

# ANEXOS

## ÍNDICE

- A. Propiedades índices y parámetros calculados.
- B. Gráficas de los ensayos edométricos en condiciones saturadas.

## A. Propiedades índices y parámetros calculados

### 1. Propiedades índices

Para los ensayos edométricos, fue necesario calcular el índice de poros inicial, la porosidad inicial y la superficie específica para las dos granulometrías estudiadas:  $\emptyset=9.51-12.7\text{mm}$  y  $\emptyset=1.18-2\text{mm}$ .

#### 1.1. Índice de poros

El valor tomado para el peso específico de los sólidos ( $\gamma_s$ ) fue de  $2.75 \text{ g/cm}^3$ . Se asume que el material se encuentra seco.

Por medio de las relaciones de fases y relaciones volumétricas se obtuvo la siguiente relación para el cálculo del índice de poros ( $e$ ):

$$e = \frac{V_{total}}{V_{sólido}} - 1$$

El volumen total se mide en el edómetro con la muestra. El volumen del sólido varía según la geometría del edómetro.

#### 1.2. Porosidad

Se calculó por medio de la siguiente expresión:

$$n = \frac{e}{1 + e}$$

#### 1.3. Superficie específica de la arcilla

Se considera que las partículas son esféricas, y se expresa así:

$$S_e (\text{cm}^2/\text{g}) = \frac{S}{W} = \frac{4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3 \gamma_s}$$

$$S_e (\text{cm}^2/\text{g}) = \frac{3}{\gamma_s} \cdot \frac{1}{r}$$

La superficie específica se calculó con el promedio del diámetro de partículas. A continuación, en la tabla 1 se presentan los valores para cada edómetro ensayado. En la tabla 2, se presentan las variables de estudio consideradas en los ensayos edométricos.

Tabla 1. *Propiedades índices y parámetros iniciales calculados.*

Ítem	EG1	EG2	EG3	EP1	EP2	EP3
Tamaño de grano (mm)	9.52-12.7	9.52-12.7	9.52-12.7	1.18-2	1.18-2	1.18-2
Altura (cm)	4.068	4.035	4.274	1.90	1.91	2.08
Diámetro (cm)	12	12	12	6	6	6
$V_{total}$ (cm <sup>3</sup> )	460.08	456.35	483.38	53.72	54.00	58.81
$V_{sólidos}$ (cm <sup>3</sup> )	227.10	227.23	227.20	29.07	28.94	29.60
área (cm <sup>2</sup> )	113.10	113.10	113.10	28.27	28.27	28.27
$w_{material}$ (g)	624.52	624.88	624.80	79.95	79.59	81.40
$\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
Peso cabezal (g)	3206	3206	3236	541,46	524,57	538,06
Tensión aplicada (kPa)	2,78	2,78	2,80	1,88	1,82	1,86
$e_0$ (-)	1.03	1.01	1.13	0.85	0.87	0.99
$n_0$ (-)	0.506	0.502	0.530	0.459	0.464	0.497
$S_e$ (cm <sup>2</sup> /g)	1.96	1.96	1.96	13.72	13.72	13.72

Tabla 2. *Variables de estudio para cada edómetro.*

Condiciones	EG1	EG2	EG3	EP1	EP2	EP3
"Tamaño muestra (mm)"	Ø=120mm H=40mm	Ø=120mm H=40mm	Ø=120mm H=40mm	Ø=60mm H=20mm	Ø=60mm H=20mm	Ø=60mm H=20mm
Tamaño de grano (mm)	9.51-12.7	9.51-12.7	9.51-12.7	1.18-2	1.18-2	1.18-2
Inundación	totalmente saturada	Parcialmente saturada (1/4)	totalmente saturada	totalmente saturada	totalmente saturada	Parcialmente saturada (1/4)
Evaporación	Sin evaporación	con evaporación	sin evaporación	Sin evaporación	sin evaporación	con evaporación
Agua	saturada en yeso	destilada	destilada	saturada en yeso	Destilada	destilada

## 2. Parámetros calculados

Para el análisis de resultados los parámetros que se calcularon según las lecturas diarias tomadas son:

### 2.1. Desplazamiento

El desplazamiento se expresa así:

$$\delta(\text{mm}) = L_0 - L_j$$

### 2.2. Deformación vertical

La deformación vertical se expresa así:

$$\varepsilon_v(\%) = \frac{L_0 - L_j}{H_{\text{muestra}}} * 100$$

### 2.3. Índice de poros

El índice de poros o relación de vacíos se expresa así:

$$e = \left[ \frac{H_{\text{muestra}} - \delta}{H_{\text{sólidos}}} \right] - 1$$

La altura de la muestra se midió cuando la muestra se encontraba dentro del edómetro, con ayuda de un pie de rey se tomaron tres lecturas y se promedió.

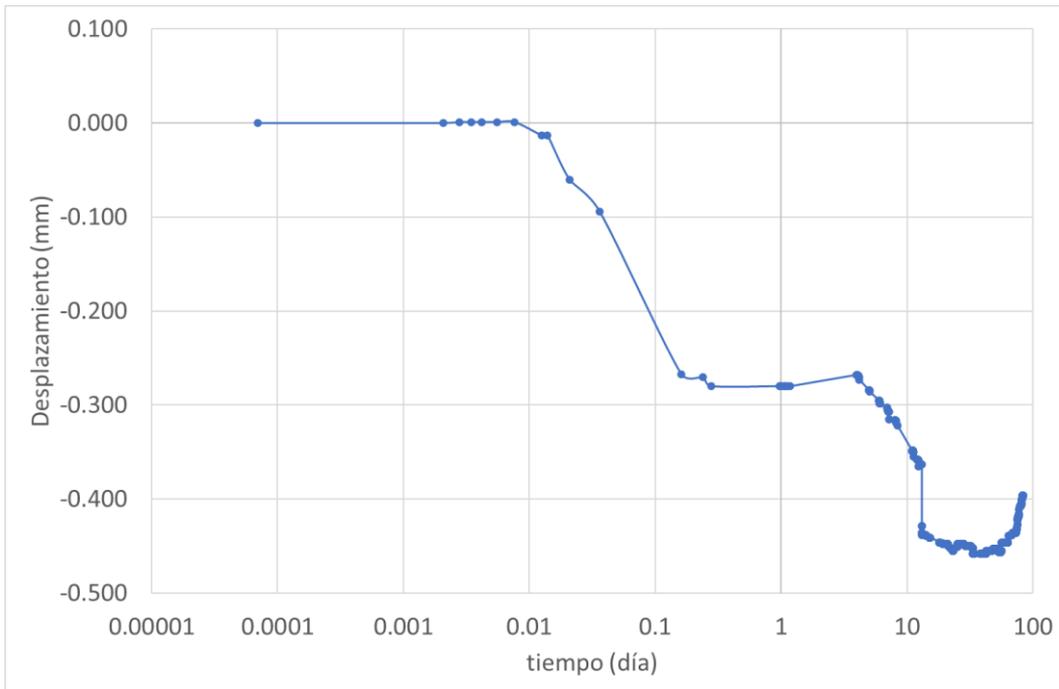
La altura de sólidos se calculó así:

