

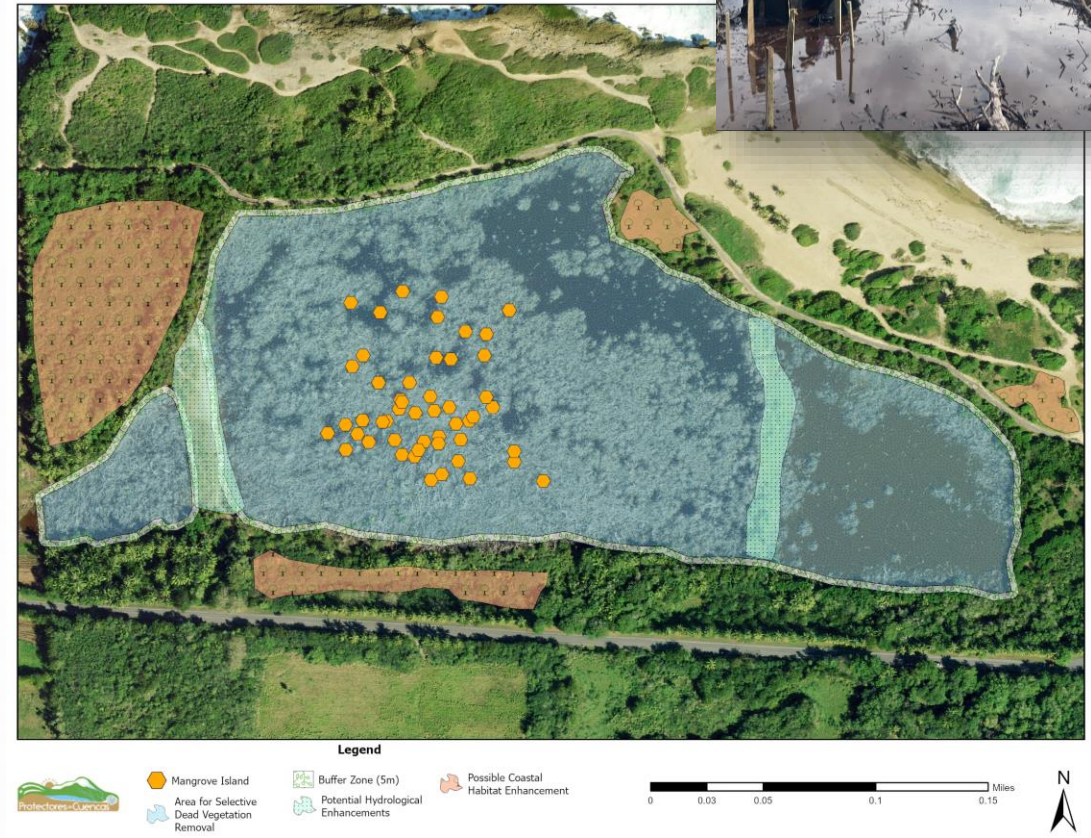
Foro: Infraestructura Verde



Infraestructura Verde: de la reacción a la resiliencia

Las soluciones basadas en la naturaleza son una herramienta fundamental para aumentar la resiliencia costera y reducir riesgos de manera sostenible.

- Trabajan con los procesos naturales en lugar de intentar reemplazarlos.
- Pueden reducir erosión, inundaciones y escorrentías.
- Generan beneficios ambientales, sociales y económicos.
- En muchos casos complementan o reducen la necesidad de estructuras rígidas.



Del concepto a la acción: proyectos impulsados por el PMZC

Ejemplos

- 🌿 Jardines de lluvia y control de escorrentías en Piñones, Loíza.
- 🌿 Restauración de humedales y lagunas costeras en Lajas y Cabo Rojo.
- 🌿 Restauración de costa y humedales en Punta Tuna, Maunabo.
- 🌿 Restauración de manglares en Jobos, Isabela.
- 🌿 Estabilización de accesos y manejo de escorrentías en Luquillo y Culebra.
- 🌿 Restauración y protección de dunas mediante colaboración con Vida Marina-UPR Aguadilla.

Proyectos basados en la naturaleza

La Oficina del Programa de Manejo de Zona Costanera promueve el diseño e implementación de proyectos de infraestructura verde o basados en la naturaleza para mitigar erosión costera, inundaciones costeras y el manejo de escorrentías en los municipios costeros, mediante la subvención de fondos federales de NOAA.

La disponibilidad de fondos se publican a través de la página del DRNA y las redes sociales.

El pasado año habían disponibles **\$250,000**

MEDIOAMBIENTE

DEPARTAMENTO DE
RECURSOS NATURALES
Y AMBIENTALES

DRNA

GOBIERNO DE PUERTO RICO

Presentation last saved: Just now

INICIO SOBRE NOSOTROS OFICINAS SERVICIOS NOTICIAS DOCUMENTOS CONVOCATORIAS DE EMPLEO

Solicitud de propuestas: Proyectos de Infraestructura Verde
Home > Avisos > Solicitud de Propuestas > Solicitud de propuestas: Proyectos de Infraestructura Verde

25 Sep Solicitud de propuestas: Proyectos de Infraestructura Verde

Posted at 10:23h in Solicitud de Propuestas · 0 Comments · 0 Likes · Share



Priorizando soluciones que trabajan con la naturaleza

Las soluciones basadas en la naturaleza deben evaluarse como alternativa prioritaria cuando las condiciones del lugar lo permitan.

Pueden atender múltiples retos simultáneamente: erosión, inundaciones, escorrentías y degradación de ecosistemas.

Frecuentemente generan beneficios adicionales para las comunidades, la recreación y los recursos naturales.

El PMZC, el DRNA y las agencias que componen la JIMP promueven su consideración e implementación cuando resultan técnica, ambiental y económicamente viables.

La selección de alternativas debe basarse en la mejor información científica disponible y en las condiciones específicas de cada lugar.

Infraestructura verde para una costa resiliente

Erosión, estabilización y restauración costera en Puerto Rico

Dr. Robert J. Mayer, Ph.D., CERP

Director, Vida Marina · Departamento de Ciencias Naturales · UPR Aguadilla



Los retos que enfrentamos en nuestro trabajo

Los principales retos son presiones humanas directas sobre las dunas y playas, sumadas a la falta de fondos para restaurar:



Construcciones muy cercanas a la línea de costa



Tráfico de vehículos en las dunas y las playas



Tránsito de personas sobre la vegetación, que abre brechas en la duna



Corte de vegetación de duna para controlar plagas por la acumulación de basura



Robo de arena y plantas invasivas



Personas que acampan sobre la duna



Daño a las barreras de acumulación de arena



Escasez de fondos para subvencionar proyectos de restauración



Soluciones que funcionan

Las soluciones más efectivas combinan el manejo del acceso humano, la captación natural de arena y la participación de la comunidad. En Puerto Rico, Vida Marina las ha aplicado con éxito a lo largo de la costa norte:



Redirigir la circulación

Reorientar el paso de las personas dentro de la duna.



Barreras captadoras de arena

Estructuras que promueven la acumulación natural de arena.



Verjas de exclusión

Impiden el paso de vehículos y caballos a la duna.



Paseos de madera

Sacan el tránsito peatonal de las zonas sensibles.



Rotulación interpretativa

Señalización con información educativa en el sitio.



Charlas y comunidad

Reuniones y educación para las comunidades.

Vida Marina ha aplicado estas soluciones en más de 50 millas de costa norte, con 260.73 acres restaurados y 21,372 árboles sembrados.



