



INSTITUTO GEOGRAFICO  
DE VENEZUELA  
SIMON BOLIVAR

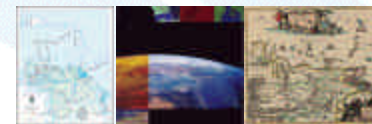
*"La Geografía al Servicio del Desarrollo"*



## TALLER DE ENTRENAMIENTO EN OBSERVACION Y ANALISIS DEL NIVEL DEL MAR RED MAREOGRAFICA VENEZOLANA



Valparaíso, Chile del 7-17 Abril de 2003



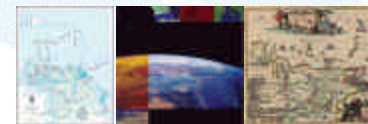
## **ANTECEDENTES**

- LA RED MAREOGRAFICA COMENZO CON LA ADQUISICIÓN DE DATOS A PARTIR DEL AÑO 1948 CON LA INCORPORACION DE LA ESTACION DE MAREAS LA GUAIRA DONDE SE INSTALO UN MAREOGRAFO STANDARD MODELO MAS-STG-519.
- LAS VARIACIONES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR A LO LARGO DE LA COSTA VENEZOLANO ERA NECESARIO CONOCERLAS Y APARECEN OTRAS NUEVAS ESTACIONES EN AMUAY (1950) Y PUERTO DE HIERRO (1955).
- PARA LA DETERMINACION DE LAS ALTURAS ORTOMETRICAS FUE NECESARIO AUMENTAR EL NUMERO DE ESTACIONES MAREOGRAFICAS Y APARECEN PUNTA PERRET, CASTILLETES, BOBURES, PUERTO CABELLO, CARENERO, CUMANA, PUNTA DE PIEDRAS, ETC.
- ESTACIONES OPERATIVAS CINCO (5): AMUAY, LA GUAIRA, CUMANA, CARUPANO Y PUNTA DE PIEDRAS.
- EL PLAN DE SOBREMARCHA TERRITORIAL INCORPORO DOS (2) NUEVAS ESTACIONES: PUERTO CABELLO Y PUERTO DE HIERRO PARA UN TOTAL DE SIETE ESTACIONES QUE CONFORMA LA RED MAREOGRAFICA NACIONAL.



INSTITUTO GEOGRAFICO  
DE VENEZUELA  
SIMON BOLIVAR

*“La Geografía al Servicio del Desarrollo”*



## RED MAREOGRAFICA NACIONAL

### 1.-Estación Mareográfica de La Guaira.

Dependencia: Estado Vargas. Ubicación Física: Puerto de La Guaira.

Muelle No. 5 . Catia La Mar.

Ubicación Geográfica:

**Latitud 10° 37' Norte; Longitud 66° 56' Oeste**

Fecha Instalación Data Logger: 25 Agosto 1998

Tipo de Marea: Diurna



### 2.-Estación Mareográfica de Puerto de Hierro

Dependencia: Estado Sucre. Ubicación Física: Base Naval CN. Francisco Gutiérrez.

Muelle A. Puerto de Hierro

Ubicación Geográfica:

**Latitud 10° 38' 01" Norte; Longitud 62° 05' 22" Oeste**

Fecha Instalación

Data Logger: 1 de Diciembre 2001. Cambio de Regla: 3 Septiembre 2002.

Tipo de Marea: Recolectando información para cálculos posteriores. Pendiente Vinculación de la Estación a la Red de Control Vertical Nacional.



### 3.-Estación Mareográfica de Puerto Cabello

Dependencia: Estado Carabobo. Ubicación Física: Base Naval CA. Agustín Armario.

Palafito de la Sección de Balizaje. Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN)

Ubicación Geográfica:

**Latitud 10° 29' 01" Norte; Longitud 68° 00' 15" Oeste**

Fecha Instalación

Data Logger: 19 de Diciembre 2001. Chequeo Regla: 7 Septiembre 2002

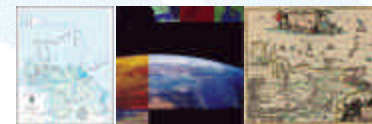
Tipo de marea: Recolectando información para cálculos posteriores. Estación vinculada a la Red de Control Vertical Nacional.





**INSTITUTO GEOGRAFICO  
DE VENEZUELA  
SIMON BOLIVAR**

*“La Geografía al Servicio del Desarrollo”*



#### 4.-Estación Mareográfica de Carúpano

Dependencia: Estado Sucre. Ubicación Física: Puerto de Carúpano.

