

# Asientos en balsas de digestores biológicos sobre sedimentos fluviales

E. DAPENA (\*), F. ROMÁN (\*\*), Y J. SAN SALVADOR (\*\*)

**RESUMEN** Se recogen en esta comunicación los asientos registrados durante 11 meses después de haber llenado las balsas de digestores biológicos de una estación depuradora, situada sobre una capa de sedimentos fluviales preconsolidados, de 15 m de espesor, debido al llenado de estas balsas hasta una altura de agua de 8,8 m.

## SETTLEMENTS IN BIODIGESTORS DEPOSITS BUILT ON A 15 M LAYER OF FLUVIAL SEDIMENT

**ABSTRACT** *This report covers the settlements measured over the 11-month period following the filling of the biodigester deposits in a waste-water treatment plant built on a 15-m layer of preconsolidated fluvial sediments as a result of filling the deposits to a level of 8.8 m of water.*

**Palabras clave:** Asientos, Sedimentos aluviales, Estación Depuradora de Aguas Residuales.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Norte de España, en Bilbao, se ha construido una Estación Depuradora de Aguas Residuales en una explanada situada sobre depósitos aluviales recientes con una potencia que varía entre 10 y 20 m.

En esta explanada se fueron depositando desde hace 40 años, escorias de alto horno, formando una capa que llegó a tener, antes del comienzo de la construcción de la depuradora, hasta 15 m de espesor en la zona donde se iba a ubicar ésta, lo cual provocó la consolidación de los depósitos aluviales situados bajo ella, permitiendo la construcción de ésta con cimentación directa, con la precaución de no superar la carga de preconsolidación.

## 2. DEPÓSITOS DIGESTORES BIOLÓGICOS

Los depósitos digestores biológicos ocupan dos rectángulos de 62x195 m, Fig. 1a, en los que, cuando están llenos, el agua alcanza la altura de 8,8 m. Estos dos rectángulos están separados por un pasillo de 23 m de anchura, en el que se ha colocado un relleno que transmite una presión sobre el terreno similar a la que transmiten los depósitos cuando están llenos. Por lo que se puede considerar un área uniformemente cargada de 147x195 m.

Estos depósitos son seis recintos iguales, tres en cada rectángulo, cimentados sobre 28 losas de hormigón, 14 en cada uno de los dos rectángulos, según la disposición recogida en la Fig. 1a.

## 3. TERRENO DE CIMENTACIÓN

Los asientos que se van a recoger en este trabajo son los registrados en el centro de la losa 12w.

El terreno bajo esta losa se considera que tiene las características medias del emplazamiento, Fig. 1b. Bajo la losa se encuentra una capa de 2 m de escoria, situada sobre una capa de 15 m de arcilla limosa gris oscuro. Por debajo se encuentran una capa compacta de arcilla con gravas de 1 m de espesor, que se prolonga hacia abajo en un macizo de roca. Este relleno está descrito en Dapena et al (1997). Según esta disposición, la capa compresible en la zona central de los depósitos está sometida en todo su espesor al total de la carga Egorov (1939).

