



UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

MAREAS

SOFÍA GONZÁLEZ MONTOYA

PROFESOR: CARLOS LIZÁRRAGA CELAYA

23 DE MARZO DE 2017

1. RESUMEN

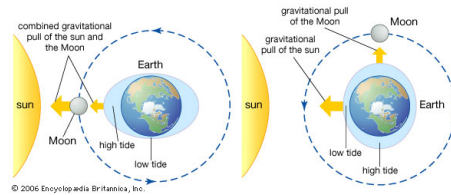
Esta práctica abordará el tema de mareas, sus características, historia, la física de las mareas, entre otras cosas. Es una breve síntesis del artículo de Wikipedia sobre las mareas y, con esto, tenemos una introducción a las siguientes prácticas a llevar a cabo con el análisis de datos de locaciones a escoger, y la elaboración de gráficas para mejor entendimiento.

2. INTRODUCCIÓN

En este trabajo el enfoque son las mareas, sus características más importantes, la física de las mareas y su importancia en distintos aspectos. En este trabajo hablamos enfocados en las mareas de los océanos. Las mareas son el cambio periódico del nivel del mar producido principalmente por las fuerzas de atracción gravitatoria que ejercen el Sol y la Luna sobre la Tierra. Aunque dicha atracción se ejerce sobre todo el planeta, tanto en su parte sólida como líquida y gaseosa, nos referiremos en este artículo a la atracción de la Luna y el Sol, juntos o por separado, sobre las aguas de los mares y océanos.

3. MAREAS

Las mareas son el ascenso y descenso de los niveles del mar por una serie de factores combinados que son las fuerzas gravitacionales ejercidas por el Sol, la Luna y la rotación de la Tierra. Los tiempos y amplitudes de las mareas son influenciados por el alineamiento del Sol y la Luna. Algunas costas son afectadas por marea semidiurnal, consistiendo en dos mareas altas o dos mareas bajas cada día, otras son afectadas por marea diurnal, siendo solo una marea alta o una marea baja cada día o incluso marea variada, la cual consiste en dos mareas desiguales o una marea alta y una baja cada día.



Los cambios en las mareas ocurren de la siguiente manera: El nivel del mar asciende cubriendo la orilla del mar, es también conocida como pleamar. Después el agua llega a su nivel máximo, creando marea alta. El nivel del mar desciende hasta revelar de nuevo la orilla del mar, conocida como reflujo. Y por último, el agua deja de descender, creando marea baja o también conocida como bajamar.

4. CONSTITUYENTES DE LAS MAREAS

Los constituyentes de las mareas son el resultado de las distintas influencias que impactan a las mareas. Entre ellos se encuentran:

1. Constituyente lunar semidiurnal principal Este tiene un periodo de aproximadamente 12 horas y 25 minutos, en algunas regiones el el constituyente más largo.
2. Variación del alcance. El alcance de marea semidiurnal puede variar en dos semanas. Aprox. dos veces al mes cuando hay luna nueva y llena cuando el Sol, la Tierra y la Luna se alinean la fuerza de la marea en cuanto al Sol refuerza a la de la Luna. En este momento el alcance es el máximo, se le llama "spring tide." Su alcance mínimo ocurre cuando la Luna está en primer o tercer cuarto y forma un ángulo de 90 con el Sol se le llama "neap tide."
3. Altitud de la Luna Cuando la luna se encuentra más cerca, es decir en perigeo, el alcance de la marea aumenta. Cuando se encuentra en apogeo, el alcance disminuye.
4. Fase y amplitud La fase de una marea se considera útil denotada por tiempo en horas, o también se puede medir en grados, siendo 360 grados por ciclo.

5. FÍSICA DE LAS MAREAS

5.1. Historia

La investigación en la física de las mareas fue muy importante para el desarrollo del heliocentrismo, hablando de dos mareas diarias explicadas por la gravedad de la luna. Después estas mareas diarias fueron explicadas con más precisión por la gravedad de la Luna y el Sol. El conocimiento medieval de las mareas se debe a astrónomos musulmanes, con trabajos de Abu Ma'shar sobre reflujo siendo causado por la Luna y se discutió sobre los efectos del viento y las fases de la Luna en las mareas.

