

PRESA DE ENCISO

ESTUDIOS TÉRMICO-ESTRUCTURALES

- **Modelo 0** – Se utilizó una curva de aumento adiabático de temperaturas medida en el laboratorio de la obra.
- **Modelo 1** – Con la misma curva de calentamiento anterior, se corrigieron errores en el plan de obra y en la cota de cimentación.
- **Modelo 2** – Cambia, respecto del anterior, en que se modifican las temperaturas de puesta en obra.
- **Modelo 3** – El cálculo se realiza utilizando una nueva curva de aumento adiabático de temperatura, obtenida por *Intemac*, con ciertas modificaciones.
- **Modelo 4** – Se cambia la curva de calentamiento adiabático del hormigón y algunos parámetros del modelo para ajustar sus resultados a los valores medidos por la auscultación.
- **Modelo 5** – Se limita a 18° C la temperatura máxima de puesta del hormigón.
- **Modelo 6** – Temperaturas diarias.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[k_{xx} \frac{\partial T}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k_{yy} \frac{\partial T}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[k_{zz} \frac{\partial T}{\partial z} \right] + q(x, y, z|t) = \rho c \frac{\partial T}{\partial t}$$

Insolación

$$q = \eta \Phi$$

Radiación

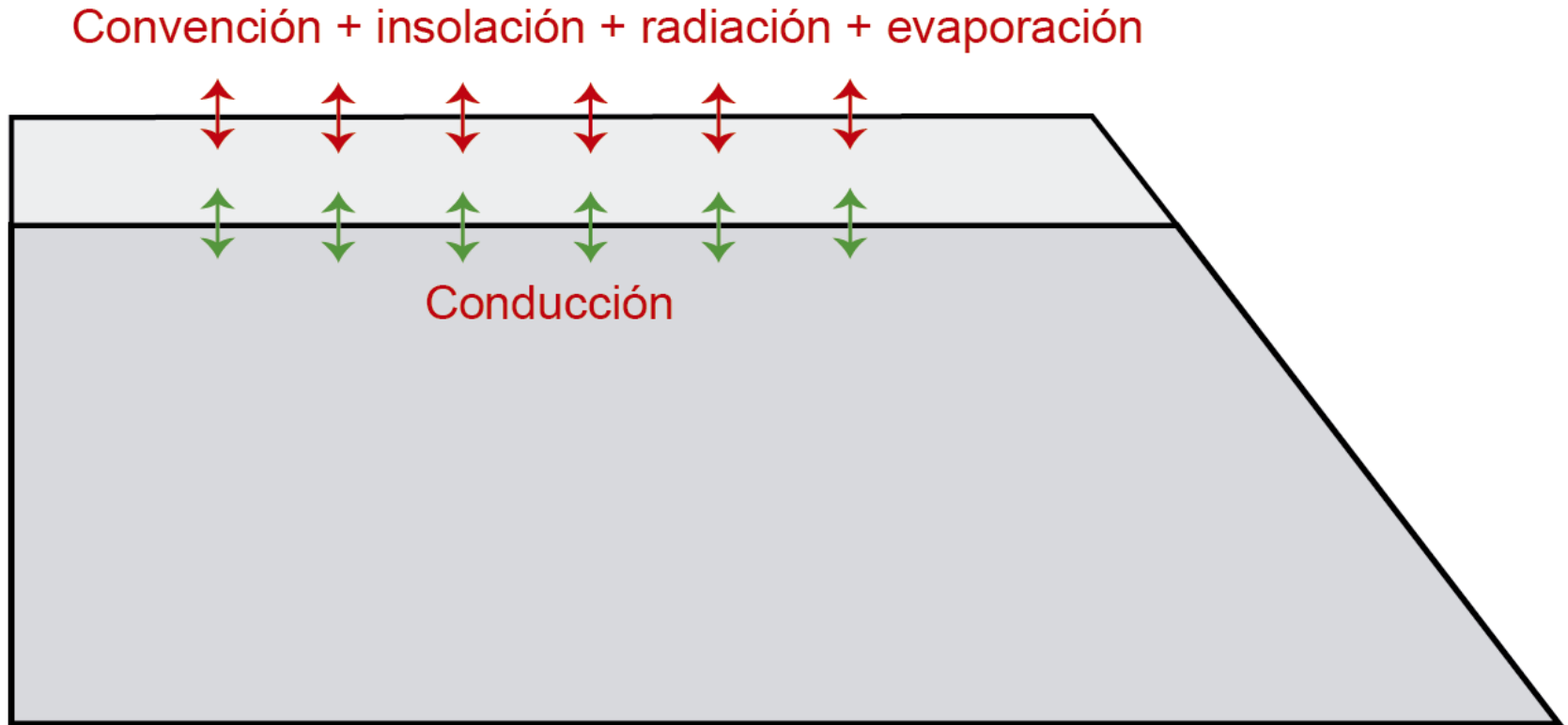
$$q = \varepsilon \sigma A F_{12} [T_1^4 - T_2^4]$$