Principales Retos-Miguel Viqueira, PDC:

- **Tasas aceleradas de erosión por aumento en el nivel del mar y marejadas ciclónicas**
- **Antropización desmedida**
 - **construcciones de infraestructura gris rígida que interrumpen el movimiento natural de arena y profundiza la pérdida de playas**
- **Degradación de las defensas naturales**
 - **pérdida de dunas**
 - **destrucción de vegetación nativa**
 - **deforestación de manglares y bosques costeros**
 - **pérdida o degradación de arrecifes de coral y praderas de yerbas marinas**
 - **degradación de humedales y lagunas**
- **Inundaciones costeras recurrentes**
- **Trabas administrativas o retos para ejecutar fondos de mitigación o identificar fuentes sostenibles**



Soluciones efectivas para atender los retos

- Proteger Barreras Naturales
- Restauración de hábitats acuáticos y costeros
- Soluciones Basadas en la Naturaleza
 - Infraestructura Verde o híbrida
- Mejores Prácticas de Manejo (BMP's)
 - Disipación de energía
 - retención de sedimentos
 - mitigación de inundaciones
 - Proteger atractivos económicos



Experiencia relevante

- Desde el 2012 Protectores de Cuencas ha completado proyectos con componentes de delimitaciones ecológicas, paseos tablados y construcción de estacionamientos permeables a través de todo P.R.
- Durante estos proyectos se fomenta la participación comunitaria para asegurar que la implementación sea exitosa.

Jardín Pluvial, Culebra, PR



Proyecto: Acuerdo de Co-manejo entre el DRNA y PDC para el Bosque Estatal Seco de Guánica



- Promover mayor participación comunitaria en el manejo de sus recursos naturales
- Mejorar y rehabilitar áreas recreacionales
- Promover el Desarrollo socio-económico de la región
- Promover un sentido de pertenencia en las personas que viven cerca del bosque y sus recursos costeros
- Implementar campañas educativas para reducir vandalismo y actos ilegales
- Identificar fuentes sustentables de fondos para el manejo y mantenimiento de los recursos costeros



Mejoras al acceso público y restauración costera, Playa Jaboncillo, Guánica, PR

Tablado y Estabilización Costera,PR-250, Culebra, PR



[illegible]

GRAPHIC SCALE

5 0 5 10 15 20

SCALE: 1=400



742 PROLONGACION PAZ
SANTURCE, PR 00907
P.O. BOX 9024157
SAN JUAN, PR 00902-4157 USA

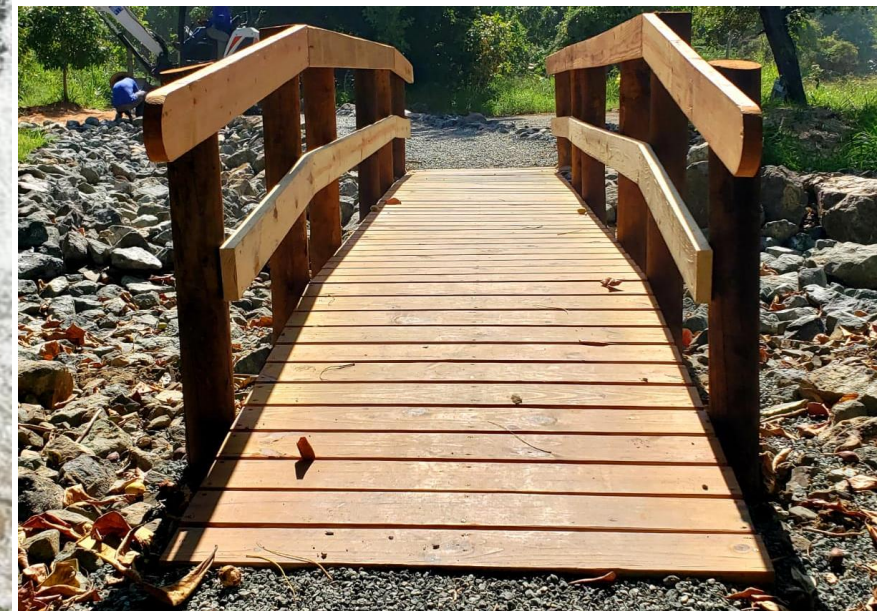
SHEET TITLE		DWG. NO.	
SITE PLAN (2 OF 2)		C-004	
DRAWN BY: JSS, JDM	C.I.P. No.: 2-73-9001		
DESIGNED BY: JDM	PSWD		
REVISION BY: JDM	SCALE: AS SHOWN		
SUBMITTED BY: G.M. ENGINEERING GROUP	DATE: OCT/07/2022		
	FILE:		

