

Taller: Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en los Municipios Costeros

Auspiciado por el Programa de Planificación Física de la Junta de Planificación

Requisitos de diseño con el código nuevo *PR Building Code 2011* y el modelaje de vientos de CariCOOS

Lugar: Salón A Centro Gubernamental Roberto Sánchez Vilella, Edificio Torre Norte, Piso P
Jueves, 30 de octubre de 2014

Por:

Luis D. Aponte Bermúdez, Ph.D, P.E

Structural and Wind Engineer

Catedrático Asociado - Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura
Universidad de Puerto Rico Mayagüez

Email: luisd.aponte@upr.edu Celular: (787) 217-2957

Agenda

Parte I

- Modelaje de Vientos - CariCOOS

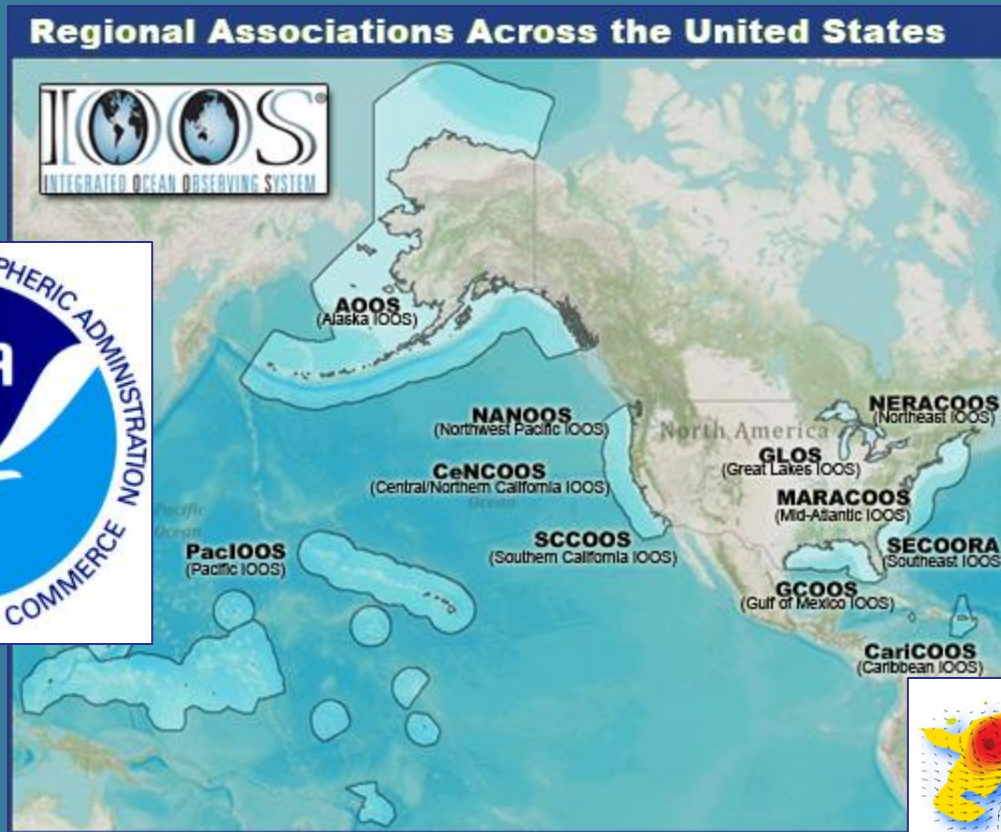
Parte II

- Evolución de Códigos de Edificación en PR
 - Requisitos para Cargas de Vientos
- Escala de Vientos Huracanados Saffir-Simpson
 - Definición de Huracán de Diseño
- Vulnerabilidad a Huracanes en PR

Parte I

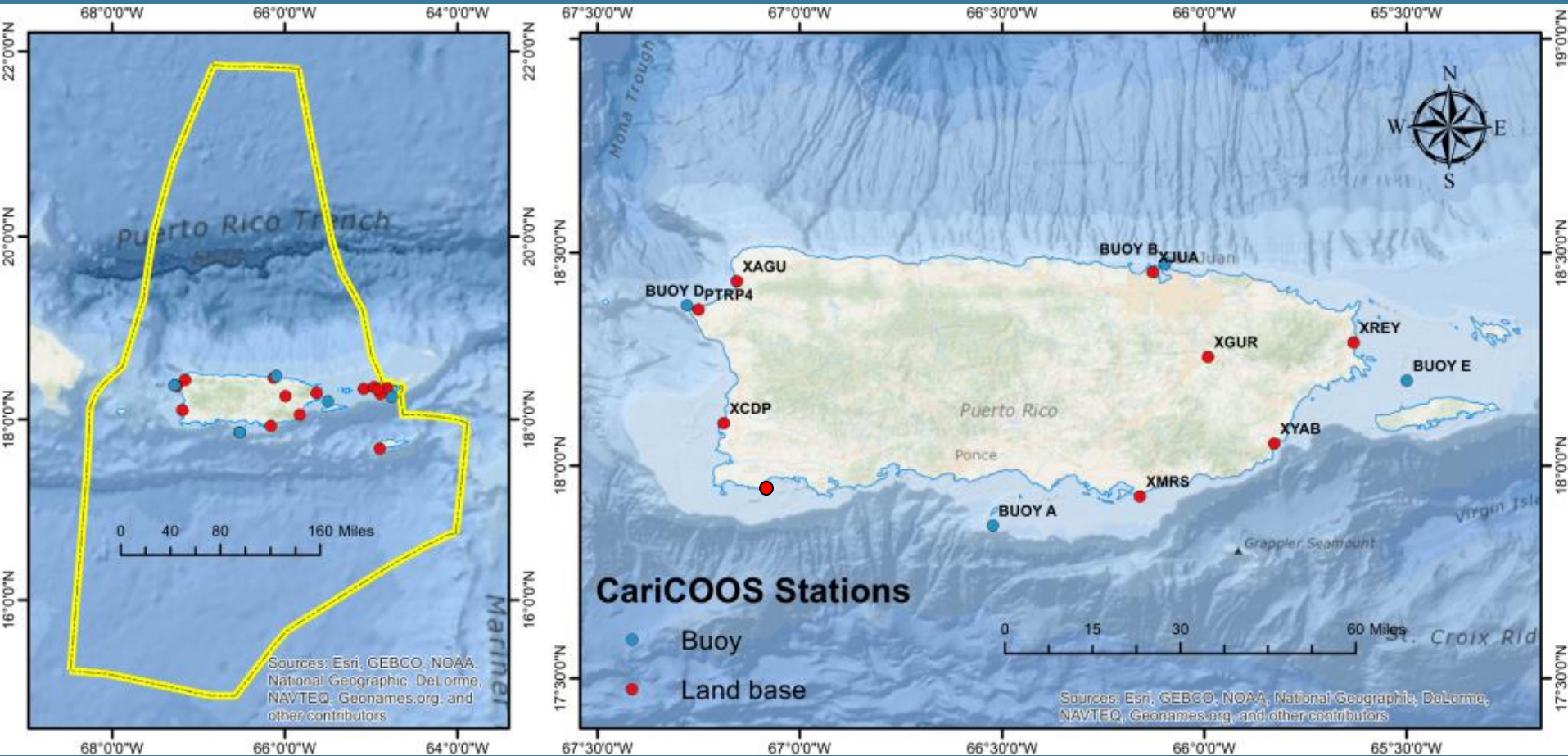
Modelaje de Vientos de CariCOOS

Caribbean Coastal Ocean Observing System

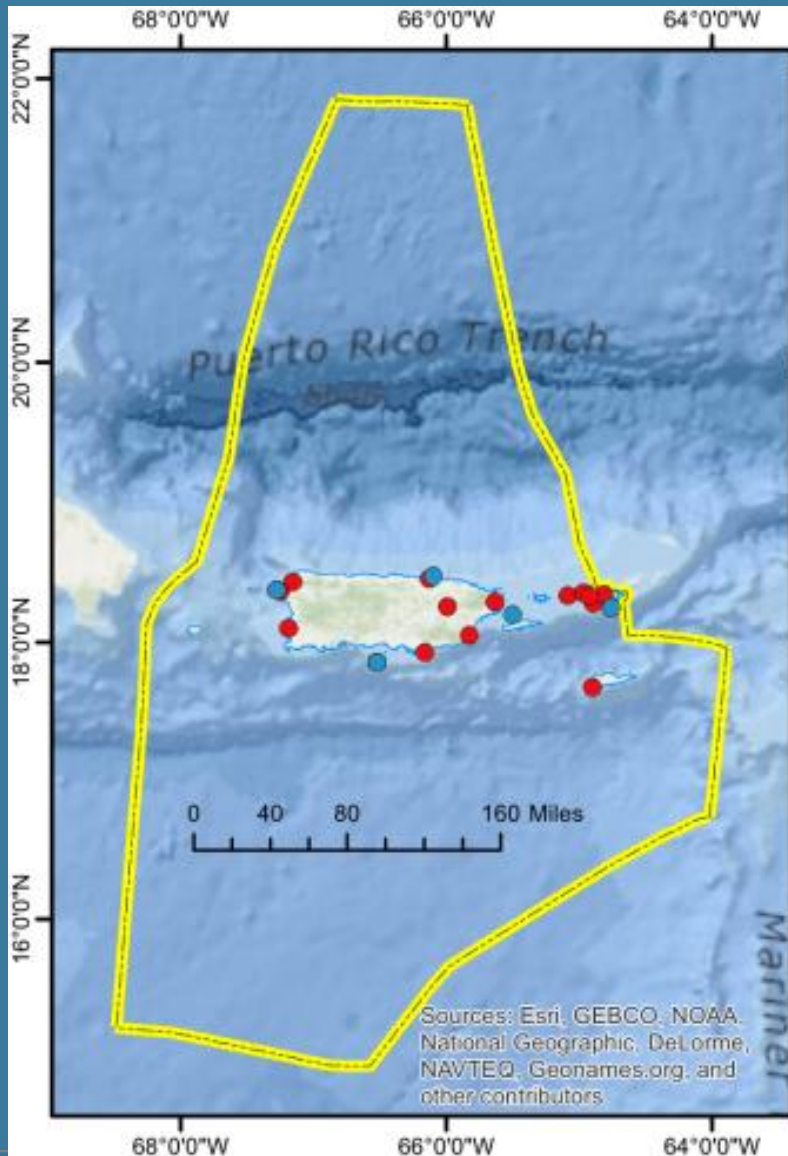


- CariCOOS is one of the eleven regions of the U.S. Integrated Ocean Observing System (IOOS®) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