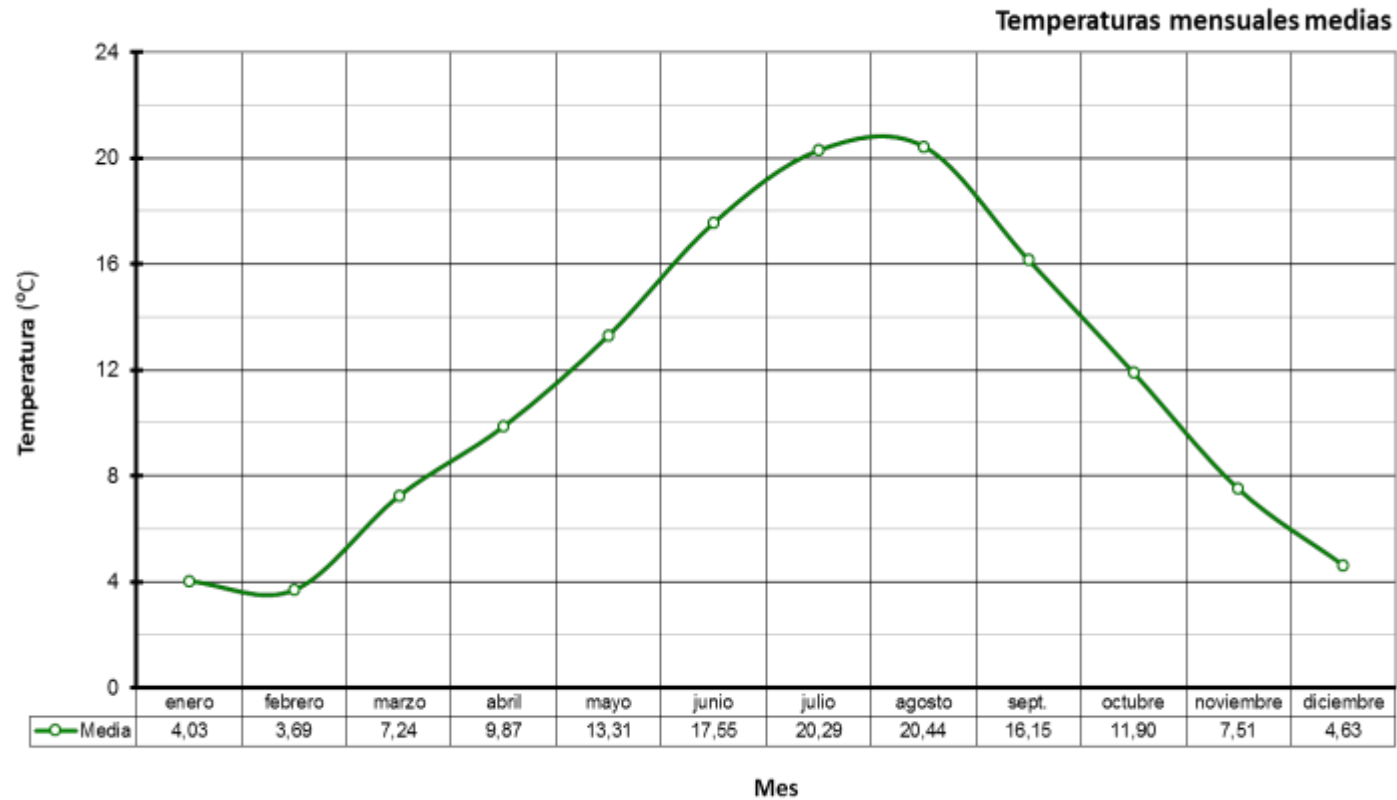
Convención

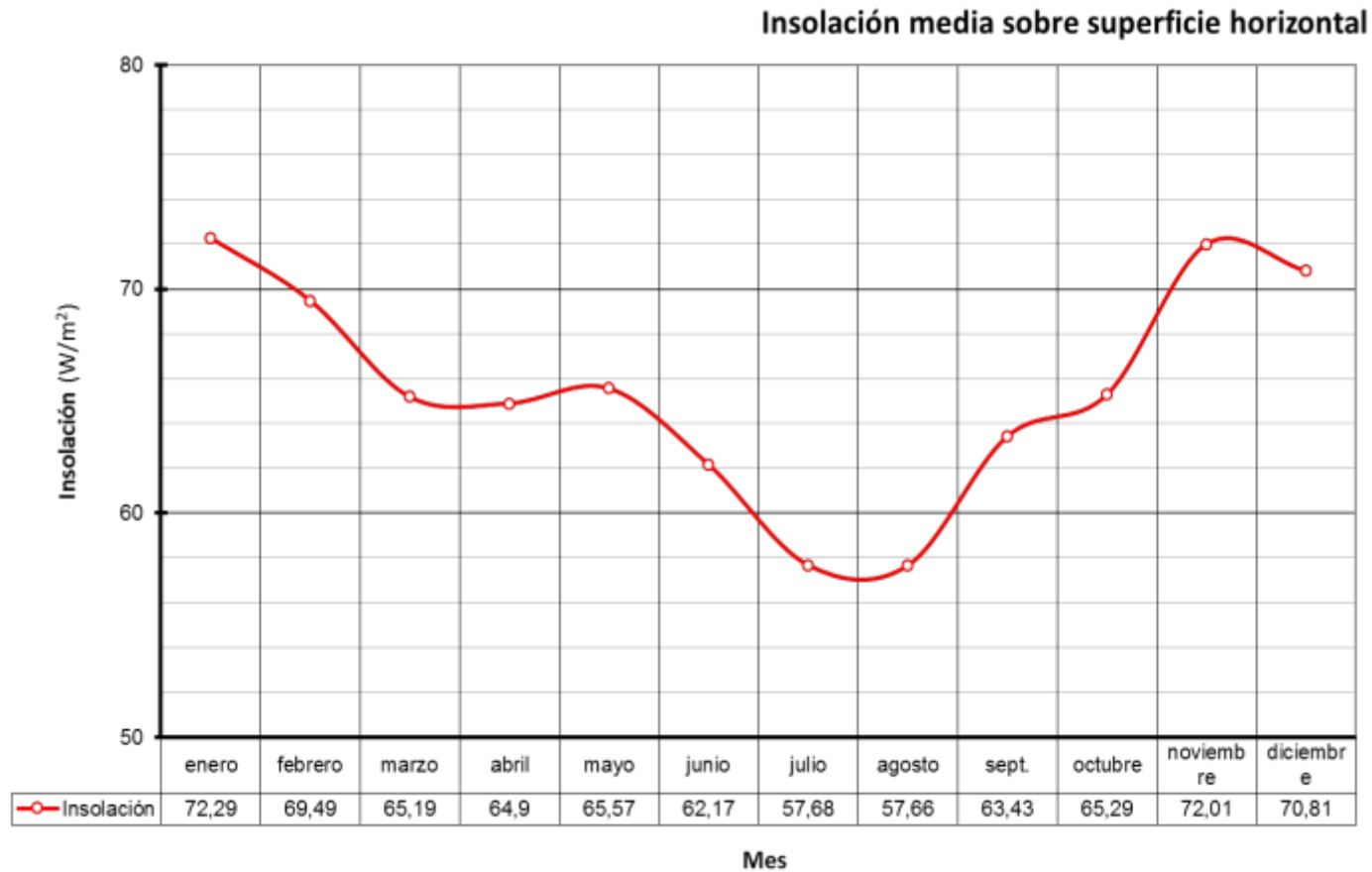
$$q = h [T_{Ambiente} - T]$$

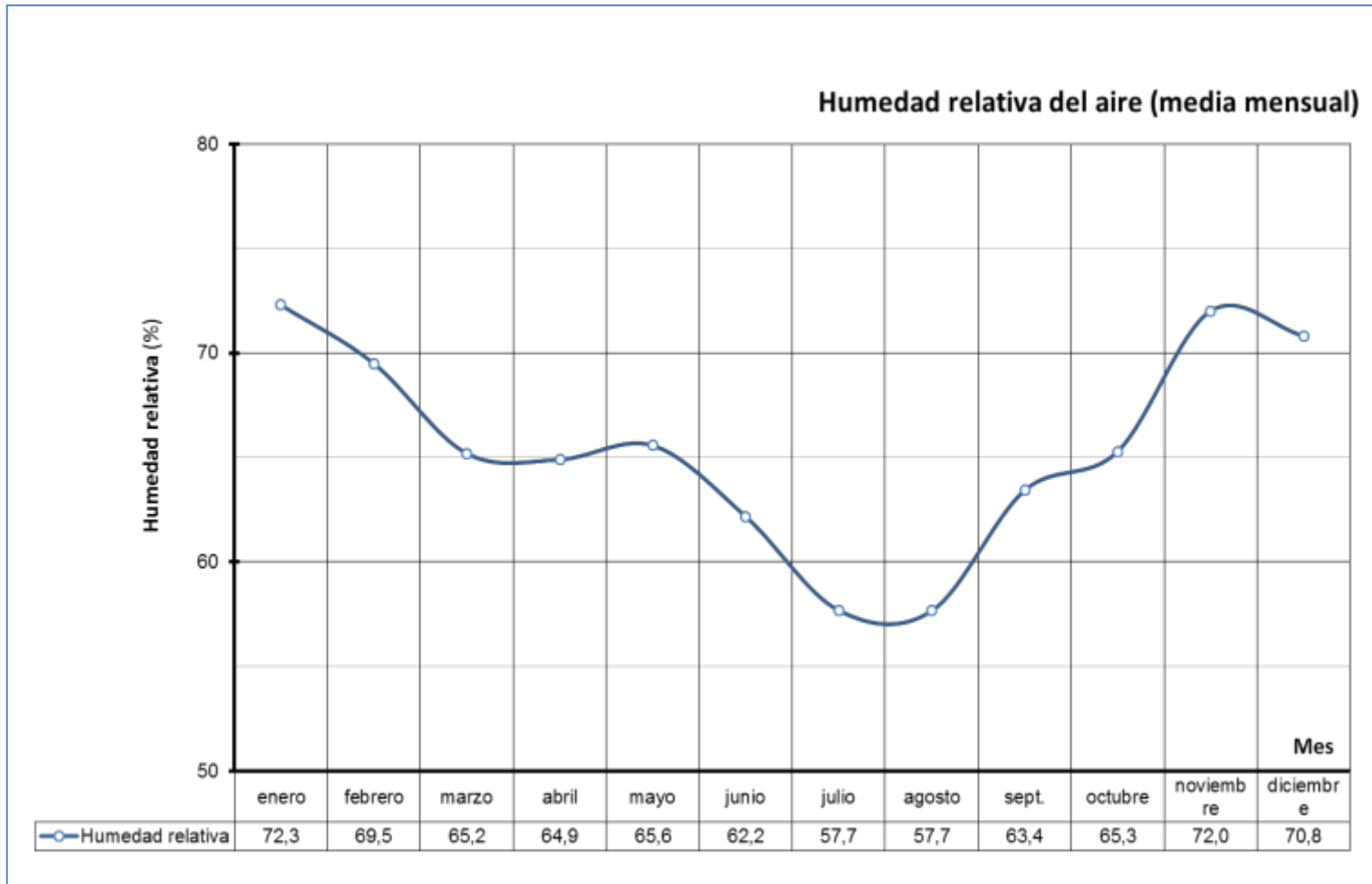
Evaporación

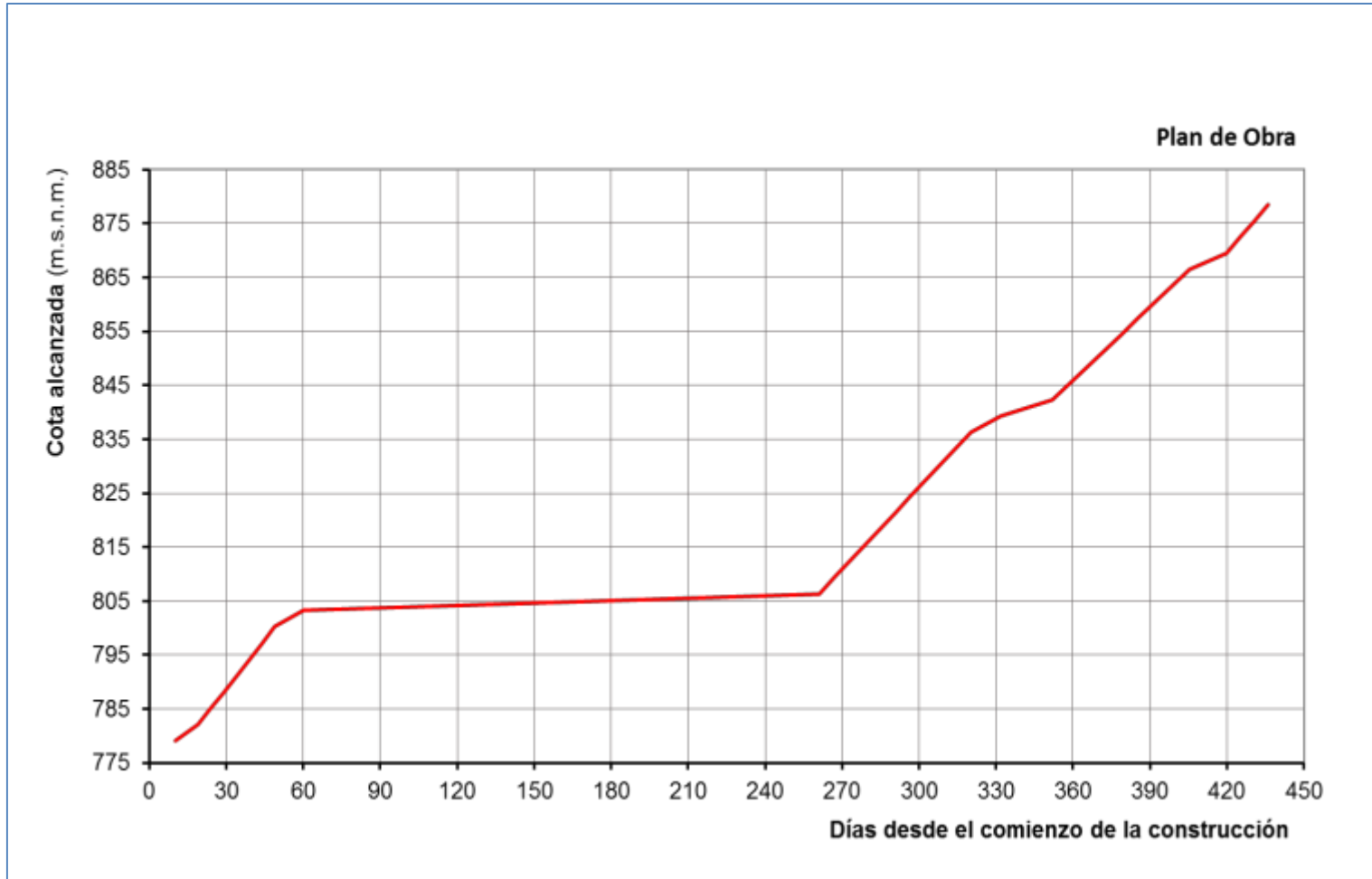
$$q = -\chi \frac{p_{vapor}}{T_{Ambiente}} [1 - H_r]$$









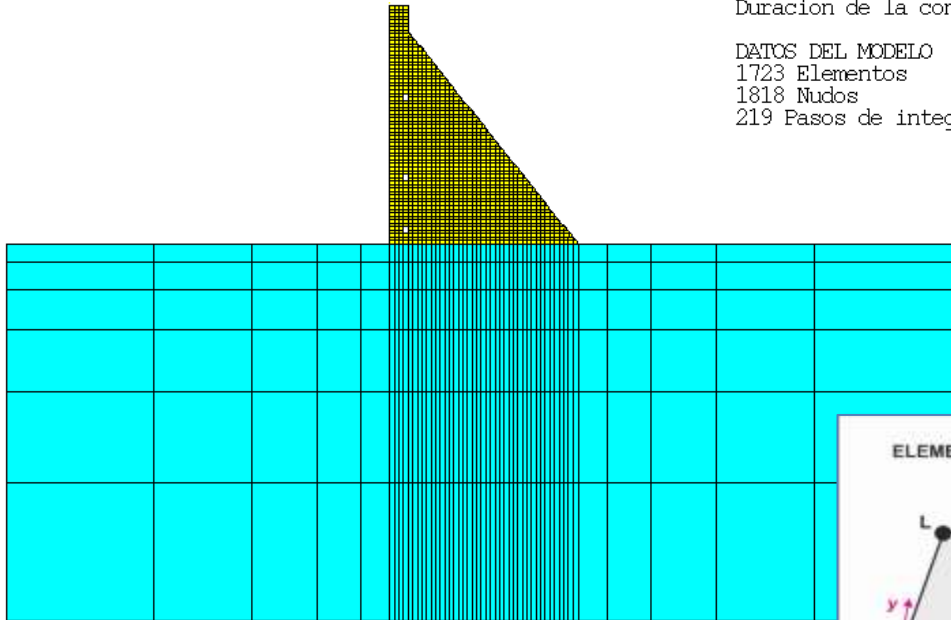


MODELO DE ELEMENTOS FINITOS EMPLEADO EN EL CALCULO

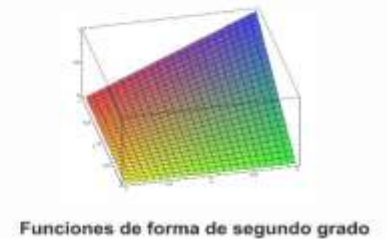
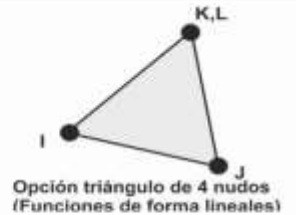
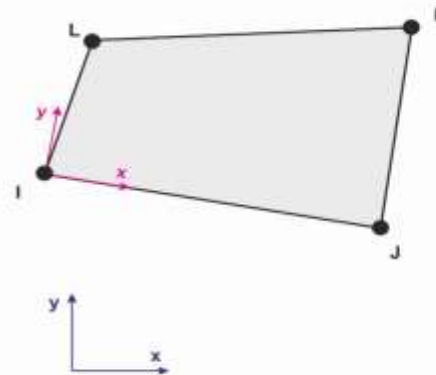
DATOS DE LA PRESA
Cota de coronacion +878.5
Cota de cimentacion +775.38
Construida en 34 tongadas

DATOS DEL CALCULO
Inicio de la constr. en AGOSTO
Duracion de la construccion: 7 meses

