

LIBRO: PRY. PROYECTO
TEMA: PUE. Puertos
PARTE: 1. ESTUDIOS
TÍTULO: 04. Estudios de Mareas
CAPÍTULO: 003. Medición de Niveles del Mar

A. CONTENIDO

Este Manual contiene los procedimientos para la medición de los niveles del mar que se refieren en la Norma N·PRY·PUE·1·04·001, *Ejecución de Estudios de Mareas*, que realice la Secretaría con recursos propios o mediante un Contratista de Servicios.

B. DEFINICIÓN

Es el procedimiento para determinar las variaciones del nivel del mar, producidas por la atracción del Sol, la Luna y la Tierra, o por alguna perturbación meteorológica.

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Ejecución de Estudios de Mareas	N·PRY·PUE·1·04·001
Predicción de la Marea Astronómica	M·PRY·PUE·1·04·004
Presentación de Estudios de Mareas	M·PRY·PUE·1·04·006

D. EJECUCIÓN

D.1. REFERENCIAS DE LOS NIVELES DEL MAR

Los registros de los niveles del mar, obtenidos de acuerdo con lo indicado en los Incisos D.2.1. y D.2.2. de este Manual, serán referidos a los niveles indicados a continuación:

D.1.1. Para el Océano Pacífico y Golfo de California, el nivel de referencia será el Nivel de Bajamar Media Inferior (N.B.M.I. con elevación 0,00 m), que se define como el promedio de la más baja de las dos bajamares diarias, durante el período considerado de medición indicado en la Fracción D.4. del Manual M·PRY·PUE·1·04·004, *Predicción de la Marea Astronómica*.

D.1.2. Para el Golfo de México, el nivel de referencia será el Nivel de Bajamar Media (N.B.M. con elevación 0,00 m), que se define como el promedio de todas las bajamares durante el período considerado de medición, indicado en la Fracción D.4. del Manual M·PRY·PUE·1·04·004, *Predicción de la Marea Astronómica*; cuando el tipo de marea es diurna, este plano de referencia se calcula haciendo el promedio de la bajamar más baja diaria.

Los planos de mareas se definen de la siguiente manera:

Pleamar máxima registrada	Nivel más alto registrado, debido a las fuerzas de marea periódica o a factores meteorológicos
Nivel de Pleamar Media Superior ..	Promedio de las dos pleamares diarias más altas, durante el período considerado de medición (mareas semidiurna y mixta)
Nivel de Pleamar Media	Promedio de todas las pleamares durante el período considerado de medición; cuando el tipo de marea es diurna, este plano se calcula haciendo el promedio de la pleamar más alta diaria, lo que equivale a que la pleamar media en este caso sea lo mismo que la pleamar media superior
Nivel Medio del Mar	Promedio de las alturas horarias durante el período de medición
Nivel de Media Marea	Plano equidistante entre la pleamar media y la bajamar media; se obtiene promediando estos dos valores
Nivel de Bajamar Media	Promedio de todas las bajamares durante el período de medición; cuando el tipo de marea es diurna, este plano se calcula haciendo el promedio de la bajamar más baja diaria, lo que equivale a que la bajamar media en este caso sea lo mismo que la bajamar media inferior
Nivel de Bajamar Media Inferior	Promedio de la más baja de las dos bajamares diarias, durante el período considerado de medición (marea semidiurna y mixta)
Bajamar Mínima Registrada	Nivel más bajo registrado debido a las fuerzas de marea periódica o a factores meteorológicos en la estación

(Fuente: *Tablas de Predicción de Mareas Puertos del Océano Pacífico*, Instituto de Geofísica de la UNAM e Ingeniería de Costas de Armando Frías Valdez y Gonzalo Moreno Cervantes)

D.2. EQUIPO DE MEDICIÓN

El equipo de medición estará en condiciones de operación, limpio y completo en todas sus partes. Se realizarán calibraciones de los equipos de medición de acuerdo con las especificaciones del fabricante, antes del fondeo y después del rescate de dichos equipos, con la finalidad de garantizar su buen funcionamiento y obtener un registro confiable de los niveles del mar.