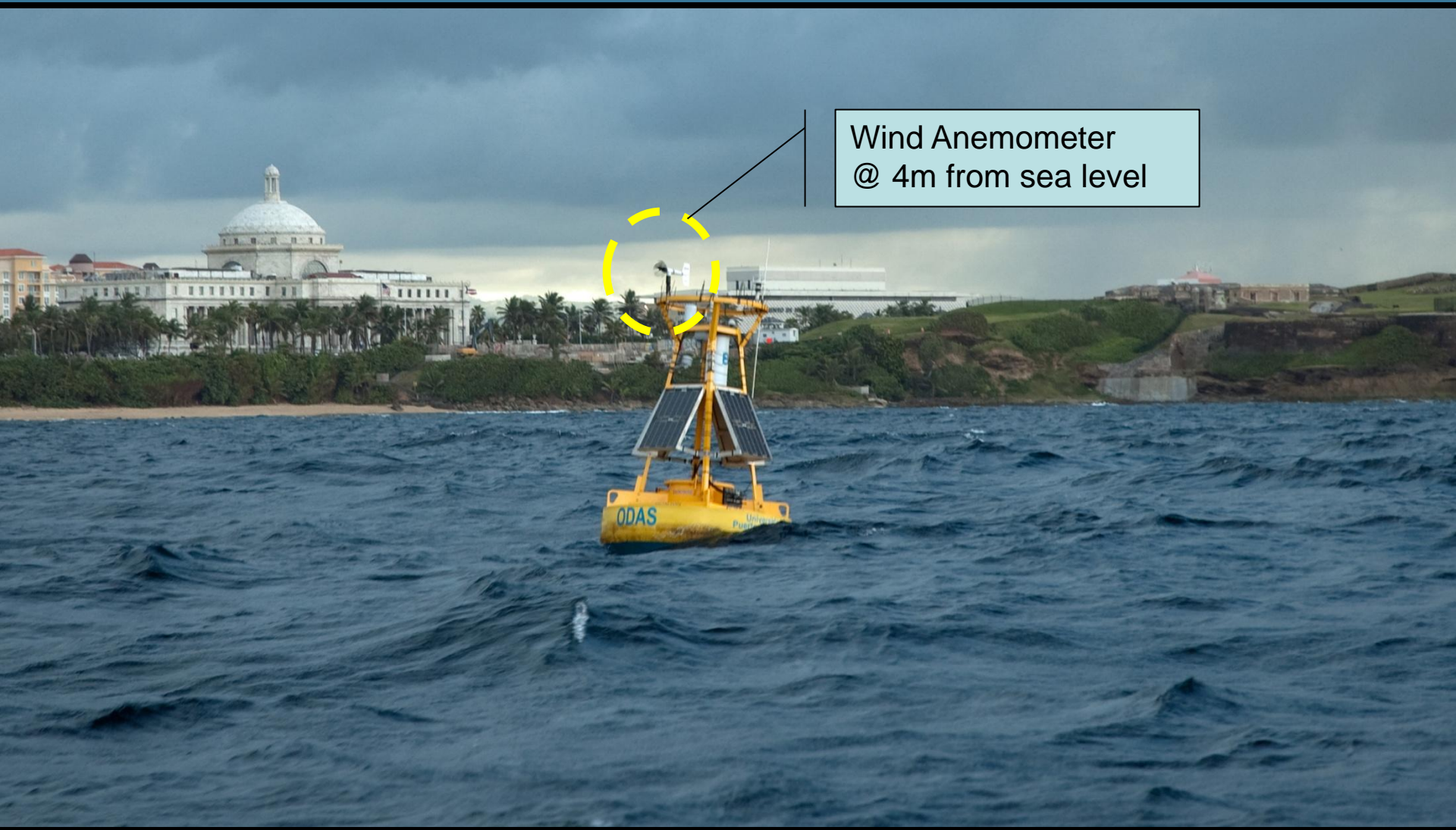
CariCOOS Observing Assets PR



CariCOOS Observing Assets USVI

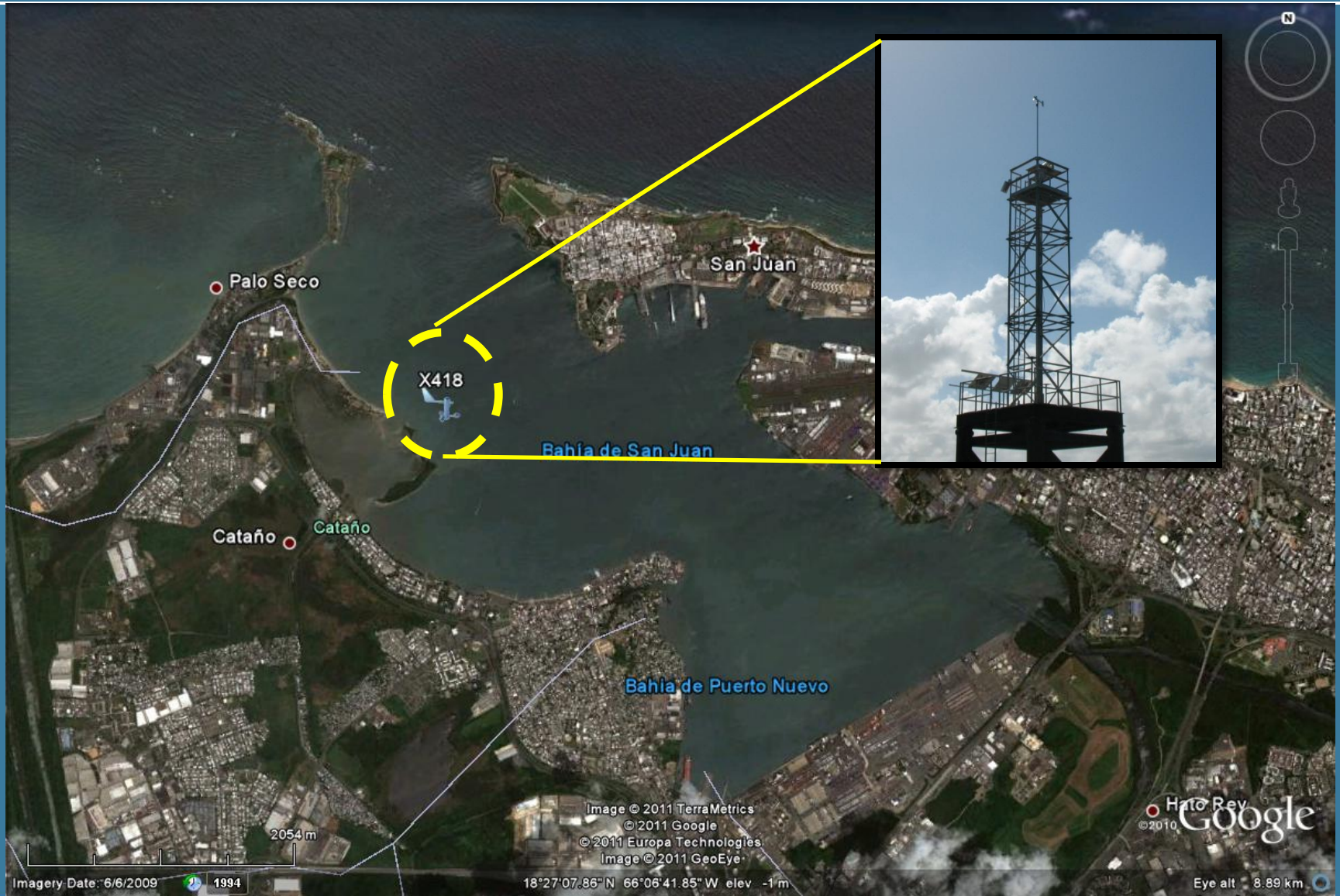


CariCOOS San Juan Buoy – PR2

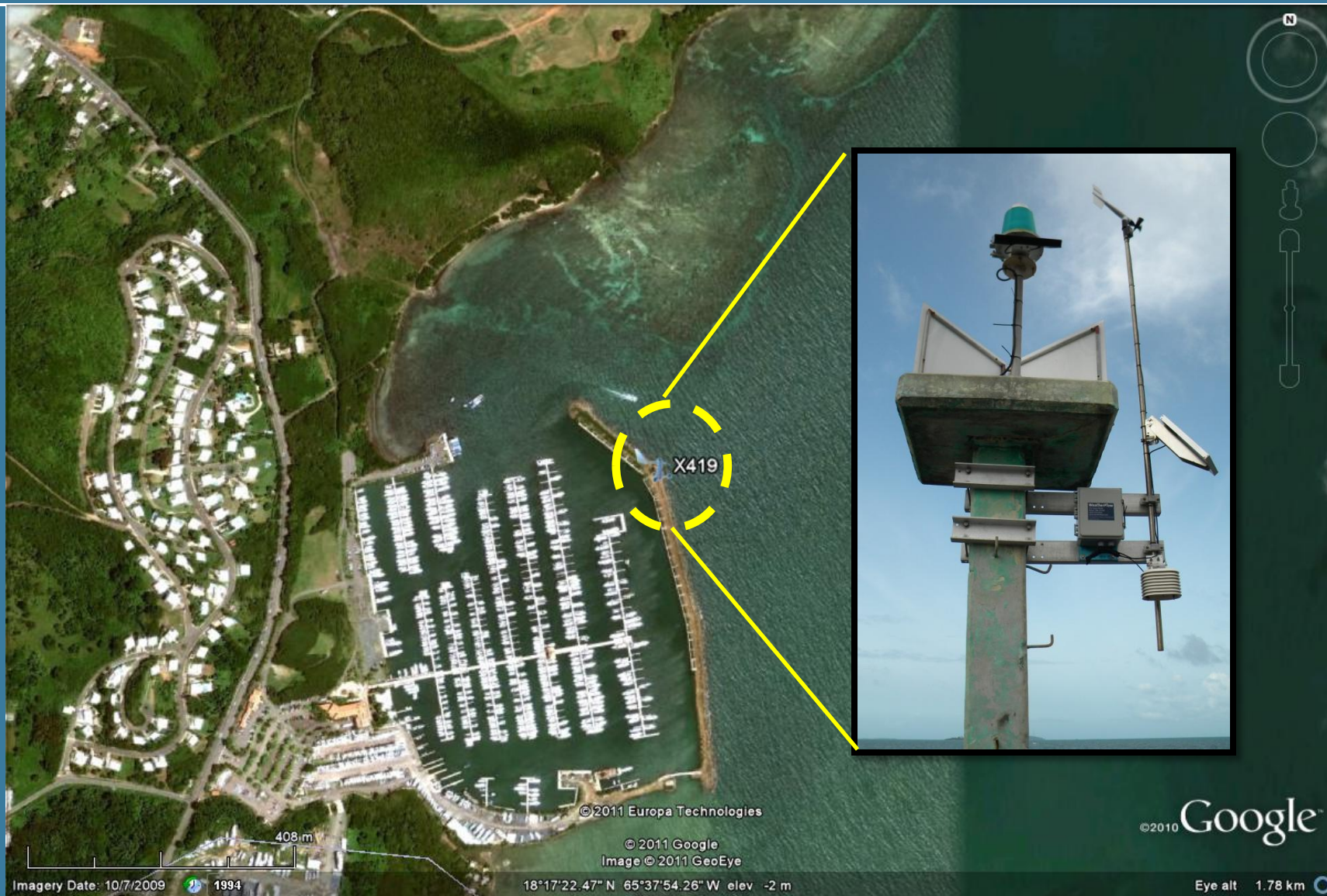


Wind Anemometer
@ 4m from sea level

CariCOOS/WxFlow - San Juan NavAID XJUA



CariCOOS/WxFlow – Fajardo XREY



CariCOOS/WxFlow – Gurabo XGUR



185 m

Imagery Date: 10/30/2006 1994

Image U.S. Geological Survey
© 2011 Google

18°15'21.59" N 65°59'28.49" W elev 52 m

©2010 Google

Eye alt 856 m



12/14/2009

X424

CariCOOS observing data


Data is freely available thru CariCOOS web portal <http://www.caricoos.org/>



CariCOOS WRF 1Km Operational Wind Model

The CariCOOS Weather Research Forecast (WRF) model consists of a high horizontal resolution of 1 km with 35 vertical levels and is based on the WRF Nonhydrostatic Mesoscale Model (NMM) core.

Model data is available at http://www.caricoos.org/drupal/wrf_1km