DATOS DEL MODELO
1723 Elementos
1818 Nudos
219 Pasos de integracion temporales



ELEMENTO BIDIMENSIONAL DE 4 NUDOS

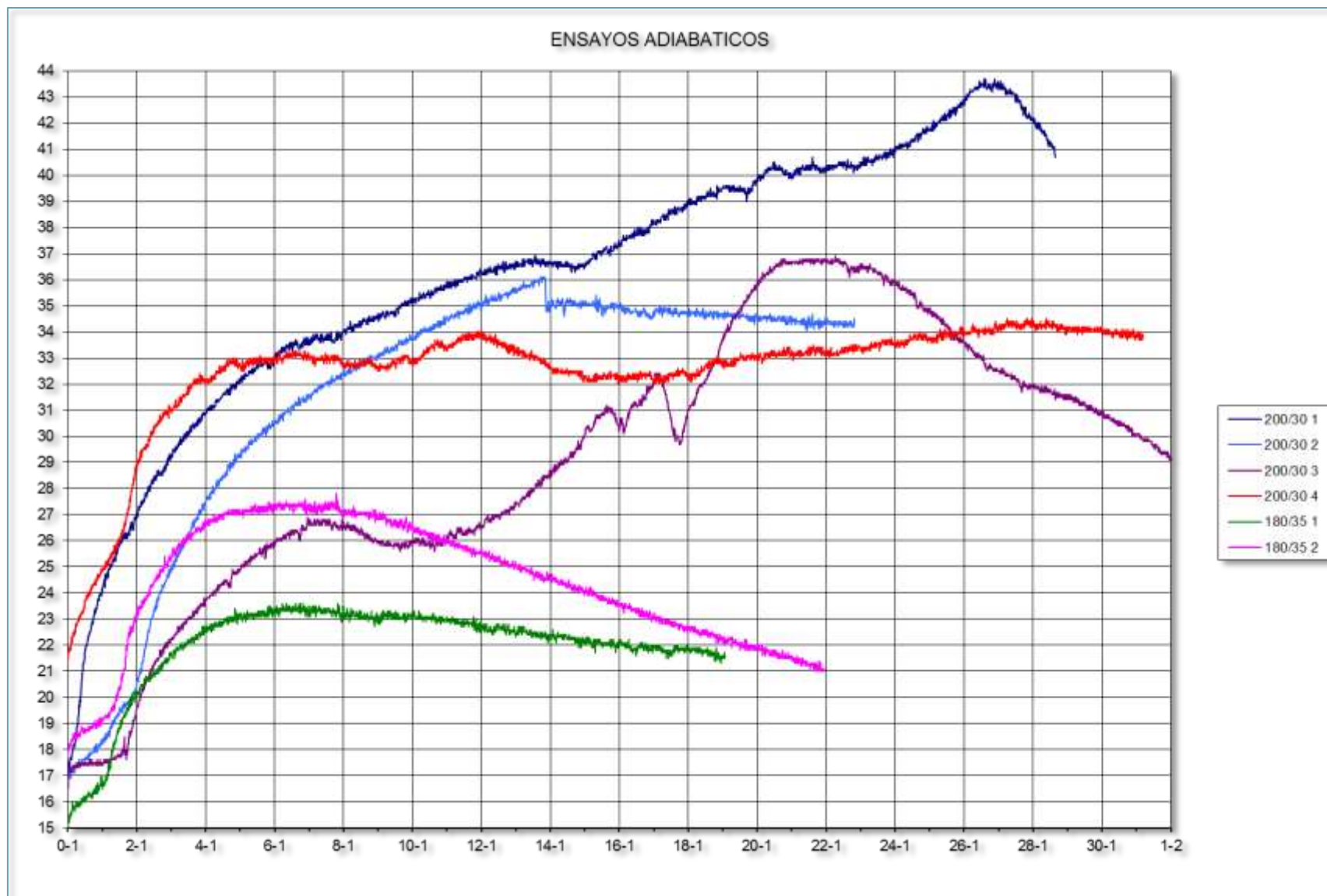


HCR.200/30/C	
Componentes**	
Árido 40/80	217 kg/m ³
Árido 20/40	543 kg/m ³
Árido 5/20	651 kg/m ³
Arena 0/5, Antoñanzas	532 kg/m ³
Arena exterior (Autol/Beriain)	228 kg/m ³
Cemento I 42,5R, Olazagutía	60 kg/m ³
Ceniza volante (Andorra III)	140 kg/m ³
Agua libre	93 kg/m ³
Aditivo Fosroc Conplast RP264	3,00 kg/m ³
Parámetros	
Arena/Total Áridos (en peso)	35%
Aglomerante= Cemento+Ceniza	200 kg/m ³
Ceniza/Aglomerante	70%
Agua/cemento+ceniza (en	0,47
Pasta/mortero (en volumen)	0,37
Densidad teórica sin aire	2.493 kg/m ³

