

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y TÉCNICAS
DEL AGUA Y DEL MEDIO AMBIENTE**

TESIS DOCTORAL

**METODOLOGÍAS DE CALIBRACIÓN DE BASES DE
DATOS DE REANÁLISIS DE CLIMA MARÍTIMO**

Presentada por: ANTONIO TOMÁS SAMPEDRO

**Dirigida por: FERNANDO J. MÉNDEZ INCERA
IÑIGO J. LOSADA RODRÍGUEZ**

Mayo, 2009

CAPÍTULO 6

CALIBRACIÓN PUNTUAL CON DATOS EN PROFUNDIDADES

REDUCIDAS

6.1. Introducción.

La metodología de calibración puntual con datos en profundidades reducidas es un tipo de calibración puntual paramétrica en la que se incorpora la propagación del oleaje en la metodología de calibración. Por ello, este particular tipo de calibración no se ha introducido en la calibración puntual paramétrica anteriormente explicada en el capítulo 5, pues la calibración puntual paramétrica se ha definido únicamente en profundidades indefinidas.

Esta metodología de calibración también se puede denominar retropropagación, pues como se definió en el capítulo 4, se busca el oleaje (o la corrección del oleaje) en profundidades indefinida que al propagarlo se aproxime lo más posible al oleaje instrumental disponible en profundidades intermedias o reducidas. En la figura 6.1 se representa el esquema de la retropropagación (supuesto 7 de los 12 definidos en el capítulo 4), que coincide con la definición de calibración realizada para este capítulo. Aunque la retropropagación también puede utilizarse como parte del tratamiento de los datos disponibles previamente a otras calibraciones puntuales o espaciales (por ejemplo en los supuestos 8, 9, 11 y 12).



Figura 6.1. Representación de la ubicación de la información disponible y necesaria para la calibración puntual con datos en profundidades reducidas (supuesto N° 7 del capítulo 4).

Esta metodología de calibración resuelve el problema de calibrar una base de datos de oleaje en profundidades indefinidas con información instrumental en profundidades intermedias o reducidas y cercana (entendiendo por cercana que tiene un clima marítimo similar en profundidades indefinidas al de la posición de los datos a calibrar). Por ejemplo, la base de datos en profundidades indefinidas que se va a calibrar es SIMAR-44 y los datos instrumentales en profundidades reducidas son los de una boya costera. Para ello se busca una

calibración de SIMAR-44 de manera que al propagarlo coincida con los datos de la boya costera. Se asume inicialmente que la expresión de calibración es válida tanto para los datos en profundidades indefinidas como para los propagados, pero como esto no es del todo correcto, la búsqueda de la relación de calibración de SIMAR-44 se realiza de manera iterativa, conjugando la propagación y la calibración hasta la convergencia con los datos de la boya.

Debido a que se supone que la calibración buscada para profundidades indefinidas es similar a la de los datos propagados, la metodología de calibración no puede basarse en la calibración no paramétrica, sino en la paramétrica, pues se define una relación de calibración paramétrica objetivo. De entre los métodos de calibración paramétricos se utilizarán los QQ , pues permiten la calibración de la rama medio-alta del régimen de oleaje de forma más fiable que con la calibración *scatter*, como se ha comprobado en el capítulo 5. De hecho, en esta tesis se utiliza la calibración QQ ponderada y MVRExt (ver apartado 5.3.2.3 del capítulo 5).

A continuación se va a explicar el método de calibración con retropropagación tanto en su versión escalar como en la direccional, pero previamente se expone someramente la problemática del ejemplo elegido para su desarrollo y explicación, la calibración de H_s de SIMAR-44 con la boya costera de Tarragona, tanto en lo referente a las bases de datos de oleaje, como a las propagaciones realizadas.

6.2. Propagación en Tarragona.

Para la explicación de la metodología de calibración puntual con datos en profundidades reducidas se ha elegido el caso de Tarragona (calibración de H_s de SIMAR-44 con la boya costera de Tarragona). No obstante, el problema se va a plantear de manera lo suficientemente general como para que se pueda aplicar a cualquier boya o fuente de información de oleaje en profundidades intermedias o reducidas.

En la figura 6.2 se presenta la situación de la boya costera de Tarragona de OPPE, que ha ido modificando su posición de fondeo a lo largo del tiempo (ver T1, T2 y T3 en la figura). También se señala, de entre los nodos de la malla del reanálisis SIMAR-44, el que se utiliza para caracterizar el clima marítimo en profundidades indefinidas de Tarragona (41°N; 1.25°E) y que será objeto de la calibración puntual con retropropagación.



Figura 6.2. Situación y características de las bases de datos de oleaje próximas al puerto de Tarragona. Distintas ubicaciones de la boya Costera de Tarragona (verde). Nodos de la malla de reanálisis numérico SIMAR-44 (rojo) y punto seleccionado para calibrar con retropropagación.

Desde noviembre de 1992 (fecha inicial de fondeo de la boya costera de Tarragona) hasta diciembre de 2001 (fecha final de la base de datos SIMAR-44) se tiene 9 años de datos coincidentes para poder realizar correctamente la calibración. Cabe señalar que también existe una boya de la red exterior de OPPE, Tarragona, fondeada en profundidades indefinidas desde el año 2004, que podría utilizarse para calibrar SIMAR-44, pero como no tiene datos coincidentes con la base de datos de reanálisis se descarta su utilización para la presente calibración. Por lo tanto, mejor tratamiento de la información disponible en la zona de Tarragona, para definir correctamente su clima marítimo, será calibrar SIMAR-44 con la boya costera de Tarragona mediante retropropagación.