CARIBBEAN COASTAL OCEAN OBSERVING SYSTEM

CARIBBEAN COOS

CariCOOS.org

WAVES | WIND | CURRENTS | OCEAN COLOR
AND MORE...

Home | News | Winds | Waves | Currents | CariCOOS Buoys | Tides | Water Quality | NWS Marine Forecasts | Data Download | Hurricane Season | More

About CariCOOS

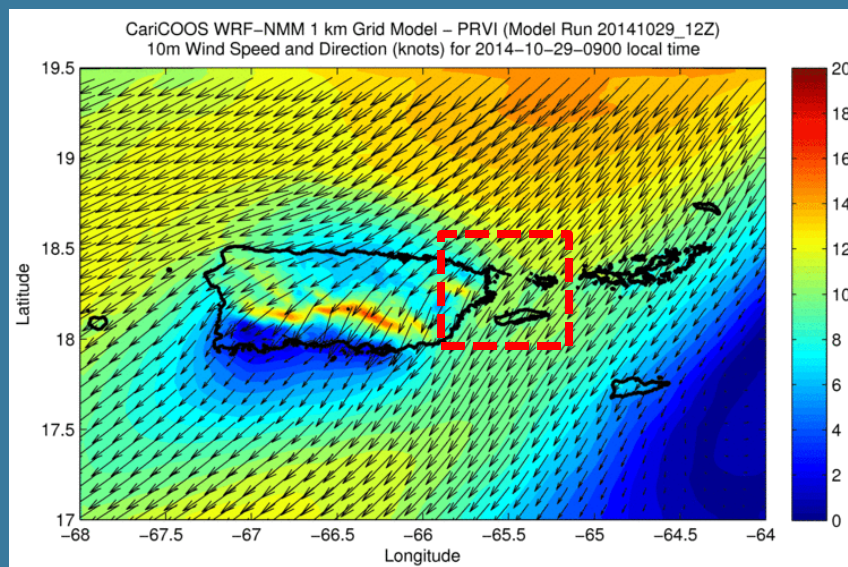
CariCOOS WRF 1Km Operational Wind Model

The CariCOOS Weather Research Forecast (WRF) model consists of a high horizontal resolution of 1 km with 35 vertical levels and is based on the WRF Nonhydrostatic Mesoscale Model (NMM) core. WRF-NMM was developed by the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) National Centers for Environmental Prediction (NCEP). The model is run twice a day on cycles 00Z and 12Z a forecast length of 72 hours. Boundary and initial conditions are provided by the Global Forecast System (GFS) and Sea Surface Temperature (SST) from NASA Short-term Prediction Research and Transition Center (SPoRT).