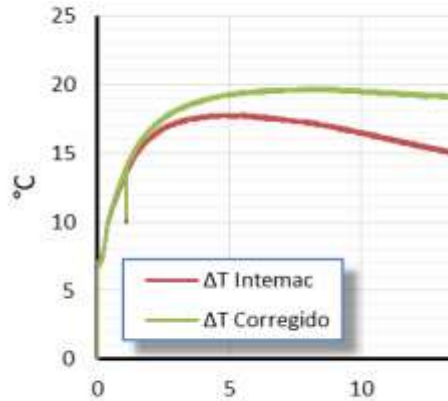
Hormigón		
Peso específico (γ)	2,47	t/m ³
Calor específico (c)	1003,20	J/kg °K
Conductividad (k)	2,00	W/m °K
Terreno		
Calor específico (c)	1041,00	J/kg °K
Conductividad (k)	2,50	W m °K

Superficie	Definición	h (W/m ² °K)	ϵ (emisividad)	η (absorción)
1	Terreno sin presa	10	0,94	0,75
2	Paramento de aguas arriba	10	0,94	0,75
3	Paramento de aguas abajo	10	0,94	0,75
4	Coronación de la presa	10	0,94	0,75
5	Galerías	15		
6	última tongada dispuesta	10	0,94	0,75

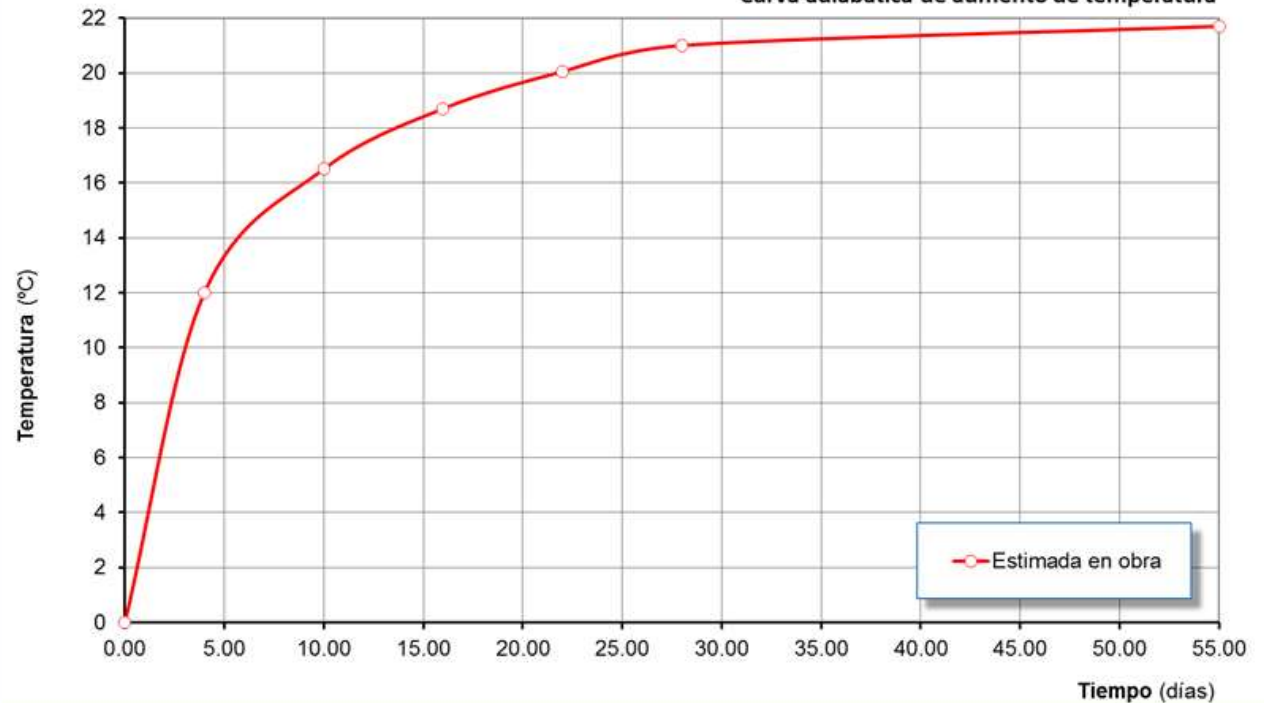
ENSAYOS PREVIOS EN OBRA



Temperaturas adiabáticas



Curva adiabática de aumento de temperatura

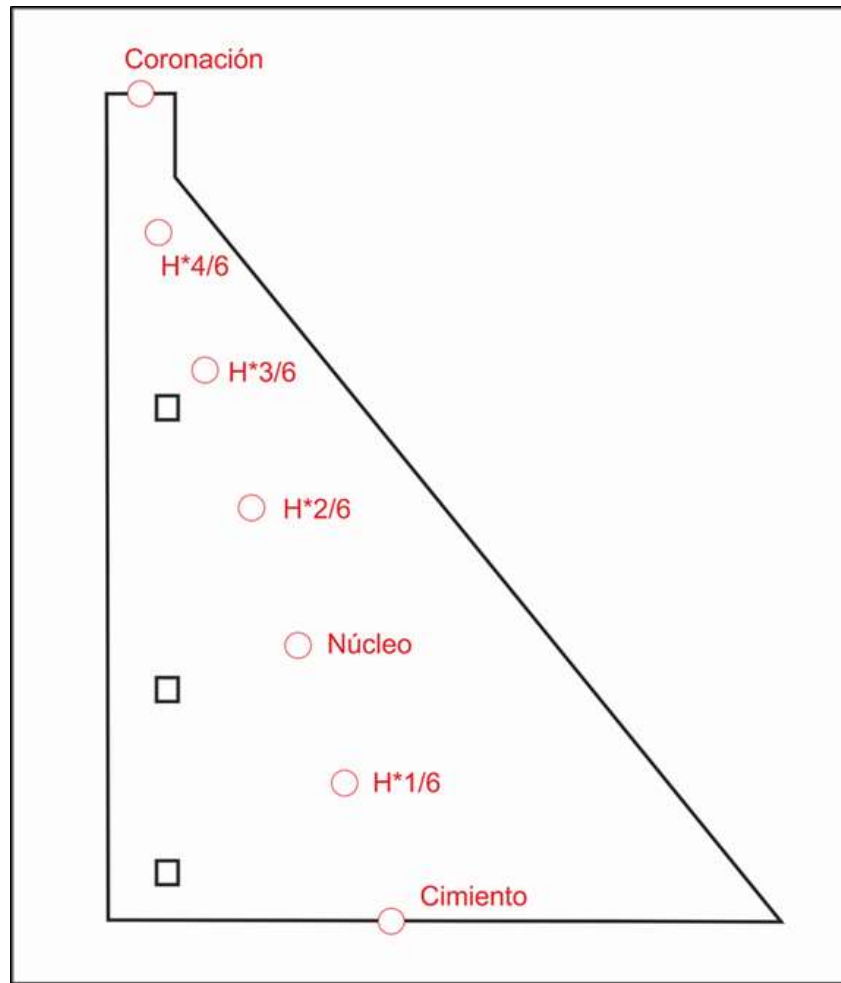


temperatura puesta en obra HCR 200/30						
			20º	20º		
		18,5º			18,5º	
16º	17º					17º
abr	may	jun	jul	ago	sept	oct