$$H_{\text{sólidos}} = \frac{H_{\text{muestra}}}{1 + e_0}$$

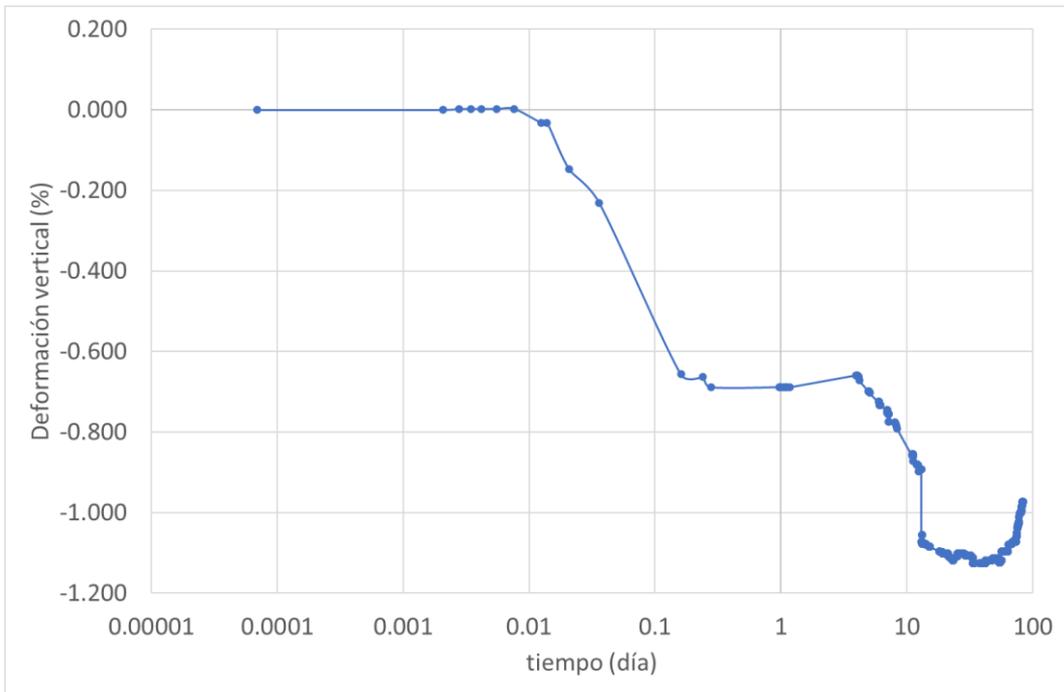
## B. Gráficas de los ensayos edométricos en condiciones saturadas

Para la interpretación de los resultados se graficaron tres gráficas por edómetro ensayado donde se representa el desplazamiento, la deformación vertical y el índice de poros o relación de vacíos.

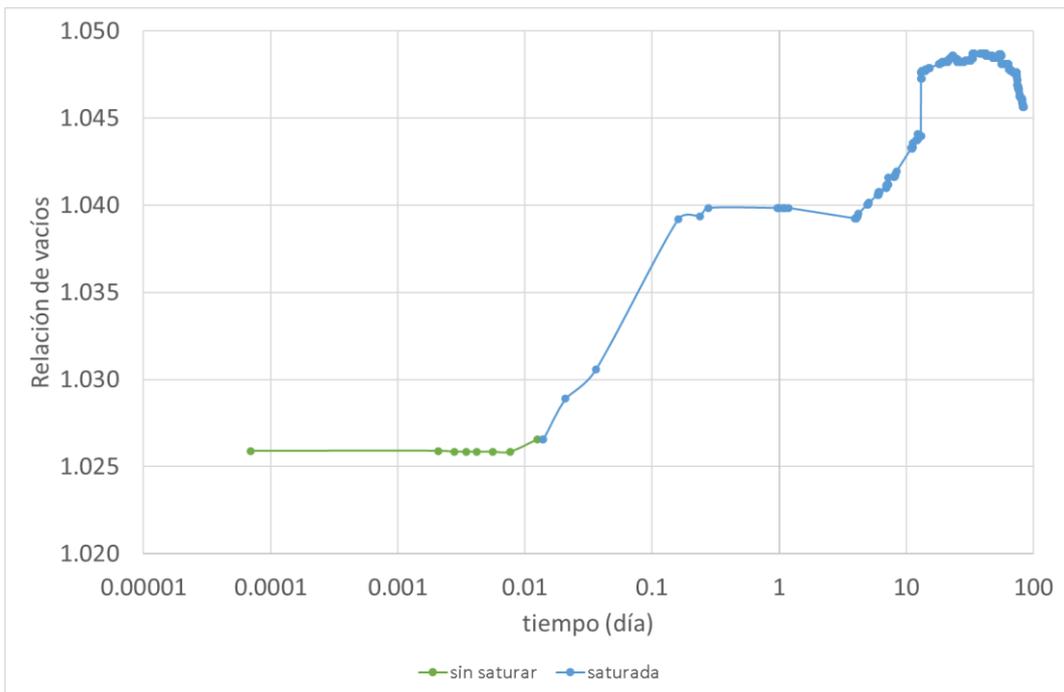
- Edómetro grande (EG1):



Gráfica 1. Variación del desplazamiento en función del tiempo, EG1: muestra totalmente saturada con agua con yeso, sin evaporación.