Mejoras al acceso público y restauración costera, Playa Marías, Rincón, PR





**Mejoras al acceso público y
restauración costera, Playa Marías,
Rincón, PR**

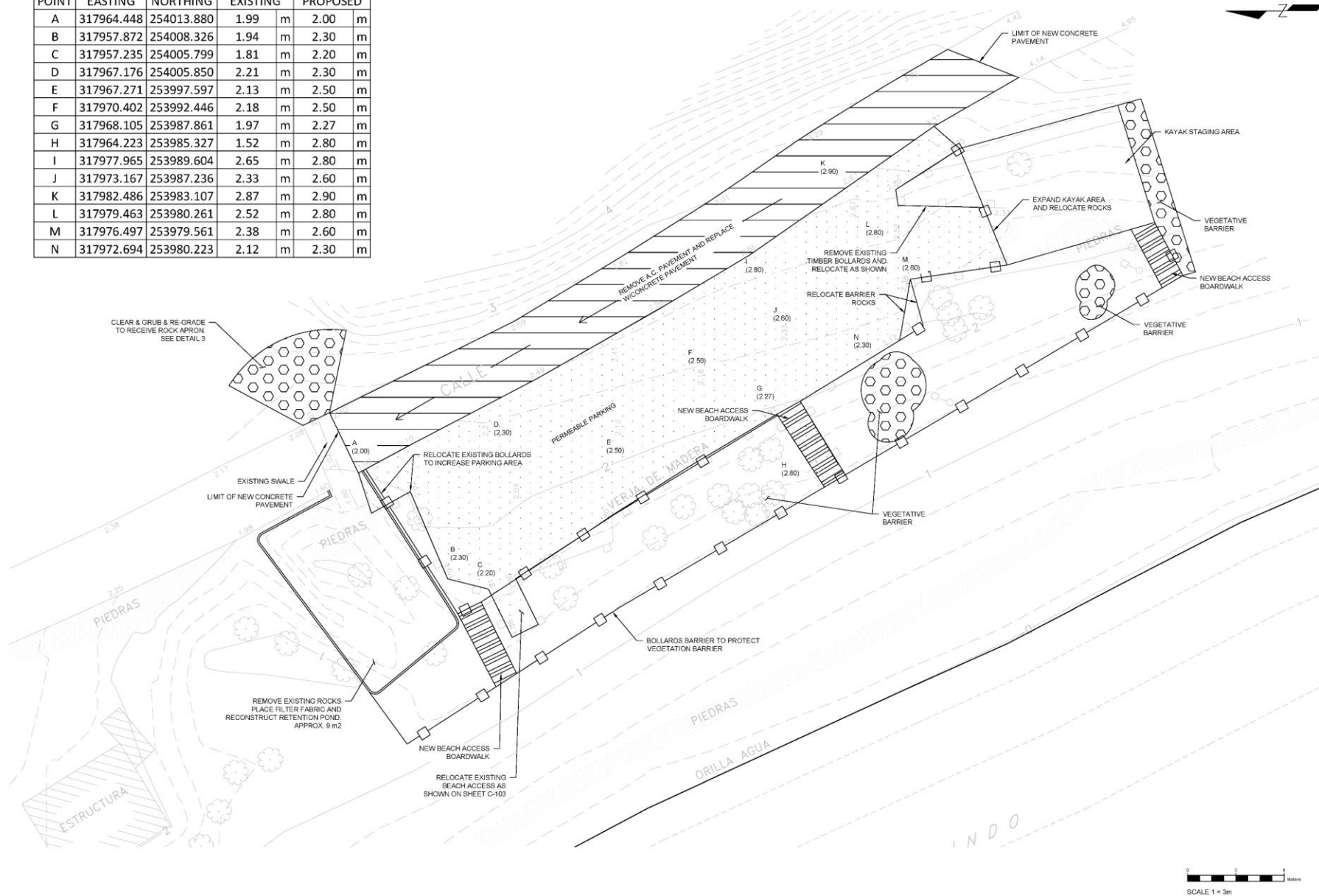


Mejoras al acceso público y restauración costera, Playa Marías, Rincón, PR



Diseño para Playa Tamarindo, Culebra, PR

POINT	EASTING	NORTHING	EXISTING	PROPOSED
A	317964.448	254013.880	1.99 m	2.00 m
B	317957.872	254008.326	1.94 m	2.30 m
C	317957.235	254005.799	1.81 m	2.20 m
D	317967.176	254005.850	2.21 m	2.30 m
E	317967.271	253997.597	2.13 m	2.50 m
F	317970.402	253992.446	2.18 m	2.50 m
G	317968.105	253987.861	1.97 m	2.27 m
H	317964.223	253985.327	1.52 m	2.80 m
I	317977.965	253989.604	2.65 m	2.80 m
J	317973.167	253987.236	2.33 m	2.60 m
K	317982.486	253983.107	2.87 m	2.90 m
L	317979.463	253980.261	2.52 m	2.80 m
M	317976.497	253979.561	2.38 m	2.60 m
N	317972.694	253980.223	2.12 m	2.30 m



SCALE 1 = 3m

TETRA TECH



PROTECTORES DE CUENCAS
3-89 CALLE COMERCIO

[illegible]

TAMARINDO BEACH
CULEBRA, PR

PROJ:	
DESN:	F. PAGES
DRWN:	K. SANABRIA
CHKD:	

C-102

Delimitación ecológica, siembra y construcción de estacionamiento permeable, Playa Tamarindo, Culebra, PR



Delimitación ecológica, siembra y construcción de estacionamiento permeable, Playa Tamarindo, Culebra, PR





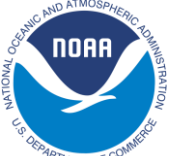
Estacionamiento permeable en el Corredor Ecológico del Noreste

Mejoras al acceso público y restauración costera, Playa Dátiles, Culebra, PR



Miguel Viqueira - Protectores de Cuencas
Medidas Híbridas o de Ingeniería

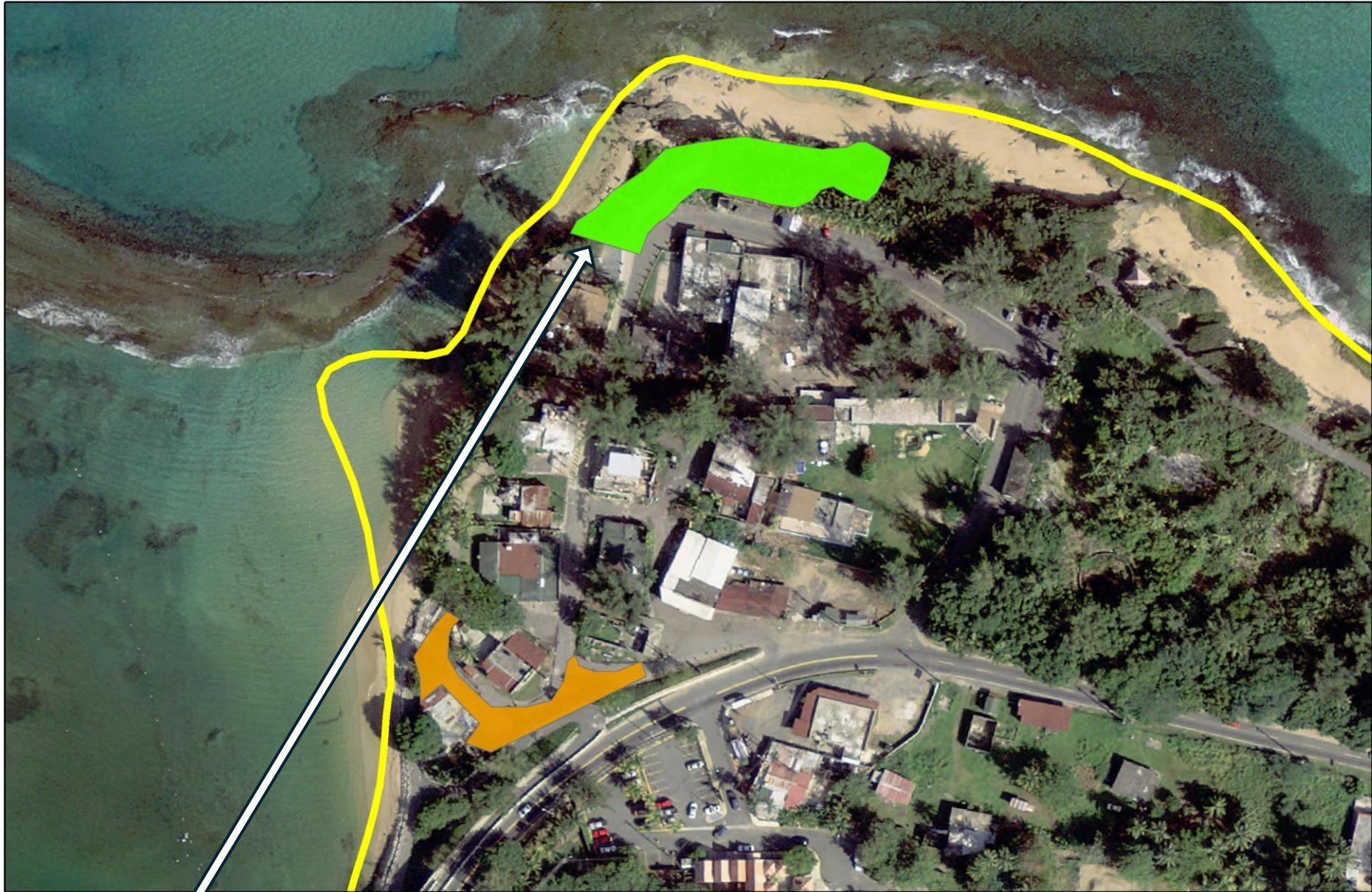
Expandiendo el mejoramiento de infraestructura verde y mejoramiento de hábitat costero en Loiza, P.R.



Componentes del Proyecto en Boca de Cangrejos

- Fase de planificación y visitas al sitio
- Análisis espacial e hidrológico.
- Cumplimiento ambiental y preparación de diseño preliminar
- Orientación a la comunidad sobre el proyecto.
- Preparación de diseño final y cumplimiento ambiental final
- Implementación de mejores prácticas de manejo
 - Implementación de infraestructura verde
 - Delimitación de acceso público
 - Siembra de plantas y árboles nativos
- Capacitación sobre el mantenimiento de las mejores prácticas de manejo implementadas





Legend

-  Municipality of Loíza
-  Proposed Engineering with Nature and Green Infrastructure Implementation Area
-  Previous Green Infrastructure Implementation