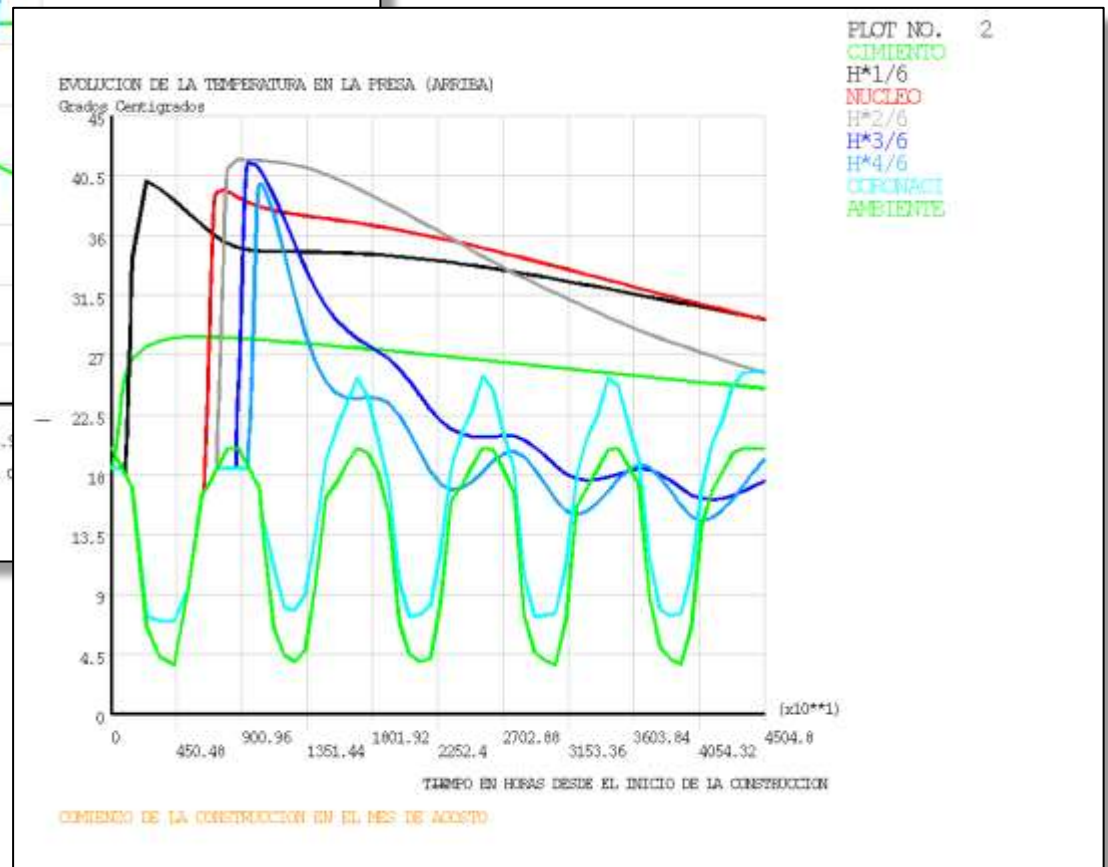
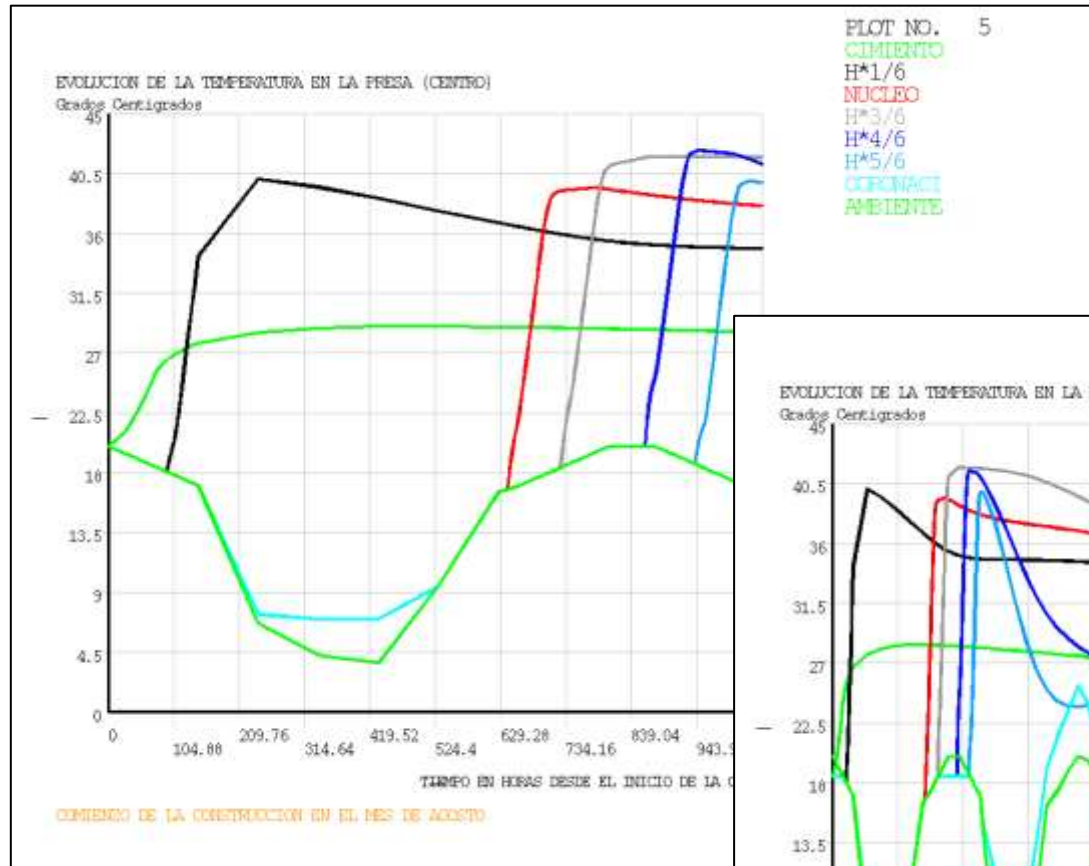
T_{máx} 20 ° C

temperatura puesta en obra HCR 200/30						
		18º	18º	18º	18º	
16º	17º					17º
abr	may	jun	jul	ago	sept	oct

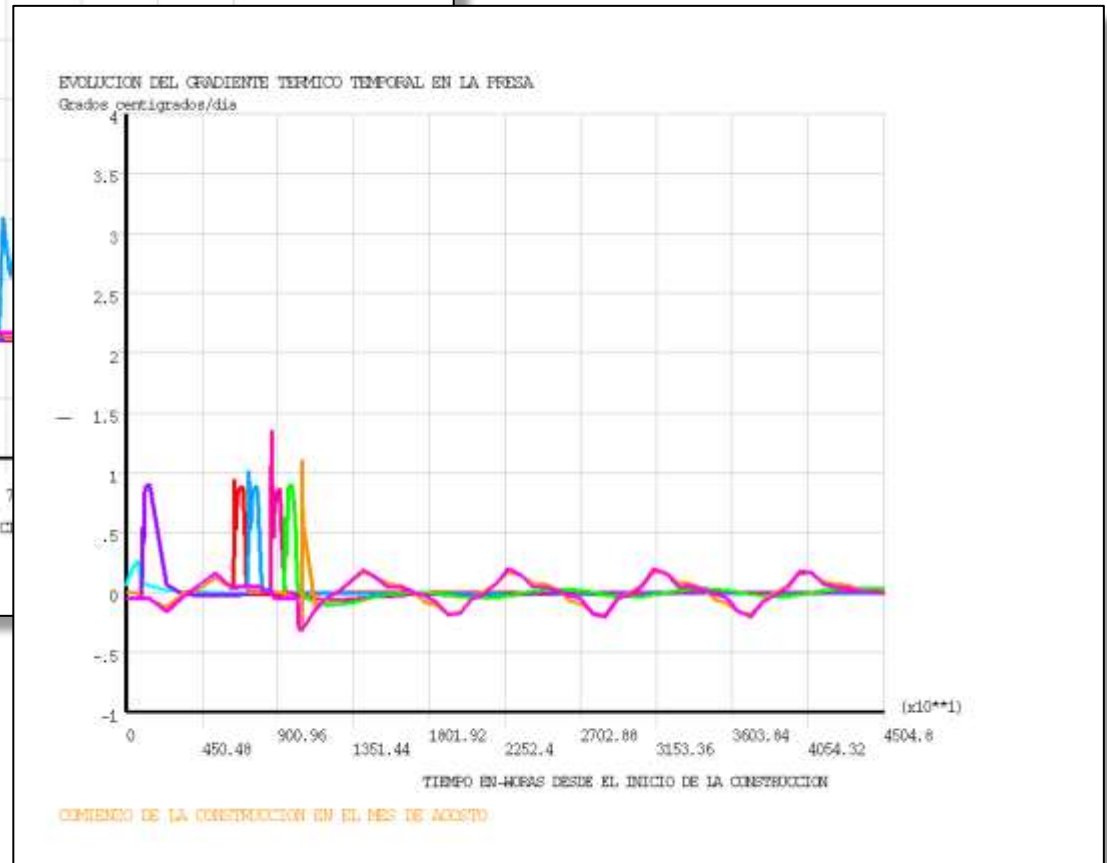
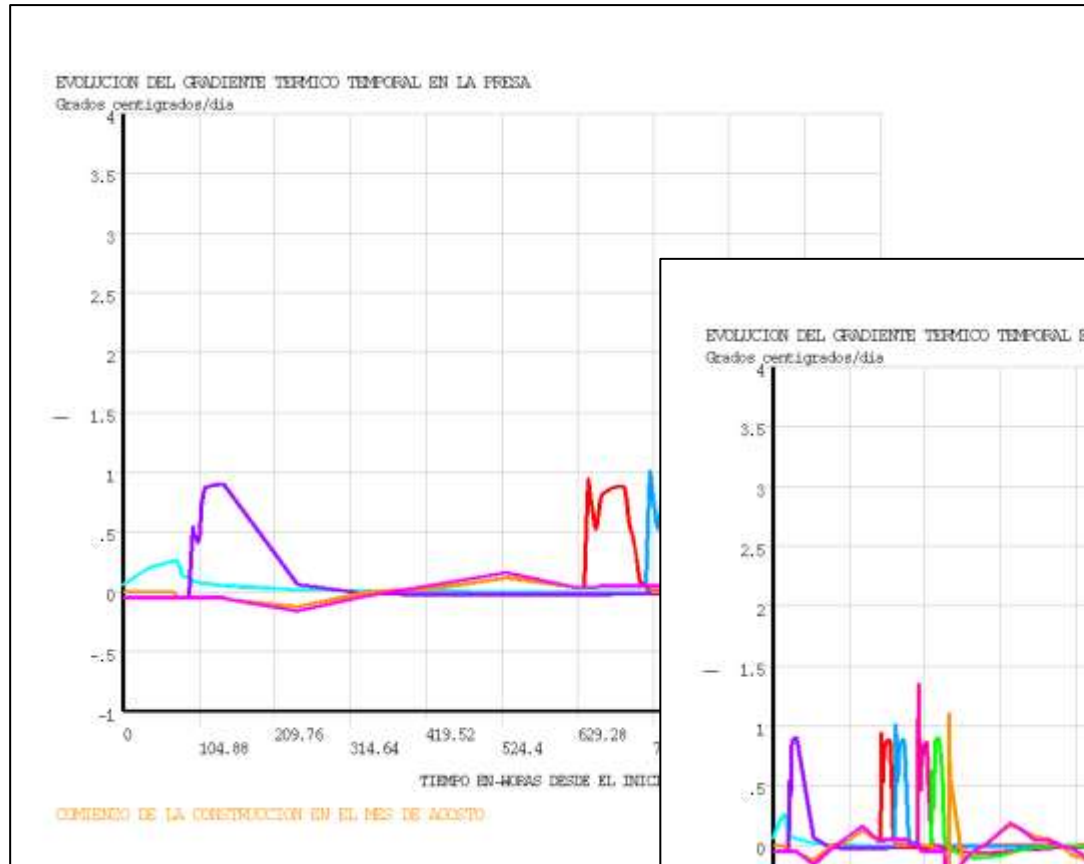
T_{máx} 18° C