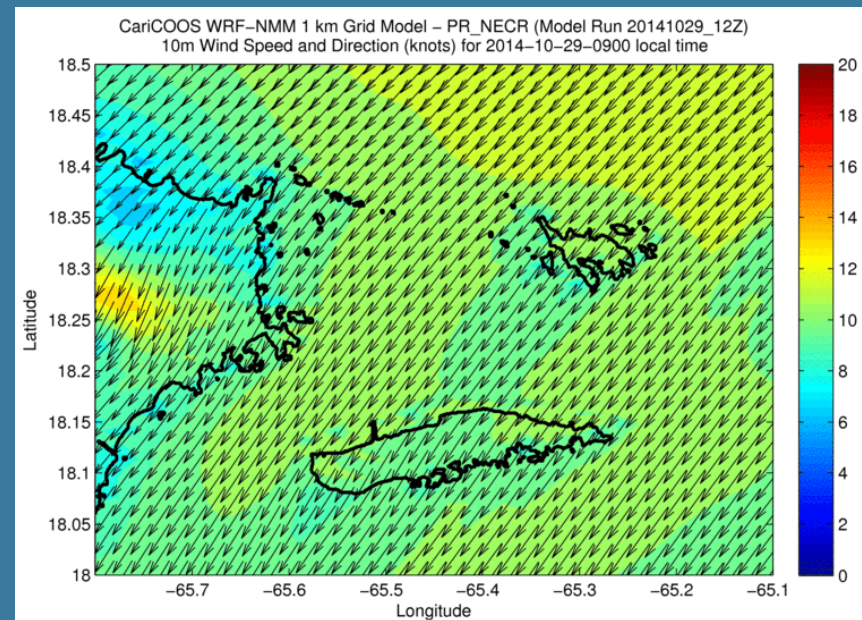
PRVI MONA PONCE San Juan NECR USVI

CariCOOS WRF Model Output

Full domain PR & VI

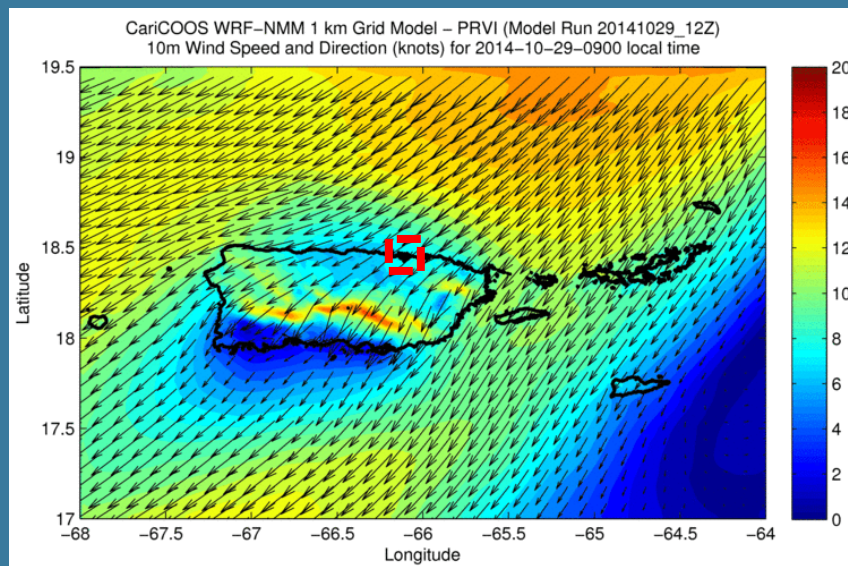


Zoom in PR North East

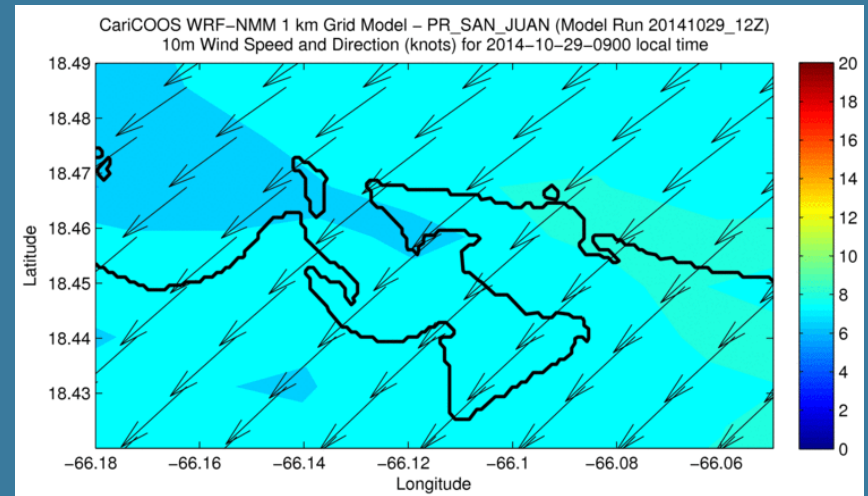


CariCOOS WRF Model Output

Full domain PR & VI

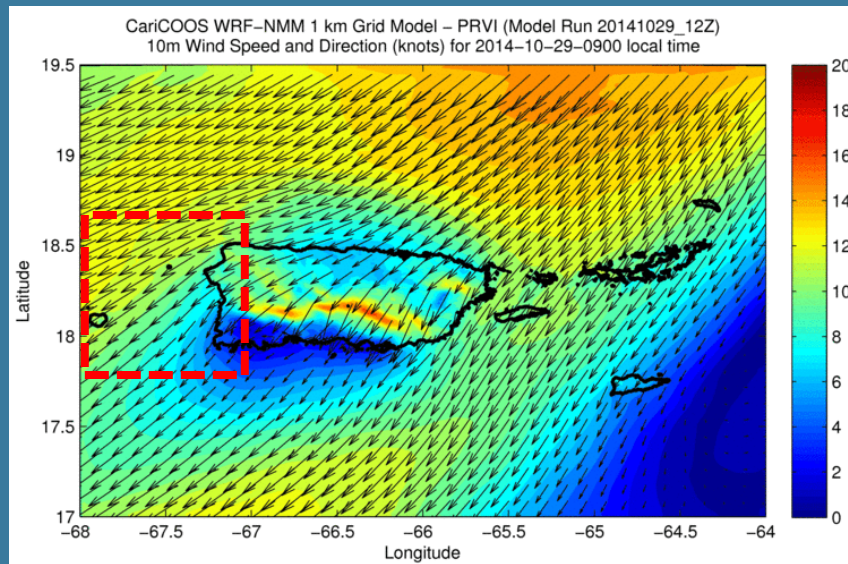


Zoom in PR San Juan Bay

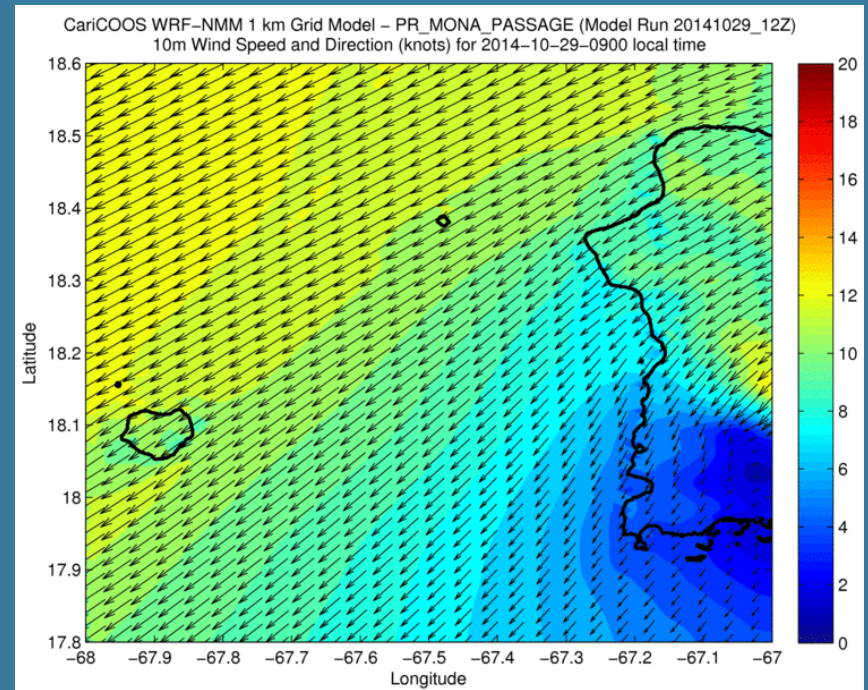


CariCOOS WRF Model Output

Full domain PR & VI

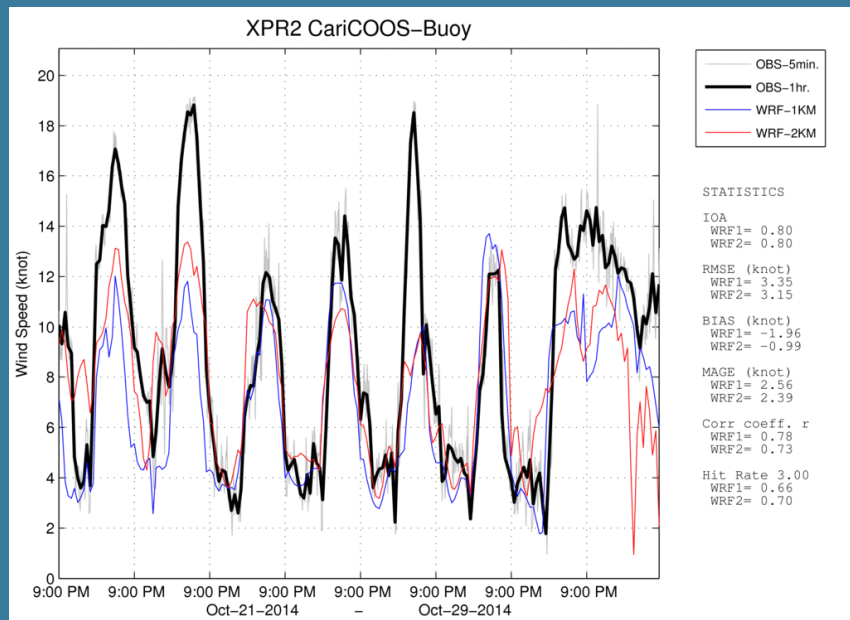


Zoom in PR Mona Passage

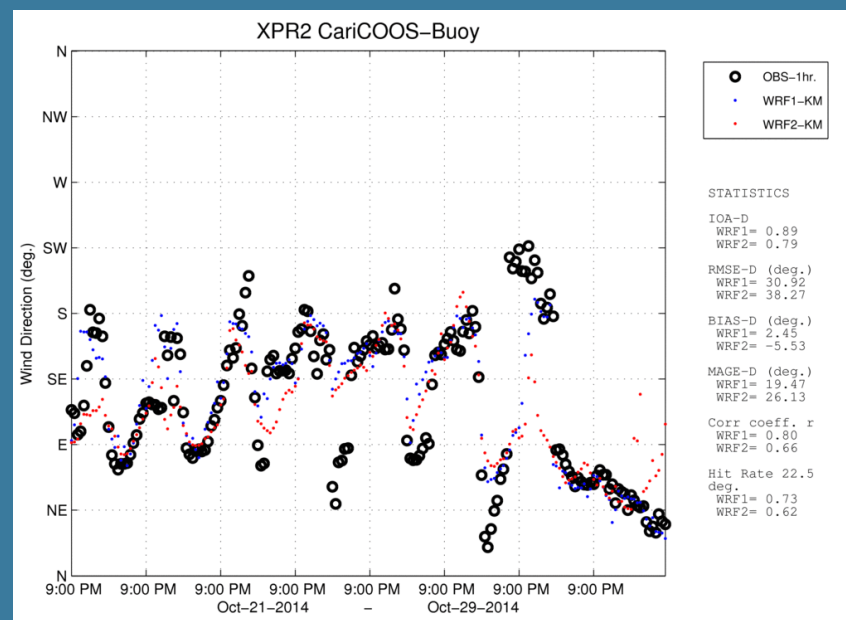


Model Validation – San Juan Buoy PR2

Wind Speed



Wind Direction



Parte II

Requisitos de diseño con el código nuevo *PR Building Code 2011*

Agenda

~~Parte I~~

- ~~• Modelaje de Vientos - CariCOOS~~

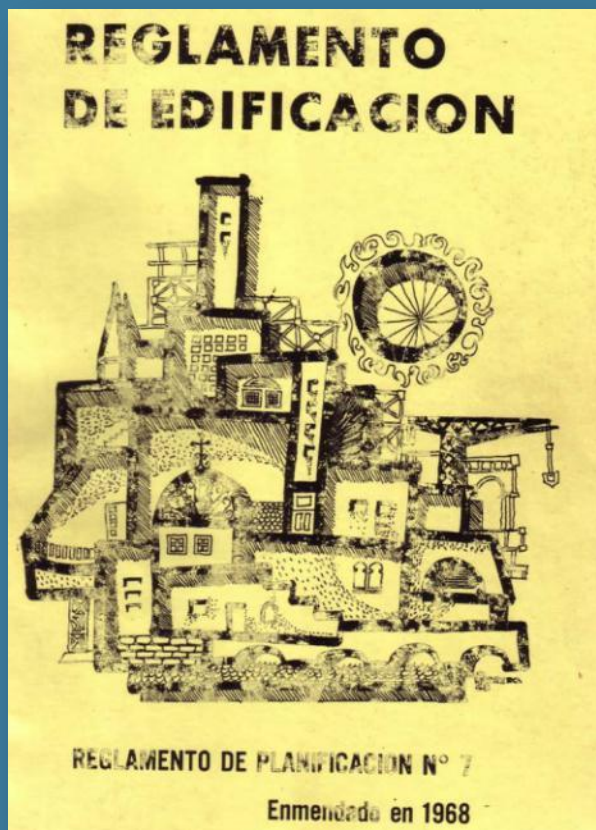
Parte II

- Evolución de Códigos de Edificación en PR
 - Requisitos para Cargas de Vientos
- Escala de Vientos Huracanados Saffir-Simpson
 - Definición de Huracán de Diseño
- Vulnerabilidad a Huracanes en PR



