



## **Influencia del fenómeno EL NIÑO en las condiciones de oleaje en aguas profundas frente al litoral Peruano**

Carmela Ramos <sup>1\*</sup>, Emanuel Guzmán <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima Perú

Recibido 02 marzo 2020 – Aceptado 08 diciembre 2020

### **Resumen**

Se analizó las olas en aguas profundas (fuera de la zona de generación de olas y veriles mayores a 500m) en 3 puntos representativos del Perú (zona norte, centro y sur). Esta información de olas considera un periodo de información de 1979 al 2017, obtenido de la base de datos del National Oceanic and Atmospheric (NOAA) de reanálisis de oleaje del modelo Wave Watch III (WW3), la misma que presenta una resolución espacial de  $0.5 \times 0.5^\circ$ , obteniéndose una serie de tiempo de oleaje en diversas condiciones, tales como condiciones predominantes (normales), eventos extremos y en ellas incluidos los años de ocurrencia del fenómeno El Niño, siendo los más importantes los eventos extraordinarios de 1982-1983 y 1997-1998. Esta serie de tiempo de olas del WW3 fue calibrada con información de la boya 32012 del National Data Buoy Center (NDBC, 2019) e información de altimetría de satélites GEOSAT, ENVISAT, JASON 1, ERS1, ERS2 y TOPEX/POSEIDON (GlobWave, 2013), permitiendo obtener una serie temporal calibrada de oleaje en aguas profundas con intervalos de 3 horas. Una descripción y análisis de la calibración de las olas se muestra en Ramos & Guzman et al. (2017). Los resultados mostraron que durante la ocurrencia del fenómeno El Niño la altura significativa presenta 1.5 a 2.5 m predominantemente con periodos entre 13.5 a 15 segundos, observándose un incremento de alturas de olas de 10cm, sin embargo, la dirección y el periodo si mostraron cambios importantes, ya que durante estos eventos se presenta mayor ocurrencia de olas provenientes del Noroeste en comparación a los años normales, mientras que el periodo incremento sus valores máximos, llegando a alcanzar periodos pico superior a los 15 segundos.

**Palabras clave:** Olas, Eventos extremos, EL Niño, La Niña

### **Influence of the EL NIÑO phenomenon on wave conditions in deep waters in front of the Peruvian coast**

#### **Abstract**

Wave Data in Deep water (outside wave generation zone at depth more than 500m) from 3 location in Perú were analyzed from 1979 to 2017 from NOAA reanalysis Data Base obtained with Wave Watch Simulation for global waves with  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  spatial resolution. A time series was obtained to represent normal conditions and extreme event including El Niño and La Niña Phenomenon, thus extraordinary El Niño (EN) occurred in 1982-1983 and 1997-1998. Wave time series were calibrated with NOAA buoy data called 32012 from NDBC and satellite data obtained from GEOSAT, ENVISAT, JASON 1, ERS1, ERS2 y TOPEX/POSEIDON. Thus, a calibrated time series were obtained with an interval of 3 hours. Results shows that during EN the predominant significant wave height reached 1.5 to 2.5 m, and it represent an incremented around 1cm respect normal conditions, while wave period predominant range is around 13.5 to 15 seconds and it represent significant variations respect normal conditions, a similar case occurred with wave direction, during EN is most occurred waves from Northwest respect normal conditions.

**Keywords:** Waves, Extreme events, El Niño, La Niña

---

\* [carmela.ramos@unmsm.edu.pe](mailto:carmela.ramos@unmsm.edu.pe)

## 1. Introducción

Frente a las costas del Perú el oleaje es la propagación de las olas que se han salido de su zona de generación y se propagan hacia la zona costera, las cuales presentan diferentes alturas y periodo. Las olas que llegan al Perú, presentan su zona de generación tanto en el hemisferio Norte, como en el hemisferio sur, siendo la de la más frecuente la del hemisferio sur, aproximadamente 40°Sur (Ge Chen et al., 2002).

El estudio de la calibración y determinación del clima de olas en aguas profundas frente a las costas del Perú, fue realizado por Ramos et al., 2017, calibrando los resultados del modelo Wave Watch III del Centro Nacional de Predicción Ambiental (NCEP) con información de boya (N°32012 de la NOAA) e información de satélite (Envisat, ERS-1, ERS-2, Geosat, Jason 1 y Topex/Poseidon).