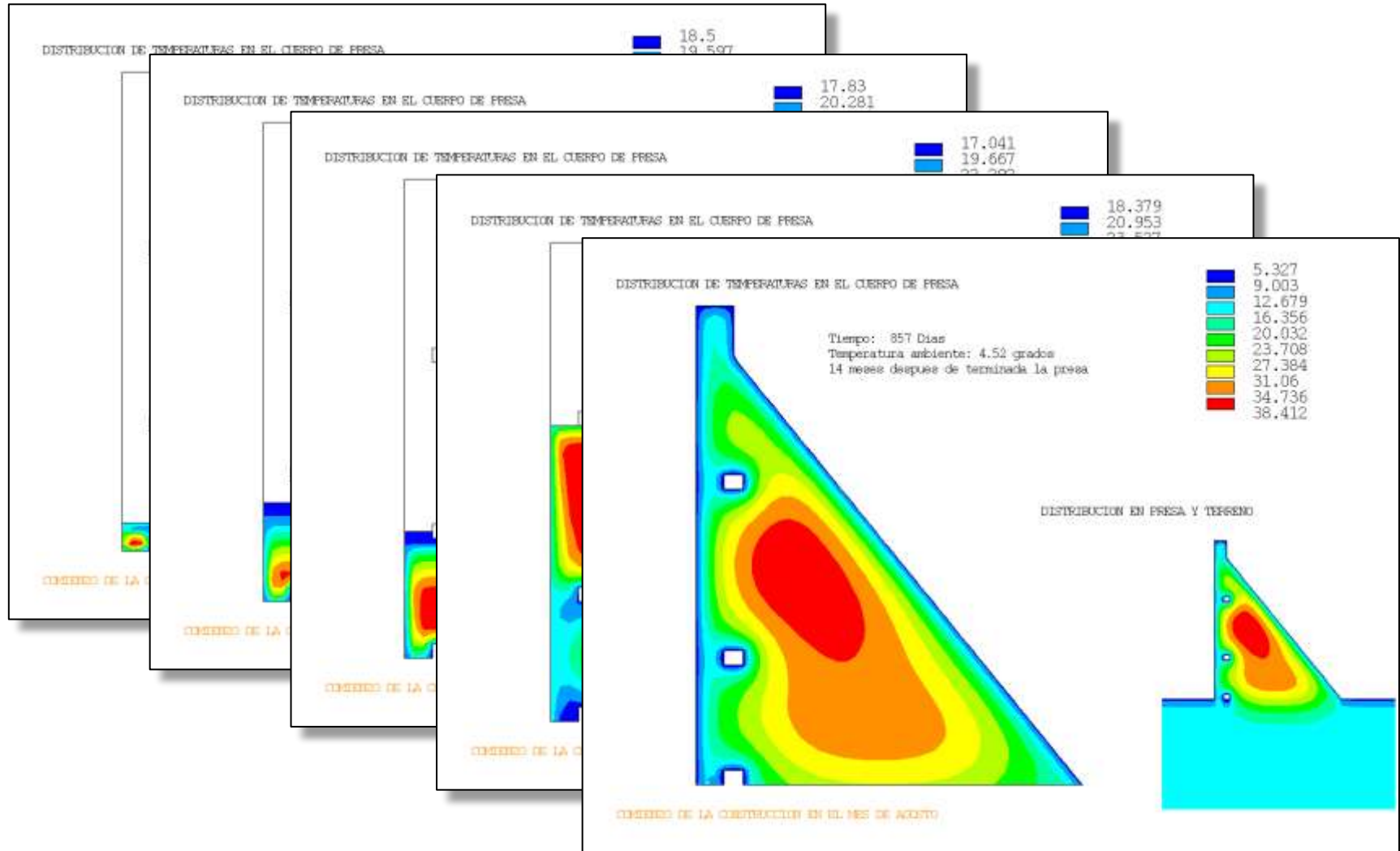
TEMPERATURAS



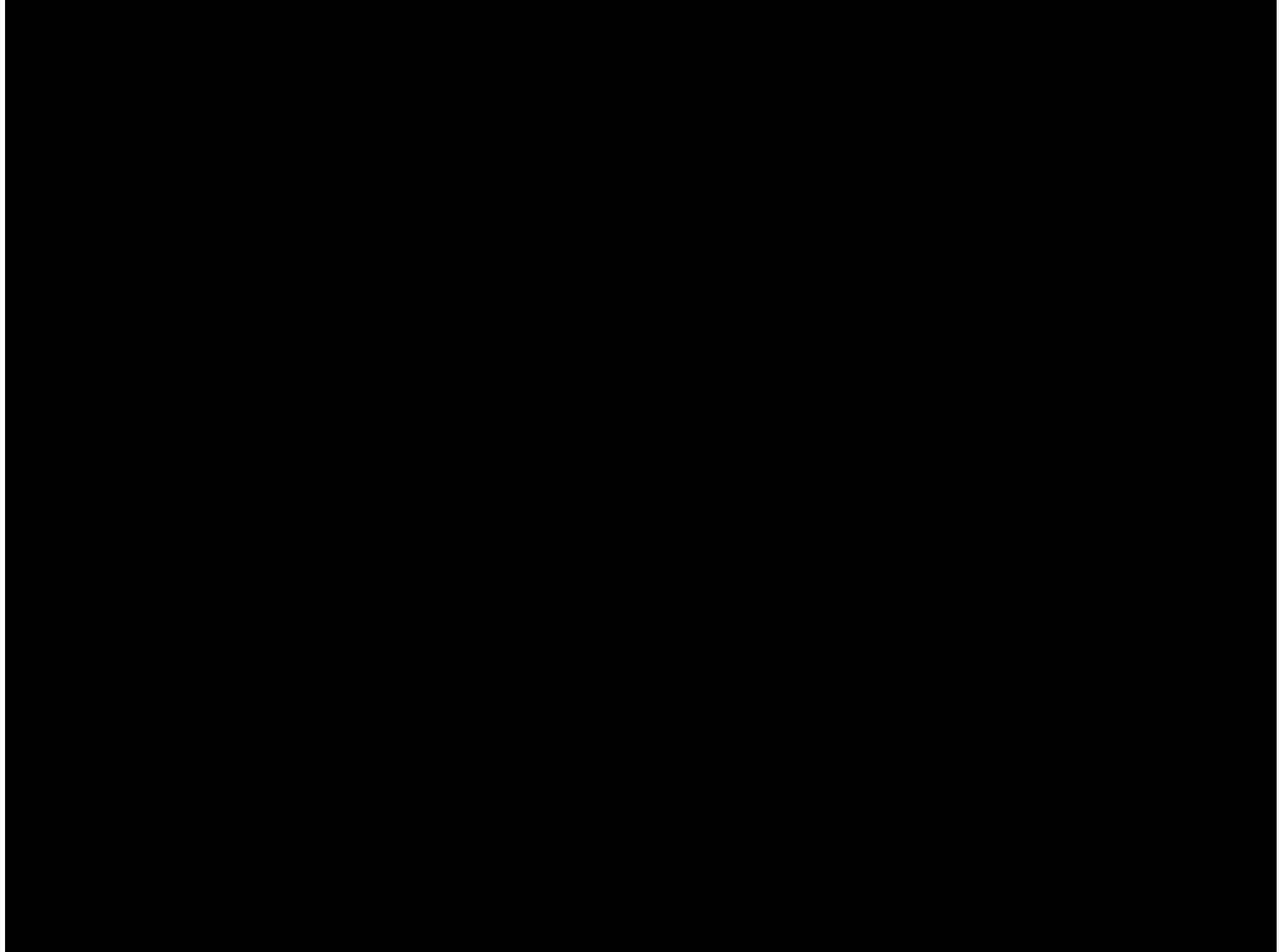
TEMPERATURAS



GRADIENTE TEMPORAL

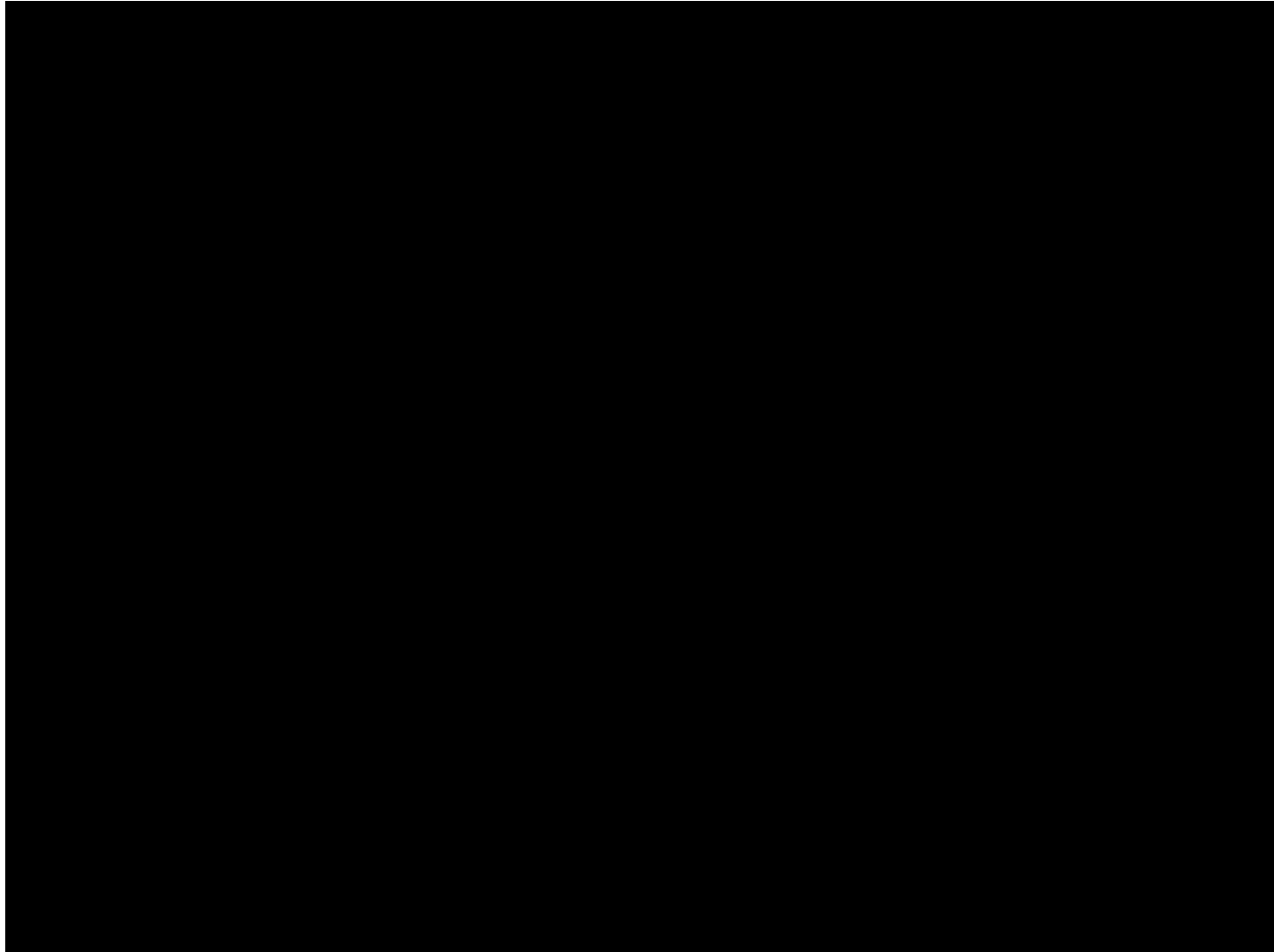


TEMPERATURAS



TEMPERATURAS





GRADIENTE ESPACIAL

MAGNITUD	ADMISIBLE	OBTENIDO	
	(G.T. P-2)	T _{máx} 20°C	T _{máx} 18°C
T máxima pico	45°C	42,9	42,1
Δ sobre T inicial	30°C	22,5	22,3
Δ sobre T media anual	25°C	23	22,1
Gradiente espacial interior máximo	3°C/m	2,5	2,5
Gradiente espacial superficie máximo	25°C/m	12	12
Gradiente temporal máximo	3°C/día	1,2	1,4

❑ TIPO DE HORMIGÓN: CURVA DE CALENTAMIENTO ADIABÁTICO.

❑ TEMPERATURA AMBIENTE Y TEMPERATURA DE PUESTA.

❑ TIEMPO ENTRE TONDAJES.

❑ PLAN DE OBRA EN GENERAL

CONTENIDO EN
CEMENTO Y CENIZAS

MEDIA
PUNTUAL

REFRIGERACIÓN

$$T_{m\acute{a}x.final} = T_{m\acute{a}x.puesta} + \Delta T_{adiab\acute{a}tica}$$



EFICACIA DE LA REFRIGERACIÓN

$$\eta_R = \frac{T_{Residual\ núcleo\ SR} - T_{Residual\ núcleo\ CR}}{T_{PuestaSR} - T_{PuestaCR}} \times 100 = \frac{\Delta T_{Núcleo}}{\Delta T_{Puesta}} \times 100$$