EVOLUCIÓN DE CÓDIGOS DE EDIFICACIÓN EN PUERTO RICO

Evolución de Códigos de Edificación



REGLAMENTO DE EDIFICACION DE PR REGLAMENTO DE PLANIFICACION N° 7

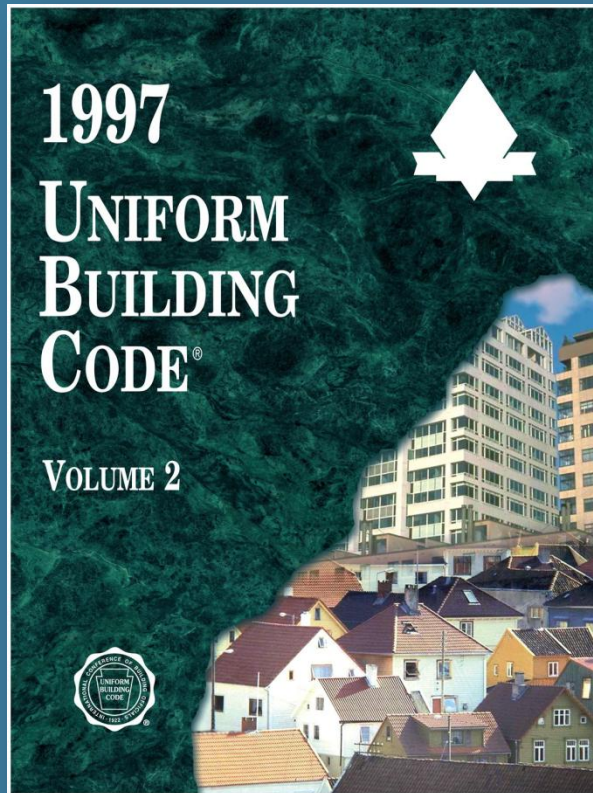
- Edición 1954
- Edición 1968
- **Edición 1987**

“La ultima edición (1987) requería que se diseñaran las estructura para una intensidad de viento correspondiente a un huracán **categoría 3** en la escala Saffir-Simpson, la vigencia del mismo fue hasta 1999”

Evolución de Códigos de Edificación

UNIFORM BUILDING CODE 1997

UBC-97



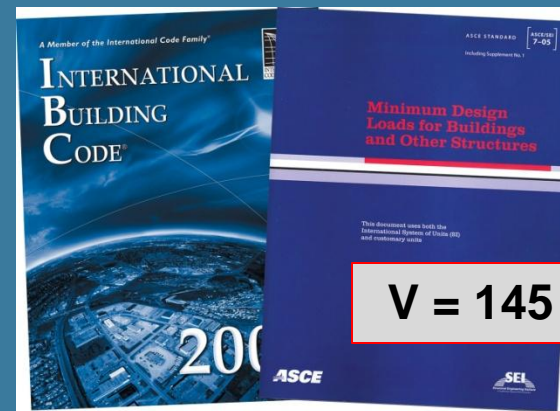
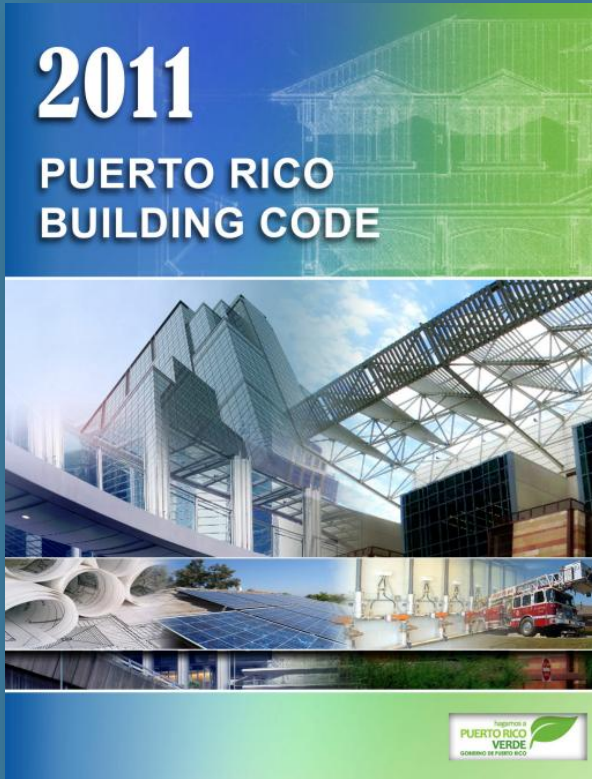
- Este fue adoptado en el año 1999
- Se refiere a la guía del “American Society of Civil Engineers” ASCE 7-95 del año 1995, para el computo de cargas de vientos huracanados para una intensidad de vientos correspondientes a un huracán **categoría 3**

“Al momento de adopción del UBC-97 , ya había una nueva guía ASCE 7-98, la cual requería que la velocidad de diseño para Puerto Rico fuera de 145 mph, la cual corresponde a un huracán **categoría 4**”

Evolución de Códigos de Edificación

Código vigente adoptado en el 2011

- Se refiere al International Building Code 2009 (IBC 2009)
- Se refiere a la guía del “American Society of Civil Engineers” ASCE 7-05 del año 2005, para el computo de cargas de vientos huracanados para una intensidad de vientos correspondientes a un huracán categoría 4 ($V=145$ mph)



V = 145 mph

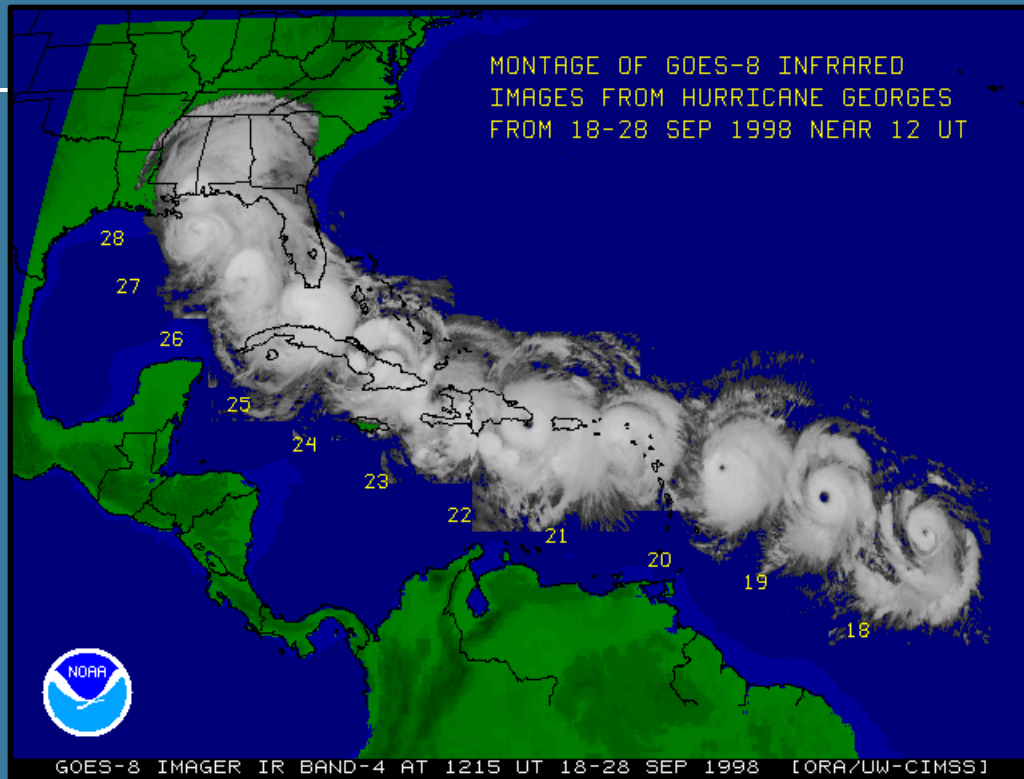
Resumen: Evolución de Códigos de Edificación

- Antes del 1987 el Reglamento N° 7 de la Junta de Planificación establecía las presiones laterales de diseño extremas, pero no las relacionaba a la escala de vientos huracanados Saffir-Simpson (**la misma aún no existía**)
- La mayor parte de la infraestructura del país se desarrolló antes 1987

1987 - 1998
Reglamento N°7
V = 125 mph

1998 al 2011
UBC 97 – ASCE 7-95
V = 125 mph

2011 al Presente
IBC 2009 – ASCE 7-05
V = 145 mph (~35%↑)