Para la medición de los niveles del mar, los instrumentos de medición se clasifican de acuerdo con lo siguiente:

D.2.1. Regla de mareas

Consiste en una regla o escala graduada, sobre la que visualmente un observador lee las variaciones del nivel del mar. Es el instrumento más simple para medir los niveles del mar y se fijará en un lugar apropiado como puede ser un pilote de un muelle o algún macizo rocoso. La longitud de la regla quedará en función de la variación máxima que la marea pueda tener en el sitio de estudio, como se observa en el ejemplo de la Figura 1 de este Manual, cuyos niveles representativos corresponden a condiciones en el Golfo de México.

D.2.2. Limnógrafos

Se instalará uno o más limnógrafos para la obtención de los niveles del mar durante los períodos de medición, como los indicados en la Fracción D.4. del Manual

M·PRY·PUE·1·04·004, *Predicción de la Marea Astronómica*, tomando como base el alcance y los objetivos de los estudios que se realizarán en un sitio determinado.

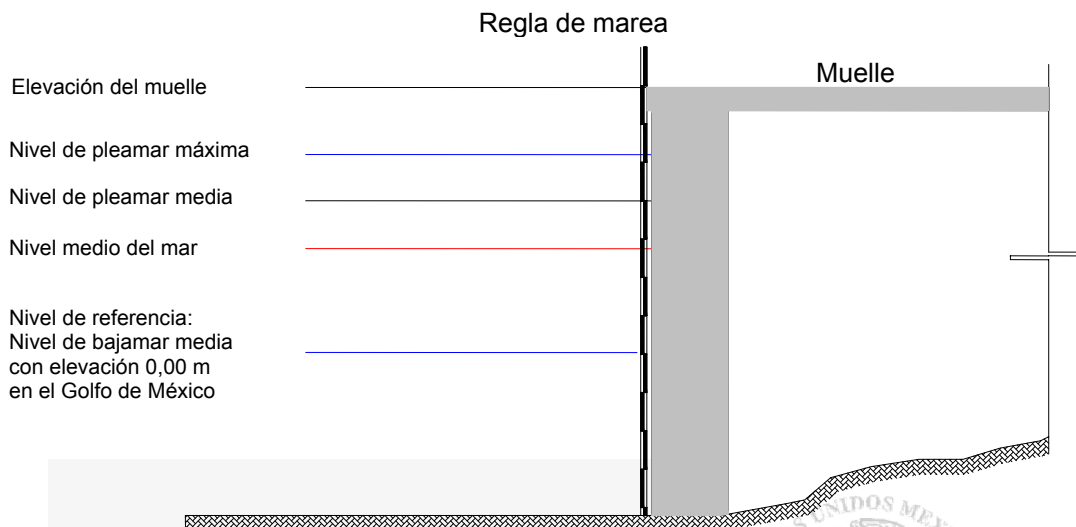


FIGURA 1.- Colocación de la regla de marea en el Golfo de México y Mar Caribe

D.2.2.1. Limnógrafo de flotador

Es un aparato cuyo mecanismo registra automáticamente las variaciones del nivel del agua. Consta de dos partes, el sistema destinado a transmitir al registrador la variación del nivel del mar y el registrador mismo; el primero consiste en un flotador de latón unido por medio de un alambre a una pluma, que va registrando los movimientos ascendentes y descendentes del flotador sobre un papel milimétrico enrollado a un tambor, el cual gira sobre su eje accionado por un reloj, dando una vuelta completa cada 24 horas, como se muestra en la Figura 2.

Este tipo de limnógrafos requiere para su instalación de un tubo de PVC de 15 cm (6 in) de diámetro, como se muestra en las Figuras 3, 4 y 13. Para una correcta operación del flotador, la parte inferior del tubo de PVC se apoyará en el fondo del mar para evitar movimientos indeseables que causen mediciones erróneas en los niveles del mar. Con objeto de asegurar la medición de los niveles mínimos y máximos del nivel del mar, se preverá que el sistema de fijación del flotador tenga una longitud suficiente para que se registren los niveles antes señalados. En la parte superior del tubo de PVC se localizará el sistema de registro de las mediciones como se muestra en la Figura 2.