Como ya se ha presentado anteriormente, la calibración puntual con retropropagación requiere de la propagación del oleaje desde profundidades indefinidas (SIMAR-44) hasta cada una de las posiciones de la boya costera de Tarragona. Para ello es necesario resolver los procesos de refracción, difracción y asomeramiento de cada estado de mar en profundidades indefinidas (H_s, T_p y θ) para transformarlos hasta su posición de propagación ($H_{s,p}, T_{p,p}$ y θ_p); esta transformación puede resumirse en dos factores, el coeficiente de propagación (cociente de la H_s propagada entre la original en profundidades indefinidas) y la dirección media del oleaje propagado, pues se asume que la magnitud del periodo no varía (los procesos no lineales de transformación del oleaje se consideran despreciables). En la ecuación 6.1 se presenta como, a

través del coeficiente de propagación, K_p , y la dirección media del oleaje propagado, θ_p , (que dependen de H_s, T_p y θ) se determina el estado de mar propagado ($H_{s,p}, T_{p,p}$ y θ_p):

$$\left. \begin{matrix} H_s \\ T_p \\ \theta \end{matrix} \right\} \rightarrow \begin{matrix} K_p(H_s, T_p, \theta) \\ \theta_p(H_s, T_p, \theta) \end{matrix} \rightarrow \left\{ \begin{matrix} H_{s,p} = H_s K_p \\ T_{p,p} = T_p \\ \theta_p \end{matrix} \right. \quad (6.1)$$

Cada estado de mar tiene un K_p y un θ_p distinto para cada posición de propagación, por lo que como tenemos unos nueve años de datos coincidentes se deberían propagar del orden de $9 \times 365 \times 24 \approx 80000$ estados de mar (aunque unos 30000 son calmas, huecos en los registros de las boyas u oleajes procedentes de tierra, por lo que en realidad serían del orden de 50000). Muchos de esos estados de mar están repetidos o son muy parecidos entre sí, por lo que se trata de escoger un grupo con suficientes estados de mar que sean representativos del total, recogiendo toda su variabilidad y propagar solamente estos estados de mar seleccionados. De forma que cualquier otro estado de mar pueda interpolarse a partir de las propagaciones realizadas.

Para seleccionar los estado de mar a propagar, previamente se caracteriza el régimen de oleaje en profundidades indefinidas, eligiendo una variación de los parámetros del estado de mar (H_s, T_p y θ) que comprenda todos los casos posibles. En este sentido, no se va a entrar en el estudio de las distintas técnicas más eficientes de selección y/o organización de datos, pues no es el objeto de esta tesis. Además de seleccionar los parámetros H_s, T_p y θ característicos de un estado de mar, para propagar es necesario estudiar otros parámetros que definen completamente cada estado de mar; así y a modo de ejemplo, en la figura 6.3 se muestran algunas expresiones utilizadas que relacionan distintos parámetros de estado de mar determinados a partir de los datos de las boyas de Tarragona.

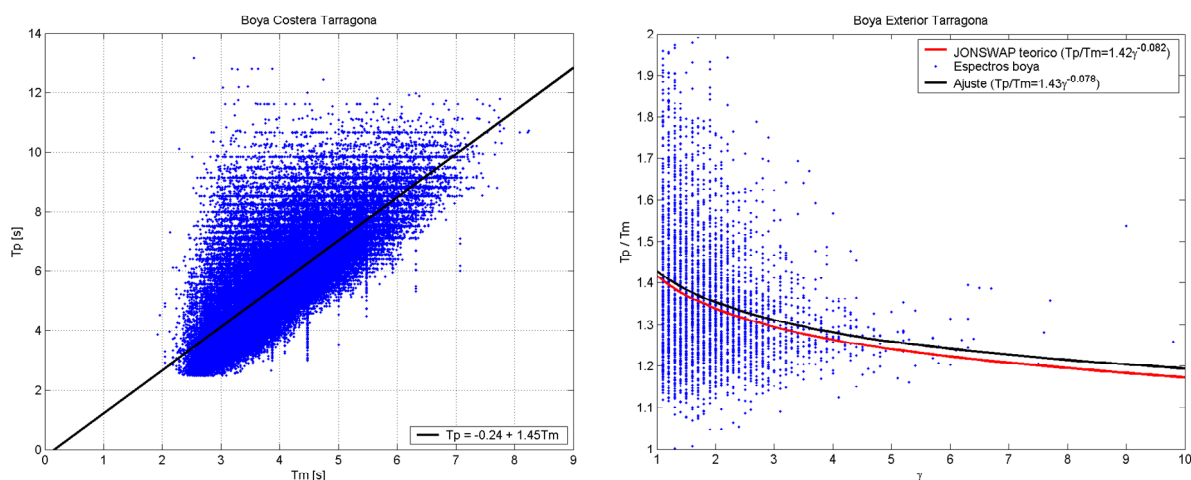


Figura 6.3. Algunas de las relaciones entre diferentes parámetros del oleaje de la zona de Tarragona determinadas a partir de los datos medidos por las boyas de Tarragona. Relación entre T_p y el T_m (izquierda) y relación entre T_p/T_m y γ del espectro JONSWAP¹ (derecha).

