



## OPTIMIZACIÓN DE LA CIMENTACIÓN A TRAVÉS DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO. EJEMPLOS DE AHORRO.

Jornada EGAP. Calidad e Innovación, el camino para reducir  
costes e incertidumbres en el proceso constructivo

Santiago de Compostela, 27 de Mayo 2016



*Marcos Llana Fernández*  
*Ramón Montero Cereijo*



- **Visión práctica** del estudio geotécnico.



- Cimentaciones en **obra nueva**



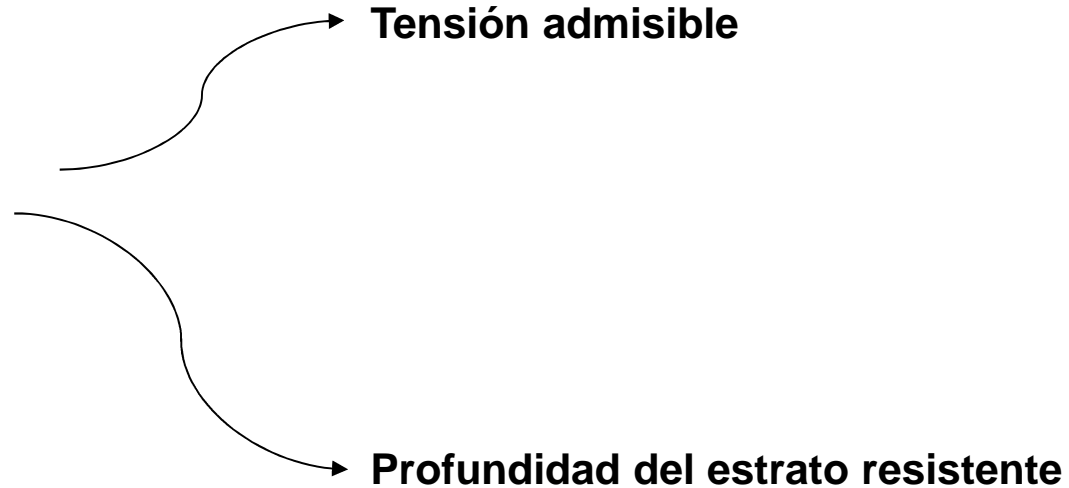
- Cimentaciones en **rehabilitación**



## Visión práctica del estudio geotécnico.

- **Datos** que obtenemos del estudio geotécnico:

- Altura del nivel freático
- Tipo de Suelo
- Densidad Aparente
- Cohesión
- Ángulo de rozamiento interno
- Coeficiente de permeabilidad
- Módulo de Young
- Balasto K30
- **Resistencia del terreno**
- **Cota de cimentación**



## Visión práctica del estudio geotécnico.

- Los resultados obtenidos del estudio geotécnico determinan:
  - Sistema de cimentación del edificio
  - Cota de cimentación
  - Medidas de mejora del terreno
  - Soluciones constructivas de suelos
  - Soluciones constructivas de cerramientos en contacto con el terreno



## Visión práctica del estudio geotécnico.

- La cimentación de un edificio representa entre un 2 y un 8% del coste total de la construcción.



- La elección de **métodos de ensayo más precisos** implica la obtención de una cimentación mas ajustada, tanto en dimensiones como en costes.
- La utilización del **presiómetro**, al medir la tensión real admisible del terreno (no es un resultado obtenido de tablas) para cada profundidad, se decanta como la opción que permite optimizar más las cimentaciones, ya que la resistencia obtenida siempre será mayor que la resultante de utilizar los ensayos convencionales.
- ¿Qué **repercusión económica real** puede implicar en una obra?

## Cimentaciones en obra nueva.

### Tipología de cimentaciones en obra nueva.

Según el Código Técnico de la Edificación, en su documento CTE DBSE-C, clasificamos los distintos tipos de cimentaciones en dos grandes grupos:

#### Cimentaciones directas.

Son aquellas que reparten las cargas de la estructura en un plano de apoyo horizontal.