En el presente artículo se trabajará con la información calibrada de olas y se analizará la influencia de eventos extremos tipo el Niño y La Niña empleándose los puntos más cercanos a costa y que represente la dinámica de olas en la zona norte, centro y sur del país.

## 2. Materiales y Métodos

La información a emplearse corresponde a la serie de tiempo calculada por Ramos et al., 2017, para fines descriptivos, se realiza un análisis exploratorio de la información, así como su estadística básica de los puntos ubicados en la zona norte, centro y sur del país. Las ubicaciones son para la zona Norte del país (Punto P02:

Longitud: 82°Oeste y Latitud: 03°Sur), zona Centro del país (Punto P07: Longitud: 79°Oeste y Latitud: 11.5°Sur) y zona Sur del país (Punto P11: Longitud: 76°Oeste y Latitud: 18°Sur). La serie de tiempo del punto P02 se muestra en la Figura 1.

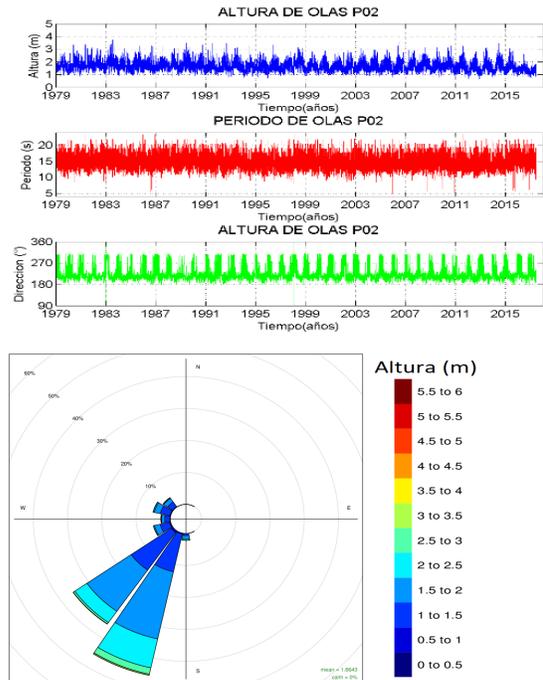


Figura 1: Serie de tiempo de altura, periodo y dirección de olas para el punto de control P02

Tabla 1.- Estadística básica de las condiciones de olas.

Descripción	P02			P07			P11		
	Hs(m)	Tp(m)	Dir(°)	Hs(m)	Tp(m)	Dir(°)	Hs(m)	Tp(m)	Dir(°)
Mínimo	0.16	1.91	0.12	0.22	1.88	156.35	0.16	1.70	136.42
Percentil 25	1.38	13.16	206.67	1.58	12.71	205.92	1.68	12.61	208.75
Media	1.66	14.44	222.74	1.93	14.06	217.73	2.06	13.98	222.00
Percentil 75	1.89	15.55	224.59	2.22	15.40	221.54	2.36	15.34	225.14
Máxima	3.73	23.54	359.52	4.54	23.53	325.57	4.95	23.53	315.95

Fuente: propia

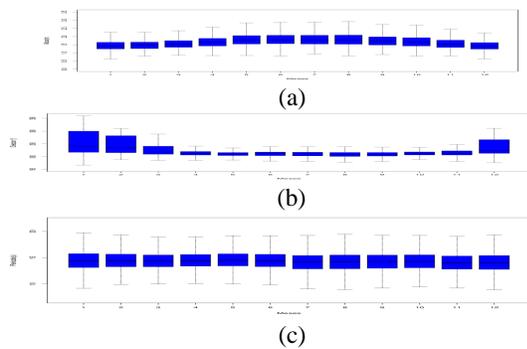
Tabla 2.- Valores estadísticos de los valores promedios de olas durante eventos NIÑO, NIÑA Y NORMAL en los puntos de control seleccionados.

Punto	Altura Significante			Periodo Pico			Dirección Pico		
	Niño	Normal	Niña	Niño	Normal	Niña	Niño	Normal	Niña
P02	1.75	1.64	1.76	14.65	14.40	14.35	225.20	222.97	212.98
P07	2.04	1.89	2.09	14.19	14.05	13.92	219.45	218.00	210.35
P11	2.16	2.02	2.21	14.13	13.97	13.78	224.29	222.23	213.52

Fuente: propia

La información de la Figura 1 y Tabla 1 describe la dinámica del oleaje, observándose que en la zona sur (p11) es la zona donde se presentan las mayores alturas de olas punto P07 y P02, así mismo, en los 3 puntos de control se observa influencia del oleaje de dirección Noroeste, el cual presenta entre 1.5 a 2 m ( $H_s=4.95$  m), disminuyendo progresivamente hacia el norte, con alturas de 4.54 y 3.73 m respectivamente al.