Depende de:

- | | |
|--|------------------------|
| ☐ Conductividad del hormigón | – muy poco (1 a 1,05) |
| ☐ Coeficiente de convección equivalente | – mucho (1 a 0,25) |
| ☐ Altura de tongada | – mucho (1 a 2) |
| ☐ Tiempo entre colocación de tongadas | – muchísimo (1 a 0,10) |

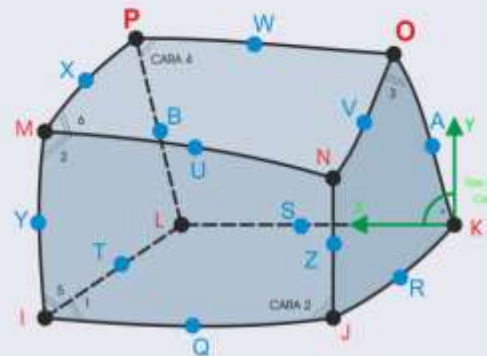
Valores típicos $\eta_R \sim 5 - 12\%$

PRESA LENTA/FRÍA

PRESA RÁPIDA/CALIENTE

ESTUDIO ESTRUCTURAL

		Hormigón	Terreno	
Módulo de elasticidad	(E)	21,00	10,00	Gpa
Módulo de Poisson	(ν)	0,22	0,25	
Densidad	(ρ)	2470		kg/m ³
Coeficiente de dilatación	(α)	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	°C ⁻¹
Cero térmico	(T ₀)	7		días

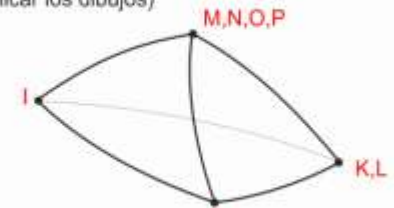


Forma básica

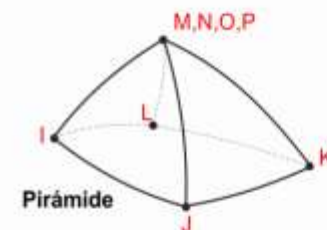
Sólido tridimensional de 20 nudos

Formas degeneradas

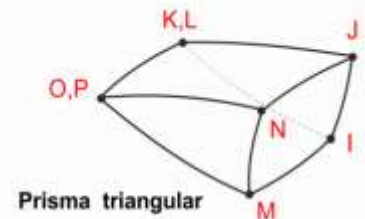
(no se han representado los nudos de arista para no complicar los dibujos)