0 0.01 0.02 0.04 0.06 0.08 Miles

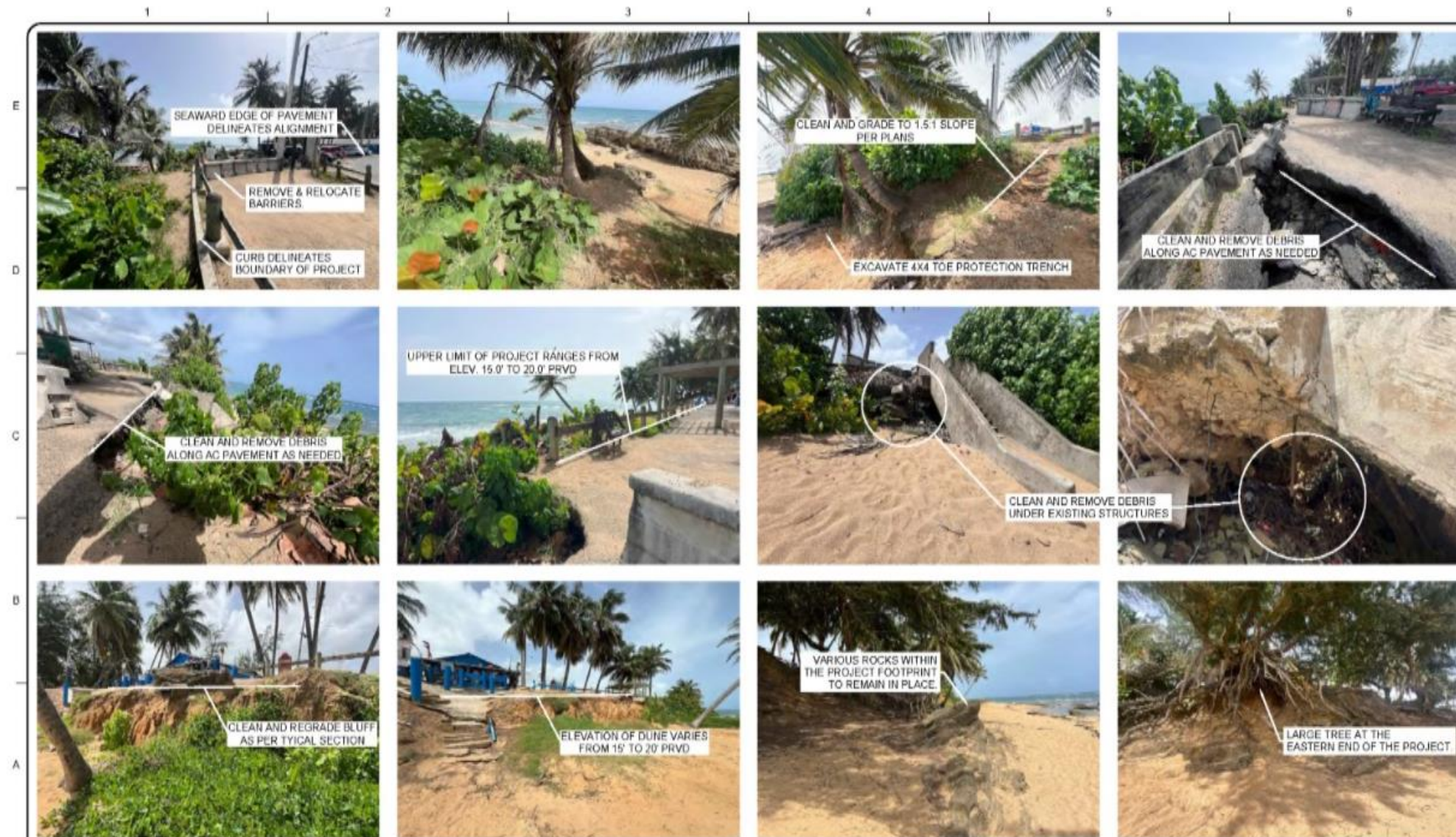


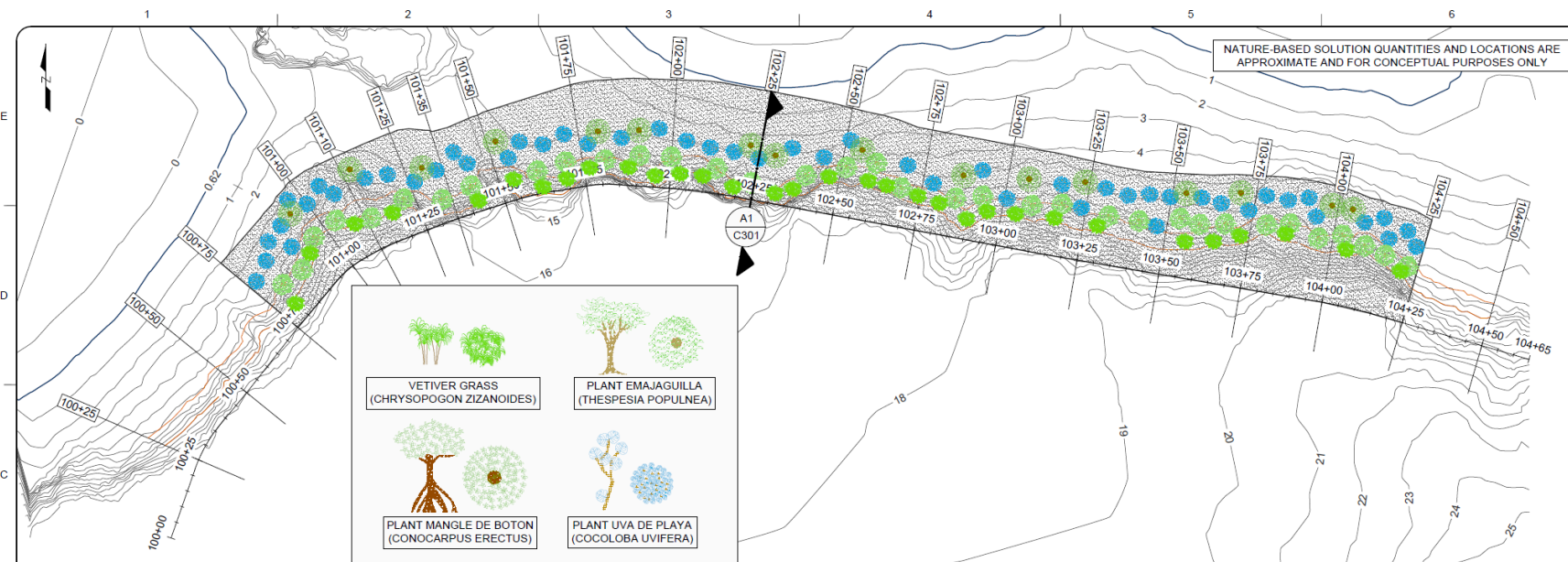
Condiciones de erosión previas a implementación



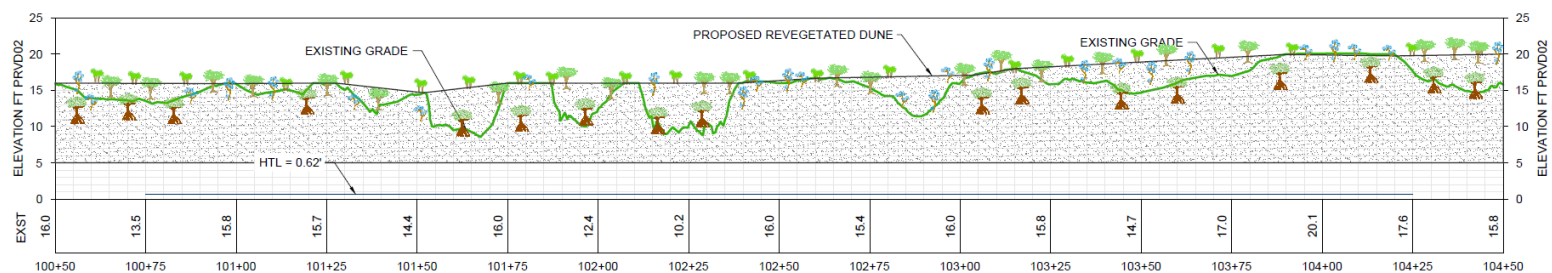
Condiciones de vegetación previa a implementación



