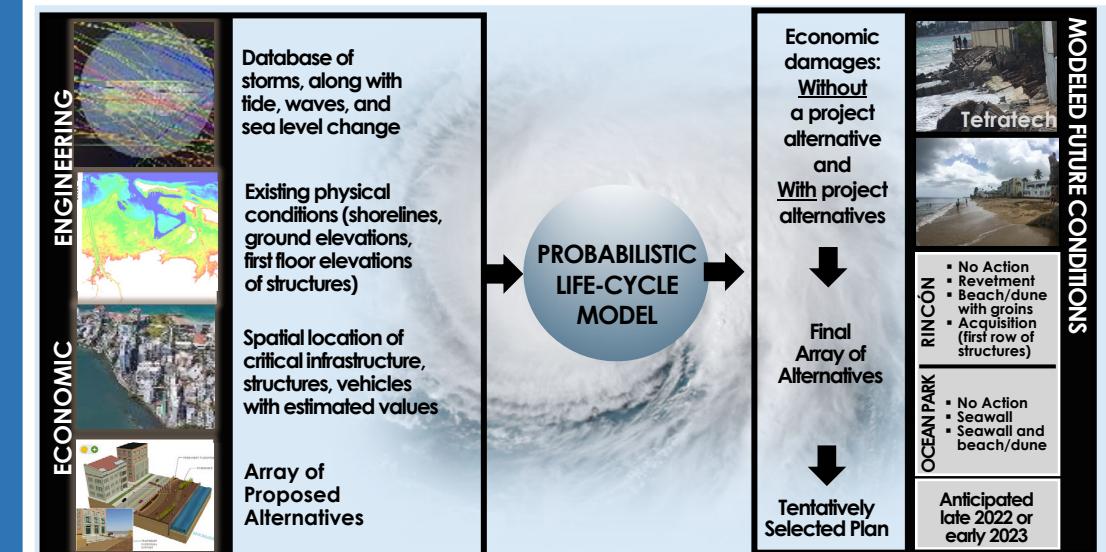
Probabilistic life-cycle models were used to evaluate the interaction between the driving forces (storms) and economic assets (infrastructure) over the 50-year period of analysis:

- Beach-fx: estimates damages to property and structures primarily as a result of erosion from coastal storms
- G2CRM: estimates damages to inland property, structures, and vehicles as a result of coastal flooding from coastal storms



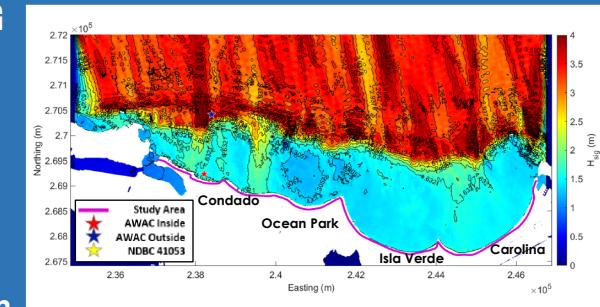
Tetratech

This schematic shows the conceptual modeling inputs and outputs for both models:



## ENGINEERING HYDRODYNAMIC MODELING

Hydrodynamic modeling is used to evaluate impacts from storms in the study area (e.g., from tidal, wave, and sea level changes) to determine conditions without a project and with alternatives in place (example to the right: a heat map from a wave model illustrating significant wave heights from nor'easters during the spring of 2015).



FUNWAVE from Malej et al., 2020 (ERDC)

## ACCOUNTING OF COMPREHENSIVE BENEFITS



ENVIRONMENTAL QUALITY (EQ)

Displays changes in the monetary value of the damages prevented with a project.  
Examples:  
Project Benefits – Project Cost = Net Benefits\*  
and Benefit/Cost Ratio (BCR) > 1  
\* Recreation benefits are included after a BCR of 0.5 from primary (storm damages) is achieved.

Displays nonmonetary effects on significant natural and cultural resources.  
Examples: Potential effects such as habitat created.



USFWS REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT (RED)



USFWS OTHER SOCIAL EFFECTS (OSE)

Registers changes in the distribution of regional economic activity.  
Examples: Tourism income and jobs.

Registers plan effects from perspectives that are relevant to the planning process but are not relevant in the other three accounts.  
Examples: Life safety, resilience.

# PUERTO RICO COASTAL STUDY