Tetraedro

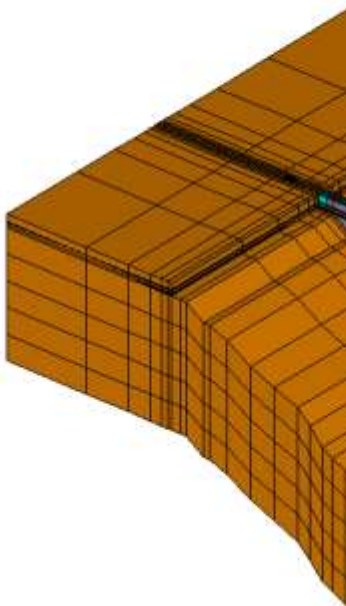


Pirámide

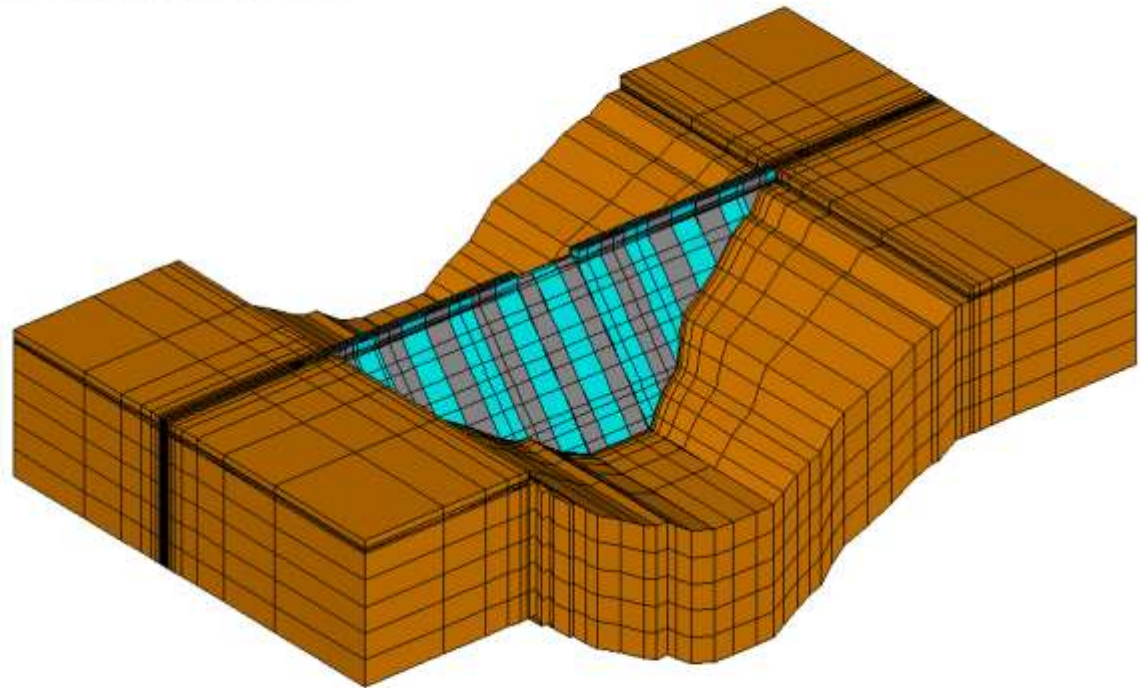


Prisma triangular

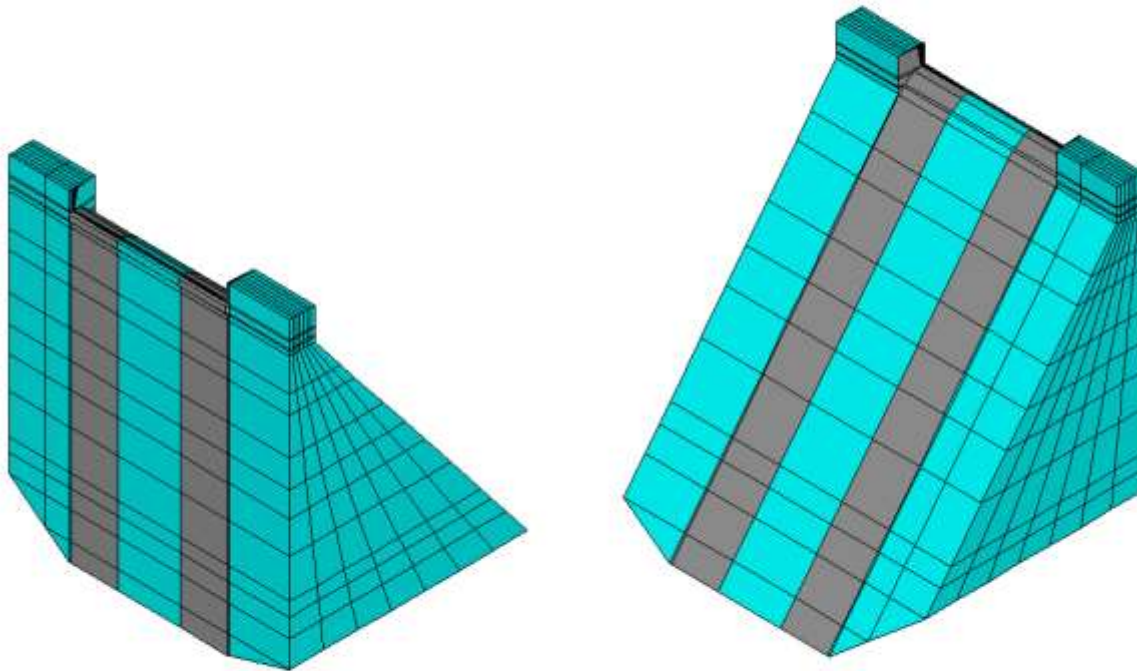
PERSPECTIVA DESDE AGUAS ARRIBA



PERSPECTIVA DESDE AGUAS ABAJO

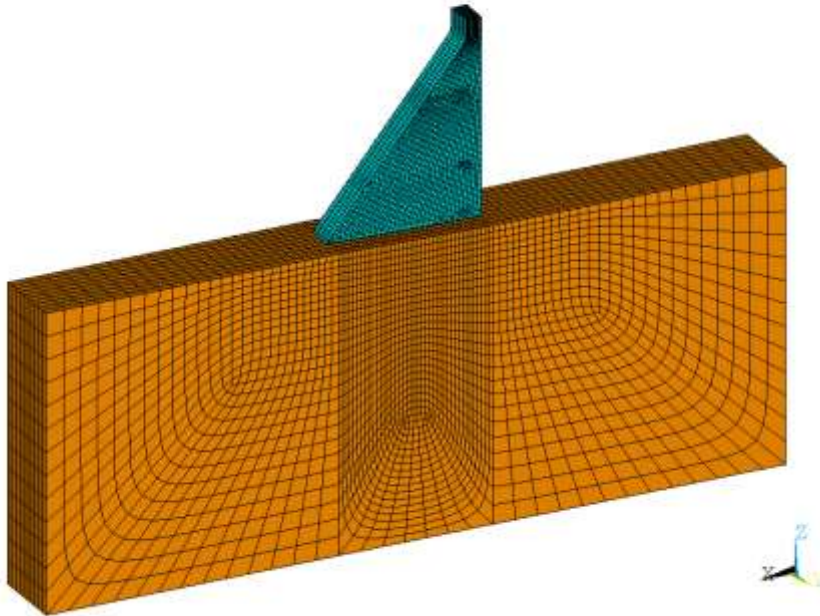


PERSPECTIVA DE LOS BLOQUES CENTRALES

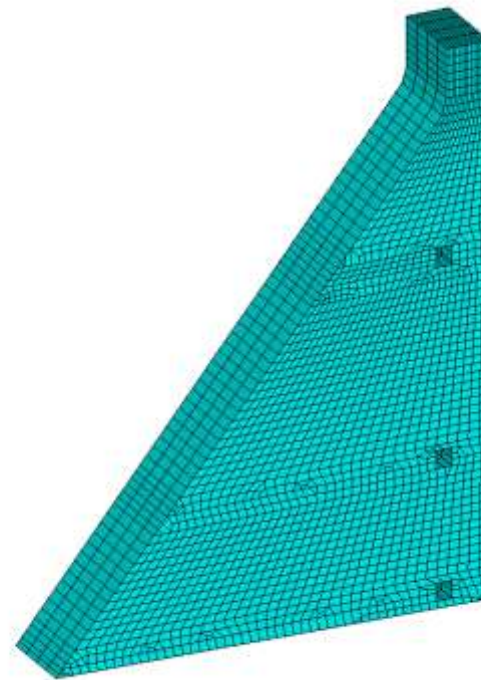


ESTUDIO ESTRUCTURAL

MODELO COMPLETO



34.766 nudos
33.968 elementos
204 contactos (interacción presa-cimiento)



Rozamiento presa-terreno $\varphi = 38^\circ$