Muelle Principal del Puerto en Carúpano

Ubicación Geográfica:

**Latitud 10° 40' 33" Norte; Longitud 63° 14' 42" Oeste**

Fecha Instalación Data Logger: 3 de Marzo 1999

Tipo de marea: Diurna



#### 5.-Estación Mareográfica de Cumaná.

Dependencia: Estado Sucre. Ubicación Física: Muelle del Puerto de Cumaná.

Ubicación Geográfica:

**Latitud 10° 28' Norte; Longitud 64° 12' Oeste**

Fecha Instalación Data Logger: 24 Junio 1999

Tipo de Marea: Diurna



#### 6.-Estación Mareográfica de Amuay

Dependencia: Estado Falcón. Ubicación Física: Refinería de Amuay.

Comando Guardia Nacional.

Ubicación Geográfica:

**Latitud 11° 45' Norte; Longitud 70° 13' Oeste**

Fecha Instalación Data Logger: 21 Noviembre 1998

Tipo de Marea: Mixta



#### 7.-Estación Mareográfica de Punta de Piedras

Dependencia: Estado Nueva Esparta. Ubicación Física: Fundación La Salle.

Muelle de la Fundación. Punta de Piedras

Ubicación Geográfica:

**Latitud 10° 54' 20" Norte; Longitud 64° 06' 30" Oeste**

Fecha Instalación Data Logger: 3 Noviembre 2000

Tipo de Marea: Diurna





## EQUIPOS DE REGISTRO

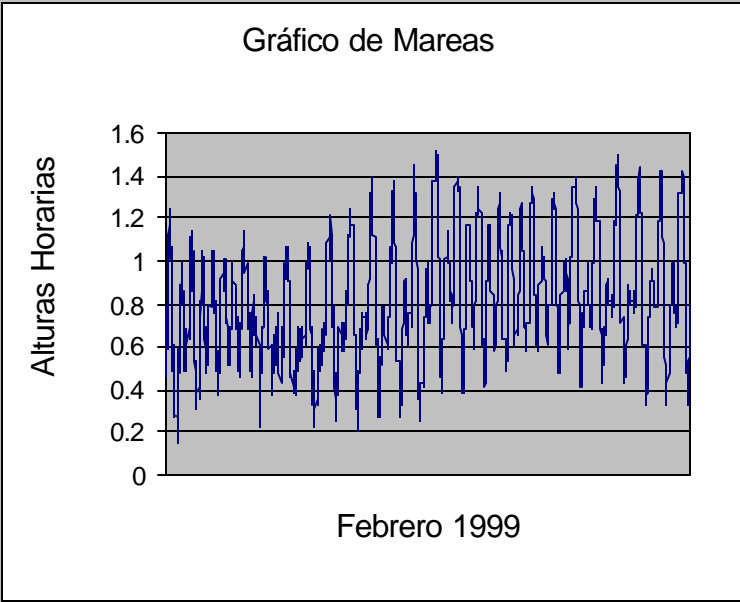
### 1.- CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS REGISTRADORES MODELO $\mu$ LOGGER DE TECNUM

- a.- Tienen gran autonomía debido a su bajo consumo (100  $\mu$ A en standby y 15 mA en operación)
- b.- Controlado por microprocesador
- c.- Temporización mediante IC RTC, lo cual brinda alta resolución
- d.- Ocho (8) canales analógicos de entrada de bits (resolución = 1 mV)
- e.- Ocho (8) canales digitales de entrada tipo contacto seco.
- f.- Adaptable a sensores de varias marcas, utilizando los acondicionadores de señal adecuados
- g.- Fácil configuración a través de un software desarrollado para PC
- h.- Múltiples alternativas de alimentación (Red, Baterías y Panel Solar)
- i.- Arquitectura abierta con posibilidades para ser modificado para satisfacer necesidades particulares
- j.- Almacenamiento en módulos de memoria removibles, formato PC FAT 12
- k.- LED indicador de status (off-standby-on) y cuatro LED's para visualizar los resultados de las rutinas de auto-verificación
- l.- Capacidad de almacenamiento hasta 16 Mb.
- m.- Comunicación RS-232 con PC compatible (RS-422 opcional)
- n.- Comunicación remota vía cable, celular, radio, línea telefónica, etc.