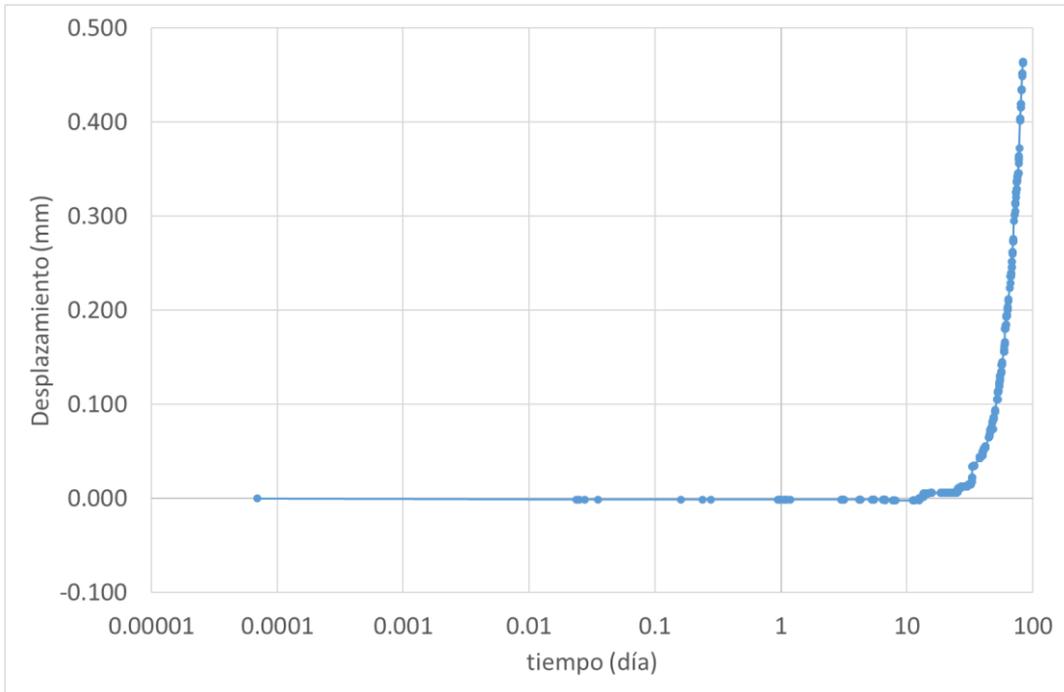


Gráfica 2. Variación de la deformación vertical en función del tiempo, EG1: muestra totalmente saturada con agua con yeso, sin evaporación.

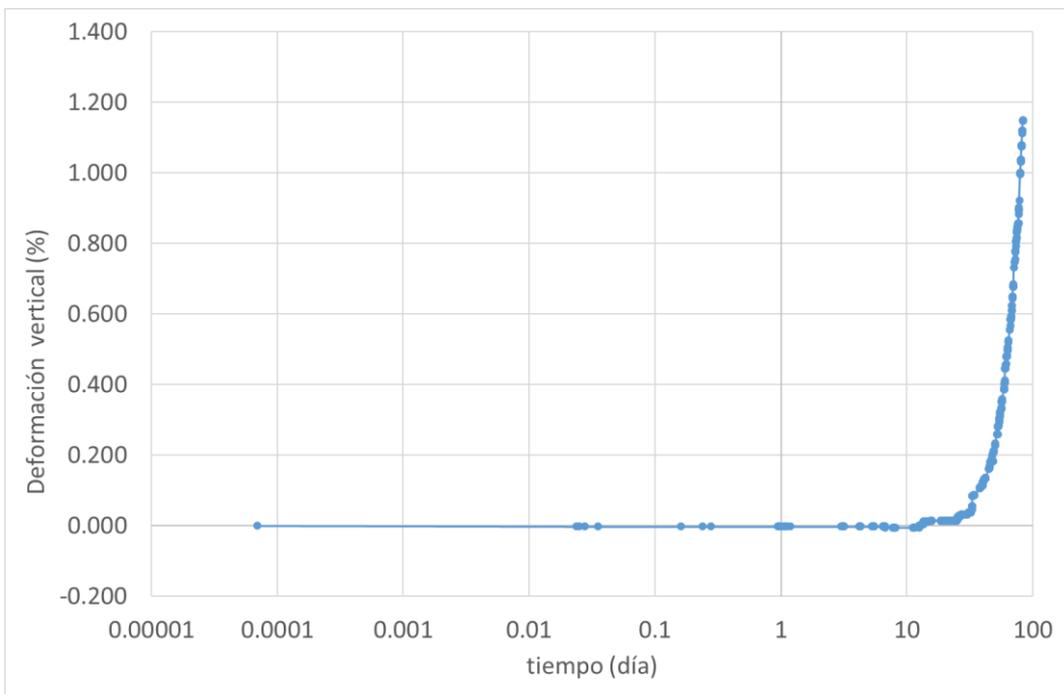


Gráfica 3. Variación de la relación de vacíos en función del tiempo, EG1: muestra totalmente saturada con agua con yeso, sin evaporación.

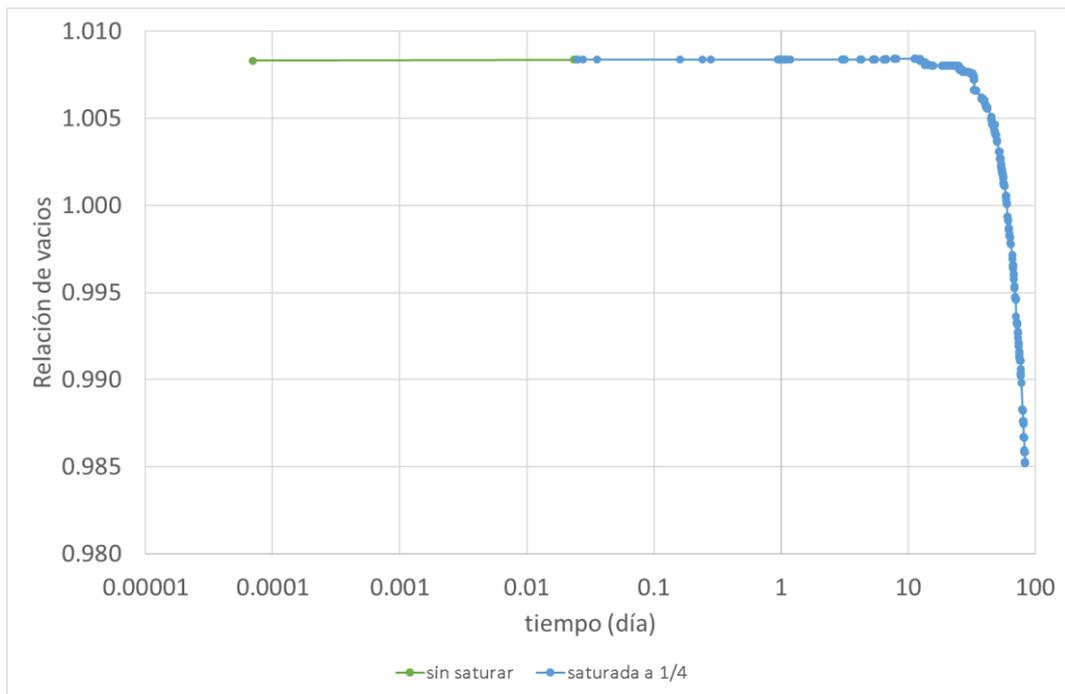
- Edómetro grande (EG2):



Gráfica 4. Variación del desplazamiento en función del tiempo, EG2: muestra parcialmente saturada a  $\frac{1}{4}$  de la altura de la muestra con agua destilada, con evaporación.