Tras el estudio y caracterización del oleaje de la zona, el régimen medio-alto de H_s oscila entre 1 y 5m, proviniendo de direcciones comprendidas entre los N60°E (dirección de la costa noreste de Tarragona, ver Torredembarra en figura 6.2) y hasta los N230°E que permite el abrigo del delta del Ebro; dichos oleajes tienen T_p máximos de 12s. Los oleajes más energéticos provienen del cuadrante NE con H_s entre 6 y 10m y T_p oscilando entre 10 y 15s. En la tabla 6.1 se presentan los 171 estados de mar propagados de los casi 50000 posibles. Sólo se propagan los oleajes que van desde SIMAR-44 hasta la boya, considerando como calmas los oleajes que provienen de tierra. También hay que considerar que el mínimo periodo propagado es 6s, pues para ese periodo las profundidades de fondeo de la boya (30m) son indefinidas.

H_s [m]	θ [°]	T_p [s]	Casos
1	67.5, 90, 112.5, 135, 157.5, 180, 202.5, 225	6, 8, 10, 12	32
2	67.5, 90, 112.5, 135, 157.5, 180, 202.5, 225	6, 8, 10, 12	32
3	67.5, 90, 112.5, 135, 157.5, 180, 202.5, 225	6, 8, 10, 12	32
4	67.5, 90, 112.5, 135, 157.5, 180, 202.5, 225	6, 8, 10, 12	32
5	67.5, 90, 112.5, 135, 157.5, 180, 202.5, 225	8, 10, 12	24
6	67.5, 90, 112.5	10, 12, 15	9
8	67.5, 90	10, 12, 15	6
10	67.5, 90	12, 15	4

Tabla 6.1. Relación de los 171 estados de mar propagados hasta la boya costera de Tarragona.

¹ El espectro de JONSWAP (Hasselmann *et al.*, 1973) corresponde a oleajes tipo *sea* para profundidades indefinidas. El valor de γ , factor de apuntamiento del pico espectral, se encuentra normalmente en un rango entre 1.6 y 6, con un valor medio de 3.3, siendo 1 el valor de un mar de viento completamente desarrollado.

Los estados de mar de la tabla se propagan hasta cada una de las posiciones de la boya de Tarragona con el modelo numérico de propagación espectral del oleaje OLUCA-SP (GIOC, 2001) que resuelve la aproximación parabólica de la ecuación de la pendiente suave (*Mild Slope Equation*) en diferencias finitas. Todas las propagaciones se han realizado al nivel medio del mar y con un espectro frecuencial de oleaje TMA (Hughes, 1984), variando el parámetro γ entre 1 y 4, y utilizando una dispersión direccional de Borgman (1984) con un parámetro de 20° . Todas las mallas de cálculo utilizadas (4 en total) parten de profundidades indefinidas para los periodos que propagan, anidando sucesivas mallas de resolución espacial creciente (hasta $40 \times 40 \text{m}$).

Una vez propagados todos los estados de mar de la tabla 6.1 se pueden determinar las matrices de transferencia tridimensionales $K_p(H_s, T_p, \theta)$ y $\theta_p(H_s, T_p, \theta)$ a partir de las cuales se puede interpolar cualquier oleaje propagado desde la posición del nodo SIMAR-44 hasta cada posición de la boya costera de Tarragona (T1, T2 y T3). Por ejemplo, interpolando $K_p(H_s, T_p, \theta)$ y $\theta_p(H_s, T_p, \theta)$ y particularizando para $H_s = 1 \text{m}$, en la figura 6.4 se muestran las matrices bidimensionales de propagación al punto T1.

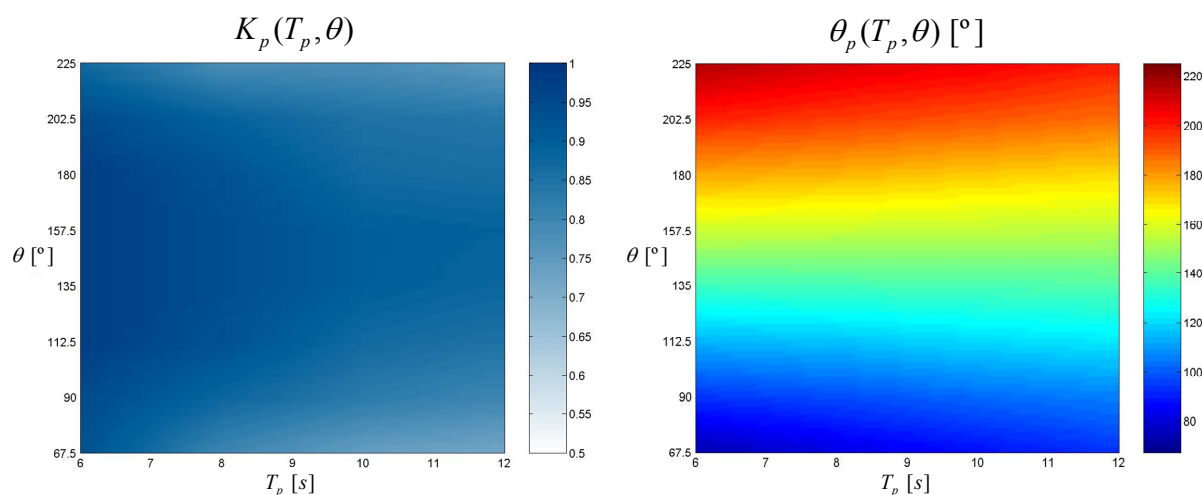


Figura 6.4. Ejemplo de las matrices de transferencia, coeficiente de propagación (izquierda) y dirección media del oleaje propagado (derecha), para propagar $H_s = 1 \text{m}$ de SIMAR-44 desde profundidades indefinidas hasta la posición T1 de la boya costera de Tarragona (30m de profundidad).