TECNUM c.a.																			
DATOS DE LA ESTACION																			
Número :																			
Lapso :	3/02/1999	10:45:23	Al		28/02/99	23:55:23													
Registro:	Temporiz.		Interv. :		0:05:00														
FECHA	HORA	AN_1																	
		MAREA																	
		[pie]																	
3/02/1999	10:45:23	0.472																	
3/02/1999	10:50:23	0.492																	
3/02/1999	10:55:23	0.554																	
3/02/1999	11:00:23	0.492																	
3/02/1999	11:05:23	0.492																	
3/02/1999	11:10:23	0.554																	
3/02/1999	11:15:23	0.451																	
3/02/1999	11:20:23	0.513																	
3/02/1999	11:25:23	0.574																	
3/02/1999	11:30:23	0.677																	
3/02/1999	11:35:23	0.779																	
3/02/1999	11:40:23	0.615																	
3/02/1999	11:45:23	0.595																	





INSTITUTO GEOGRAFICO  
DE VENEZUELA  
SIMON BOLIVAR

*"La Geografía al Servicio del Desarrollo"*



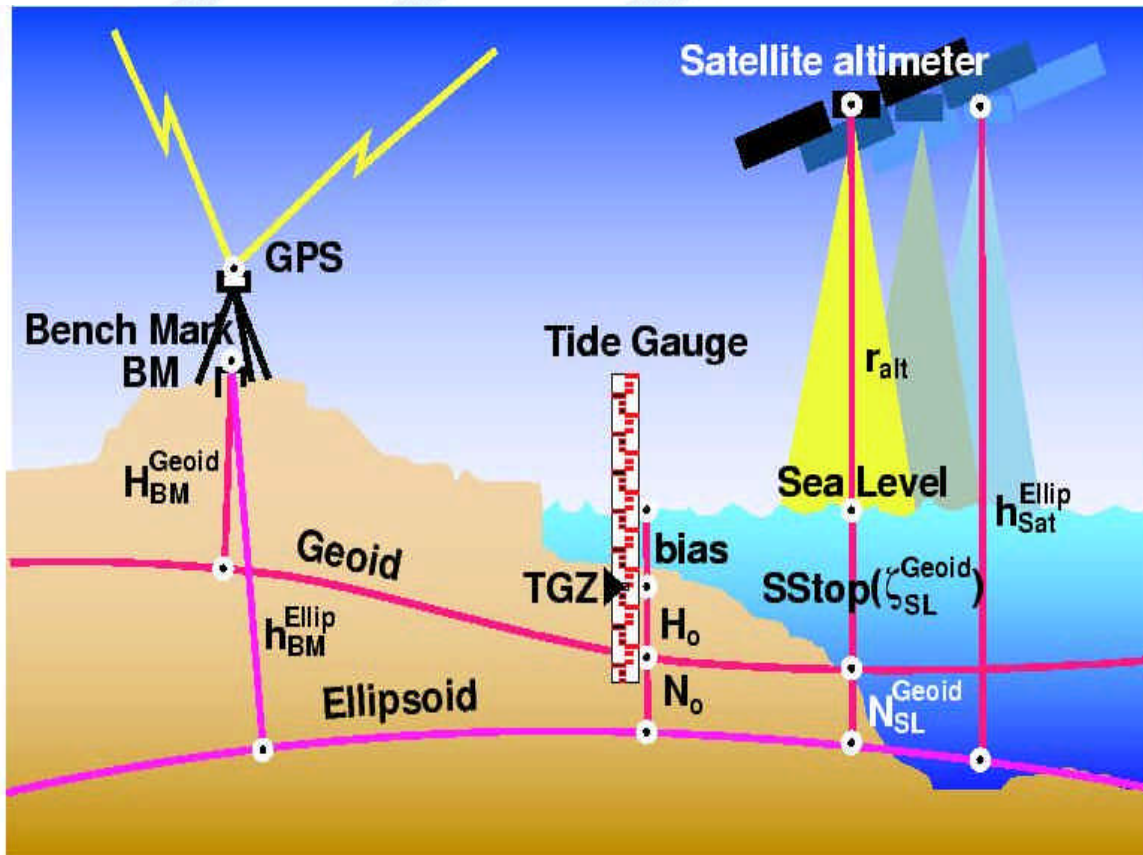
#### 4.- VENTAJAS DE LOS EQUIPOS REGISTRADORES AUTOMATICOS

- a.- Mayor precisión en la data, utilizando 12 bits para la conversión (0.025%) a intervalos programables entre 1 segundo y 24 horas. En el caso de la data mareográfica de la Red Mareográfica Nacional, se utilizan intervalos de 5 minutos.
- b.- Menor costo, ya que solo requiere planificar una comisión de trabajo para bajar la data al computador portátil ó bajar los módulos de memoria para ser leídos en la oficina.
- c.- Ahorro de tiempo en la interpretación y transcripción de datos por tener un software que permite guardar todos los datos y tenerlos disponibles para cualquier consulta.
- d.- Disminución de errores humanos porque los módulos contienen toda la información de la data y no se requiere interpolar ó extrapolar los valores obtenidos.
- e.- Mayor autonomía y tener la información más oportuna

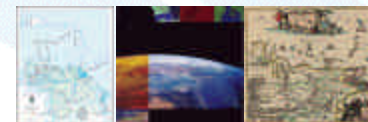