Para definir la ubicación del limnógrafo, el Ingeniero o Contratista de Servicios hará una visita previa de reconocimiento al sitio de estudio y precisará su sitio de instalación, asegurando que sea un lugar protegido de la acción del oleaje, con la finalidad de que las mediciones de las variaciones del nivel del agua no se modifiquen significativamente.

D.2.2.2. Sensor de flotador

Los sensores de flotador, como el mostrado en la Figura 5, se instalan sobre un tubo de PVC de 15 cm (6 in) cuya parte inferior se apoyará en el fondo del mar para evitar movimientos indeseables que causen mediciones erróneas en los niveles del mar. Con objeto de asegurar la medición de los niveles mínimos y máximos del nivel del mar, se preverá que el sistema de fijación del flotador tenga una longitud suficiente para que se registren los niveles antes señalados. En la parte superior del tubo de

PVC se localizará una caja donde se fija el sensor (Figuras 6 y 7); el sensor a su vez se conecta a un gabinete (Figura 8) donde estarán el dispositivo de almacenamiento de datos *Datalogger* (Figura 9), el radio transmisor, la antena transmisora (Figura 10) y los componentes eléctricos que se requieran y que estarán en función del tipo de equipo que se utilice y que garantice la correcta transmisión de la información de los niveles del agua. Los datos serán transmitidos a una estación receptora vía radio UHF (Figura 11).

El tiempo de duración de las mediciones de los niveles del mar estará de acuerdo con lo indicado en la Fracción D.4. del Manual M-PRY-PUE-1-04-004, *Predicción de la Marea Astronómica*.



FIGURA 2.- Limnígrafo de flotador

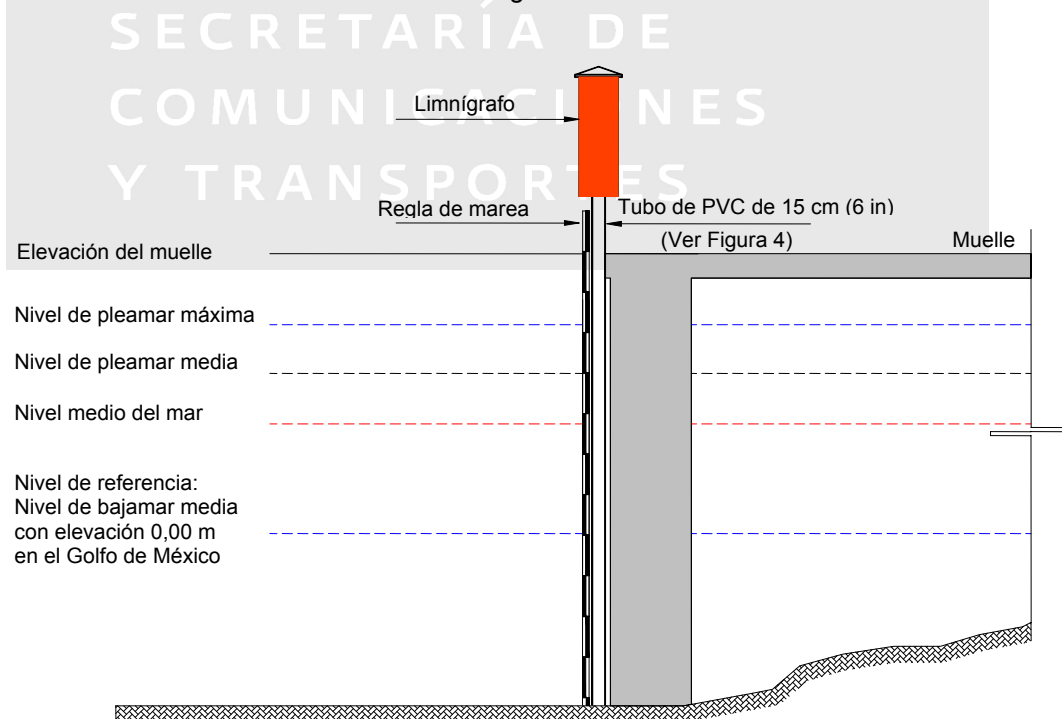


FIGURA 3.- Instalación de limnígrafo de flotador en el Golfo de México y Mar Caribe