<http://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php>

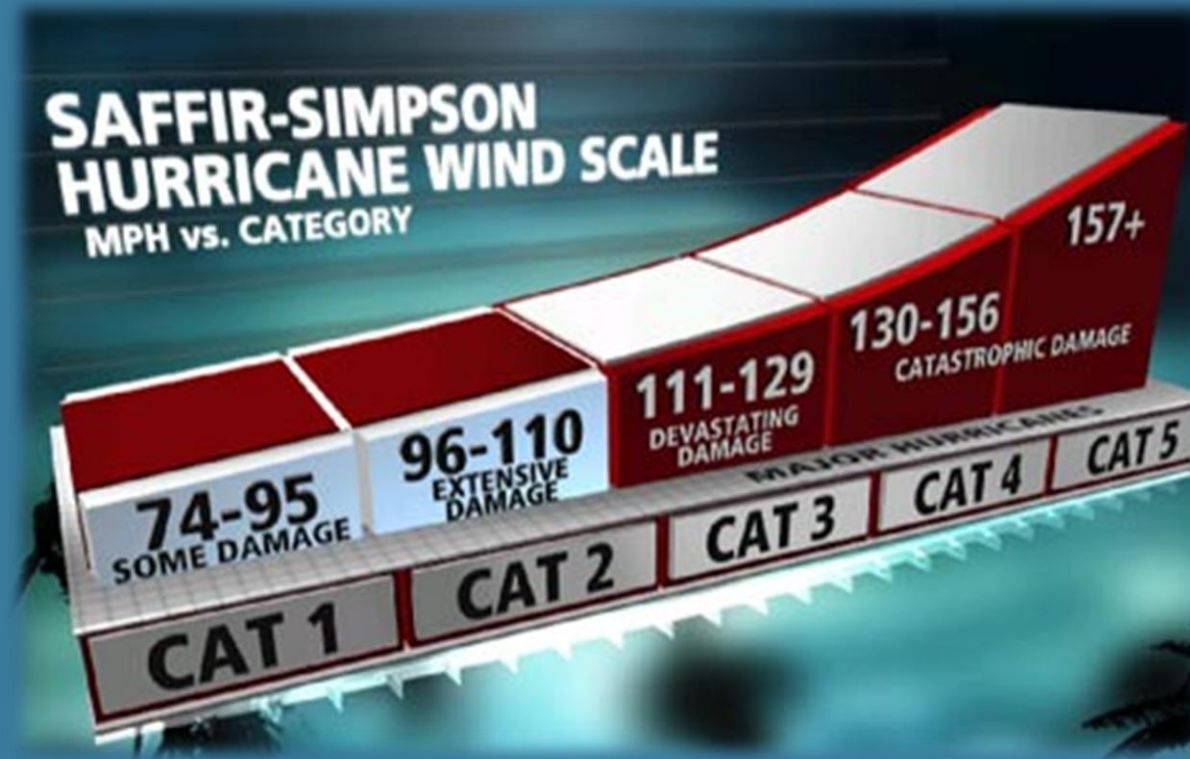
ESCALA DE VIENTOS HURACANADOS SAFFIR-SIMPSON

Escala de Vientos Huracanados Saffir-Simpson

Desarrollada a principios de la década del 70 por:

Herbert Saffir, Ingeniero Civil Consultor
&

Dr. Robert Simpson, Director del Centro Nacional de Huracanes



Resumen de Huracanes Históricos en Puerto Rico según Escala de Vientos Huracanados Saffir-Simpson¹

Categoría	Vientos Sostenidos (mph)	Rafaga de 3 segundos Sobre Agua	Rafaga de 3 segundos Sobre Tierra	Daño por Viento	Ejemplo Histórico en PR
1	74-95	90-116	81-105	Vientos muy peligrosos que ocasionaran algún daño	San Nicolás (1931), Santa Clara (1956), Hortensia (1996), Irene (2011)
2	96-110	117-134	106-121	Vientos extremadamente peligrosos que ocasionaran daños extensivos	San Ciprián (1932), Hugo (1989) PR, Georges (1998)
3	111-129	135-158	122-143	Daños devastadores van a ocurrir	Hugo (1989) Vieques y Culebra
4	130-156	159-189	144-171	Daños catastróficos van a ocurrir	San Ciriaco (1899)
5	Mayor de 157	Mayor de 189	Mayor de 171	Daños catastróficos van a ocurrir	San Felipe (1928)

(1) Modificado para la temporada de Huracanes del 2012

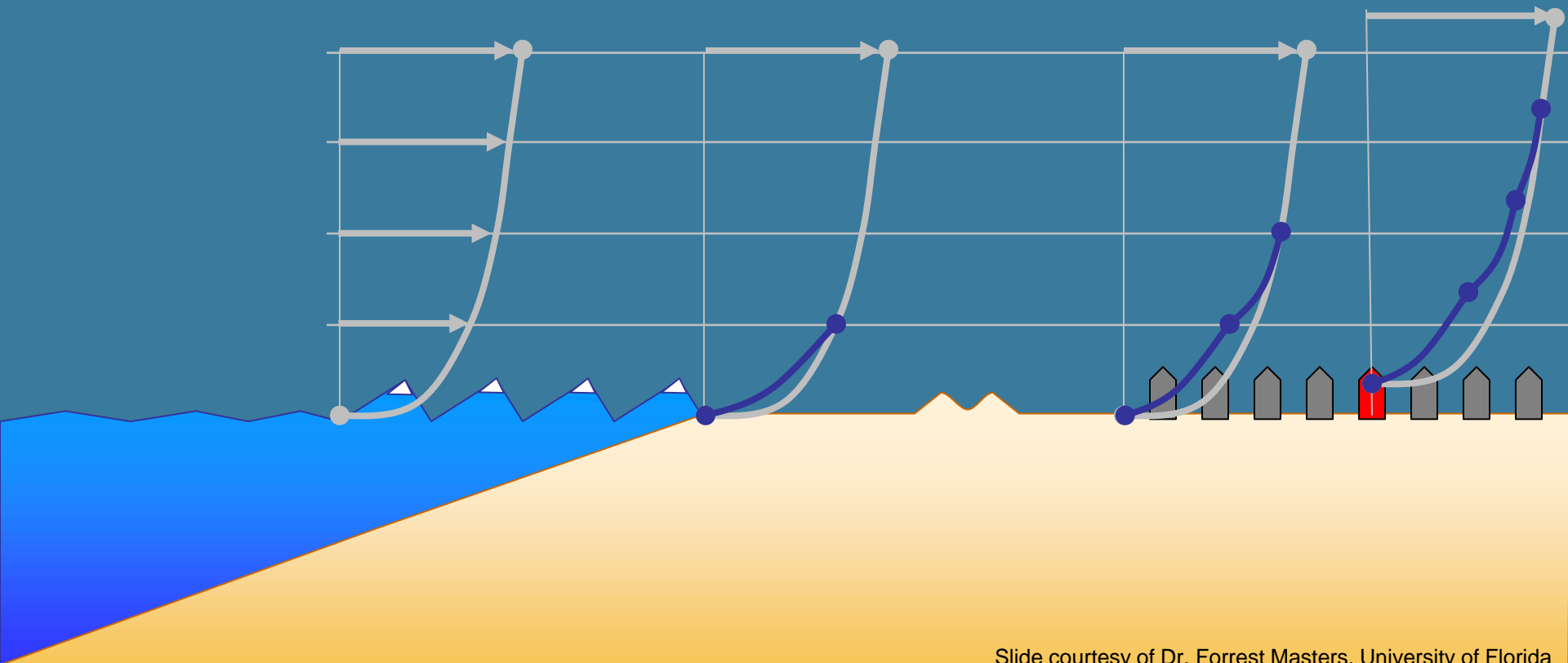
Ref.: U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Hurricane Center.

Ajuste de Velocidad de Viento de: Escala Saffir-Simpson → Velocidad de Diseño

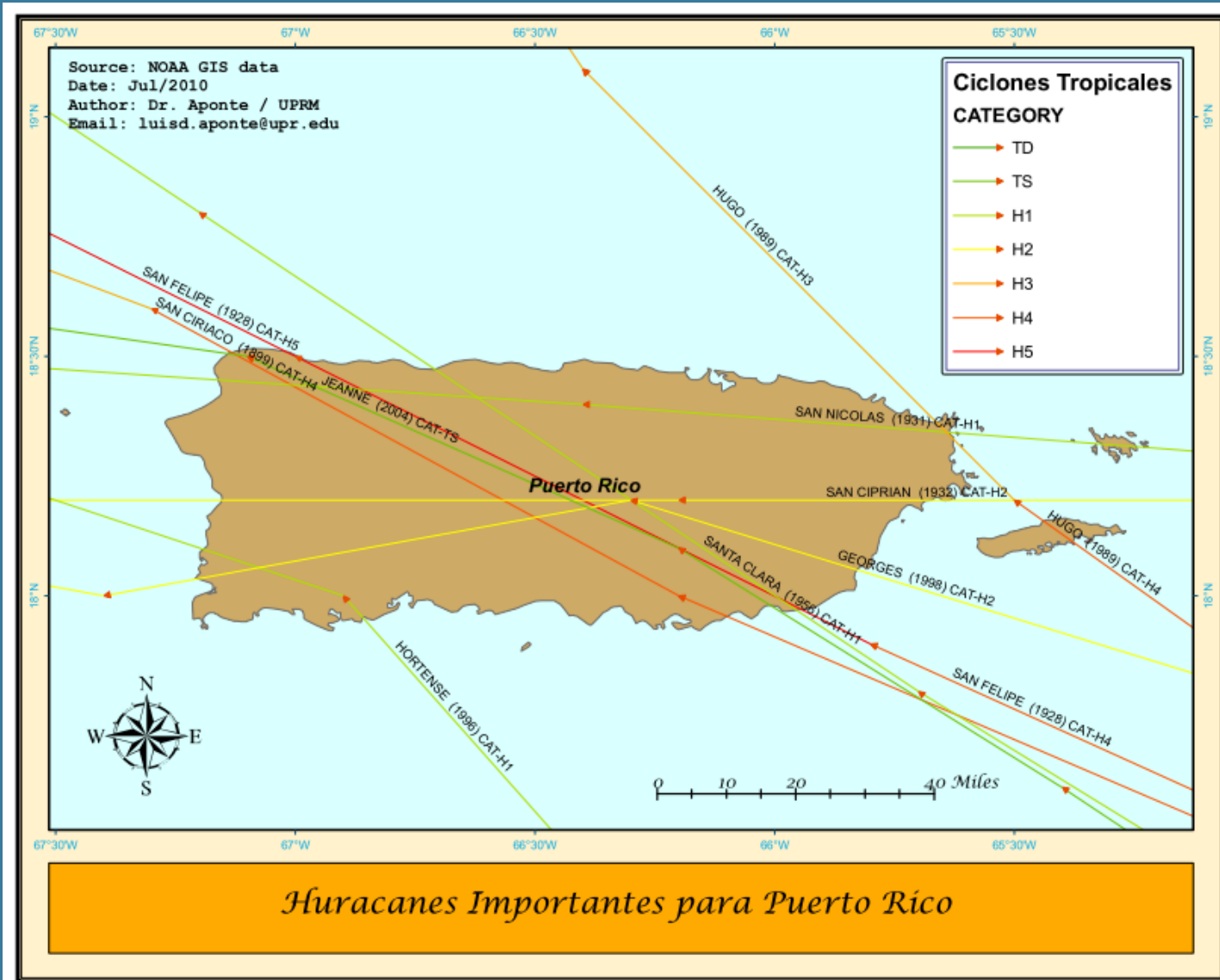
La escala de vientos huracanados Saffir-Simpson: Define **vientos sostenidos de 1 minuto** medido a 10m de altura en una exposición abierta al mar.