En 1608 Simon Stevin en su trabajo descartó ideas erróneas sobre las mareas, y postuló que se debía hacer más investigación sobre los términos utilizados en mareas. En 1609, Johannes Kepler también sugirió que las mareas eran causadas por la gravitación de la Luna, basándose en antiguas observaciones y correlaciones. Galileo Galilei en 1632, en "Diálogo sobre las mareas" dio una explicación sobre estas, rechazando la explicación de Kepler. Su teoría fue incorrecta pues Galileo atribuyó las mareas al movimiento del agua causado por los movimientos de la Tierra alrededor del Sol.

Isaac Newton fue la primera persona en explicar las mareas como el producto de la atracción gravitacional de masas astronómicas. Esta explicación

fue expuesta en su "Principiaz haciendo uso de su teoría universal de gravitación explicó las atracciones lunares y solares como el origen de fuerzas generadoras de mareas. Pierre-Simon Laplace formuló un sistema de ecuaciones diferenciales parciales relacionando el flujo horizontal del océano con la altura de su superficie, la cual fue la primera teoría dinámica de mareas acuáticas. Estas ecuaciones se siguen usando actualmente. Kelvin y Henri Poincaré desarrollaron la teoría de Laplace, y basados en esos desarrollos y la teoría lunar de E W Brown, Arthur Thomas Doodson publicó el primer desarrollo moderno de potencial generador de mareas en forma harmónica: distinguió 388 frecuencias de las mareas.

5.2. Fuerzas

La fuerza de marea producida por un objeto masivo (la luna) en una partícula pequeña localizada en un cuerpo extenso (la Tierra) es la diferencia de vectores entre la fuerza gravitacional ejercida por la Luna a la partícula y la fuerza gravitacional ejercida en la partícula si se localizara en el centro de masa de la Tierra. La fuerza del Sol es 46 % tan grande como la de la Luna porque se encuentra a mayor distancia y el gradiente del campo es más débil.

La superficie del océano se aproxima a una superficie equipotencial y se encuentra en equilibrio gravitacional. Considerando los efectos de la Luna y el Sol, sus campos gravitacionales disminuyen con distancia y alteran la forma

de una superficie equipotencial en la Tierra, y la rotación de este planeta relativa a esa forma alterada causa lo que se conoce como el ciclo diario de mareas. A diferencia de las fuerzas gravitacionales, las fuerzas de marea son inversamente proporcionales al cubo de la distancia.

5.3. Ecuaciones de Laplace

La manera de modelar las fuerzas de marea es a través de las ecuaciones de Laplace para la marea, las cuales incorporan el hecho de que la velocidad radial es despreciable, que la fuerza es solamente tangencial, el efecto Coriolis aparece como una fuerza inercial y que la tasa de cambio de la altura de la superficie es proporcional a la divergencia negativa de velocidad multiplicada por la profundidad.

5.4. Amplitud y tiempo de ciclo

La amplitud de mareas oceánicas teorizada que es causada por la luna es de 54 cm en su punto más alto, la del sol de 25 cm y un tiempo de ciclo de 12 horas. Debido que las órbitas son elípticas las amplitudes cambian como resultado de las distancias de la Tierra, la luna y el sol, causando una variación de $\pm 18\%$ para la luna y $\pm 5\%$ para el sol. Las amplitudes reales difieren considerablemente por las variaciones de profundidad y obstáculos

continentales pero también por el periodo natural de la propagación de ondas de la misma magnitud que el periodo de rotación.

5.5. Disipación

Las oscilaciones de las mareas terrestres introducen disipación a una tasa promedio de 3.75 terawatts. Aproximadamente 98 % de esta disipación es causada por movimiento de mareas marina. La longitud del día ha aumentado por 2 horas en los últimos 600 millones de años.

5.6. Batimetría

La forma de la orilla del mar y su suelo cambia la manera en que las mareas se propagan, por lo que la batimetría y otras características significan que las características de cada locación son distintas y afectan el pronóstico de las mareas. Estas difieren de predicciones modeladas por los efectos morfológicos en el flujo de marea.

6. Observación y predicción

Las observaciones de las mareas han ido mejorando, primero notando la ocurrencia diaria hasta la relación de las mareas con la luna y el sol. Seleucus

de Seleucia teorizaba que las mareas eran causadas por la luna y notó que estas variaban en fuerza y tiempo en partes distintas del mundo. Pliny en su "Naturalis Historia" colecciona muchas observaciones de mareas como las spring tides que suceden unos días después de la luna llena o nueva.