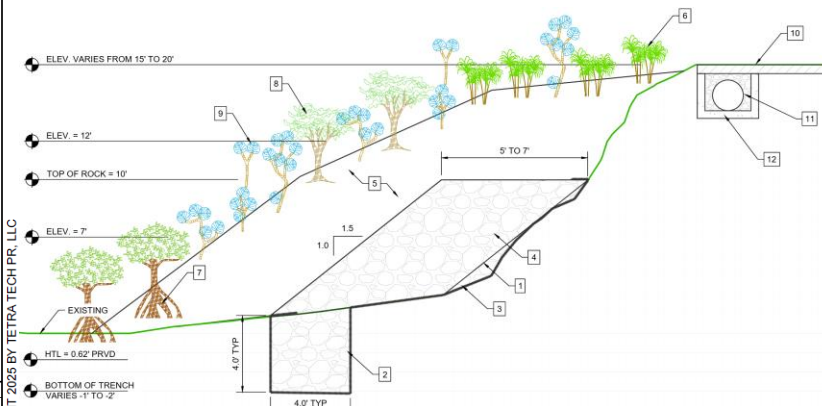
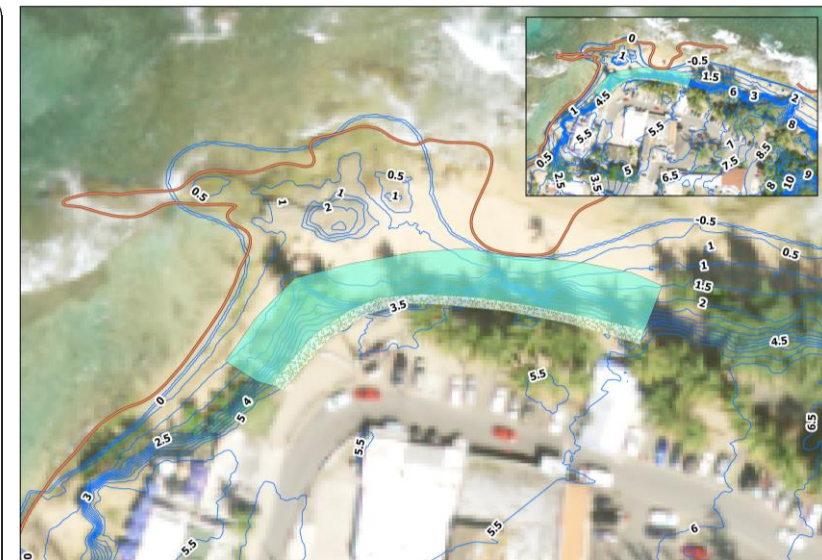
[illegible]



C1
C211 PROPOSED REVEGETATION AND NATURE-BASED SOLUTION - PLAN VIEW
SCALE: 1" = 30'



A1
C211 PROPOSED REVEGETATION AND NATURE-BASED SOLUTION - PROFILE VIEW
SCALE: 1" = 30'



COPYRIGHT 2025 BY TETRA TECH PR, LLC

PROJ: T44487

DESIGN: FP

DRWN: JE, CC

CHKD: FP, NM

PROTECTORES DE CUENCAS

BLUFF STABILIZATION AND REVEGETATION

PUNTA CANGREJOS, LOIZA, PR

PROPOSED NATURE-BASED

SOLUTION

C211

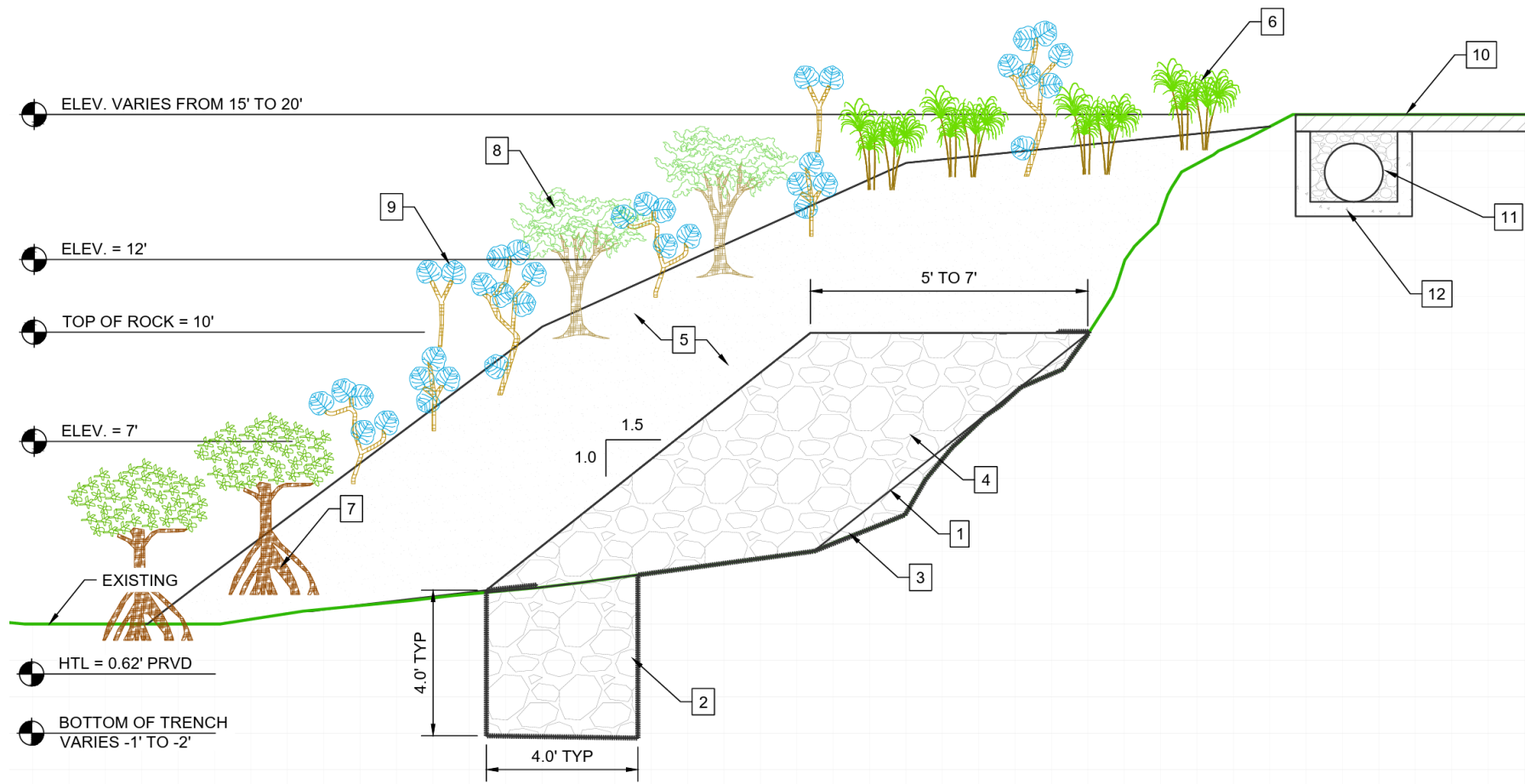
TETRA TECH
TETRA TECH PR, LLC
90 CARR 165 SUITE 305
GUAYNABO, PR 00968
WWW.TETRA TECH.COM

YO, FERNANDO PAGES RANGEL, 1983, CERTIFICO QUE SOY EL PROFESIONAL QUE CONFECCIONO, DISEÑO Y PREPARO ESTOS PLANOS Y LAS ESPECIFICACIONES COMPLEMENTARIAS. TAMBIEN CERTIFICO QUE ENTENDI QUE DICHS PLANOS Y ESPECIFICACIONES CUMPLEN CON LAS DISPOSICIONES APLICABLES DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCION Y LAS DISPOSICIONES APLICABLES DE LOS REGLAMENTOS Y CODIGOS DE CONSTRUCCION VIGENTES EN LAS AGENCIAS, JUNTAS REGLAMENTADORAS O CORPORACIONES PUBLICAS CON JURISDICCION. CERTIFICO, ASIMISMO, QUE EN LA PREPARACION DE ESTOS PLANOS Y ESPECIFICACIONES SE HA CUMPLIDO CABALMENTE CON LO DISPUESTO EN LA LEY PARA LA INVERSION POR LA INDUSTRIA PUERTORRIQUEÑA Y CON LA LEY NUM. 15 DE MAYO DE 1938, SEGUN ENMIENDADA, LEY NUM. 86 DE 6 DE JULIO DE 1976, SEGUN ENMIENDADA, SEGUN APLICAR, RECONOCIENDO QUE CUALQUIER DECLARACION FALSA O FALSIFICACION DE LOS HECHOS QUE SE HAYA PRODUCIDO POR DESCONOCIMIENTO O POR NEGLIGENCIA YA SEA POR MI, MIS AGENTES O EMPLEADOS, O POR TERCERAS PERSONAS POR MI INTERMEDIARIO, ME HARAN RESPONSABLE EN LA LEY.