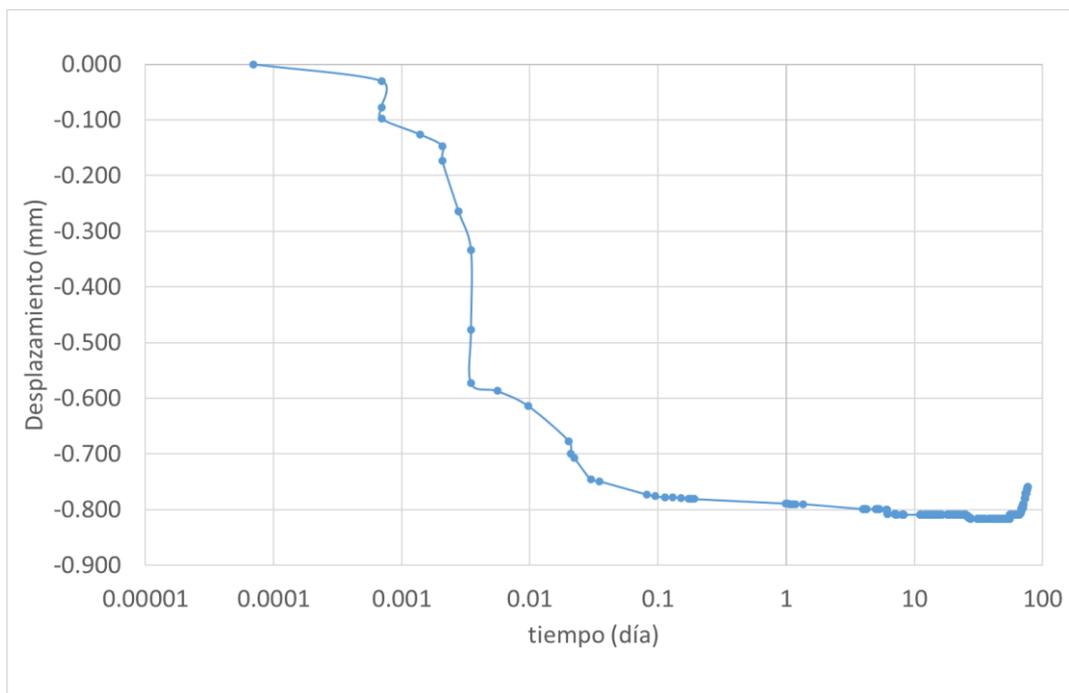


Gráfica 5. Variación de la deformación vertical en función del tiempo, EG2: muestra parcialmente saturada a  $\frac{1}{4}$  de la altura de la muestra con agua destilada, con evaporación.

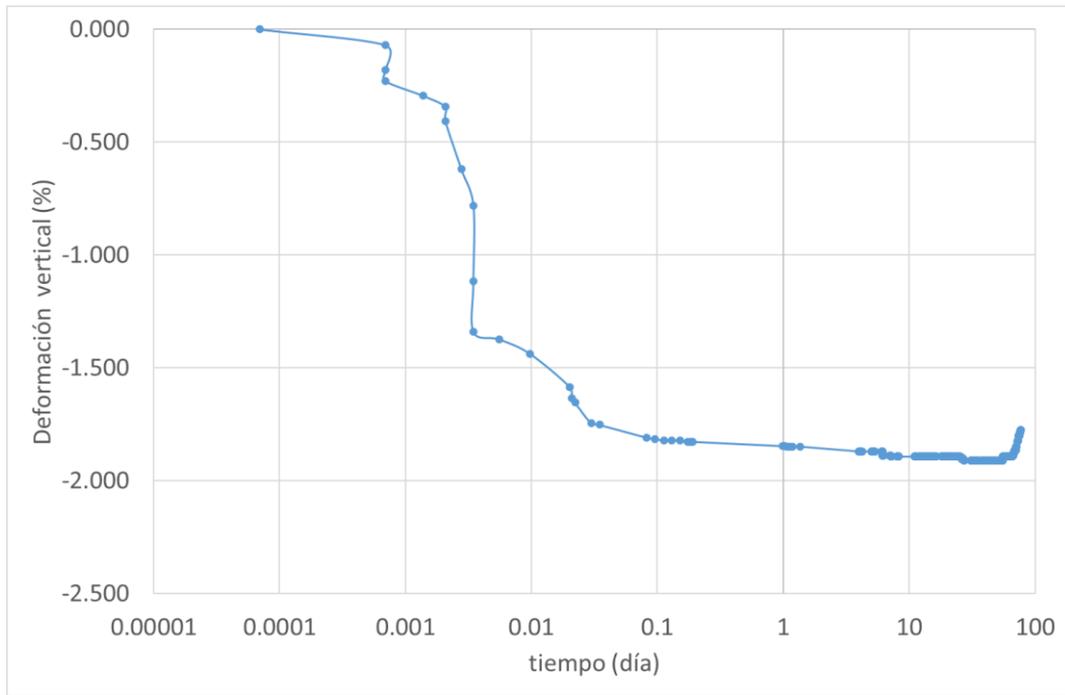


Gráfica 6. Variación de la relación de vacíos en función del tiempo, EG2: muestra parcialmente saturada a  $\frac{1}{4}$  de la altura de la muestra con agua destilada, con evaporación.