- Zapatas
- Losas
- Emparrillados
- ...

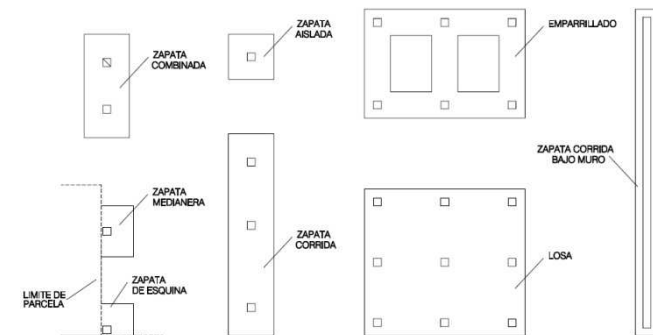


Figura 4.2. Tipos de cimentaciones directas

#### Cimentaciones profundas.

Una cimentación es profunda si su extremo inferior, en el terreno, está a una profundidad superior a 8 veces su diámetro o ancho. Cuando la ejecución de una cimentación superficial no sea técnicamente viable, se debe contemplar la posibilidad de realizar una cimentación profunda.

- Pilotes por fusta
- Pilotes por punta
- Micropilotes
- ...

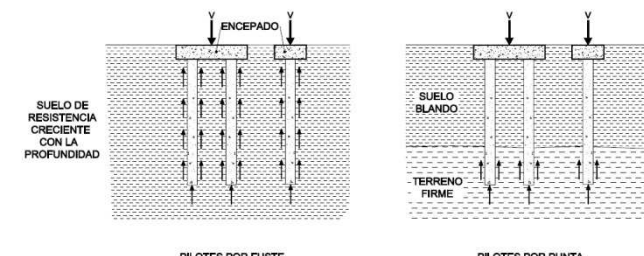


Figura 5.1. Esquema de cimentaciones profundas (pilotajes)

El tipo de cimentación óptima es una conclusión obtenida a partir de los resultados del estudio geotécnico.

## Cimentaciones en obra nueva.

### **Repercusión de los distintos ensayos en el coste de la obra.**

A la hora de encargar los ensayos del terreno que van a definir los resultados del estudio geotécnico, hay que considerar la repercusión económica (tanto de coste del estudio como del precio final de la obra) que los distintos ensayos pueden implicar.

Según la precisión y los datos obtenidos vamos a comparar las siguientes opciones:

- Conservar el mismo sistema de cimentación variando el dimensionado - zapata aislada-.
- Variar el tipo de cimentación -zapata o losa-.
- Variar el tipo de cimentación -zapata o pilotes-.
- Ejecución de mejoras en el terreno

## Cimentaciones en obra nueva.

### 1. Centro de Enseñanza Primaria y Secundaria.

#### Datos del edificio:

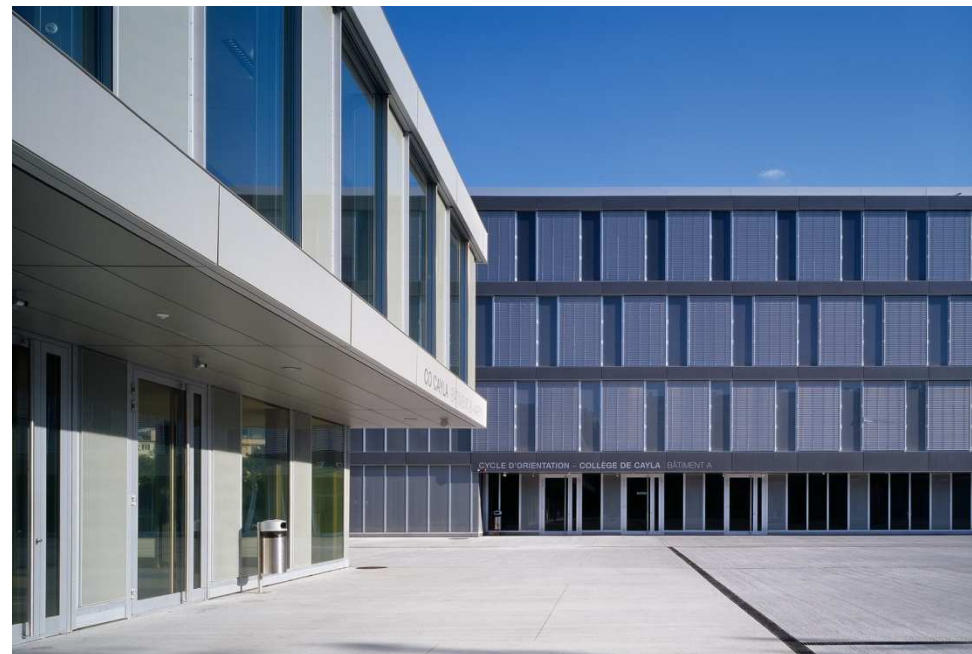
Superficie por planta: 2475 m<sup>2</sup>  
Nº de plantas: B+3  
Superficie total: 9900 m<sup>2</sup>  
Uso: Educativo  
Estructura: Hormigón  
Cimentación: Zapatas aisladas