## 4. ASIENTOS DEL TERRENO

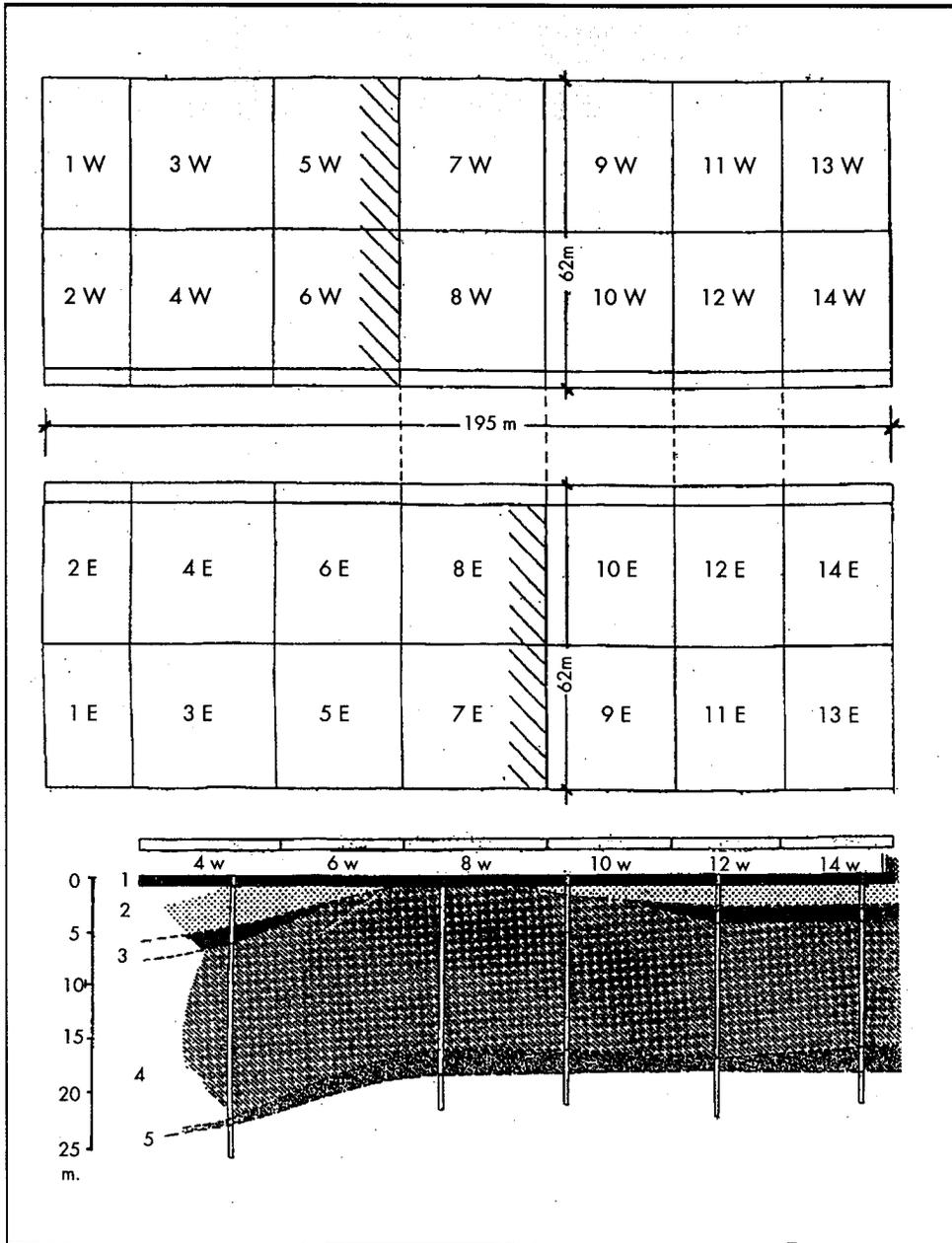
Antes de la construcción de los depósitos digestores biológicos, se había hecho una prueba de carga en las proximidades del emplazamiento, en la que se había obtenido un asiento de 40 mm, para un incremento de carga de 1,2 Kg/cm<sup>2</sup>, pero manteniendo una capa de 4 m de escorias como base de apoyo en la zona en la que se hizo la prueba de carga, según se recoge en Dapena et al (1997), mientras que la cimentación real en la zona de medida de asientos, la capa de escorias tenía solamente 2 m de espesor.

También se hizo una prueba en descarga y recarga en el pasillo entre los dos rectángulos de los depósitos. De esta prueba se dedujo, aplicando la teoría de la consolidación de Terzaghi-Frohlich, que los asientos que se podían producir en el llenado de los depósitos podrían alcanzar los 54,5 mm.

Terminada la construcción de los depósitos se realizaron las medidas del asiento de las losas al llenarse de agua los depósitos. Las medidas registradas en la losa 12 w, se recogen en la Tabla 1, y se dibujan en la Fig. 2 en función de la raíz cuadrada del tiempo.

(\*) Laboratorio de Geotecnia, CEDEX, Madrid, Spain. Universidad Politécnica de Madrid

(\*\*) Confederación Hidrográfica del Norte, M<sup>o</sup> de Medioambiente, Spain.



**FIGURAS 1A Y 1B.** La figura 1a. muestra la situación en planta de las losas de cimentación de las seis balsas de digestores biológicos. Tres balsas en cada rectángulo. Altura de agua en balsas llenas 8,8 m. La figura 1b. muestra el perfil del terreno bajo las losas. 1 Hormigón, 2 Escorias, 3 y 4 Arcilla limosa, 5 Arcilla con gravas.

El depósito 3, al que pertenece la losa 12W donde se iniciaron los asientos, se llenó el 1 de Marzo de 2002. El día 4 de Marzo, el incremento de asientos sufrido fue de 14 mm, Tabla 1. A partir de ese día los asientos siguen una ley lineal con la raíz cuadrada del tiempo, expresado en minutos, Fig. 2, hasta el día 3 de Septiembre, en el que se registran 39 mm de asiento.