## ALTIMETRIA

### METODO DE EXTRPOLACION DE LA TOIPOGRAFIA DEL MAR OBSERVADA







## ALTIMETRIA

### a.- EXTRAPOLACION DE LA TOPOGRAFIA DE LA SUPERFICIE DEL MAR OBSERVADA

Las comparaciones entre las observaciones satelitales altimétricas y registros mareográficos del nivel medio del mar son requeridos para evaluar la estabilidad de largos periodos de la altimetría satelital. Estas comparaciones se pueden utilizar para estimar el posible desplazamiento de los sistemas de alturas y el geoide por efecto de la topografía de la superficie del mar, obteniendo así información sobre la variabilidad del mar en zonas costeras, calibración de misiones altimétricas y la unificación de los sistemas nacionales de alturas para Venezuela y la zona del Caribe.

Para esto se desarrollo un procedimiento que permitió la extrapolación de los vectores de la topografía de la superficie del mar observada (SStop) hacia las posiciones de los mareógrafos sobre una distancia de 110 km.

Este procedimiento, utiliza la data altimétrica disponible en un área de 1° de radio alrededor de la posición del mareógrafo y por cuadrados mínimos estima los parámetros del siguiente modelo:

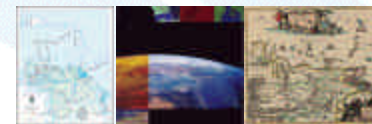
$$\mathbf{SStop} + \mathbf{v} = \mathbf{ho} + \mathbf{bias}_{\text{ciclo, paso}}$$

Como el modelo de extrapolación incluye la adición de ecuaciones de restricción (1 ecuación por paso altimétrico) para eliminar la singularidad del sistema tenemos que:

$$\mathbf{bias}_{\text{paso}} = \mathbf{NMM}_{\text{mareógrafo}}$$

Donde NMM representa el nivel medio del mar obtenido del registro mareográfico para el período común con la data altimétrica.

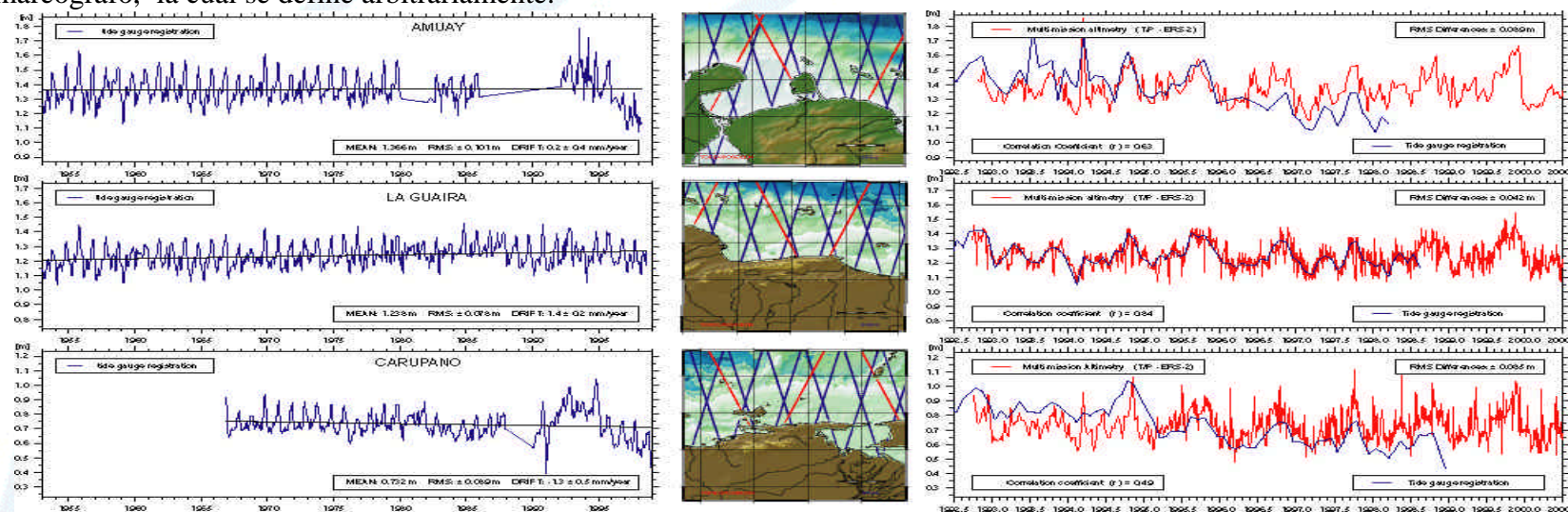
Con el método antes expuesto es posible derivar series de tiempo del nivel del mar altimétricas a partir de la combinación de datos T/P y ERS con una resolución en tiempo de aproximadamente 10 días.