#### Resultados del terreno con ensayos convencionales (Sondeo +SPT)

Tensión admisible: 1,5 Kg/cm<sup>2</sup>  
Profundidad: 1,50 metros  
Dimensión zapatas: 3,00x3,00x0,6 metros

#### Resultados del terreno con Sondeo + Presiómetro

Tensión admisible: 2,5 Kg/cm<sup>2</sup>  
Profundidad: 1,50 metros  
Dimensión zapatas: 2,30x2,30x0,5 metros



Los resultados del cálculo nos repercuten en el coste de las partidas referentes a excavaciones, hormigón de limpieza, hormigón en vigas de atado y hormigón en zapatas.



## Cimentaciones en obra nueva.

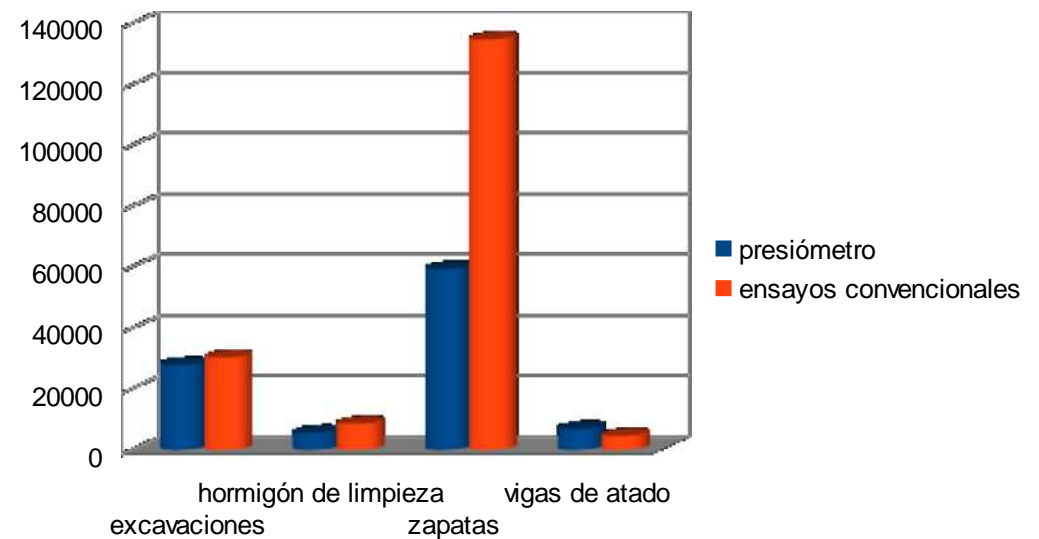
### 1. Centro de Enseñanza Primaria y Secundaria.