La velocidad de diseño según el ASCE 7 se define como una **ráfaga de viento de 3 segundos** medido a 10m de altura en una exposición de terreno abierto



Huracanes Históricos en Puerto Rico



Cargas de Viento ASCE 7-95 vs. ASCE 7-05

1987 - 1998
Reglamento N°7
V = 125 mph

1998 al 2011
UBC 97 – ASCE 7-95
V = 125 mph

2011 al Presente
IBC 2009 – ASCE 7-05
V = 145 mph (~35%↑)

ASCE 7-95 (V = 125 mph)

- Estructuras diseñadas según el UBC 97
- Periodo de vigencia del 1999 – 2011
- Las presiones son bastante similares a las establecidas por el Reglamento N°7 de la Junta de Planificación

ASCE 7-05 (V = 145 mph)

- Estructuras diseñadas según el IBC 2009
- Periodo de vigencia del 2011 – Presente
- **La cargas de viento vigentes representan un aumento de ~35% en las presiones de diseño**

Vulnerabilidad a Huracanes en PR

- El código vigente de edificación para cargas de vientos huracanados (ASCE 7-05), representa un aumento de 35% en las presiones de diseño
- Dicho aumento representa un riesgo a todas las edificaciones construidas previo al 2011, si estas fueron diseñadas para una velocidad de vientos de 125 mph (huracán cat. 3)

Vulnerabilidad a Huracanes en PR

- El actual huracán de diseño (cat. 4), presentan un riesgo inminente a la infraestructura del país principalmente:
 - Tendido eléctrico aéreo (i.e., postes, torres de transmisión, torres de telecomunicaciones, etc.)
 - Elementos y Componentes (i.e., puertas, ventanas, cristales en edificios, etc.)
 - Viviendas residenciales de madera
 - Zonas costera susceptibles a inundación por marejadas ciclónicas (i.e., puertos, hoteles, etc.)
 - Zonas susceptibles a inundación por desbordamiento de ríos y quebradas

Vulnerabilidad a Huracanes en PR

- En comunicación con el

Dr. Peter Datin

Modelador de Catástrofes
Risk Managment Solutions (RMS)



Hoy día se estiman las pérdidas generadas a la infraestructura del país solo por viento

1. <i>Hugo</i>	(1989) Cat. 2	~ \$4.00 billones
2. <i>Georges</i>	(1998) Cat. 2	~ \$4.25 billones
3. <i>San Ciriaco</i>	(1899) Cat. 4	~ \$10.0 billones
4. <i>San Felipe</i>	(1928) Cat. 5	~ \$25.0 billones

Vulnerabilidad a Huracanes en PR

- Cuantificación de daños:
 - En los últimos 25 años hemos tenido el embate directo de dos huracanes categoría 2, Hugo (1989) y Georges (1998)
 - Las pérdidas generados por estos fenómenos ajustadas al 2010 representan \$1.8 billones (Hugo) y \$2.5 billones (Georges)
 - Si definimos la pérdida total como daños generados por viento, marejada ciclónica e inundación de agua dulce. Entonces es conservador decir que dicha pérdida sobrepasará los \$10.0 billones para el huracán de diseño categoría 4

Que se necesita hacer?

- Evaluar el impacto del huracán de diseño actual (categoría 4) a la infraestructura del país incorporando la marejada ciclónica y la inundación de agua dulce (ríos) para estimar la pérdida
- Fortalecer áreas vulnerables en la infraestructura considerando el huracán de diseño categoría 4, de tal forma que se pueda mitigar el impacto y el país este mejor preparado para preservar la salud y seguridad del publico en general

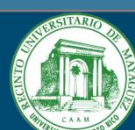
Preguntas?



Si necesita información detalla de las observaciones y modelos de CariCOOS me puede contactar vía email

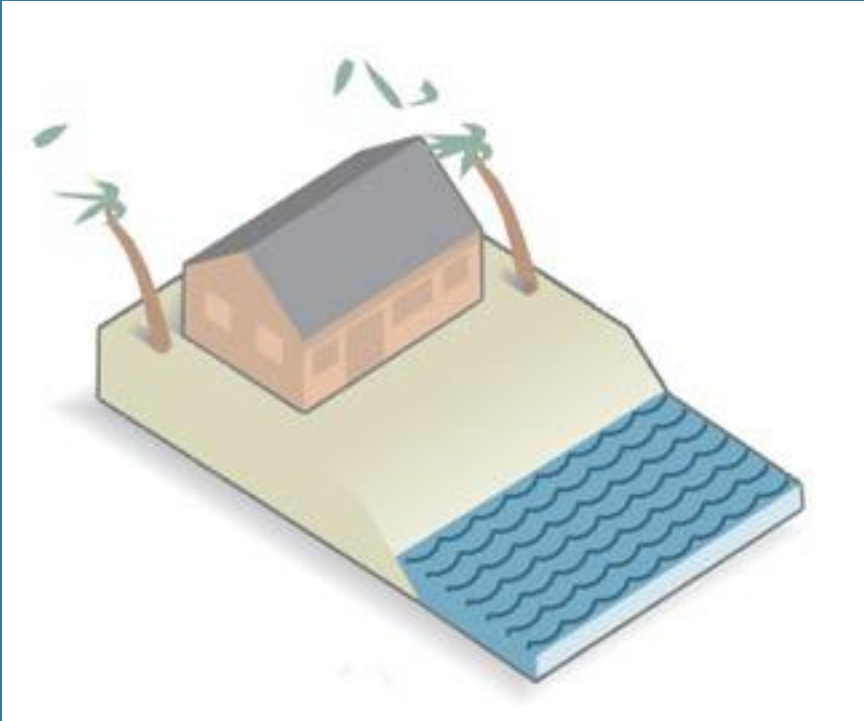
luisd.aponte@upr.edu

<http://www.caricoos.org/>



MATERIAL ADICIONAL SUPLEMENTARIO

Huracán – Categoría 1

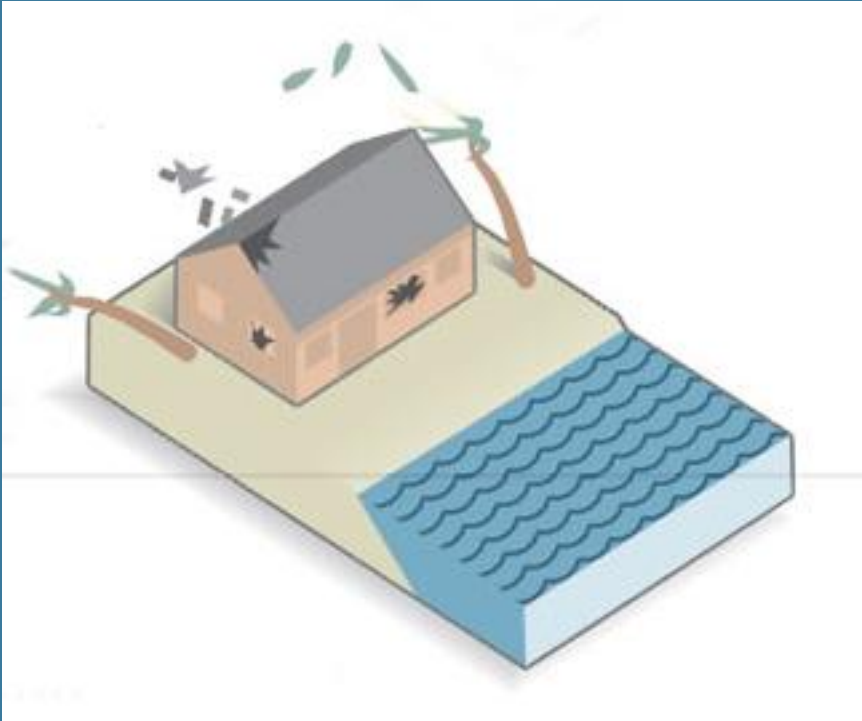


- Vientos muy peligrosos de 74 – 95 mph producirán algún daño mínimo a estructuras