## b.- COMPARACION ENTRE REGISTROS MAREOGRAFICOS Y SERIES ALTIMETRICAS

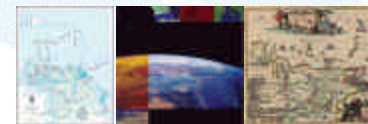
La serie de tiempo altimétricas obtenidas de la extrapolación y relativas a cada misión, se combinan para generar una serie única, la cual es comparada con la serie de tiempo de los registros mareográficos del NMM. Como estas series presentan intervalos de muestreo distintos, la serie mareográfica es remuestreada en los tiempos de la serie altimétrica.

Las comparaciones son relativas debido a que los registros del NMM están referidos al cero de la regla mareométrica de cada mareógrafo, la cual se define arbitrariamente.



## VARIACIONES EN LA SUPERFICIE DEL MAR EN LOS PRINCIPALES MAREOGRAFOS DE VENEZUELA

- a) Registros del NMM
- b) Localización del Mareógrafo y Rastreo Altimétrico
- c) Correlación entre Registros Mareográficos y Series Altimétricas



**Tabla No.-1 RESULTADOS DE LA EXTRAPOLACION**

ESTACION MAREOGRAFICA	$S_o$ (m)	SStop (m)	Ho (m)	RMS-Serie (m)	Tendencia (mm/a)
AMUAY	$\pm 0.055$	-0.048	-1.413	$\pm 0.071$	$0.5 \pm 1.5$
CARUPANO	$\pm 0.073$	-0.094	-0.817	$\pm 0.068$	$2.1 \pm 1.3$
LA GUAIRA	$\pm 0.045$	-0.020	-1.266	$\pm 0.071$	$0.0 \pm 1.4$

**Tabla No.-2 SStop y DIFERENCIAS GPS-NIV**

También se han comparados con valores de ondulaciones locales y CARIB 97 ( $\Delta N$ ) y al mismo tiempo los desplazamientos estimados por GPS-Nivelación, los resultados se presentan en la Tabla No.- 2

ESTACION MAREOGRAFICA	SStop (m)	DN (m)	Diferencias (m)
AMUAY	-0.05	-0.03	0.02
CARUPANO	-0.09	-0.02	0.07
LA GUAIRA	-0.02	0.01	0.03

Como se puede observar en las tablas expuestas anteriormente, que los resultados al aplicar ambas técnicas demuestran que la estación La Guaira presenta el menor desplazamiento ( $\Delta N$  y SStop), ratificando su condición como origen del sistema nacional de altura. Amuay y Carúpáno no reflejan el comportamiento de la SStop, posiblemente por errores propios del método de extrapolación, movimientos verticales de tipo geodinámico, etc. Sin embargo las diferencias del método coinciden con RMS de  $\pm 5$  cm, la cual reafirma la calidad del método de extrapolación para estimar los desplazamientos entre el NMM y el geoide