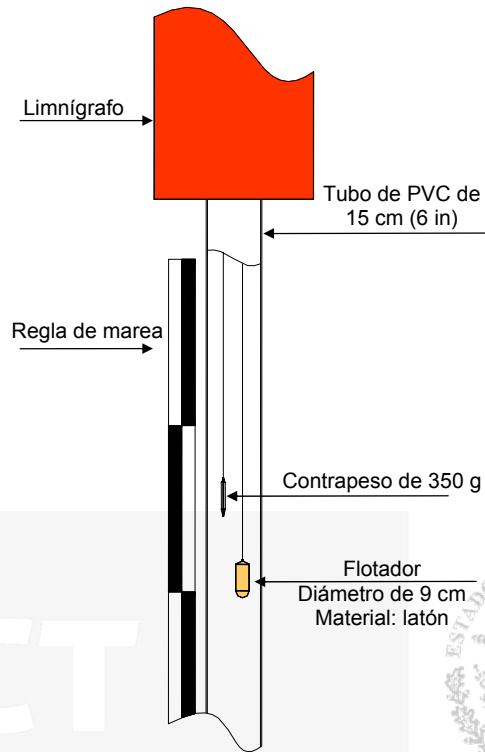


FIGURA 4.- Detalle del flotador del limnógrafo



FIGURA 5.- Sensor de flotador

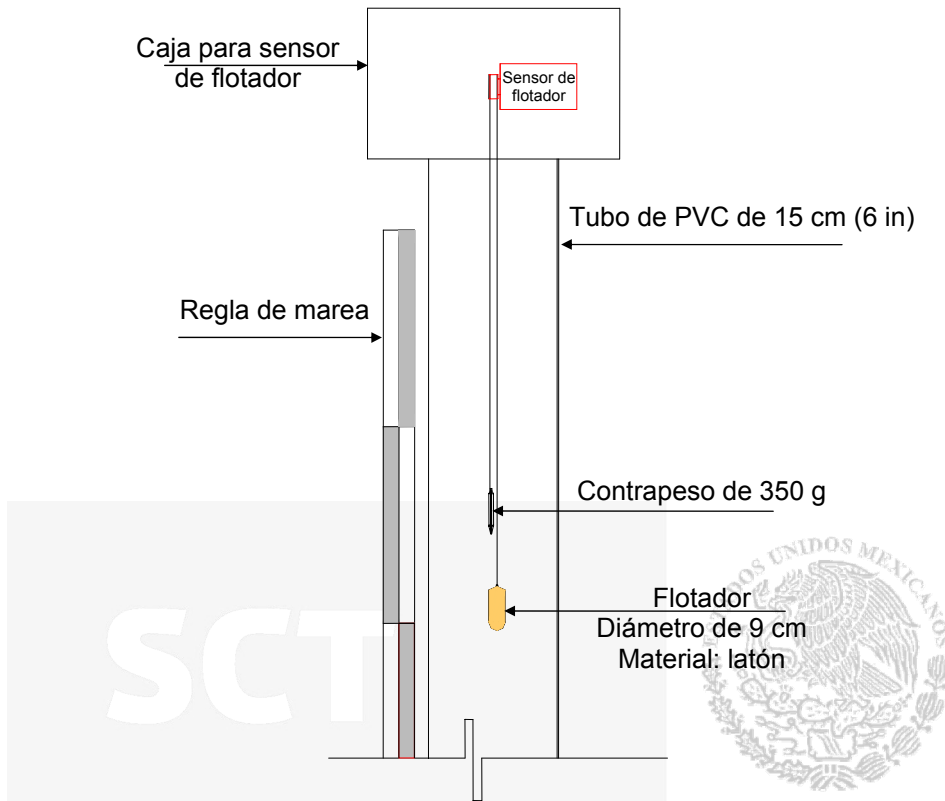


FIGURA 6.- Sistema de flotador del sensor

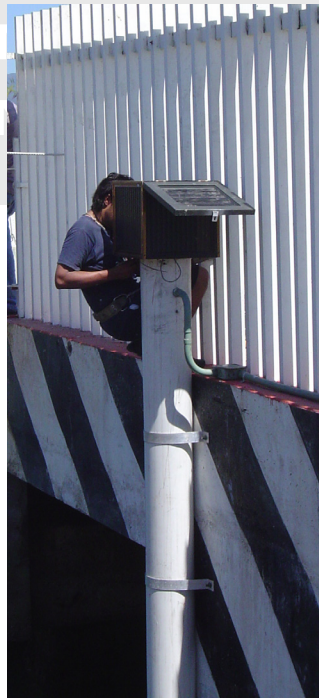