Escala de Viento de Huracán Saffir-Simpson

Ráfaga de Viento de 3 seg. sobre tierra abierta

Huracán – Categoría 2

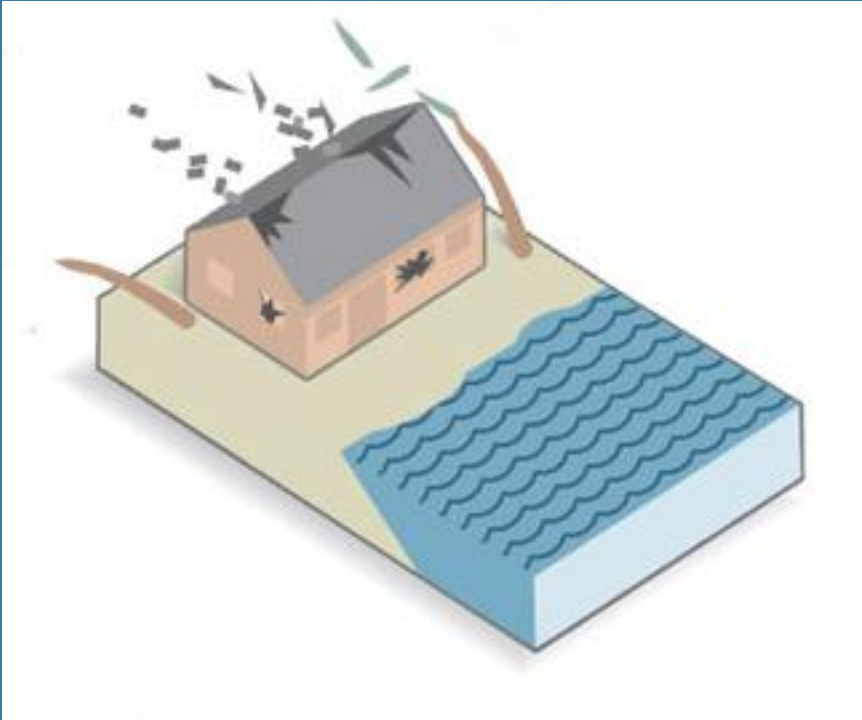


- Vientos extremadamente peligrosos de 96 – 110 mph producirán daños extensivos

Escala de Viento de Huracán Saffir-Simpson

Ráfaga de Viento de 3 seg. sobre tierra abierta

Huracán – Categoría 3



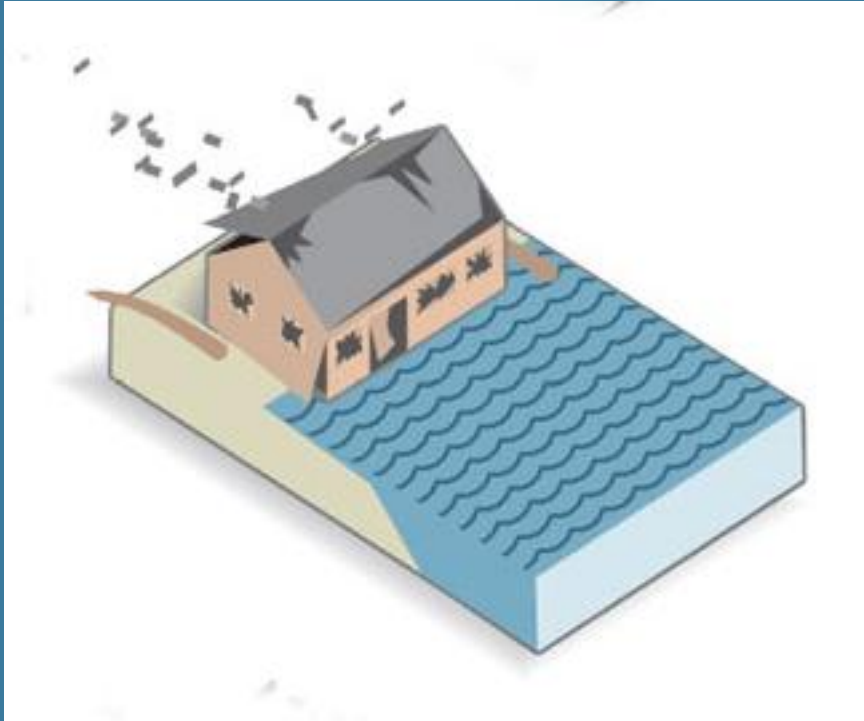
- Vientos devastadores de 111 – 129 mph definitivamente producirán devastadores

**Huracán de diseño estructuras
construidas antes del 2011 $V = 125$
mph (ASCE 7-95)**

Escala de Viento de Huracán Saffir-Simpson

**Ráfaga de Viento de 3 seg. sobre tierra
abierta**

Huracán – Categoría 4



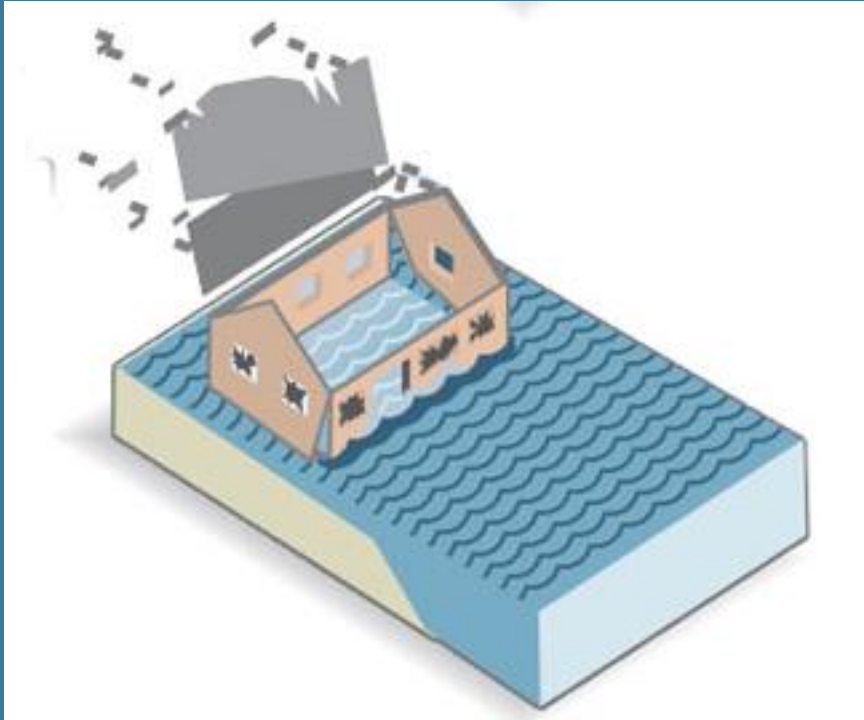
- Vientos extremadamente peligrosos de 130 – 156 mph producirán daños catastróficos

**Huracán de diseño estructuras
construidas desde 2011 $V = 145$ mph
(ASCE 7-05)**

Escala de Viento de Huracán Saffir-Simpson

**Ráfaga de Viento de 3 seg. sobre tierra
abierta**

Huracán – Categoría 5



- Vientos extremadamente peligrosos de que exceden 157 mph producirán daños catastróficos

Escala de Viento de Huracán Saffir-Simpson

Ráfaga de Viento de 3 seg. sobre tierra abierta

Deadliest & Costliest Tropical Cyclones (1900-2010) for Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands.

Name	Date	Island or CPA	Unadjusted Damage (\$000)	Adjusted for Inflation ³	Deaths
<i>San Hipolito</i>	Aug 22,1916	Puerto Rico	1,000	36,000	1
<i>San Liborio</i>	Jul 23,1926 ¹	SW Puerto Rico	5,000	103,353	25
<i>San Felipe</i>	Sep 13,1928	Puerto Rico	85,000	1,757,006	312
<i>San Nicolas</i>	Sep 10,1931 ¹	Puerto Rico	200	4,386	2
<i>San Ciprian</i>	Sep 26,1932 ¹	USVI, PR	30,000	657,893	225
<i>San Mateo</i>	Sep 21,1949	St. Croix	Unk	-	Unk
<i>Santa Clara</i> (Betsy)	Aug 12,1956	Puerto Rico	40,000	336,855	16
Donna	Sep 05,1960 ¹	PR & St. Thomas	Unk	-	107
Eloise (T.S.)	Sep 15,1975 ¹	Puerto Rico	Unk	-	44
David	Aug 30,1979 ²	S. of Puerto Rico	Unk	-	Unk
Frederic (T.S.)	Sep 04,1979 ²	Puerto Rico	125,000	357,143	7
Hugo	Sep 18,1989	USVI, PR	1,000,000	1,824,953	5
Marilyn	Sep 16,1995	USVI, E. PR	1,500,000	2,254,601	8
Hortense	Sep 10,1996	SW Puerto Rico	500,000	737,952	18
Georges	Sep 21,1998	USVI & PR	1,800,000	2,512,821	0
Lenny	Nov 17,1999	USVI & PR	330,000	441,201	0

¹ Effects continued into the following day. ² Damage and Casualties from David and Frederic are combined.

³ Adjusted to 2010 dollars based on U.S. Census Bureau Price Deflator (Fisher) Index for Construction

Ref. *The Deadliest, Costliest, and Most Intense United States Tropical Cyclones from 1851 to 2010 (and Other Frequently Requested Hurricane Facts)* NOAA Technical Memorandum NWS NHC-6

Huracán Georges (1998) Categoría 2

NOTA: Todas las imágenes en esta sección fueron obtenidas del reporte de daños de FEMA y de la pagina de NOAA

Residencias no reguladas (Villa del Sol, Toa Baja, PR)



Datos Relevantes

- El huracán Georges hasta la fecha representa el evento ciclónico más costoso en la Historia de Puerto Rico

Huracán Georges (1998) Categoría 2

Comunidad a las afueras de Loiza

Perdida de techo en la mayoría de las estructuras de madera



Huracán Georges (1998) Categoría 2

Erosión y pérdida de capacidad de sustentación del suelo



Erosión causado por crecida de río en Jayuya (edificio: izquierda es una escuela y derecha casa)



Huracán Georges (1998) Categoría 2

Erosión Costera por
Marejada Ciclónica



Colapso de puentes debido a
crecida de río (Adjuntas, PR)



Huracán Georges (1998) Categoría 2

Deslizamientos



Daños ocasionados por pérdida de ventanas en edificio comerciales



Huracán Georges (1998) Categoría 2

Casa de hormigón sin daño estructural (Adjuntas, PR)



Casa de madera con daño estructural mayor



Definición

- **Huracán** – (palabra de origen Taino) Viento muy impetuoso y temible que, a modo de torbellino, gira en grandes círculos, cuyo diámetro crece a medida que avanza apartándose de las zonas de calma tropicales, donde suele tener origen.