La figura 2 evidencia que en invierno se presentan las mayores alturas de olas, alcanzando alturas promedio de 1.7 m. La dirección es predominantemente de dirección Suroeste, mientras que en verano se observa oleaje de dirección Noroeste. El periodo de ola se mantiene entre 13 a 14 segundos en promedio mensual.



**Figura 2.**-Box plot de olas. (a) altura de ola, (b) Dirección de olas y (c) Periodo de olas. Punto de control P02

El comportamiento de los principales eventos El Niño y La Niña fue tomado de las publicaciones del ENFEN (CENEPRED, 2012), (ENFEN, 2012), detallándose eventos tipo El Niño extraordinario en 1982-1983 y 1997 - 1998, eventos tipo El Niño son identificados en 1983, 1987, 1992, 1993, 1995, 1998, 2002, 2003, 2004, 2008 y 2009, así como eventos La Niña en 1985, 1988, 1996, 2001, 2007 y 2010

En los puntos de control elegidos (P02, P07 y P11), se han seleccionado el oleaje en los años El Niño, Año Normal y Año la Niña, identificándose de forma general que en año El Niño los periodos de olas se incrementan respecto al año Normal, mientras que en dirección observamos que durante años El Niño y Años normales se presenta dirección predominante Suroeste y en años La Niña, dirección Sur-Suroeste. La altura de olas no muestra alguna relación existente entre un evento El Niño, La Niña o Normal. Ver Tabla 2.

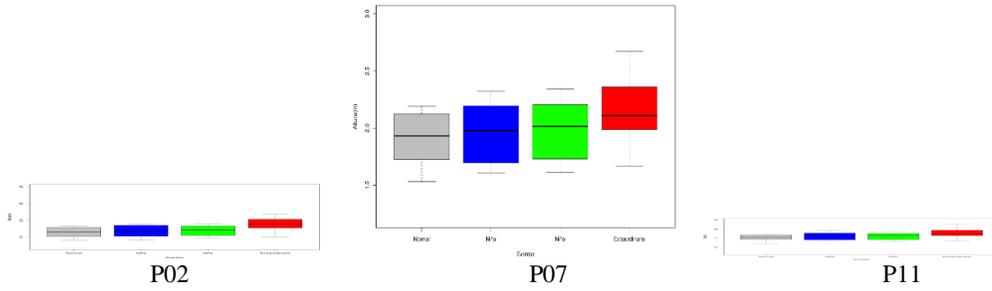
### 3. Resultados

En la figura 3 y 4 muestra la variación anual de olas de la altura, periodo y dirección de olas como un promedio de todo lo que sucede en el año, observándose en color rojo los eventos identificados según el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) que corresponden a Niños Extraordinarios (1982-1983 y 1997-1998) y en azul los eventos La Niña Fuerte (1988 y 2007). El box plot muestra de forma general alturas de olas en condiciones normales que se encuentran en el rango promedio de 1.5 a 2.5 m para el percentil 25 a percentil 75, siendo los menores rangos de alturas en el punto P02, incrementando espacialmente de norte (P02) a sur (P11). Durante un evento El Niño y la Niña las alturas de olas se ven incrementadas entre 0.5 a 1.0 m, siendo el menor incremento en el punto P02 y el mayor incremento en P07 y P11. Cuando hay presencia del Niño extraordinario, las alturas de olas son notoriamente afectadas con un incremento aproximado de 2m en todos los puntos de control.

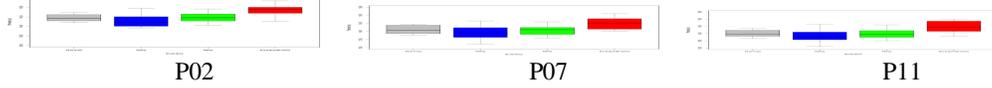
En figura 4, los periodos de olas presentan mayor variabilidad en los eventos La Niña y El Niño, en los 3 puntos de control, observándose que en Evento La Niña los periodos disminuyen, y en evento El Niño se incrementan ligeramente en 0.2 m. En evento El Niño extraordinario existe una fuerte variabilidad al incremento del periodo de ola en 0.5 segundos con eventos que pueden incrementarse en 1 segundo.