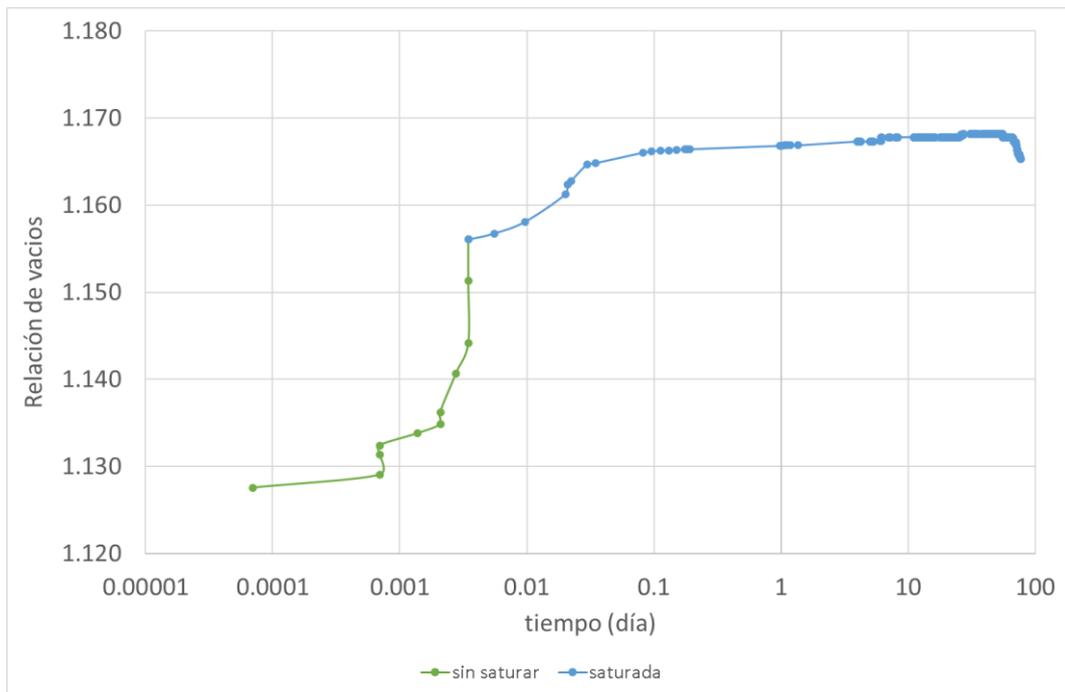
- Edómetro grande (EG3):



Gráfica 7. Variación del desplazamiento en función del tiempo, EG3: muestra totalmente saturada con agua destilada, sin evaporación.

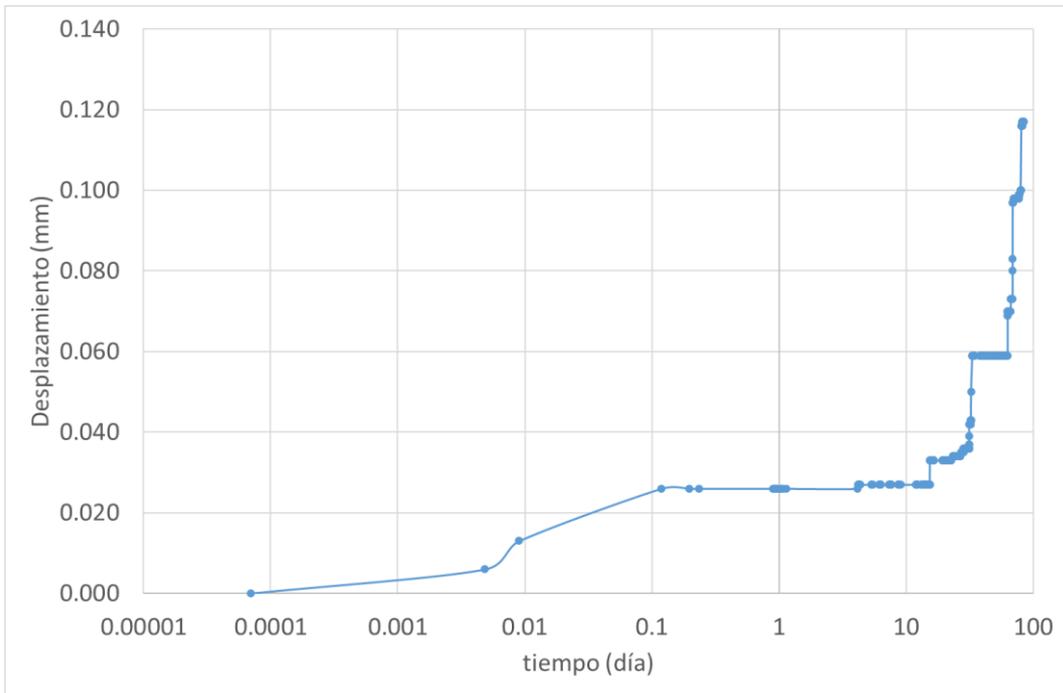


Gráfica 8. Variación de la deformación vertical en función del tiempo, EG3: muestra totalmente saturada con agua destilada, sin evaporación.

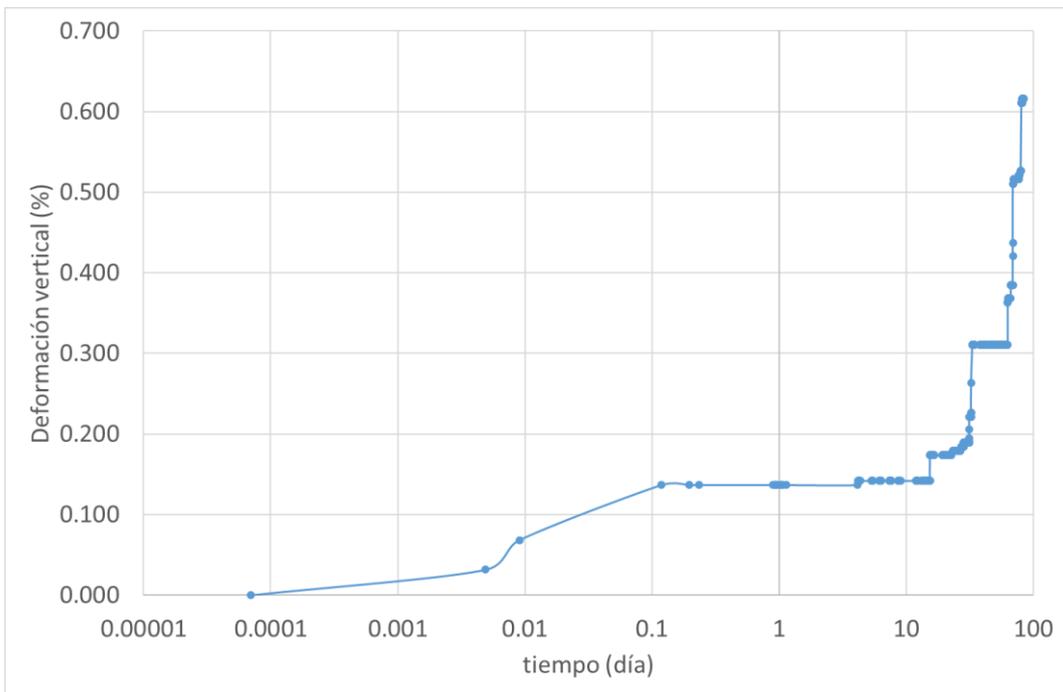


Gráfica 9. Variación de la relación de vacíos en función del tiempo, EG3: muestra totalmente saturada con agua destilada, sin evaporación.