#### DIMENSIONADO SEGÚN ENSAYOS CONVENCIONALES

partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m³	4514,40	6,52	29.433,89 €
Excavaciones en zanjas	m³	32,00	28,22	903,04 €
Hormigón de Limpieza	m³	95,50	89,31	8.529,11 €
Zapatas de HA-25	m³	712,80	189,18	134.847,50 €
Vigas de atado de HA-25	m³	25,60	180,07	4.609,79 €
<b>Total</b>				<b>178.323,33 €</b>

#### DIMENSIONADO SEGÚN RESULTADOS DE PRESIOMETRO

partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m³	4079,1	6,52	26.595,71 €
Excavaciones en zanjas	m³	48,00	28,22	1.354,56 €
Hormigón de Limpieza	m³	61,97	89,31	5.534,63 €
Zapatas de HA-25	m³	314,23	189,18	59.445,27 €
Vigas de atado de HA-25	m³	38,40	180,07	6.914,69 €
<b>Total</b>				<b>99.844,87 €</b>



## Cimentaciones en obra nueva.

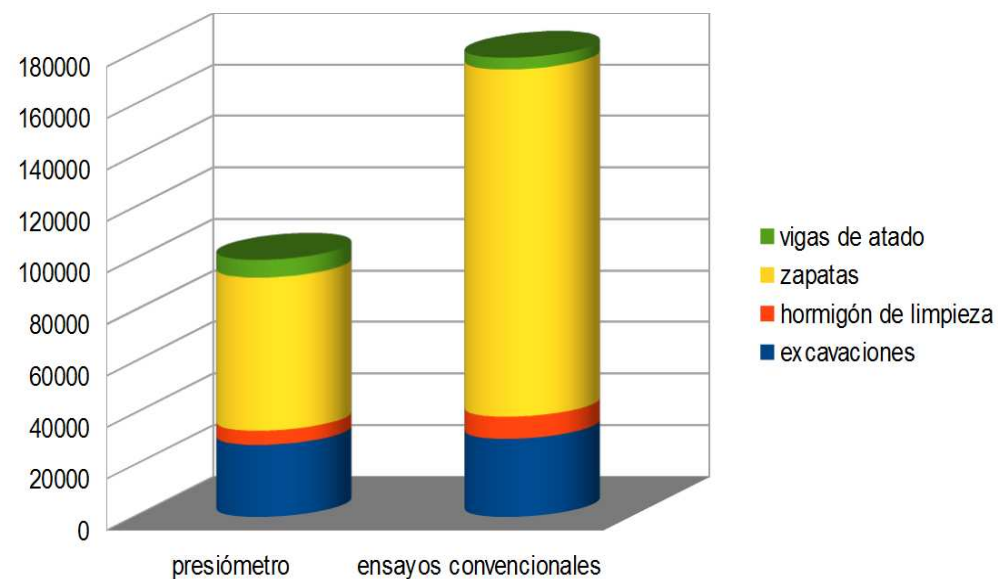
### 1. Centro de Enseñanza Primaria y Secundaria.

#### DIMENSIONADO SEGÚN ENSAYOS CONVENCIONALES

partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m³	4514,40	6,52	29.433,89 €
Excavaciones en zanjas	m³	32,00	28,22	903,04 €
Hormigón de Limpieza	m³	95,50	89,31	8.529,11 €
Zapatas de HA-25	m³	712,80	189,18	134.847,50 €
Vigas de atado de HA-25	m³	25,60	180,07	4.609,79 €
<b>Total</b>				<b>178.323,33 €</b>

#### DIMENSIONADO SEGÚN RESULTADOS DE PRESIOMETRO

partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m³	4079,1	6,52	26.595,71 €
Excavaciones en zanjas	m³	48,00	28,22	1.354,56 €
Hormigón de Limpieza	m³	61,97	89,31	5.534,63 €
Zapatas de HA-25	m³	314,23	189,18	59.445,27 €
Vigas de atado de HA-25	m³	38,40	180,07	6.914,69 €
<b>Total</b>				<b>99.844,87 €</b>