La primera tabla de mareas en China fue registrada en 1056 DC por visitantes del agujero de marea en el río Qiantang. En Reino Unido, la primera tabla fue de John Wallingford. William Thompson lideró el primer análisis sistemático de registros de mareas en 1867, con el resultado de una máquina predictiva de marea.

6.1. Soncronización

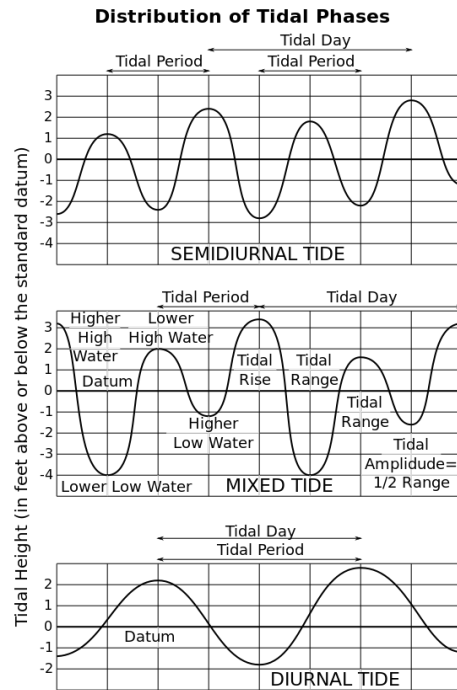
El tiempo en que la cresta de la onda llega a un puerto da el tiempo de agua alta en el puerto. El tiempo que le toma a la onda viajar por el océano significa que hay un retraso entre las fases de la luna y su efecto en la marea. La batimetría del océano influye gravemente el tiempo y altura exactos en un punto costero particular.

6.2. Análisis

El actual análisis de mareas sigue el método de análisis armónico de William Thompson, basado en el principio de teorías astronómicas de los mo-

vimientos de la luna y el sol como determinantes de los componentes de frecuencia y e hecho de que en cada frecuencias hay una componente de fuerza que produce movimiento de mareas, pero que en cada locación estas son de diferente frecuencia con una amplitud y fase personalizada. Se espera que la altura de las mareas sigan la fuerza de marea, con una amplitud constante y fase retardada para cada componente.

El análisis de altura de marea se aborda con las series de Fourier, que utiliza funciones senosoidales, con frecuencias de 0, 1, 2, ... veces la frecuencia de un ciclo fundamental particular, llamados los armónicos de la frecuencia fundamental. Este análisis de Fourier ocurre durante un periodo de 19 años por que las posiciones relativas de la Tierra, el Sol y la Luna se repiten casi exactamente en 19 años.



6.3. Corriente

La influencia de las mareas en el flujo de la corriente es más difícil de analizar, pues este tiene asociada una magnitud y dirección las cuales pueden variar sustancialmente debido a la batimetría local. Aun así, el análisis de corriente es similar al de marea, en una cierta ubicación la pleamar va en una dirección con una velocidad dada positiva y el reflujo en otra dirección con velocidad negativa y se sigue el análisis como el de altura de marea. En ambos casos de análisis de altura o de corriente, estas predicciones basadas en factores astronómicos no incorporan las condiciones climáticas, las cuales

pueden cambiar el resultado.

7. Tabla de componentes armónicos

Orden	Nombre	Símbolo	Periodo (hr)
1	Principal lunar semidiurno	M_2	12.42
2	Principal solar semidiurno	S_2	12.00
3	Lunar elíptico semidiurno	N_2	12.66
4	Lunar diurno	K_1	23.93
5	Aguas poco profundas de principal lunar	M_4	6.21
6	Lunar diurno	O_1	25.82
7	Aguas poco profundas de principal lunar	M_6	4.14
8	Aguas poco profundas terdiurno	MK_3	8.18
9	Aguas poco profundas de principal solar	S_4	6.00
10	Aguas poco profundas cuarto diurno	MN_4	6.27

8. Bibliografía

1. Mareas. Wikipedia. Última fecha de consulta 17 de Marzo 2017. <https://en.wikipedia.org/wiki/Tide>
2. Teoría de Mareas. Wikipedia. Última fecha de consulta 18 de Marzo 2017. https://en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_tides#The_dynamic_theory_of_Laplace