FIGURA 7.- Colocación de tubo y caja para el sensor de flotador

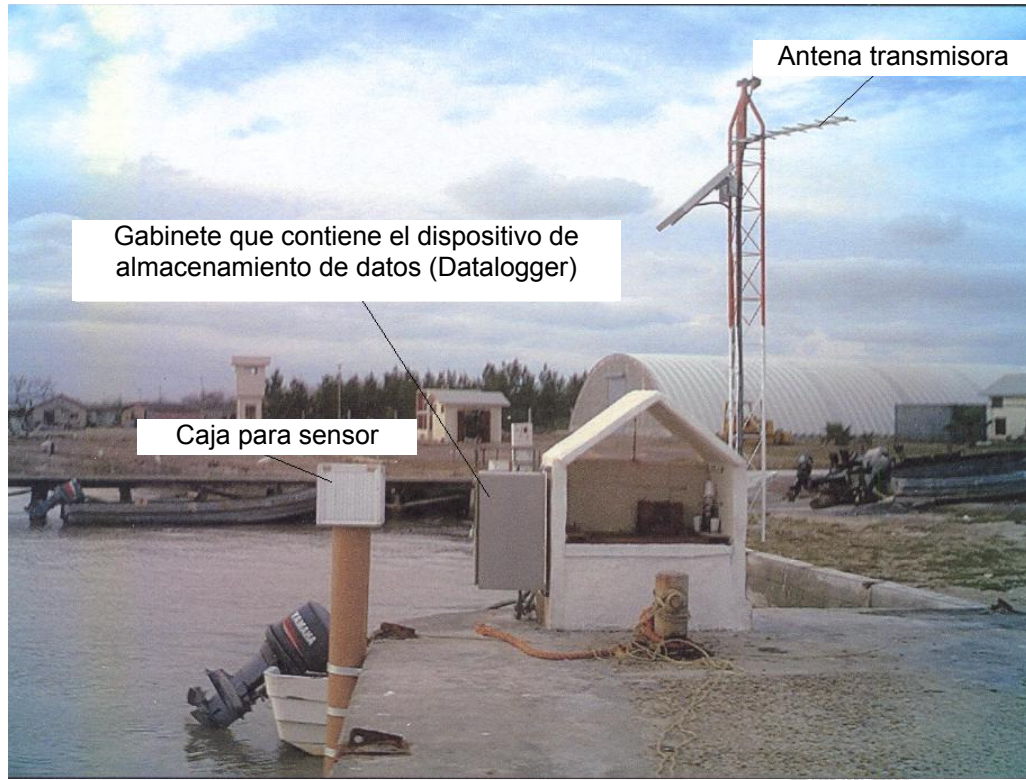


FIGURA 8.- Instalación del sistema de transmisión de la información de los niveles del agua (detalle del gabinete se muestra en la Figura 11)