## Cimentaciones en obra nueva.

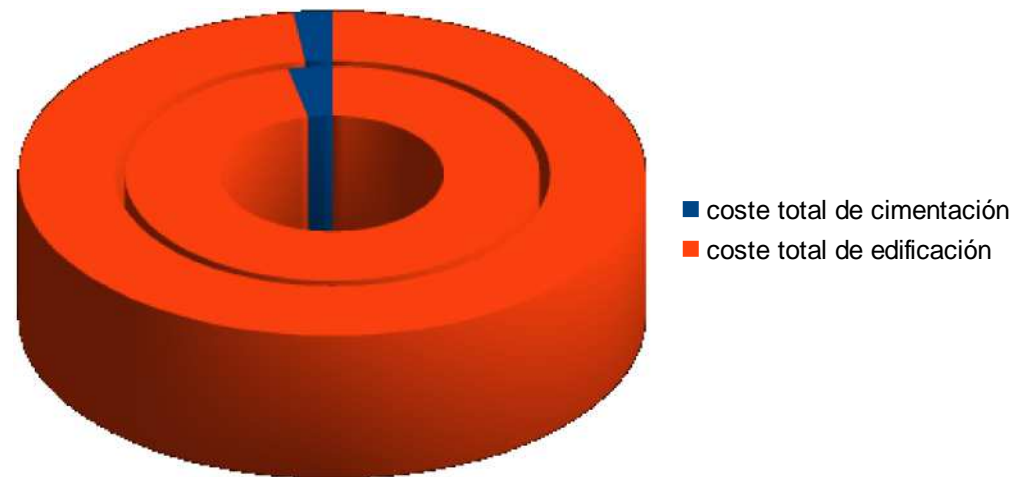
### 1. Centro de Enseñanza Primaria y Secundaria.

#### DIMENSIONADO SEGÚN ENSAYOS CONVENCIONALES

RESUMEN	COSTE
TOTAL CIMENTACIÓN	178.323,33 €
<hr/>	
TOTAL EJECUCIÓN OBRA	5.025.366,00 €

#### DIMENSIONADO SEGÚN RESULTADOS DE PRESIOMETRO

RESUMEN	COSTE
TOTAL CIMENTACIÓN	99.844,87 €
<hr/>	
TOTAL EJECUCIÓN OBRA	4.946.887,54 €



## Cimentaciones en obra nueva.

### 2. Centro de Salud

#### Datos del edificio:

Superficie por planta: 360 m<sup>2</sup>  
Nº de plantas: B+1  
Superficie total: 720 m<sup>2</sup>  
Uso: Sanitario  
Estructura: Hormigón  
Cimentación: Zapatas aisladas o losa

#### Resultados del terreno con ensayos convencionales (Sondeo +SPT)

Tensión admisible: 0,8 Kg/cm<sup>2</sup>  
Profundidad: 1,50 metros  
Dimensión losa: 30,00x12,00x0,50 metros

#### Resultados del terreno con Sondeo + Presiómetro

Tensión admisible: 1,5 Kg/cm<sup>2</sup>  
Profundidad: 1,50 metros  
Dimensión zapatas: 2,50x2,50x0,5 metros



Se plantea la comparativa de coste entre losa de cimentación (terreno con tensión admisible muy baja) y cimentación por zapatas (posible con los resultados obtenidos del presiómetro)