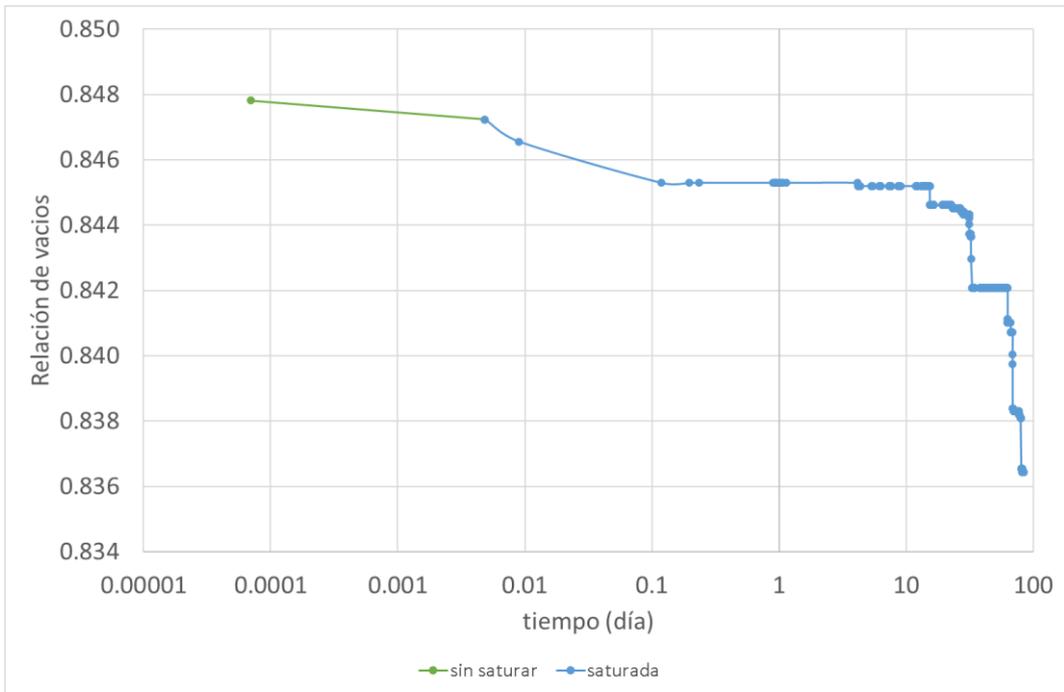
- Edómetro pequeño (EP1):



Gráfica 10. Variación del desplazamiento en función del tiempo, EP1: muestra totalmente saturada con agua con yeso, sin evaporación.

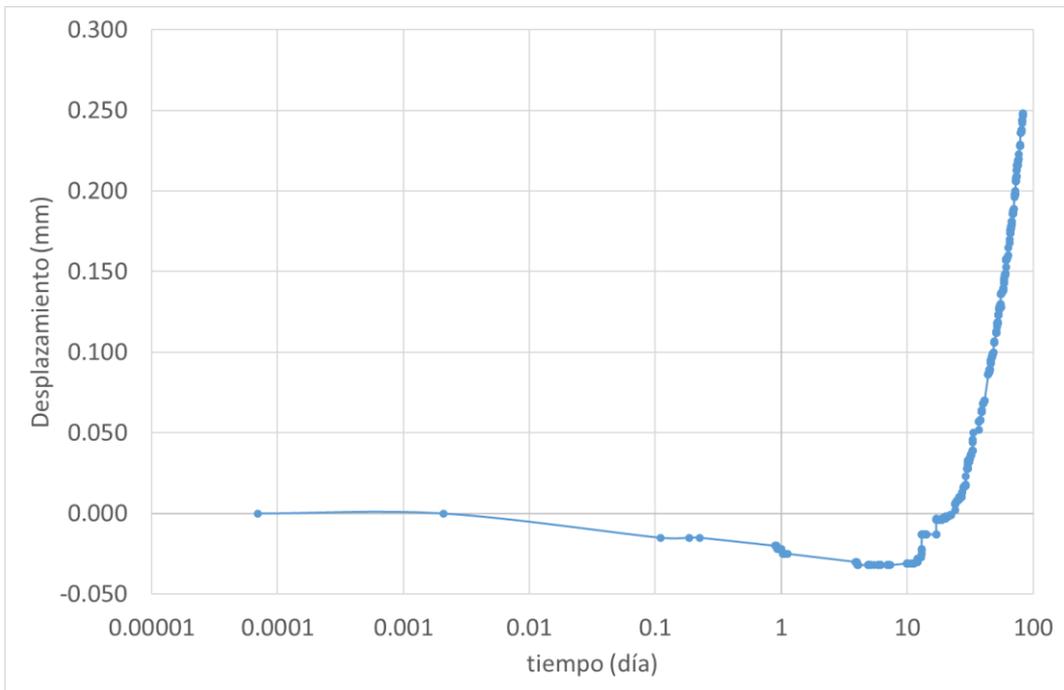


Gráfica 11. Variación de la deformación vertical en función del tiempo, EP1: muestra totalmente saturada con agua con yeso, sin evaporación.