MARK	DATE	DESCRIPTION	BY
01	25/03/08	PERMIT APPLICATION	CC
02	25/03/11	INTERNAL QA/QC REVIEW	JE
03	25/03/11	PERMIT APPLICATION	JE

Diseño tomando en consideración la topografía



- PROPOSED TYPICAL CROSS SECTION WITH NATURE-BASED SOLUTION
1. CLEAN AND GRUB VEGETATION WITHIN THE PROJECT FOOTPRINT AND GRADE TO 1.5 H TO 1.0 V
 2. EXCAVATE 4.0' X 4.0' TOE PROTECTION TRENCH.
 3. INSTALL FILTER FABRIC FROM ELEV. 0.5' TO 10.0' AND AROUND THE SCOUR PROTECTION TRENCH.
 4. INSTALL ROCK STABLIZATION AND PROTECTION RANGING FROM 12" TO 24" DIAMETER ON THE 1.5:1 SLOPE.
 5. FILL ROCK VOIDS WITH SARGASSUM AND ORGANIC SOIL MIX AT A MINIMUM COVERAGE OF 24". REVEGETATE WITH NATIVE COASTAL SPECIES AS DESCRIBED BELOW.
 6. PLANT VETIVER GRASS (*CHRYSOPOGON ZIZANOIDES*) FROM TOP OF BLUFF TO ELEV. 12.0'
 7. PLANT MANGLE DE BOTON (*CONOCARPUS ERECTUS*) FROM ELEV. 0.5 TO 7.0
 8. PLANT EMAJAGUILLA (*THESPIESIA POPULNEA*) FROM ELEV. 7.0 TO 12.0
 9. PLANT UVA DE PLAYA (*COCOLOBA UVIFERA*) FROM ELEV. 7.0 TO THE TOP OF DUNE.
 10. AV PAVEMENT REPAIR BY PRD TOP
 11. 24" PERFORATTED HDPE PIPE BY OTHERS NOT IN CONTRACT
 12. 6" THICK REINFORATTED CONCRETE TRENCH WITH 3' X' 3' FRENCH DRAIN. BACKFILL WITH GRAVEL. BY OTHERS NOT IN CONTRACT

Diseño tomando en consideración la topografía

Proyecto previo en el área

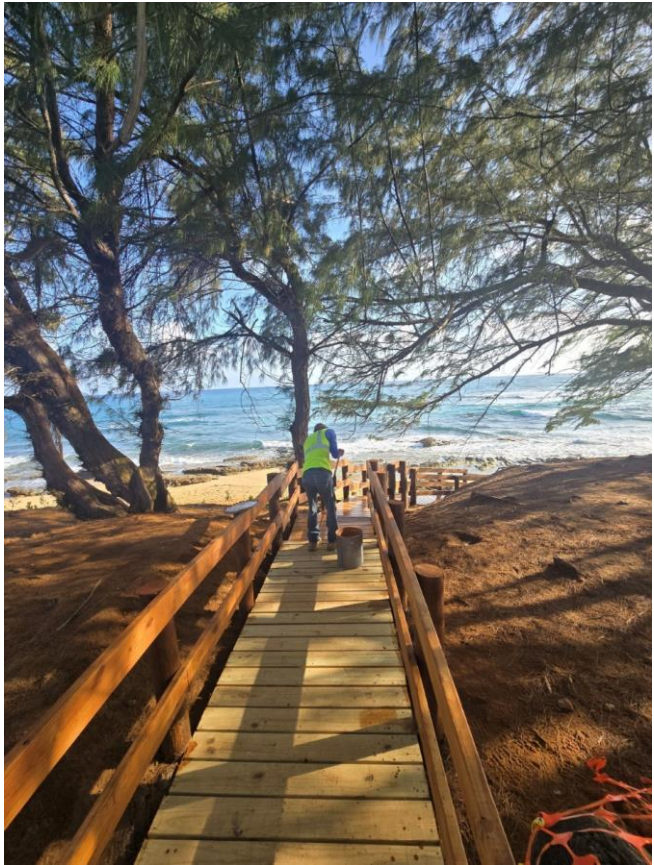
- Jardín Pluvial y Delimitación Ecológica en Boca de Cangrejos



Expandiendo el mejoramiento de infraestructura verde y mejoramiento de hábitat costero en Loiza, P.R.



Expandiendo el mejoramiento de infraestructura verde y mejoramiento de hábitat costero en Loiza, P.R.



Proyecto de Estabilización Costera, Bosque Seco de Guánica







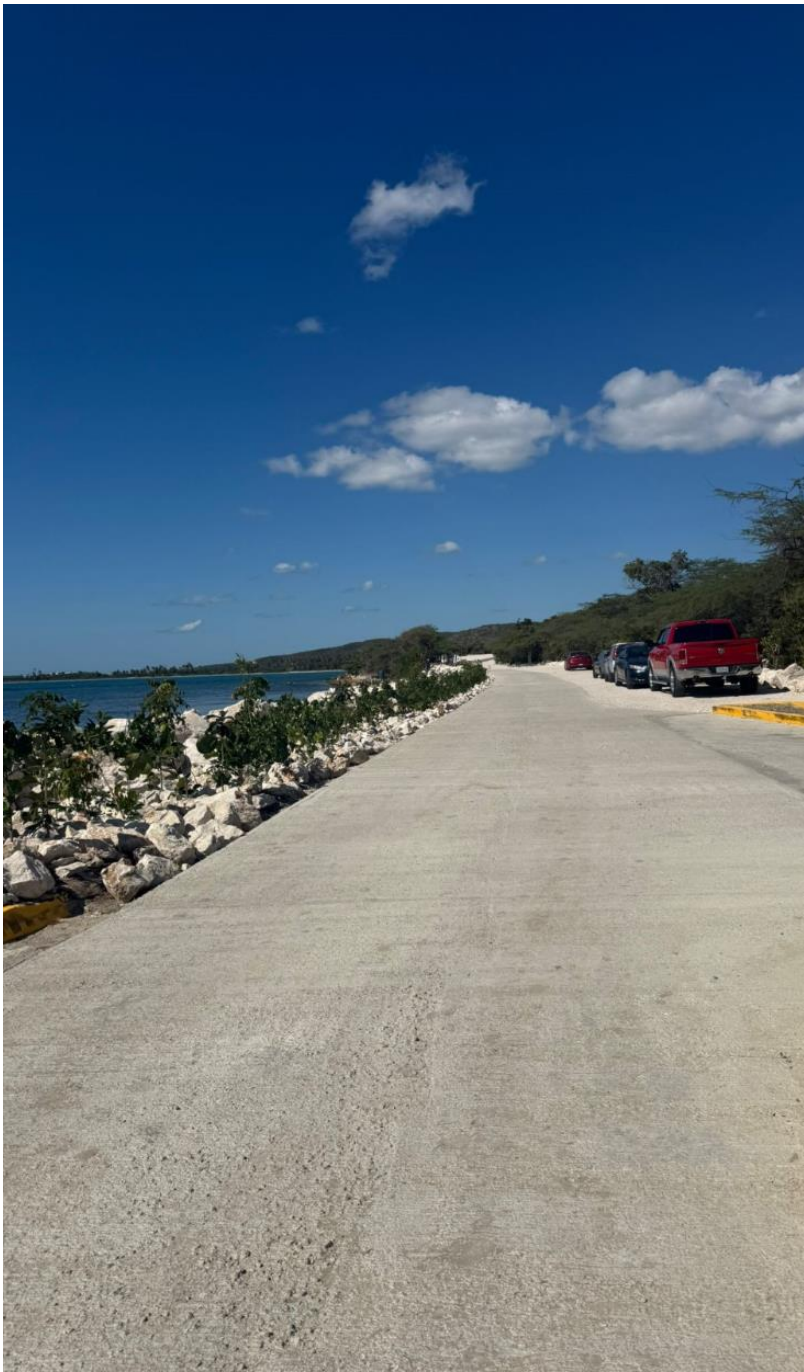
Figure 2. A map of the project site and the proposed project design for the restoration of road PR-333 in Tamarindo, Guánica.