## Cimentaciones en obra nueva.

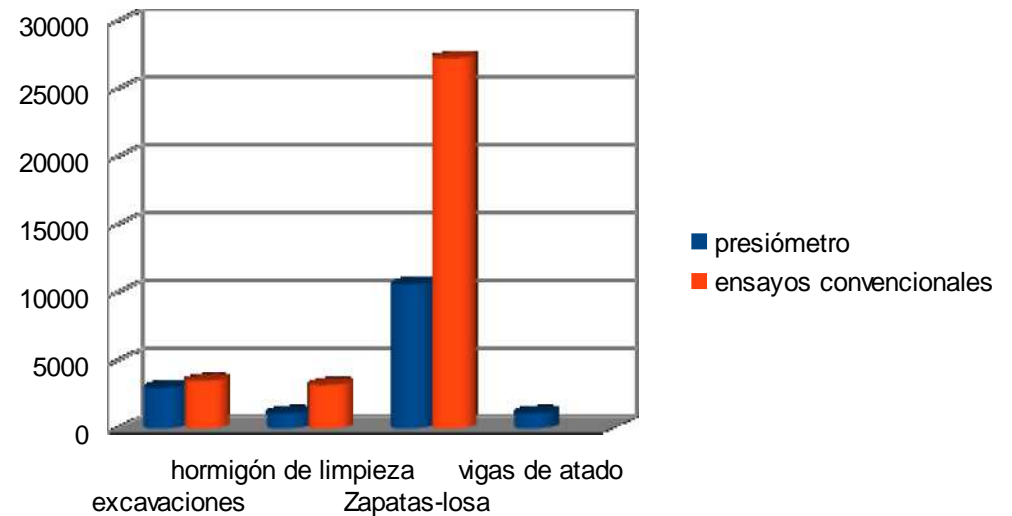
### 2. Centro de Salud

#### DIMENSIONADO SEGÚN ENSAYOS CONVENCIONALES

partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m³	540,00	6,52	3.520,80 €
Hormigón de Limpieza	m³	36,00	89,31	3.215,16 €
Losa de HA-25	m³	144,00	189,18	27.241,92 €
<b>Total</b>				<b>33.977,88 €</b>

#### DIMENSIONADO SEGÚN RESULTADOS DE PRESIOMETRO

partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m³	425,50	6,52	2.787,30 €
Excavaciones en zanjas	m³	8,00	28,22	225,76 €
Hormigón de Limpieza	m³	12,75	89,31	1.147,63 €
Zapatas de HA-25	m³	56,25	189,18	10.641,38 €
Vigas de atado de HA-25	m³	6,40	180,07	1.152,45 €
<b>Total</b>				<b>15.954,52 €</b>



## Cimentaciones en obra nueva.

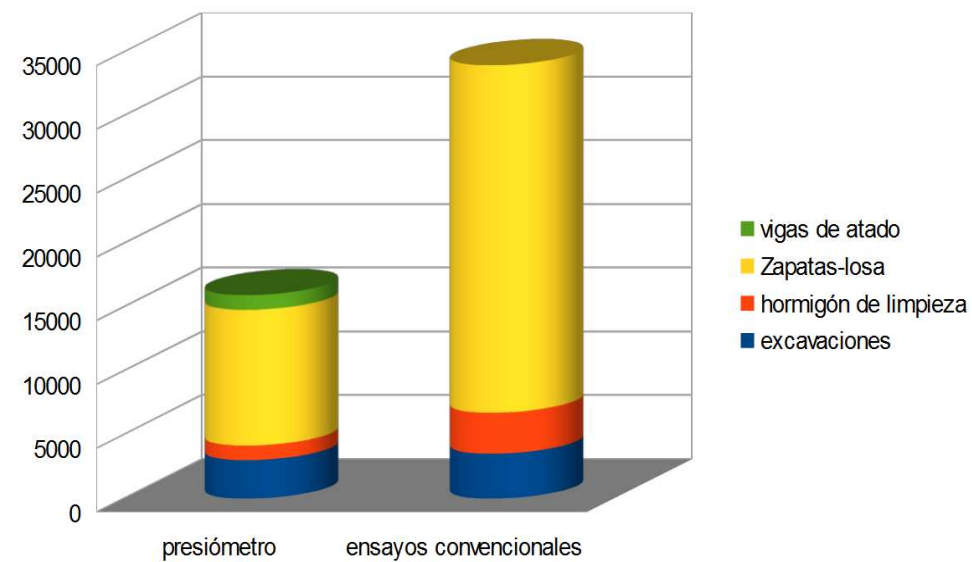
### 2. Centro de Salud

#### DIMENSIONADO SEGÚN ENSAYOS CONVENCIONALES

partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m <sup>3</sup>	540,00	6,52	3.520,80 €
Hormigón de Limpieza	m <sup>3</sup>	36,00	89,31	3.215,16 €
Losa de HA-25	m <sup>3</sup>	144,00	189,18	27.241,92 €
<b>Total</b>				<b>33.977,88 €</b>