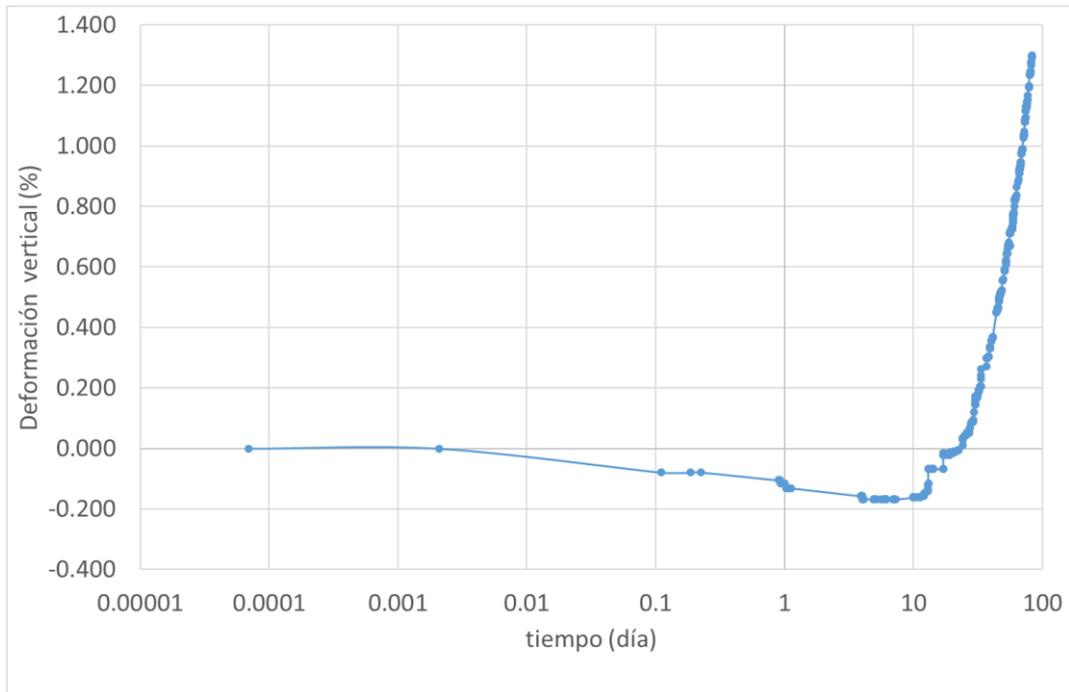


Gráfica 12. Variación de la relación de vacíos en función del tiempo, EP1: muestra totalmente saturada con agua con yeso, sin evaporación.

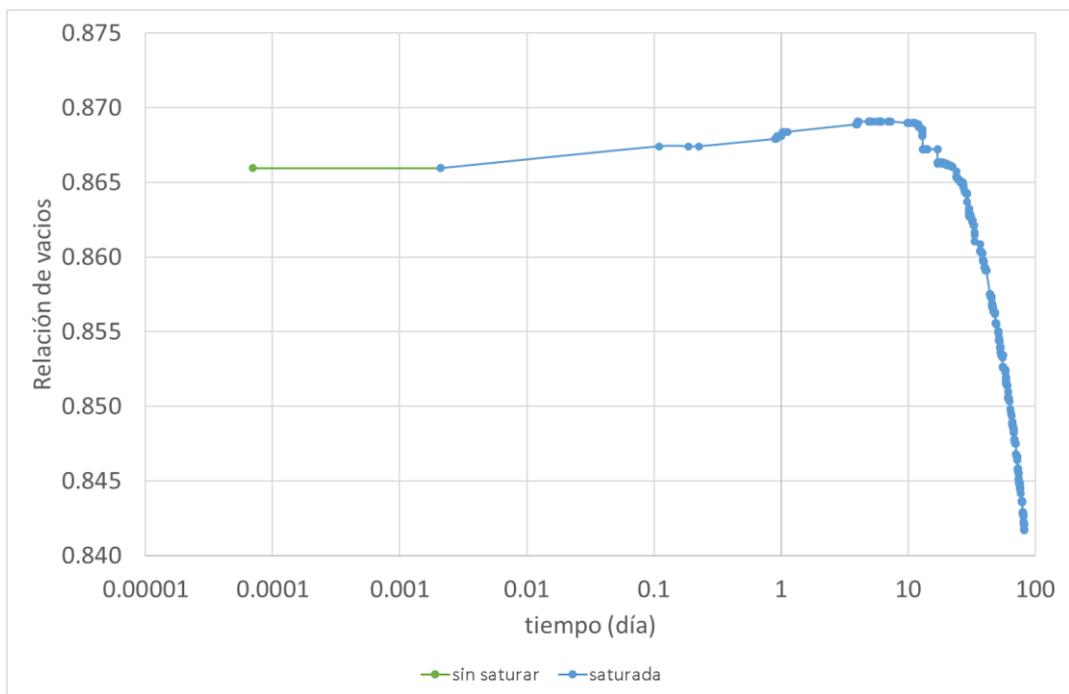
- Edómetro pequeño (EP2):



Gráfica 13. Variación del desplazamiento en función del tiempo, EP2: muestra totalmente saturada con agua destilada, sin evaporación.

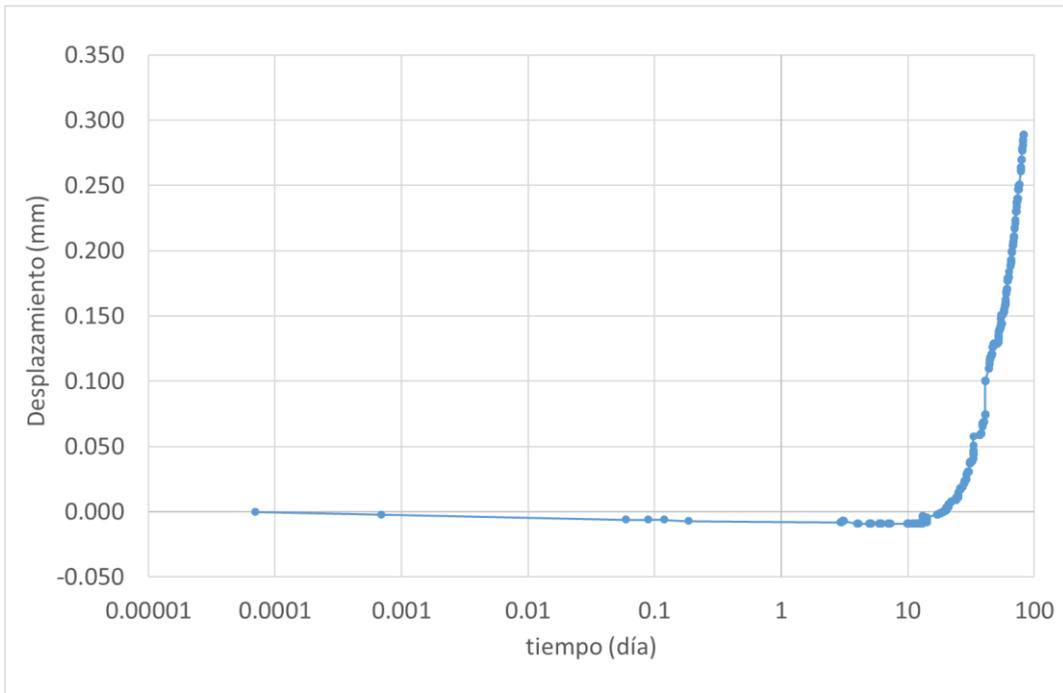


Gráfica 14. Variación de la deformación vertical en función del tiempo, EP2: muestra totalmente saturada con agua destilada, sin evaporación.