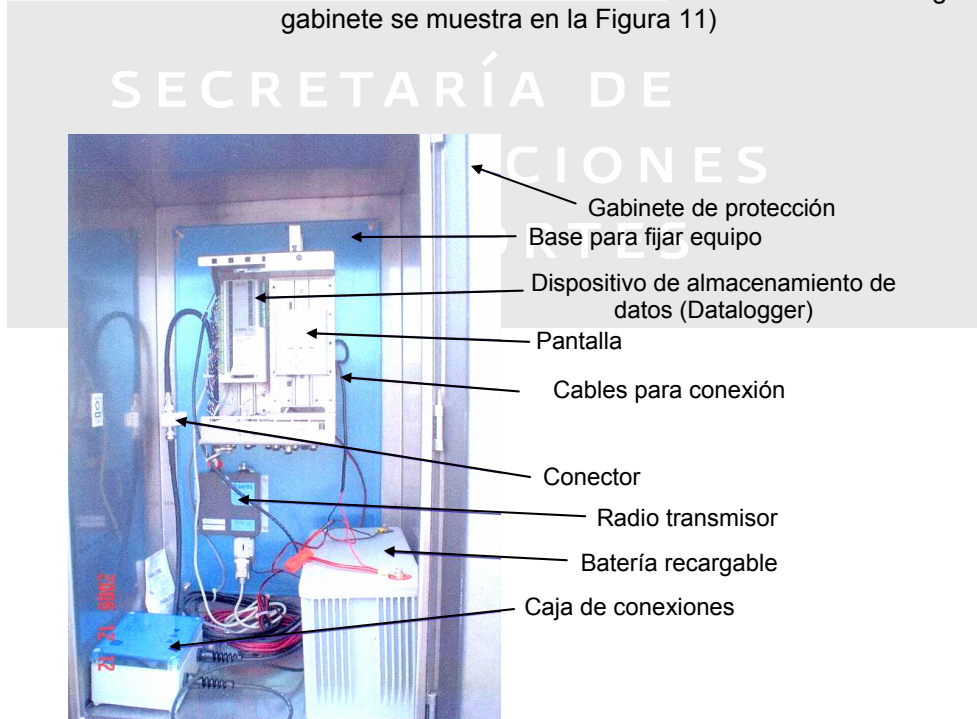


FIGURA 9.- Gabinete tipo que contiene los dispositivos necesarios para el almacenamiento de la información (DATALOGGER), para ser transmitida a la Estación Receptora



FIGURA 10.- Antena transmisora y gabinete que contiene el dispositivo de almacenamiento de datos (DATALOGGER) (detalle del gabinete se muestra en la Figura 11)