En la figura 5, la dirección de ola es del Suroeste en condiciones normales predominantemente con variaciones de dirección Oeste-Suroeste, sin embargo, en eventos La Niña vemos que la dirección es predominantemente Suroeste. El evento El Niño y Niño extraordinario se caracteriza por tener una mayor variabilidad de dirección entre Suroeste y Oeste.

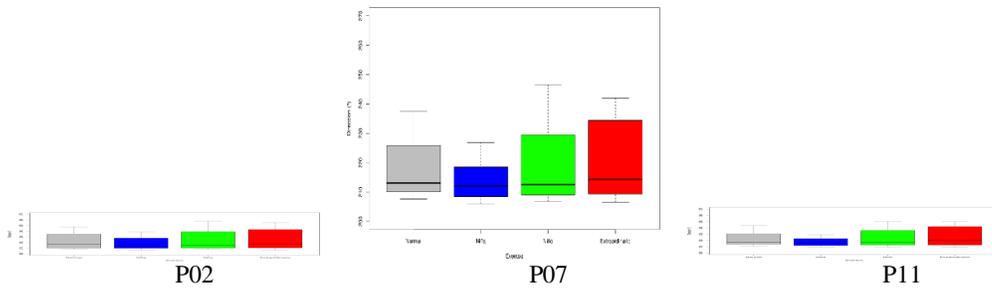
En base a la información climatológica de olas obtenida, se realizó la variación mensual de la altura de ola y se calculó la anomalía de los eventos El Niño, La Niña y Extraordinario, respecto a la condición normal (Figura 6), identificándose que durante un evento El Niño extraordinario se presentan alturas muy por encima de la normal durante todo el año, alcanzando anomalías que van de 0.10 a 0.55 m, siendo la máxima en el mes febrero y agosto para los 3 puntos de control. En El Niño y La Niña se logran obtener anomalías que van de -0.5 a 0.5, sin embargo, en un evento La Niña, se presentan las menores alturas de olas en los meses de febrero, julio y noviembre.