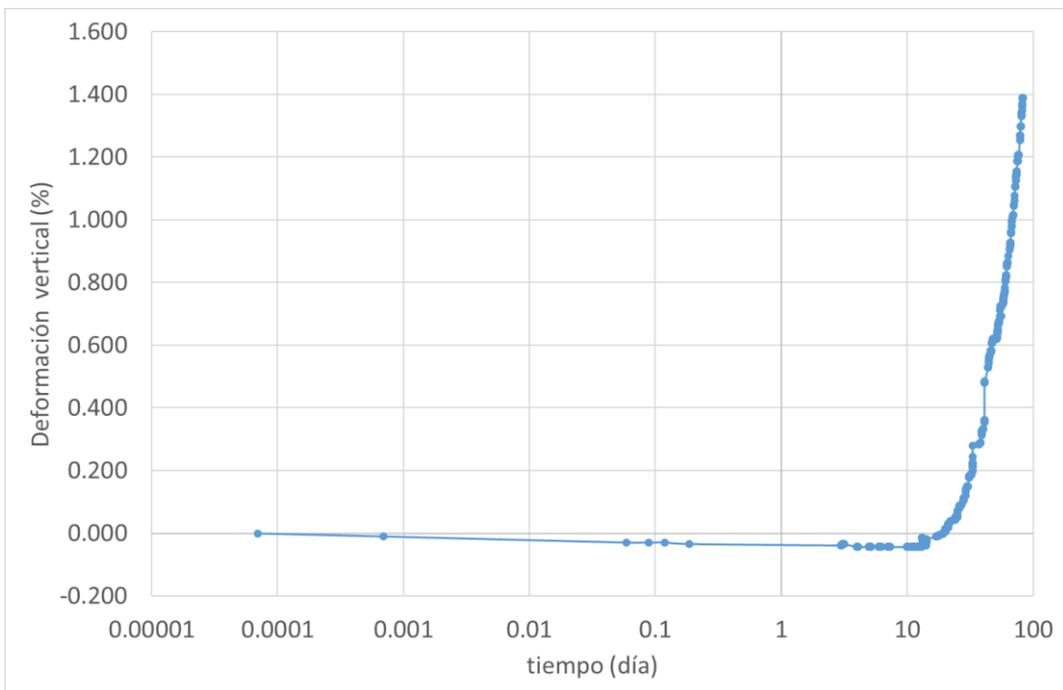


Gráfica 15. Variación de la relación de vacíos en función del tiempo, EP2: muestra totalmente saturada con agua destilada, sin evaporación.

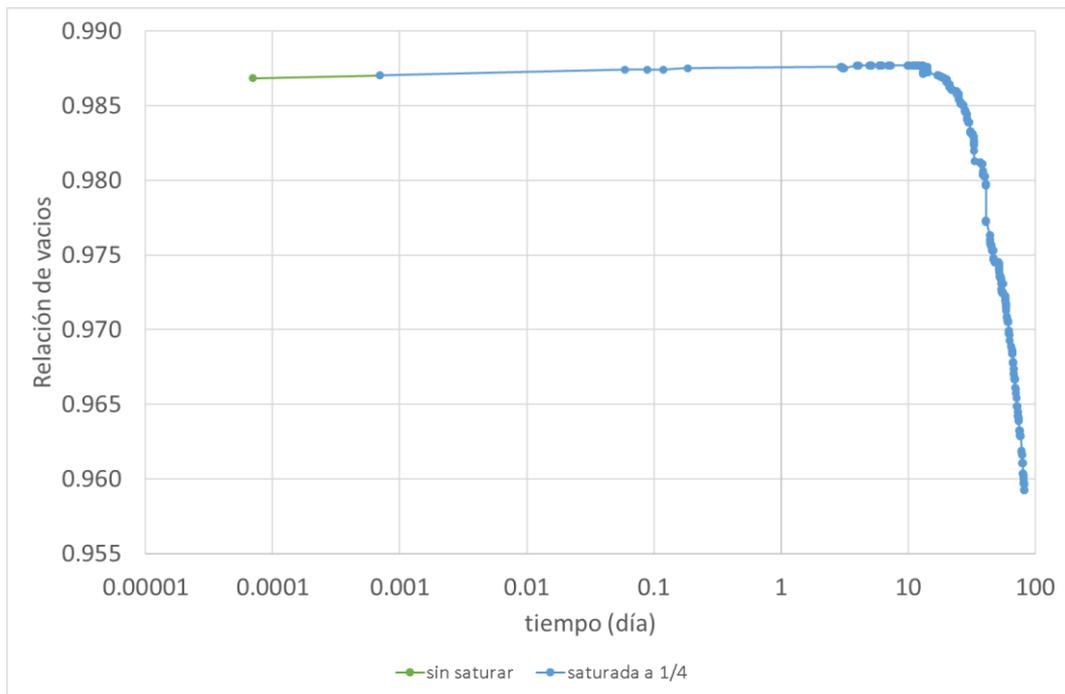
- Edómetro pequeño (EP3):



Gráfica 16. Variación del desplazamiento en función del tiempo, EP3: muestra parcialmente saturada a  $\frac{1}{4}$  de la altura de la muestra con agua destilada, con evaporación.



Gráfica 17. Variación de la deformación vertical en función del tiempo, EP3: muestra parcialmente saturada a  $\frac{1}{4}$  de la altura de la muestra con agua destilada, con evaporación.



Gráfica 18. Variación de la relación de vacíos en función del tiempo, EP3: muestra parcialmente saturada a  $\frac{1}{4}$  de la altura de la muestra con agua destilada, con evaporación.