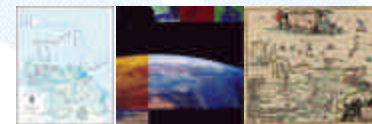
## PREDICCIONES

El Instituto Geográfico de Venezuela “Simón Bolívar” como el ente oficial responsable de toda la estructura geodésica nacional ha publicado desde el año 1965 las “PREDICCIONES DE ALTURAS HORARIAS PARA LOS PUERTOS DE AMUAY, LA GUAIRA Y PUERTO DE HIEERO”. En estas predicciones se indican las alturas horarias, que ocurren en una estación determinada, utilizando para esto el Programa GUT-300, el cual fue diseñado sobre la base del estudio de las constantes armónicas obtenidas del análisis armónico de series de 369 días de observación en las estaciones primarias. Se tomó como referencia la información suministrada por el suplemento del “MANUAL OF HARMONIC ANALYSIS AND PREDICTION OF TIDES”, publicación especial No. 98 del U.S. COAST AND GEODETIC SURVEY, actualmente representado por el NATIONAL GEODETIC SURVEYING.

LA GUAIRA		ENERO		2003			
ALTURAS HORARIAS DE LA MAREA EN PIES DE 0.3048 METROS							
	1	2	3	4			
0	-.15	0	-.24	0	-.32	0	-.37
1	-.12	1	-.18	1	-.24	1	-.29
2	-.10	2	-.15	2	-.18	2	-.20
3	-.07	3	-.11	3	-.14	3	-.14
4	.01	4	-.05	4	-.09	4	-.09
5	.11	5	.04	5	-.02	5	-.03
6	.24	6	.16	6	.09	6	.05
7	.41	7	.31	7	.22	7	.15
8	.61	8	.48	8	.36	8	.27
9	.82	9	.68	9	.53	9	.41
10	1.02	10	.89	10	.73	10	.57
11	1.16	11	1.08	11	.92	11	.74
12	1.20	12	1.19	12	1.09	12	.91
13	1.13	13	1.21	13	1.17	13	1.04
14	.96	14	1.11	14	1.16	14	1.10
15	.73	15	.92	15	1.04	15	1.06
16	.47	16	.68	16	.84	16	.92
17	.22	17	.41	17	.59	17	.72
18	-.03	18	.15	18	.34	18	.49
19	-.23	19	-.09	19	.09	19	.25
20	-.36	20	-.28	20	-.14	20	.03
21	-.40	21	-.40	21	-.31	21	-.17
22	-.38	22	-.43	22	-.41	22	-.31
23	-.31	23	-.40	23	-.42	23	-.38

DATUM DE ALTURAS EN LA MEDIA DE LAS BAJAMARES INFERIORES  
QUE ESTA A .40 PIES POR DEBAJO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR.  
MERIDIANO HORA 60 GRADOS OESTE DE GREENWICH.

La predicción contiene las alturas horarias de las pleamares y bajamares de los principales puertos distribuidos a lo largo de la costa venezolana al igual que información de los bancos de nivel para cada estación primaria, planos de referencia, constantes armónicas y finalmente algunos términos mareográficos de interés.



## **CONCLUSIONES**

- Con la incorporación de equipos data logger a las estaciones pertenecientes a la Red Mareográfica Nacional, permitirán la recolección de una data de fácil manejo para la interpretación de los registros mareográficos.
- La incorporación de dos (2) nuevas estaciones a la Red Mareográfica Nacional, mantendrá un control más detallado de las mediciones del nivel medio del mar, conduciendo al fortalecimiento de programas para proveer datos confiables durante largos periodos, banco de datos para informaciones oceanográficas, protección del ambiente y proyectos para el diseño de nuevos puertos y estructuras costeras.
- El conocimiento de las variaciones del nivel medio el mar en nuestro país permitirá ayudas a la navegación, proyectos de ingeniería costera y al mismo tiempo a la incorporación de nuevas estaciones a las publicaciones de las predicciones de mareas que elabora el IGVSb anualmente.
- Con el método de extrapolación de la SStop se pueden generar series de tiempo del NMM a partir de la altimetría satelital para ser aplicado en el monitoreo del NMM en zonas sin equipos mareográficos, la recuperación de las variaciones del NMM en mareógrafos con pérdidas de información y en la redefinición de los sistemas de referencia verticales nacionales.
- Los datos altimétricos en áreas costeras de poca densidad permitirán incrementar la calidad y resolución de los productos geodésicos derivados de la técnica altimétrica como lo es el geoide.