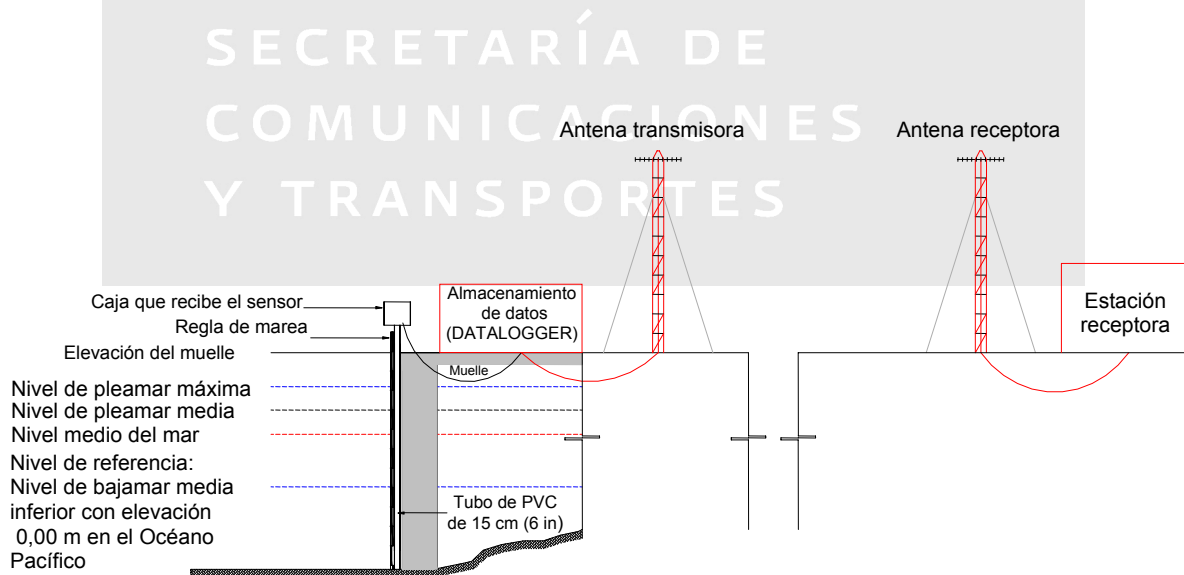


FIGURA 11.- Esquema de recepción y transmisión de la información de los niveles del agua, teniendo como referencia el Nivel de Bajamar Media Inferior para el Océano Pacífico. La instalación del sensor de flotador se hará en la caja que está colocada encima del tubo, como se indica en la Figura 12 de este Manual



FIGURA 12.- Sensor de flotador colocado en la caja

El tubo donde se coloca el sensor de flotador contará con perforaciones en la parte sumergida para permitir el acceso del agua y así poner en funcionamiento el sistema de flotador del sensor; en la parte baja del tubo se colocará una base en forma de sombrero también perforada como se indica en la Figura 13.

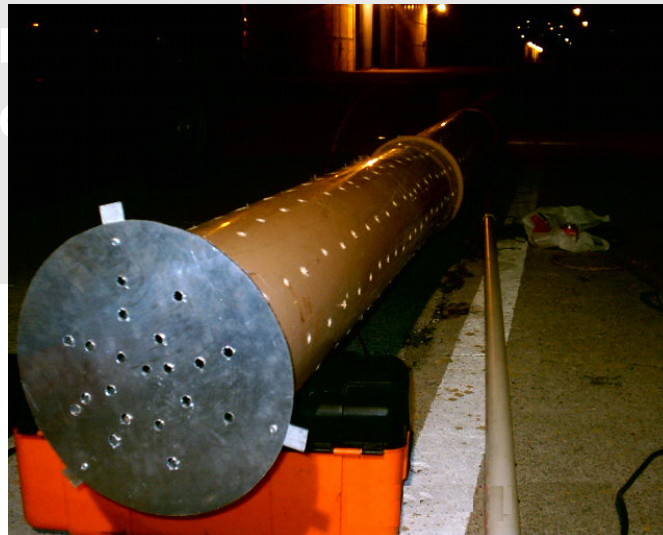


FIGURA 13.- Detalle de perforaciones del tubo que recibe la caja del sensor

D.2.2.3. Sensor de presión sumergible

De tipo piezoresistivo o equivalente, con cable sumergible y totalmente impermeable, con carga hidrostática de 15 m o más. En términos generales, el rango de medición en este tipo de equipos varía de 0 a 0,52 MPa (0 a 75 psi) (0 a 5,1 atmósferas).

El sensor de presión sumergible, como el mostrado en la Figura 14, se instalará dentro de un tubo con las mismas características descritas en el Párrafo anterior para el sensor de flotador, como se indica en la Figura 15.

La profundidad y el sitio de instalación se determinarán durante la visita de reconocimiento. El sensor operará perfectamente en forma continua a una temperatura ambiente de -20°C a $+50^{\circ}\text{C}$ o mayor.

El procedimiento de transmisión y recepción de la información es el que se esquematiza en la Figura 11. El sensor de presión sumergible se conecta al dispositivo de almacenamiento de datos (Datalogger) para posteriormente transmitir la información de los niveles del mar a la estación receptora.

El tiempo de duración de las mediciones de los niveles del mar estará de acuerdo con lo indicado en la Fracción D.4. del Manual M·PRY·PUE·1·04·004, *Predicción de la Marea Astronómica*.



FIGURA 14.- Sensor de presión sumergible

La información registrada con el sensor de flotador y con el sensor de presión sumergible, será transmitida continuamente, cada 5 s, vía radio frecuencia UHF, hasta la estación receptora que ubicará la Secretaría o el Contratista de Servicios durante la visita de reconocimiento al sitio de estudio.