Infraestructura Híbrida

Playa Tamarindo, Guánica





COASTAL RESTORATION AT TAMARINDO BEACH GUÁNICA DRY FOREST, PUERTO RICO



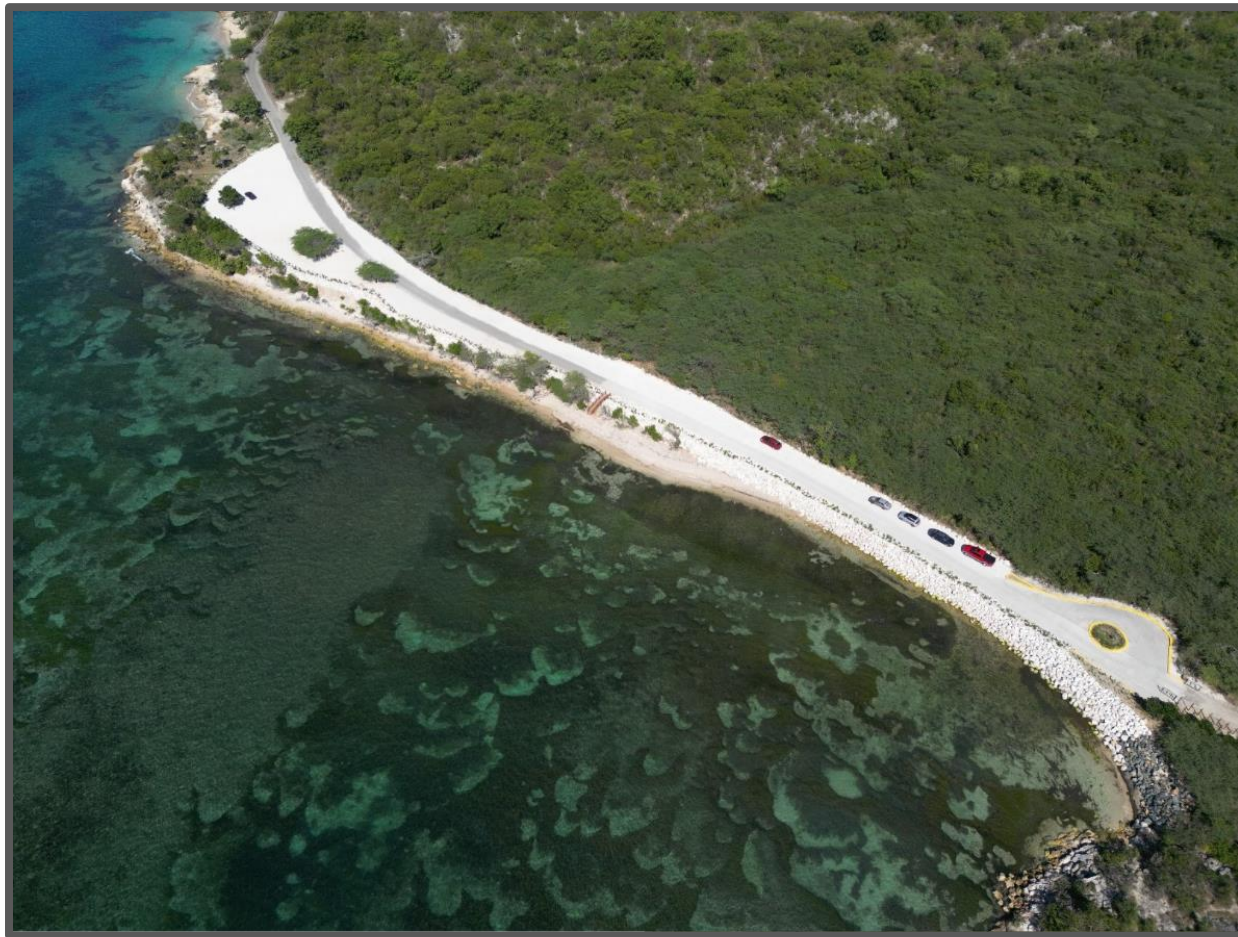
Paseos Tablados en Playa Tamarindo, Guánica

- Acceso público
- Reducción de impactos
- Protección de hábitat crítico



Engineering with Nature along PR-333 in Guánica, Puerto Rico

¡Gracias!



MiguelViqueira
mviqueira@pdcpr.org
www.protectoresdecuencas.org



Dr. Robert J. Mayer, Ph.D., CERP

BENEFICIO PARA LOS MUNICIPIOS

Cómo reduce el gasto municipal

La infraestructura verde le ahorra dinero al municipio: evita los daños costosos de marejada e inundación, rinde mucho más por cada dólar invertido que las obras de concreto, y exige menos mantenimiento. En Vida Marina, además, buena parte del trabajo se realiza con apoyo comunitario y voluntario (más de 14,000 horas documentadas), lo que multiplica la capacidad del municipio a bajo costo.



\$184 M

en daños evitados cada año por los arrecifes de PR
(USGS)

7 : 1

de retorno por cada \$1 invertido en restaurar
humedales y arrecifes (NOAA)

\$767 M

en riesgo adicional si los arrecifes pierden 1 m de
altura (USGS)

Resultados reales en Puerto Rico

Dos proyectos del National Coastal Resilience Fund (NCRF): por cada \$1 invertido devuelven más de \$35 en beneficios, según análisis económico independiente.



Restauración de dunas

NCRF #65768 · NFWF

\$37.23

por cada \$1 (retorno)

\$63.5 M

en beneficios (valor presente)

- 42 sitios en 8.7 millas de costa, en 8 municipios
- 502 acres sembrados; 12 playas de anidaje de tortugas protegidas
- 20 paseos de madera, 5,680 pies de verja y 125 rótulos
- 568 voluntarios · 15,340 horas de trabajo



Restauración de manglares

NCRF #69659 · NFWF

\$35.92

por cada \$1 (retorno)

\$49.3 M

en beneficios (valor presente)

- 260.73 acres restaurados en 4 sitios
- 21,372 árboles sembrados
- Reduce la energía del oleaje 100% y la inundación hasta 33%
- 1,230 voluntarios · 14,780 horas de trabajo

COSTO · RESILIENCIA · MANTENIMIENTO

Ventajas frente a lo tradicional



Costo

Cuestan menos de construir y rinden hasta 7:1; el concreto exige una gran inversión inicial.



Resiliencia

Se auto-reparan y siguen el ritmo del nivel del mar; el concreto se deprecia y agrava la erosión.



Mantenimiento

Requieren poco mantenimiento y se fortalecen con el tiempo; la obra gris se repara tras cada tormenta.

Y aportan más: calidad de agua, hábitat, captura de carbono y turismo.