En este intervalo de tiempo, 7 meses, la relación asiento-tiempo se puede expresar de la forma siguiente:

$$S - 10 = \frac{1}{18} \sqrt{t}$$

S: asientos en mm  
t: tiempo en minutos

A partir de estos 7 meses, los asientos que se producen en el tiempo van siendo menores pudiendo establecerse la siguiente relación:

$$S - 21 = \frac{1}{28} \sqrt{t}$$

Teniendo en cuenta que en los ensayos edométricos de laboratorio realizados sobre este terreno se había obtenido que  $C_v=0,5$ , y que el espesor de la capa de sedimentos aluviales es de 15 m y que se puede suponer que solamente se drena lateralmente y en la cara superior. El tiempo en que se producirá el 90% de la consolidación será:

$$t_{90} = \frac{T_{90} H^2}{C_v} = \frac{0,848 \times 15^2 m^2}{0,5 m^2} = 381,6 \text{ días}$$

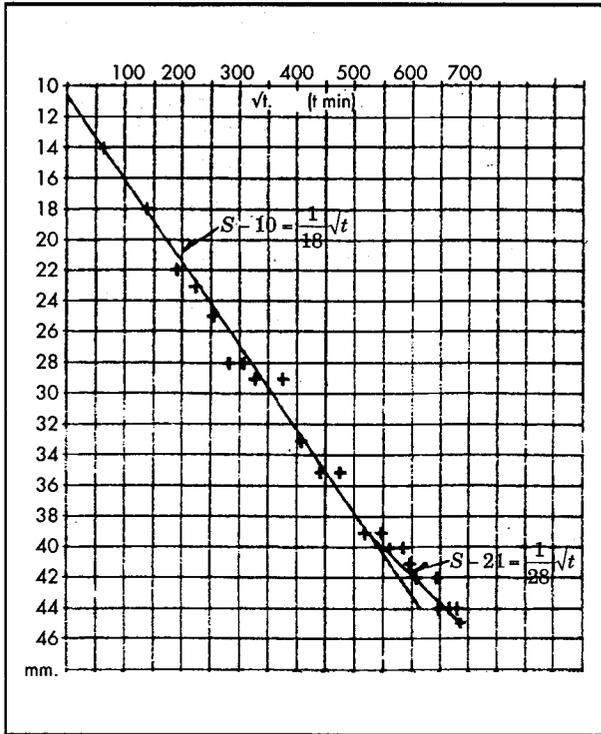


FIGURA 2. Asientos Medidos bajo la losa 12w en función de  $\sqrt{t}$ . Tiempo t en minutos.

En este tiempo el asiento esperable será:

$$S_{90} = 21 - \frac{1}{28} \sqrt{381,6 \times 24 \times 60} = 48 \text{ mm}$$

y el asiento total será:

$$S_T = 53 \text{ mm}$$

5. CONCLUSIONES

Los digestores biológicos de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Bilbao, están constituidos por 6 balsas, que ocupan un a superficial total de 147x195 m.

Estas balsas en general están colocadas sobre una capa de escorias de 2 m de espesor, y 15 m de depósitos aluviales, constituidos por arcillas limosas, que habían estado sometidas durante más de 5 años a una precarga superior a 0,8 Kg/cm<sup>2</sup>.

Previamente a la construcción se hizo una prueba de carga en la zona, registrando en 3 meses un asiento de 40 mm.

Durante la construcción se hizo una prueba de descarga entre los digestores biológicos de la que se dedujo, aplicando la teoría de la consolidación de Terzaghi-Frohlich, que el asiento máximo previsible debido al llenado de las balsas sería de 54 mm.

Los asentamientos registrados en un punto de la losa 12W, considerada la más representativa del conjunto, alcanzan a los once meses un valor 45 mm, esperándose que con el 90% de la consolidación se alcancen los 48 mm, y que el asiento total sea de 53 mm.

LLENADO 1 DE MARZO 2002			
fecha	tempo	S	asiento mm
1-3	0x24x60	0	0
4-3	3x24x60	66	14
15-3	14x24x60	142	18
25-3	24x24x60	186	22
5-4	35x24x60	225	23
15-4	45x24x60	256	25
25-4	55x24x60	281	28
6-1	66x24x60	308	28
16-5	76x24x60	330	29
21-5	81x24x60	342	29
28-5	88x24x60	356	29
6-6	97x24x60	374	29
26-6	117x24x60	410	33
8-7	129x24x60	431	34
16-7	137x24x60	444	35
24-7	145x24x60		34
5-8	157x24x60	475	35
3-3	186x24x60	518	39
13-9	196x24x60		38
23-9	206x24x60	545	39
3-10	216x24x60	558	40
14-10	225x24x60		40
24-10	235x24x60	582	40
4-11	246x24x60	595	41
14-11	256x24x60	607	42
26-11	268x24x60		42
10-12	282x24x60	637	42
20-12	292x24x60	648	44
30-12	302x24x60	659	44
13-1	316x24x69	675	44

TABLA 1. Asientos registrados.

6. REFERENCIAS

Dapena, E. Diaz-Ortiz, J.M., Sansalvador, J. (1997) Steel furnace slag disposal on alluvial deposit area. Proceeding International Symposium on Engineering Geology and the Environmental. Vol. 3, pp. 1745-1750. Balkema. Atenas, 1997

Egorov, K. F. (1939), Distributionn de tensiones y corrimientos en una bicapa bajo una zapata corrida. Gos. Izdat. Stroit. Lit., nº 10.