Una vez comentada someramente la propagación del oleaje desde SIMAR-44 hasta las posiciones de la boya costera de Tarragona se va a explicar como se integra la propagación, fundamentalmente la aplicación de K_p , en las metodologías de calibración escalar y direccional.

6.3. Metodología escalar.

La metodología de calibración puntual escalar con retropropagación busca una relación de calibración para H_s de SIMAR-44 en profundidades indefinidas, que sea válida también una vez que se propagan los datos y se comparan con los de la boya. Para lograr esto, inicialmente se iteran calibraciones sucesivas de los datos SIMAR-44 con los datos coincidentes de la boya costera de Tarragona hasta que coincidan, utilizando el ajuste a unas relaciones potenciales con QQ ponderado y MVRext (ver apartado 5.3.1 del capítulo 5). Una vez que se llega a la convergencia del régimen escalar de oleaje de SIMAR-44 calibrado y propagado con el de la boya, se ajusta la relación de calibración potencial final entre SIMAR-44 calibrado y sin calibrar (en profundidades indefinidas), también mediante QQ ponderado y MVRext.

En la figura 6.5 se presenta un esquema de este procedimiento de calibración escalar. Primeramente se inicia el procedimiento calibrando en profundidades indefinidas con una relación potencial con parámetros igual a la unidad ($b_1=1$ y $c_1=1$), posteriormente se propagan todos los datos (mediante las matrices del coeficiente de propagación K_p) y luego se ajusta otra relación de calibración potencial entre los cuantiles de SIMAR-44 propagados y la boya (QQ) obteniendo los parámetros b_2 y c_2 . Con estos nuevos parámetros de calibración (obtenidos con datos propagados) se recalibran los datos de SIMAR-44 en indefinidas, propagándolos y determinando nuevamente una relación de calibración potencial. Este bucle se repetirá tantas veces como sea necesario hasta que los parámetros de calibración obtenidos converjan a 1, $b_n=1$ y $c_n=1$, entonces se sale del bucle y se determina la relación de calibración definitiva. Esta relación de calibración final se obtiene ajustando la relación potencial entre los cuantiles de SIMAR-44 original en profundidades indefinidas sin calibrar y el resultado de todas las sucesivas calibraciones de SIMAR-44 en indefinidas, $H_{s\text{ CAL}} = bH_s^c$.

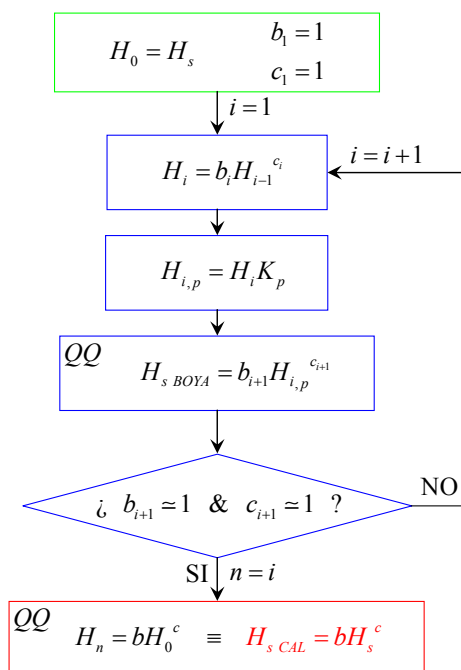


Figura 6.5. Esquema de la metodología de calibración puntual escalar con retropropagación de H_s de SIMAR-44 con datos coincidentes de la boya costera de Tarragona, mediante el ajuste QQ de $H_{s\text{ CAL}} = bH_s^c$.

Para el ejemplo de la calibración de H_s de SIMAR-44 con los datos coincidentes de la boya costera de Tarragona, se presenta en la figura 6.6 la evolución de los parámetros de la calibración, b_i y c_i , comprobándose que se llega rápidamente al final de la iteración (normalmente en unas 5 iteraciones). También se muestran los parámetros definitivos de calibración, b y c .

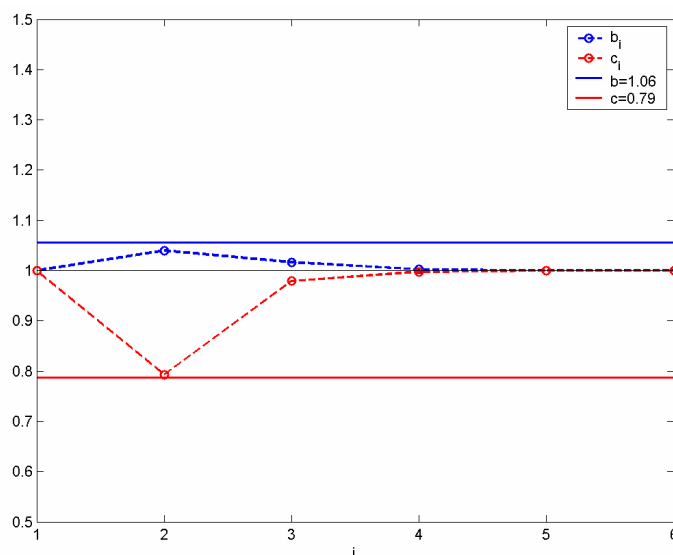


Figura 6.6. Evolución de los parámetros de la calibración puntual escalar con retropropagación, b_i y c_i , hasta convergencia para $i = 6$ y representación del valor de los parámetros finales de la calibración $H_{s\text{ CAL}} = bH_s^c$.

En la figura 6.7 se presenta la verificación de la calibración puntual escalar con datos en profundidades reducidas, cuya relación final de calibración ha sido mostrada la figura 6.6. En la verificación se comparan los datos coincidentes de la boya costera con los datos de SIMAR-44 originales en profundidades indefinidas sin calibrar y con los datos de SIMAR-44 propagados y calibrados. Se puede comprobar que tanto los parámetros cuantitativos medios como el régimen medio mejoran considerablemente. También se ha realizado la validación de la calibración con datos de satélites (no mostrada), comparándolos con los datos comunes de SIMAR-44 en profundidades indefinidas, los parámetros cuantitativos medios mejoran con la calibración, aunque existen muy pocos datos de satélites en esta zona costera (44 pares de datos), por eso dichos resultados no se consideran significativos como para ser presentadas.

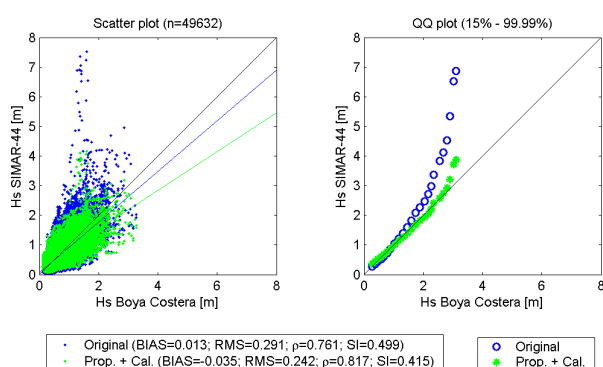


Figura 6.7. Calibración puntual escalar con retropropagación de H_s de SIMAR-44 con datos coincidentes de la boya costera de Tarragona, utilizando una relación potencial del tipo $H_{s,CAL} = bH_s^c$ ajustada mediante QQ ponderado y MVRExt. Se verifican la calibración de los datos SIMAR-44 propagándolos hasta la posición de la boya.

En la figura 6.8 se muestra una serie temporal de los datos de H_s de SIMAR-44 originales sin calibrar en profundidades indefinidas, los datos de H_s de SIMAR-44 calibrados y propagados hasta la posición de la boya de Tarragona y la serie de datos de la boya de costera de Tarragona. Se puede ver el buen ajuste logrado tras la calibración, a pesar de que alguno de los eventos más energéticos no consigue modificarse o calibrarse suficientemente, con la metodología escalar no se puede diferenciar entre distintos eventos con el mismo nivel energético.

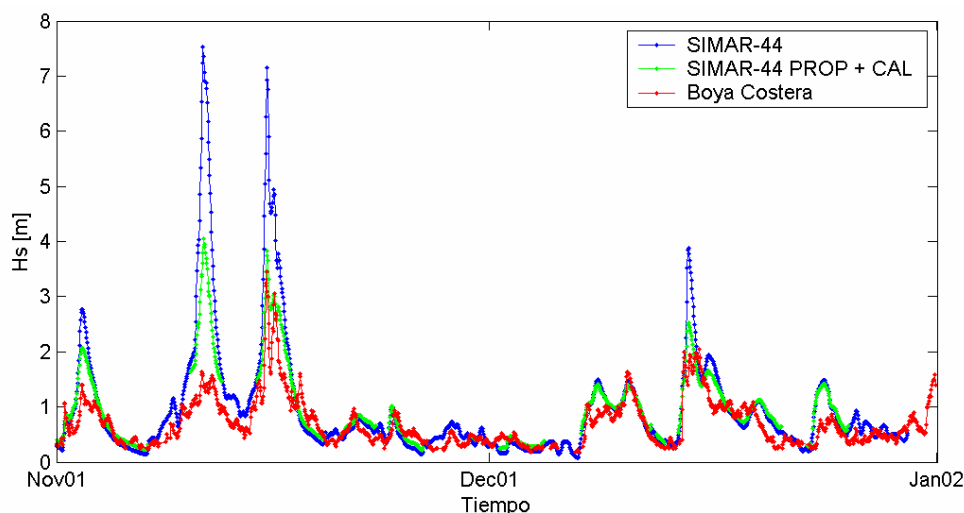


Figura 6.8. Serie temporal de dos meses de datos de H_s de SIMAR-44 original en profundidades indefinidas, SIMAR-44 calibrado con metodología escalar y propagado hasta la posición de la boya y datos de H_s de la boya costera de Tarragona.

6.4. Metodología direccional.

La metodología de calibración puntual direccional con retropropagación es análoga a la escalar, salvo por el hecho de que busca relaciones de calibración para cada sector direccional de oleaje (φ). En este caso se definen 8 sectores direccionales que agregan cada uno oleajes de direcciones de una amplitud de 22.5° y que se definen cada 22.5° , por lo que de los 16 sectores posibles solamente se calibran los 8 que han sido propagados ($n_\varphi = 8$), los otros 8 (que son los oleajes que provienen de tierra) se dejan sin calibrar.

Al igual que en la metodología escalar de calibración, en la direccional existen dos fases, una primera iterativa que busca hasta convergencia la corrección de los regímenes de oleaje y una segunda y última que determina los parámetros finales de la calibración. Así inicialmente se busca, de manera iterativa, una calibración de los datos de cada sector direccional de SIMAR-44 con los datos coincidentes de la boya costera de Tarragona hasta que coincidan los regímenes medios direccionales, utilizando el ajuste a unas relaciones potenciales con QQ ponderado y MVRExt para cada sector direccional. Una vez que se llega a la convergencia de los regímenes medios direccionales de oleaje de SIMAR-44 calibrado y propagado con el de la boya, se ajusta una relación potencial de calibración direccional (continua en θ) entre SIMAR-44 calibrado y sin calibrar (en profundidades indefinidas), con QQ ponderado y MVRExt (ver apartado 5.3.2.3 del capítulo 5).

En la figura 6.9 se presenta un esquema del procedimiento de calibración puntual direccional de retropropagación. Primeramente se realiza un procedimiento iterativo, para cada sector direccional φ_j , que se inicia calibrando en profundidades indefinidas con una relación

potencial con los parámetros iguales a la unidad ($b_1(\varphi_j)=1$ y $c_1(\varphi_j)=1$). Posteriormente, para cada sector direccional φ_j , se realiza un procedimiento iterativo en el que se propagan los datos (mediante las matrices del coeficiente de propagación K_p) y luego se ajusta otra relación de calibración potencial entre los cuantiles de SIMAR-44 propagados y la boya, obteniendo los parámetros $b_2(\varphi_j)$ y $c_2(\varphi_j)$. Con estos nuevos parámetros de calibración (obtenidos con datos propagados) se recalibran los datos de SIMAR-44 en profundidades indefinidas, propagándolos y determinando nuevamente las relaciones de calibración potencial del sector direccional. Este bucle se repetirá tantas veces como sea necesario hasta que los parámetros de calibración obtenidos converjan a 1, $b_n(\varphi_j)=1$ y $c_n(\varphi_j)=1$, entonces se sale del bucle del sector direccional. Una vez que se han calibrado todos los sectores direccionales se determina la relación de calibración definitiva. Esta relación de calibración direccional final se obtiene ajustando la relación potencial continua en θ , $H_{s\text{ CAL}} = b(\theta)H_s^{c(\theta)}$, entre los cuantiles de todos los sectores direccionales de SIMAR-44 original en profundidades indefinidas sin calibrar y el resultado de todas las sucesivas calibraciones de SIMAR-44 en profundidades indefinidas.

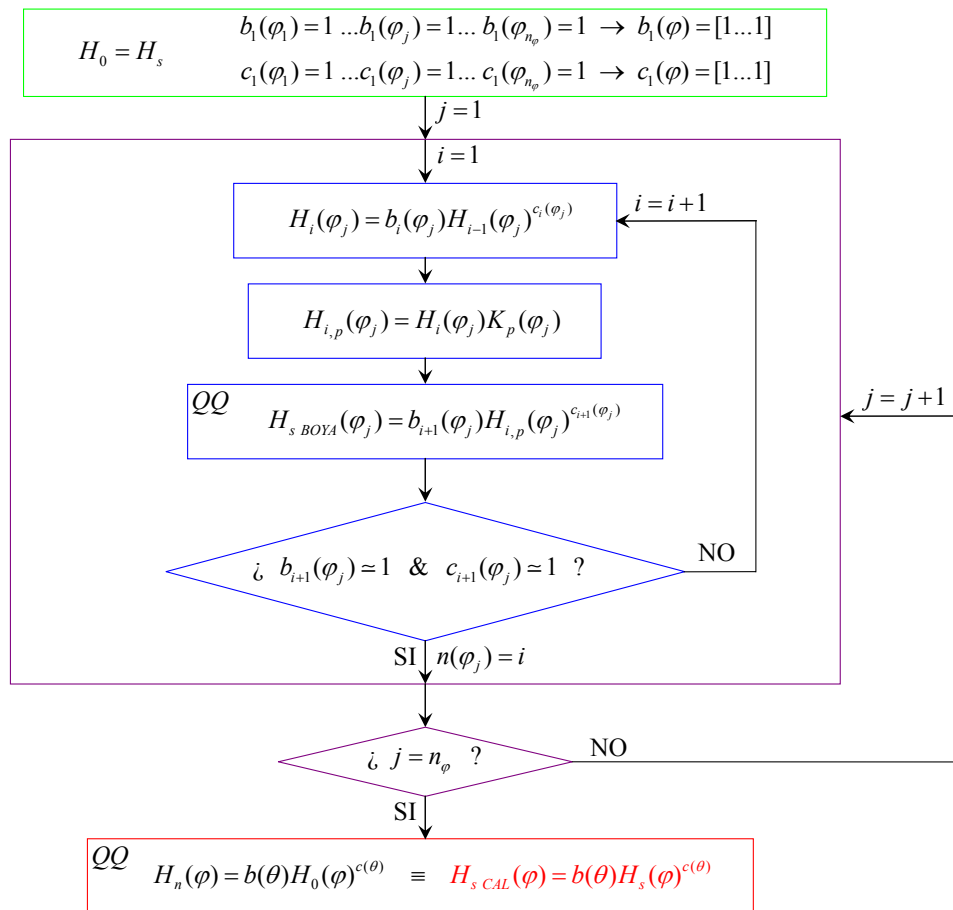


Figura 6.9. Esquema de la metodología de calibración direccional con retropropagación de H_s de SIMAR-44 con datos coincidentes de la boya costera de Tarragona, mediante el ajuste QQ de $H_{s\text{ CAL}}(\varphi) = b(\theta)H_s(\varphi)^{c(\theta)}$.

Con la implementación del algoritmo SCE-UA a la resolución del ajuste de la relación final de calibración direccional de la figura 6.9, se calculan los 26 parámetros de $b(\theta)$ y $c(\theta)$ que se han definido como una superposición de $n_\theta = 6$ ondas sinusoidales, siendo el vector de parámetros a estimar: $\hat{\Theta} = \{b_0, b_1, \dots, b_{2n_\theta-1}, b_{2n_\theta}, c_0, c_1, \dots, c_{2n_\theta-1}, c_{2n_\theta}\}$.

En la parte izquierda de la figura 6.10 se muestra la representación gráfica de $b(\theta)$ y $c(\theta)$, y en su parte derecha se representa la fracción de corrección que impone cada calibración hasta el mayor cuantil de SIMAR-44 en cada sector direccional. Se puede verificar que sólo se calibran los 8 sectores direccionales, desde el 67.5° hasta el 225° , imponiéndose $b(\theta) = 1$ y $c(\theta) = 1$ para el resto de direcciones; aún así los parámetros medios de calibración sobre los que oscilan las diferentes ondas, b_0 y c_0 , tienen valores similares a los parámetros de la calibración escalar (ver b y c de la figura 6.6); siendo respectivamente $b_0 = 1.04$ y $c_0 = 0.93$ y $b = 1.06$ y $c = 0.79$. Aunque los valores potenciales son relativamente distintos, la explicación de esto reside en el hecho de que los oleajes más energéticos deben disminuirse considerablemente, por ello es tan reducido el valor del parámetro c de la calibración escalar; pero como los oleajes más energéticos provienen del cuadrante NE, con la calibración direccional se puede obtener un valor incluso menor del parámetro potencial para esas direcciones, sin afectar o disminuir en exceso el parámetro c_0 .

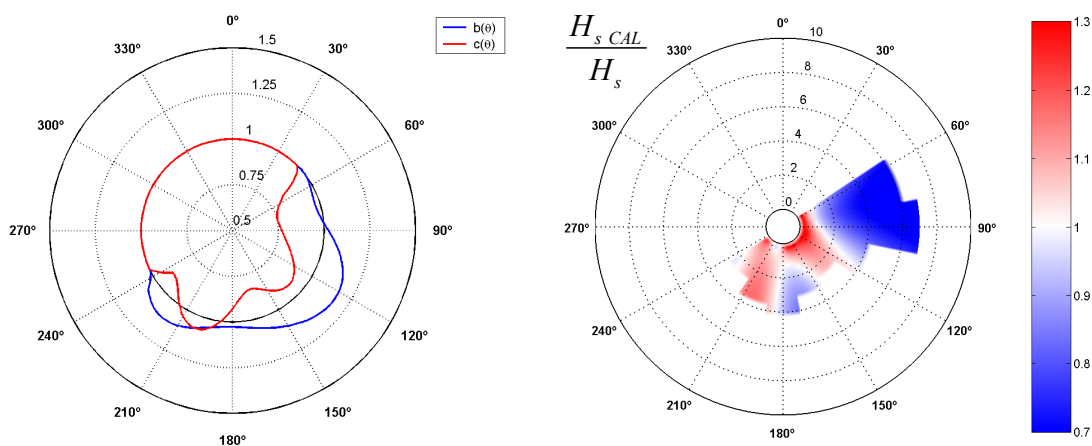


Figura 6.10. Representación de los parámetros del modelo de calibración direccional con retropropagación de H_s de SIMAR-44 con datos coincidentes de la boya costera de Tarragona, $b(\theta)$ y $c(\theta)$, (izquierda) y la fracción de corrección que impone dicha calibración sobre H_s (derecha).

En la figura 6.11 se presenta la verificación de la calibración direccional con retropropagación presentada en la figura 6.10. En la verificación se comparan los datos coincidentes de la boya costera con los datos de SIMAR-44 originales en profundidades indefinidas sin calibrar y con los datos de SIMAR-44 propagados y calibrados. Se puede comprobar que tanto los parámetros cuantitativos medios como el régimen medio mejoran considerablemente, obteniéndose mejores resultados que con la metodología escalar de la figura 6.7, sobre todo

en la parte medio-alta del régimen. También se ha realizado la validación de la calibración con datos de satélites (no mostrada), comparándolos con los datos comunes de SIMAR-44 en profundidades indefinidas, los parámetros cuantitativos medios mejoran con la calibración, aunque existen muy pocos datos de satélites en esta zona costera, por eso dichos resultados no se consideran significativos como para ser presentadas.

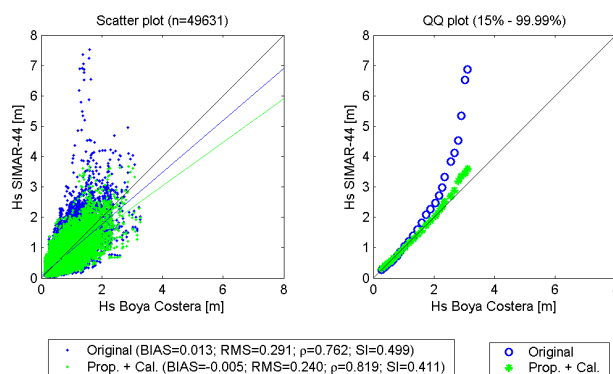


Figura 6.11. Calibración direccional con retropropagación de H_s de SIMAR-44 con datos coincidentes de la boya costera de Tarragona, utilizando una relación potencial del tipo $H_{s\text{ CAL}} = b(\theta)H_s^{c(\theta)}$ ajustada mediante QQ ponderado y MVRExt. Se verifica la calibración de los datos SIMAR-44 propagándolos hasta la posición de la boya.

Finalmente, en la figura 6.12 se muestra una serie temporal de los datos de H_s de SIMAR-44 originales sin calibrar en profundidades indefinidas, los datos de H_s de SIMAR-44 calibrados y propagados hasta la posición de la boya de Tarragona y la serie de datos de la boya de costera de Tarragona. Dicha serie temporal es coincidente con la mostrada en la figura 6.8 de la metodología escalar, aunque en la presente figura también se introduce la representación de la dirección de procedencia del oleaje de SIMAR-44 en profundidades indefinidas. Se puede ver el buen ajuste logrado tras la calibración, mejor que el logrado con la metodología escalar, ya que se puede diferenciar entre distintos eventos con el mismo nivel energético, en función de su dirección. Se comprueba que los picos de los distintos temporales se calibran de diferente manera en función de su dirección; por ejemplo, los oleajes que más se reduce su magnitud son los que su dirección de procedencia es más próxima al Noreste.

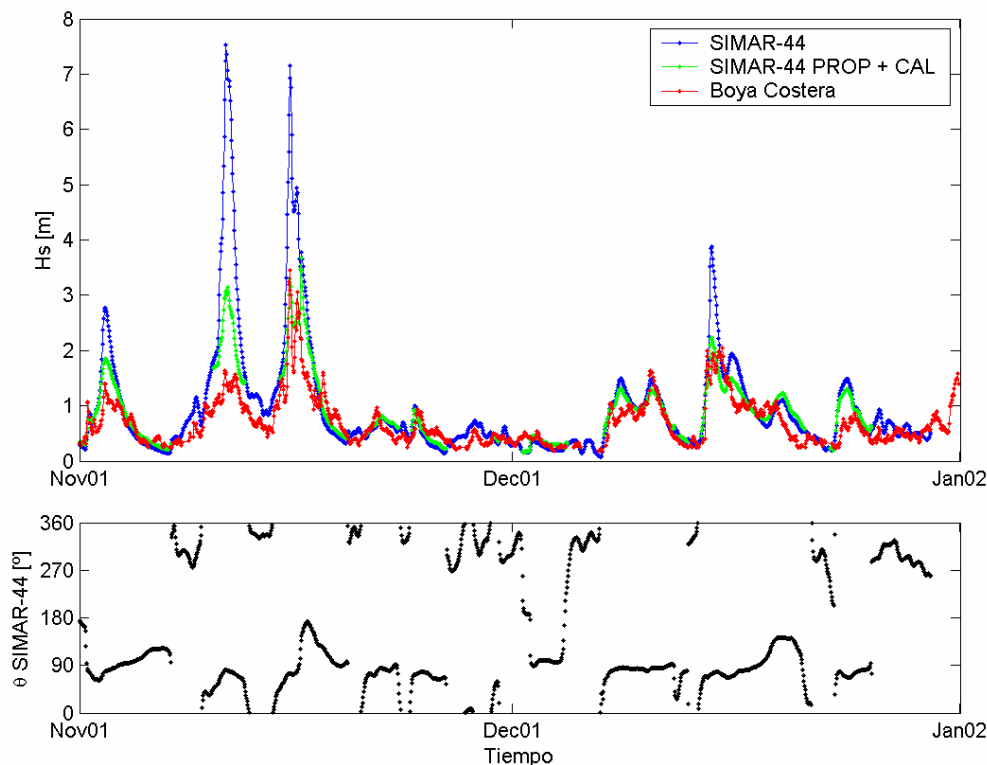


Figura 6.12. Serie temporal de dos meses de datos de H_s de SIMAR-44 original en profundidades indefinidas, SIMAR-44 calibrado con metodología direccional y propagado hasta la posición de la boya y datos de H_s de la boya costera de Tarragona (arriba). Y serie temporal de dos meses de datos de θ de SIMAR-44 original en profundidades indefinidas (abajo).

6.5. Conclusiones.

A continuación se resume una serie de conclusiones a las que se ha llegado en el presente capítulo 6:

- El método de calibración con retropropagación resuelve la calibración del oleaje del reanálisis en profundidades indefinidas a partir de información instrumental que está en profundidades intermedias o reducidas. Dicho método utiliza la metodología de calibración puntual paramétrica QQ , conjugándola con la propagación del oleaje de manera iterativa hasta la convergencia del oleaje de reanálisis calibrado y propagado con el oleaje instrumental.
- La metodología de calibración con retropropagación se han definido tanto escalarmente como direccionalmente, utilizando siempre la calibración puntual QQ ponderada y con MVRExt para definir las relaciones finales de calibración. Se ha aplicado para el caso de la boya costera de Tarragona, utilizando una metodología clásica de propagación con el modelo OLUCA-SP.

- Además de aplicar las metodologías de calibración con retropropagación escalar y direccional con los datos de H_s de la boya costera de Tarragona, se ha presentado esquemas de los distintos procedimientos de calibración para que sean fácilmente aplicables a otros ámbitos costeros u otras variables geofísicas.
- Para resolver los problemas de minimización de las funciones objetivo con las que se estiman los parámetros de las relaciones de calibración, se ha utilizado el algoritmo de optimización de problemas de alta dimensionalidad SCE-UA.