Vida Marina

Centro de Conservación y Restauración Ecológica · UPR Aguadilla



Diseño y Sostenibilidad

Ernesto Díaz, Regional Manager Tetra Tech Inc.

Hacia una nueva generacion de infraestructura costera



Alinear las ciencias naturales y los procesos de ingeniería para optimizar el funcionamiento de los sistemas y generar beneficios económicos, ambientales y sociales...

Arrecifes de Coral • Playas • Dunas • Humedales • Conservacion • NbS & Hybrid



Secuencia de Peligro, Exposición, Vulnerabilidad, Riesgo



$$\frac{H_s}{\Delta d_{50}} = \begin{cases} c_p P^{0.18} (S_N)^{0.2} \xi_m^{-0.5}, & \text{if } \xi_m < \xi_{cr} \text{ (plunging)} \\ c_s P^{-0.13} (S_N)^{0.2} \xi_m \cot \alpha, & \text{if } \xi_m \geq \xi_{cr} \text{ (surging)} \end{cases}$$

Where:

- H_s : significant wave height (m)
- $\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}$: relative density
- d_{50} : nominal median stone diameter (m)
- c_p, c_s : empirical coefficients
- P : notional permeability factor
- S_N : allowable damage level
- ξ_m : Iribarren (surf similarity) number
- ξ_{cr} : critical Iribarren number separating plunging/surging
- α : slope angle

 CARICOOS



WAVE CLIMATE ATLAS



The Puerto Rico Wave Climate Atlas was funded by the Puerto Rico Department of Natural Resources (through the Puerto Rico Coastal Zone Management Program) and with funds from The Puerto Rico Science, Technology and Research Trust. Administrative, financial and technical support was also provided by UPR Sea Grant and CARICOOS. The Puerto Rico Wave Climate Atlas is a tool to analyze seasonal, interannual and long-term changes in Puerto Rico's wave climate over the 40-year period from 1979-2019 using very high-resolution numerical simulations. These simulations have been validated with CARICOOS buoy data to ensure the atlas accurately captures PR's wave climate. This atlas is meant to serve as a tool for scientists, planners, engineers and other professionals working in Puerto Rico's coastal zone. For technical or data access questions please contact the Principal Investigator Miguel F Canals Silander via email: miguel.f.canals@upr.edu.

MODEL POINT OUTPUT

ACCESS POINT OUTPUT

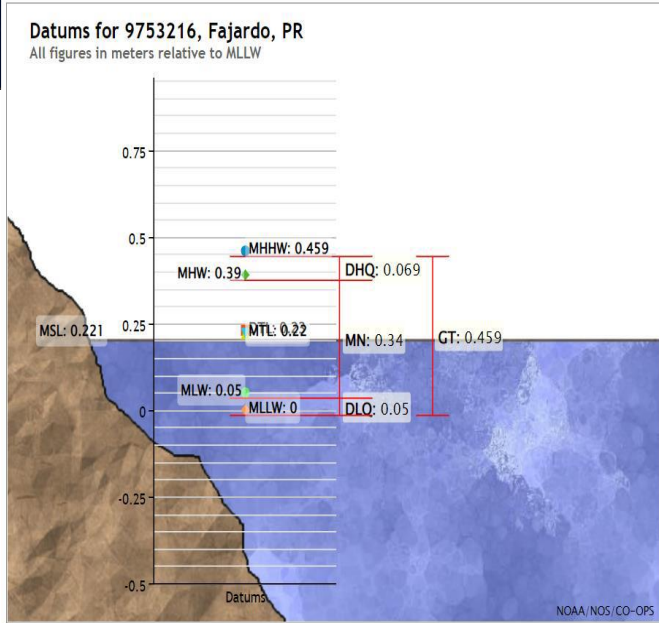
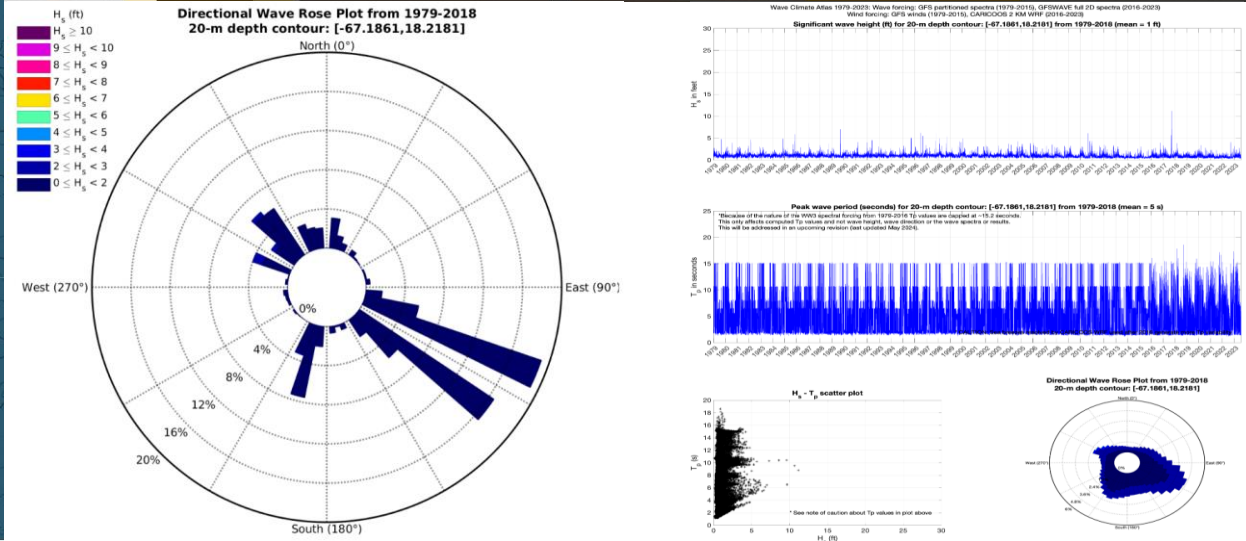
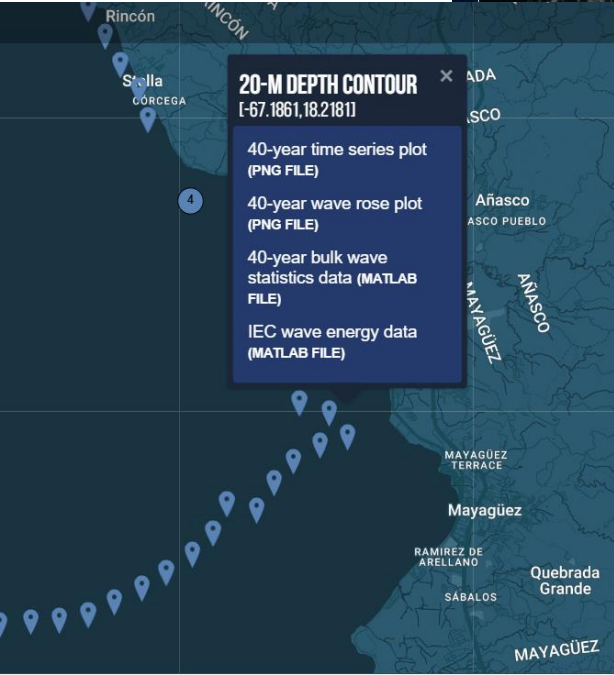
WAVE EVENT VIEWER

ACCESS WAVE EVENT VIEWER

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \alpha}$$

Where:

- W : required armour unit weight (N)
- γ_r : specific weight of armour material (N/m³)
- H : design wave height at the structure toe (m)
- K_D : stability coefficient (dimensionless; depends on armour type and placement)
- $S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_w}$: specific gravity of armourstone
- α : slope angle of the structure (slope = $\cot \alpha$)



Hybrid approaches to coastal protection planning and design