Para la recepción de los datos, la estación contará con antena, radio receptor y equipo de cómputo con el *software* correspondiente para la exhibición y el almacenamiento de datos (Figuras 16, 17, 18 y 19).

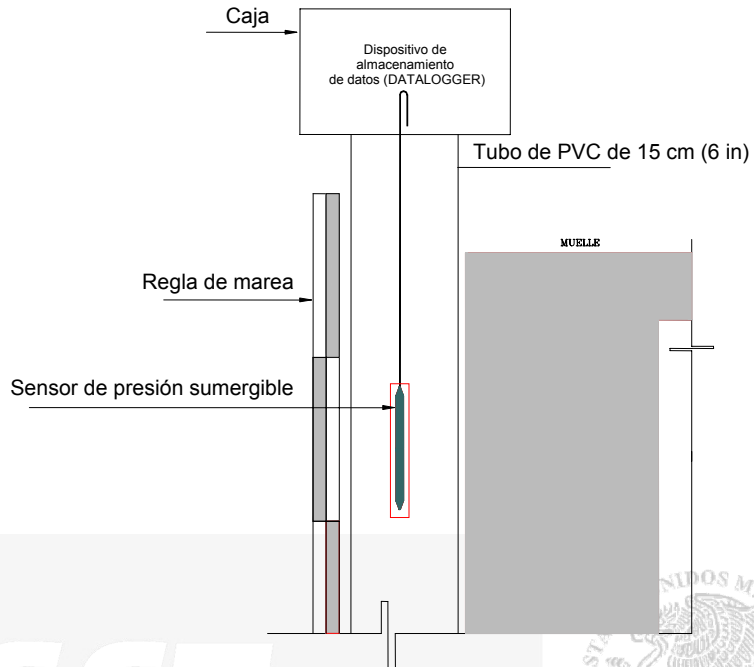


FIGURA 15.- Instalación del sensor de presión sumergible



FIGURA 16.- Estación receptora



FIGURA 17.- Visualización de información



FIGURA 18.- Antena receptora de la información de los niveles del agua



FIGURA 19.- Radio receptor de información

D.3. TIEMPO DE MEDICIÓN DE LOS NIVELES DEL MAR

El tiempo de duración de las mediciones de los niveles del mar será de acuerdo con lo indicado en la Fracción D.4. del Manual M·PRY·PUE·1·04·004, *Predicción de la Marea Astronómica*.

D.4. TIEMPO DE MUESTREO DE LOS NIVELES DEL MAR

Con objeto de describir de manera adecuada las variaciones del nivel del mar en el tiempo (mareograma), el tiempo de muestreo será a cada 5 minutos, teniéndose así 288 datos para definir el mareograma correspondiente en 24 horas.

D.5. REVISIÓN DEL EQUIPO

Se verificará diariamente el funcionamiento del equipo de medición instalado en el sitio de estudio, incluyendo la zona de almacenamiento y recepción de la información de los niveles del mar, mediante una inspección ocular. De detectarse una falla en el equipo, se informará inmediatamente a la Secretaría o al Contratista de Servicios para que la falla sea atendida en el menor tiempo posible.

D.6. BITÁCORA DE LAS MEDICIONES

Toda la información observada durante el tiempo de las mediciones de los niveles del mar, quedará debidamente registrada en una bitácora de mediciones la cual, será firmada de conformidad por el responsable de las mediciones y un representante de la Secretaría.

D.7. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LOS NIVELES DEL MAR

Los datos de las mareas astronómicas se presentarán en series de tiempo, en forma tabular y en forma gráfica, como se indica en la Cláusula C. del Manual M·PRY·PUE·1·04·006, *Presentación de Estudios de Mareas*.

E. BIBLIOGRAFÍA

Comisión Federal de Electricidad, *Manual de Diseño de Obras Civiles*, Sección Hidrotecnia A.2.13., Hidráulica Marítima, México (1983)

Coastal Engineering, Kiyosi Horikawa, University of Tokio Press (1978)

Manual on Sea Level Measurement and Interpretation, Vol. IV, UNESCO, France (2006)

SCT



SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES