

5. METODOLOGÍA. OBTENCIÓN DE DATOS

5.1. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS Y OBTENCIÓN DE DATOS

Los datos obtenidos de los ensayos del proyecto VOWS fueron almacenados como archivos binarios. Mediante el programa “EXTRACT.FOR” se obtuvo los datos en formato excel de la célula de carga y de las cintas resistivas. La toma de datos a partir del programa “EXTRACT.FOR” se realizó con una frecuencia requerida de 10 Hz. Una vez los datos estaban en un formato en el que poder trabajar con ellos, se realizaron unas gráficas orientativas de la evolución de la célula de carga. En un principio, los valores de la célula de carga se expresaban en Voltios y para una longitud de dique de 1,88 metros. Para optimizar los resultados y tenerlos en unas dimensiones más adecuadas, se realizó la conversión de unidades de los datos, pasando de Voltios a litros y posteriormente a metros cúbicos por metro lineal de estructura. La correspondencia utilizada fue de 1 Voltio igual a 97,91 litros.

5.2. ANÁLISIS DE VOLÚMENES Y CAUDALES

Se identificó visualmente sobre los datos y las gráficas el aumento espontáneo que sufría la célula de carga. Este hecho mostraba, junto con las indicaciones de las cintas resistivas, la aparición e identificación de una ola que provocaba rebase. De manera inmediata se obtenía el volumen de rebase por metro lineal de estructura para un determinado evento (ola de rebase) y el volumen total de rebase para todo el ensayo.

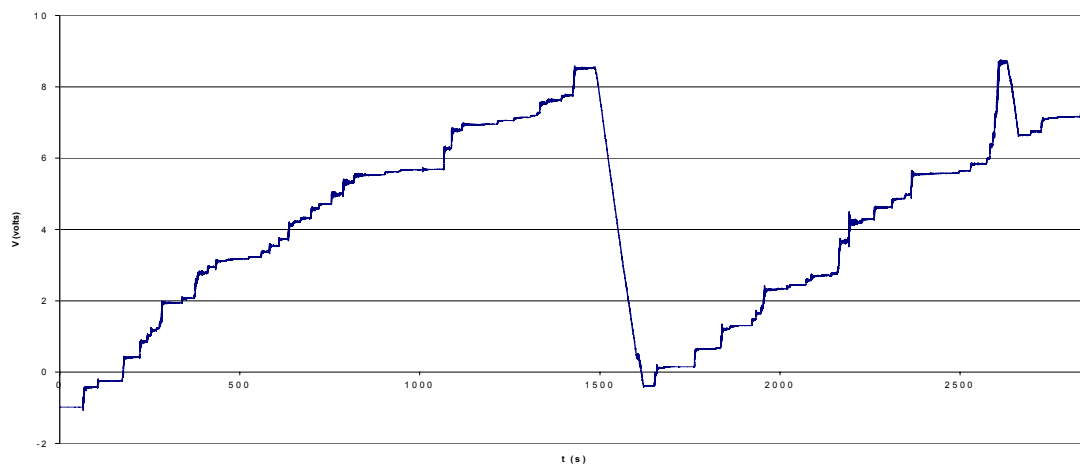


Figura5.1. Ejemplo de las gráficas iniciales. Test T1A3.

Posteriormente al análisis de los datos, se conformó una nueva serie de datos ostensiblemente reducida para mayor facilidad de trabajo y una mejor comprensión de ellos. Esta nueva base de datos no difiere en ningún caso de la original. Simplemente se ha reducido óptimamente tomando los todos los datos necesarios para representar el trabajo realizado (Anejo 1). En este anejo quedan definidos varios parámetros: instante en el que se produce una ola de rebase durante el ensayo (t), volumen de agua rebasada instantánea expresada en Voltios (V_{volt}), indicador de vaciado ($I.V.$), volumen de agua rebasada instantánea expresada en litros (V), volumen de agua rebasada instantánea expresada en m^3 (V), volumen de agua rebasada instantánea expresada en metros cúbicos por metro lineal de estructura (V), variación total del volumen de agua rebasada durante la realización del ensayo expresada en metros cúbicos por metro lineal de estructura ($V_{ind.total}$) y variación parcial del volumen de agua rebasada durante la realización del ensayo, identificando el volumen de agua rebasada por cada evento sucedido, expresado en metros cúbicos por metro lineal de estructura ($V_{individual}$). También queda detallado el volumen total de rebase (V_{total}) producido durante todo el ensayo como consecuencia de sumar el volumen de agua rebasado de todos los eventos individuales acaecidos.

En determinados ensayos hubo que vaciar el tanque recolector durante la realización del proceso, aunque el ensayo continuara con normalidad. Este dato se ha tenido en cuenta al obtener los resultados, indicándose con el parámetro $I.V.$ Estos procesos de vaciado del tanque pueden apreciarse en las gráficas al ver rectas o curvas de pendiente negativa (Anejo 1) y en la aparición de valores negativos en la variación total del volumen de agua rebasada durante la realización del ensayo ($V_{ind.total}$).

Al conocer la duración exacta de cada ensayo y el volumen total de rebase (V_{total}) producido durante todo el ensayo, se puede obtener el caudal de rebase por metro lineal de estructura (Q) de forma inmediata. En el Anejo 2 queda detallado para cada ensayo el espectro de oleaje JONSWAP que se utilizó para la realización del ensayo, así como la altura de ola significativa (H_s), el período (T_z) y el calado al pie de la estructura (h); tiempo total de duración del ensayo (t_{total}), número de olas que producen rebase (N_{ow}), volumen total de rebase (V_{total}), volumen de rebase medio individual por ola rebasada

($V_{medio\ ind.}$, definido como $V_{medio\ ind.} = V_{total} / N_{ov}$) y caudal de rebase por metro lineal de estructura (Q , definido como $Q = V_{total} / t_{total}$).

Este proceso se realizó para 17 ensayos diferentes, agrupados en dos grupos:

- Grupo A: ensayos con un calado al pie de la pala de 3 metros, lo que supone un calado al pie del dique vertical de 0,77 metros. El tipo de oleaje se supone impactante (T1A3, T1A4, T1A5, T1A6, T1A8, T1A9, T1A10, T1A11 y T1A12);
- Grupo D: ensayos con un calado al pie de la pala de 3,8 metros, lo que supone un calado al pie del dique vertical de 1,57 metros. El tipo de oleaje se supone reflejante (T1D1, T1D2, T1D3, T1D4, T1D5, T1D6, T1D9 y T1D10).

Cada ensayo, y en consecuencia los resultados obtenidos, está condicionado a un tipo de oleaje irregular y de incidencia normal sobre el dique vertical.

En el capítulo de resultados se realiza la comparativa de los datos experimentales de volúmenes y caudales descritos anteriormente con los resultados obtenidos a partir de la formulación teórica existente.

5.3. ANÁLISIS DE CAUDALES ADIMENSIONALES, NÚMERO DE OLAS DE REBASE Y VOLÚMENES MÁXIMOS DE REBASE

Durante la realización de los ensayos, los sensores de superficie libre (capítulo 4) registraron los datos característicos del oleaje, siendo almacenados en archivos binarios. Para poder visualizar dichos registros se empleó el programa “VERCANAL.EXE”, el cual detalla varios parámetros del oleaje para cada uno de los siete sensores de superficie libre existentes. De los siete sensores sólo se utilizaron los datos de los tres más próximos al dique vertical (WG5, WG6 y WG7), para obtener las condiciones de oleaje requeridas en aguas intermedias. Para obtener el valor más apropiado de cada parámetro se realizó una media aritmética de los tres valores correspondientes a cada uno de los sensores mencionados. En el Anejo 2 se muestra el valor de los siguientes parámetros: altura de ola significante (H_s o $H_{1/3}$), altura de ola significante en aguas

profundas (H_{so}), período medio (T_z), período pico (T_p), longitud de onda (L) y número de olas (N_w).

Otros parámetros obtenidos indirectamente a partir de los datos proporcionados por el programa “VERCANAL.EXE”, por el valor de caudal de rebase (Q) obtenido experimentalmente y por el francobordo del dique vertical (R_c) son: coeficiente de shoaling (K_s), peralte del oleaje en aguas profundas (S_{op}), caudal de rebase adimensional en condiciones de oleaje impactante (Q_h), caudal de rebase adimensional en condiciones de oleaje reflejante ($Q\#$), parámetro de rotura de oleaje (h^*), porcentaje de olas de rebase (N_{ow}/N_w), francobordo adimensional referido a oleaje en condiciones impactantes (R_h) y francobordo adimensional referido a oleaje en condiciones reflejantes (R^*). Cabe destacar que el ensayo D9, inicialmente incluido en la categoría de ensayos con tipo de oleaje reflejante, queda dentro del grupo de ensayos A con condiciones de oleaje del tipo impactante, dado el resultado del parámetro h^* .

El volumen máximo de rebase (V_{max}) para un determinado tipo de oleaje (cada ensayo viene condicionado por un tipo de oleaje) se determinó simplemente escogiendo el valor máximo de los diferentes volúmenes de agua rebasada por cada evento sucedido ($V_{individual}$).

La metodología de obtención de algunos de los parámetros comentados en este capítulo se verá más detalladamente en el capítulo 6.

Los valores experimentales de todos los parámetros mencionados en este apartado para su correspondiente ensayo aparecen detallados en el Anejo 2.

5.4. ANÁLISIS DE PROBABILIDAD DE APARICIÓN DE EVENTOS DE REBASE

El rebase de oleaje es uno de los factores que hay que tener en cuenta en el diseño de diques. Una de las formas más usuales de prever y moderar el rebase que va a soportar una estructura se basa en la probabilidad de no excedencia de volúmenes de agua

rebasada. Estas funciones de probabilidad nos ayudan a determinar el diseño de la estructura, en función del uso destinado para la estructura y de las condiciones de oleaje a las que se verá expuesta.

A continuación se procede a la evaluación diversas funciones de probabilidad. La metodología que se detalla ha sido aplicada para cada uno de los ensayos realizados. De este modo se comentará a título individual el procedimiento seguido, diferenciando en el caso que sea necesario el tipo de oleaje incidente (impactante o reflejante).

Una vez obtenidos los volúmenes de agua rebasada por evento sucedido ($V_{individual}$), se analiza la probabilidad de no excedencia de un volumen dado. De entre todos los eventos se obtiene el volumen de rebase máximo (V_{max}) y el mínimo (V_{min}). Con estos dos valores se encuentra un valor de incremento definido como:

$$\Delta V = \frac{V_{max} - V_{min}}{10}$$

A partir de este incremento se halla once valores de volumen siguiendo el procedimiento:

$$V_{i+1} = V_i + \Delta V, \quad i = 1 \div 11, \quad \text{siendo } V_1 = V_{min} \text{ y } V_{11} = V_{max}.$$

Para cada V_i se determina el número de eventos de la serie que tenga un valor igual o inferior de volumen de agua rebasada. A continuación se obtiene el valor de la probabilidad de no excedencia para los volúmenes V_i siguiendo el proceso:

$$P(V_i) = \frac{n^\circ \text{ eventos con } V \leq V_i}{n^\circ \text{ eventos total} + 1}, \quad i = 2 \div 11$$

Con estos valores $P(V_i)$ se probará de ajustar diversas funciones de probabilidad.

5.4.1. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL TRIPARAMÉTRICA

A partir de la función de Weibull triparamétrica, operaremos con ella para aislar V , obtener la variable reducida e intentar encontrar el valor de los tres parámetros de la fórmula: a , b y c .

$$P(V) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{V-a}{b}\right)^c\right] \quad \text{f.d.d. Weibull triparamétrica;}$$

$$V = a + b \sqrt[c]{-y_r} .$$

donde $P(V)$ función de probabilidad de no excedencia de V ;
 V volumen de agua rebasada en un evento;
 a, b, c parámetros de Weibull;
 y_r variable reducida definida como $y_r = -\ln[1 - P(V)]$.

Fijaremos el valor del parámetro c en cuatro constantes diferentes, lo que nos dará cuatro funciones de distribución de Weibull diferentes. Los valores constantes que predeterminaremos serán: 0.75, 1.00, 1.40 y 2.00.

Una vez fijado c , y con los valores de V_i y $P(V_i)$ hallados en el apartado 5.4, calcularemos $\sqrt[c]{-y_{r,i}}$. Obtenemos diez pares de valores que los compararemos en una gráfica. Dicha gráfica contendrá diez posibles puntos pertenecientes a la ecuación lineal $V = a + b \sqrt[c]{-y_r}$. Finalmente se hallará una línea de tendencia lineal. De este modo encontramos a (punto de intersección de la recta con las abscisas) y b (pendiente de la recta).

5.4.2. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE GUMBEL

A partir de la función de Gumbel, operaremos con ella para aislar V , obtener la variable reducida e intentar encontrar el valor de los parámetros de la fórmula: a y b .

$$P(V) = \exp\left[-\exp\left(\frac{V-a}{b}\right)\right] \quad \text{f.d.d. Gumbel};$$

$$V = a + b y_r .$$

donde $P(V)$ función de probabilidad de no excedencia de V ;
 V volumen de agua rebasada en un evento;
 a, b parámetros de Gumbel;
 y_r variable reducida definida como $y_r = \ln[-\ln P(V)]$.

Con los valores de V_i y $P(V_i)$ hallados en el apartado 5.4, calcularemos y_r . Obtenemos diez pares de valores que los compararemos en una gráfica. Dicha gráfica contendrá diez posibles puntos pertenecientes a la ecuación lineal $V = a + b y_r$. Finalmente se hallará una línea de tendencia lineal. De este modo encontramos a (punto de intersección de la recta con las abcisas) y b (pendiente de la recta).

5.4.3. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN EXPONENCIAL.

A partir de la función de distribución exponencial, operaremos con ella para aislar V , obtener la variable reducida e intentar encontrar el valor de los parámetros de la fórmula: a y b .

$$P(V) = 1 - \exp[-b(V-a)] \quad \text{f.d.d. Exponencial};$$

$$V = a + \frac{1}{b} y_r .$$

donde $P(V)$ función de probabilidad de no excedencia de V ;
 V volumen de agua rebasada en un evento;
 a, b parámetros de la f.d.d. exponencial;
 y_r variable reducida definida como $y_r = -\ln[1 - P(V)]$.

Con los valores de V_i y $P(V_i)$ hallados en el apartado 5.4, calcularemos y_r . Obtenemos diez pares de valores que los compararemos en una gráfica. Dicha gráfica contendrá diez posibles puntos pertenecientes a la ecuación lineal $V = a + \frac{1}{b}y_r$. Finalmente se hallará una línea de tendencia lineal. De este modo encontramos a (punto de intersección de la recta con las abscisas) y $\frac{1}{b}$ (pendiente de la recta).

5.4.4. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL BIPARAMÉTRICA.

A partir de la función de weibull biparamétrica, operaremos con ella para aislar V , obtener la variable reducida e intentar encontrar el valor de los tres parámetros de la fórmula: a y b .

$$P(V) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{V}{a}\right)^b\right] \quad \text{f.d.d. Weibull biparamétrica;}$$

$$V = a (y_r)^{1/b} .$$

donde $P(V)$ función de probabilidad de no excedencia de V ;
 V volumen de agua rebasada en un evento;
 a, b parámetros de Weibull;
 y_r variable reducida definida como $y_r = -\ln[1 - P(V)]$.

Con los valores de V_i y $P(V_i)$ hallados en el apartado 5.4, calcularemos y_r . Obtenemos diez pares de valores que los compararemos en una gráfica. Dicha gráfica contendrá diez posibles puntos pertenecientes a la ecuación exponencial $V = a (y_r)^{1/b}$. Finalmente se hallará una línea de tendencia exponencial. De este modo encontramos a (constante) y b (inversa de la potencia).

5.5. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS a Y b DE LAS FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN.

Una vez obtenidos los parámetros a y b de las diferentes funciones de probabilidad, estos han sido contrastados con diversos elementos relacionados, directamente o indirectamente, con el rebase. El motivo es buscar alguna dependencia entre ellos. Los elementos empleados para realizar dicho contraste han sido varios.

Las relaciones entre parámetros están expuestas en el Anejo 4 en forma de gráficas.