**Figura 3.-Box plot de la altura de ola por tipo de evento, punto de control P02, P07 y P11**

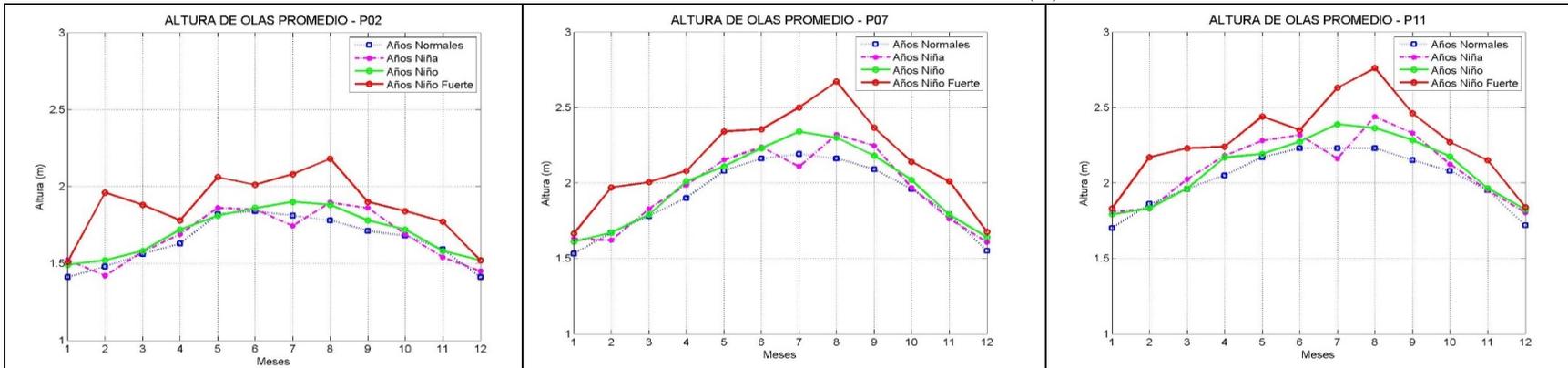


**Figura 4.-Box plot del periodo de ola por tipo de evento, punto de control P02, P07 y P11**



**Figura 5.-Box plot de la dirección de ola por tipo de evento, punto de control P02, P07 y P11**

### VARIACION MENSUAL DE LA ALTURA DE OLA (m)



### VARIACION MENSUAL DE LA ANOMALIA DE LA ALTURA DE OLA (m)

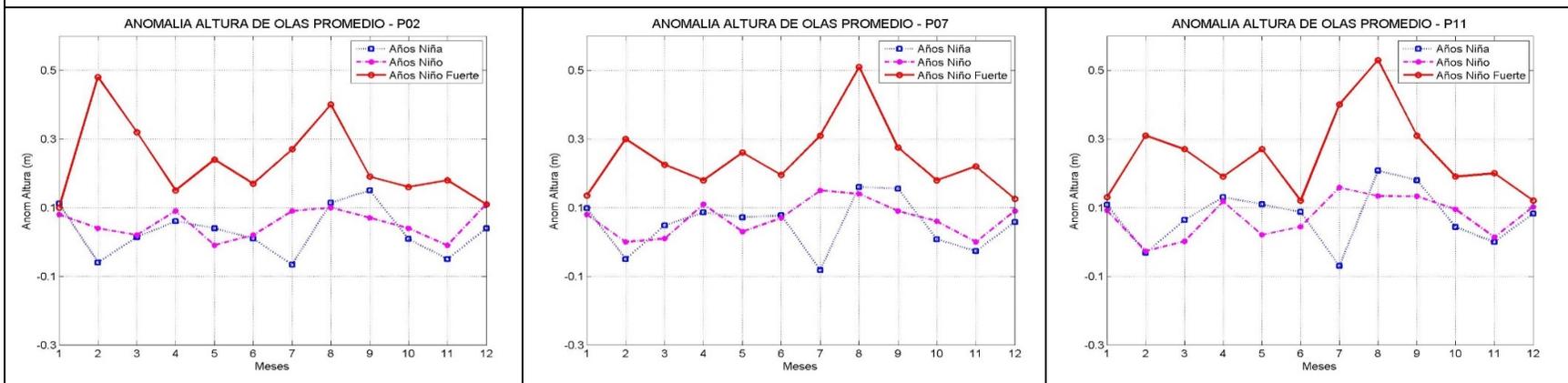


Figura 6.-Anomalía de las alturas de olas en los puntos de control P02, P07 y P11

#### 4. Conclusiones

De forma general, las olas presentan las mayores alturas de olas en la zona sur, siendo las mínimas en la zona norte del Perú, cambiando progresivamente su intensidad de sur a norte.

Las alturas de olas presentados en los 3 puntos de control indican una dirección entre Sur a Noroeste, con una altura promedio entre 1.6 a 2.0 m y alturas máximas de hasta 4.95 m. Los periodos de olas predominantes oscilan entre 13 a 14 segundos.

Durante la ocurrencia de fenómeno El Niño extraordinario se observa que durante este tipo de evento

la altura significativa de ola presenta alturas máximas de hasta 2.6 m en promedio, con una anomalía positiva de hasta 2.7 m en todo en el mes de agosto.

Durante los eventos El Niño se observan un ligero incremento de las alturas de olas sobre todo en febrero y julio con variaciones de aproximadamente 0.1 m respecto a las condiciones normales características del mes.

En eventos La Niña de forma contraria a los años Niño, las alturas de olas disminuyen sobre todo en los meses de febrero, julio y noviembre con una disminución de 0.1 m.

---

#### Referencias

CENEPRED. (2012). Escenarios de riesgos ante la probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño.

ENFEN. (2012). Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. Lima.

Ge, C., Bertrand, C., Robert, E., & Douglas, V. (2002). A Global View of Swell and Wind Sea Climate in the Ocean by Satellite Altimeter and Scatterometer. American Meteorological Society, 1849-1859.

GlobWave. (2013). Obtenido de <http://globwave.ifremer.fr/>

NDBC. (2019). National Data Buoy Center. Obtenido de [https://www.ndbc.noaa.gov/station\\_page.php?station=32012](https://www.ndbc.noaa.gov/station_page.php?station=32012)

Ramos, C., Guzmán, E., Sarango, D., y Carbonel, C. (2017). Determinación del clima de olas en aguas profundas, frente a las costas del Perú. Revista de Investigación de Física, vol 20, No. 1, pp 18.