#### DIMENSIONADO SEGÚN RESULTADOS DE PRESIOMETRO

partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m <sup>3</sup>	425,50	6,52	2.787,30 €
Excavaciones en zanjas	m <sup>3</sup>	8,00	28,22	225,76 €
Hormigón de Limpieza	m <sup>3</sup>	12,75	89,31	1.147,63 €
Zapatas de HA-25	m <sup>3</sup>	56,25	189,18	10.641,38 €
Vigas de atado de HA-25	m <sup>3</sup>	6,40	180,07	1.152,45 €
<b>Total</b>				<b>15.954,52 €</b>



## Cimentaciones en obra nueva.

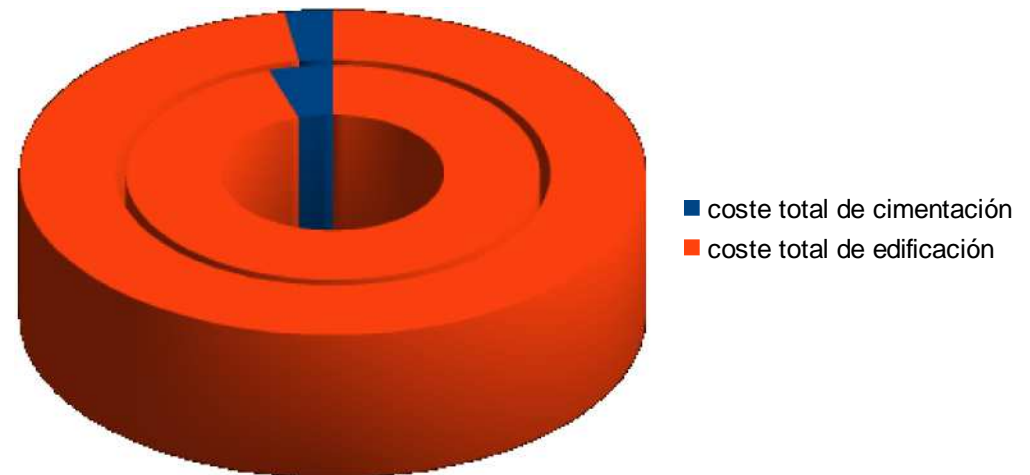
### 2. Centro de Salud

#### DIMENSIONADO SEGÚN ENSAYOS CONVENCIONALES

RESUMEN	COSTE
TOTAL CIMENTACIÓN	33.977,88 €
<hr/>	
TOTAL EJECUCIÓN OBRA	648.000,00 €

#### DIMENSIONADO SEGÚN RESULTADOS DE PRESIOMETRO

RESUMEN	COSTE
TOTAL CIMENTACIÓN	15.954,52 €
<hr/>	
TOTAL EJECUCIÓN OBRA	629.976,64 €



## Cimentaciones en obra nueva.

### 3. Centro de Salud

#### Datos del edificio:

Superficie por planta: 360 m<sup>2</sup>  
Nº de plantas: B+1  
Superficie total: 720 m<sup>2</sup>  
Uso: Sanitario  
Estructura: Hormigón  
Cimentación: Zapatas aisladas

#### Resultados del terreno con ensayos convencionales (Sondeo +SPT)

Tensión admisible: 0,8 Kg/cm<sup>2</sup>  
Profundidad: de 1,50 a 4,00 metros  
Dimensión losa: 30,00x12,00x0,50 metros

#### Resultados del terreno con Sondeo + Presiómetro

Tensión admisible: 1,5 Kg/cm<sup>2</sup>  
Profundidad: 2,00 metros  
Dimensión zapatas: 2,50x2,50x0,5 metros



Se plantea la comparativa de coste entre micropilotar, mejora del terreno (pozos de cimentación) y cimentación por zapatas (posible con los resultados obtenidos del presiómetro)



## Cimentaciones en obra nueva.

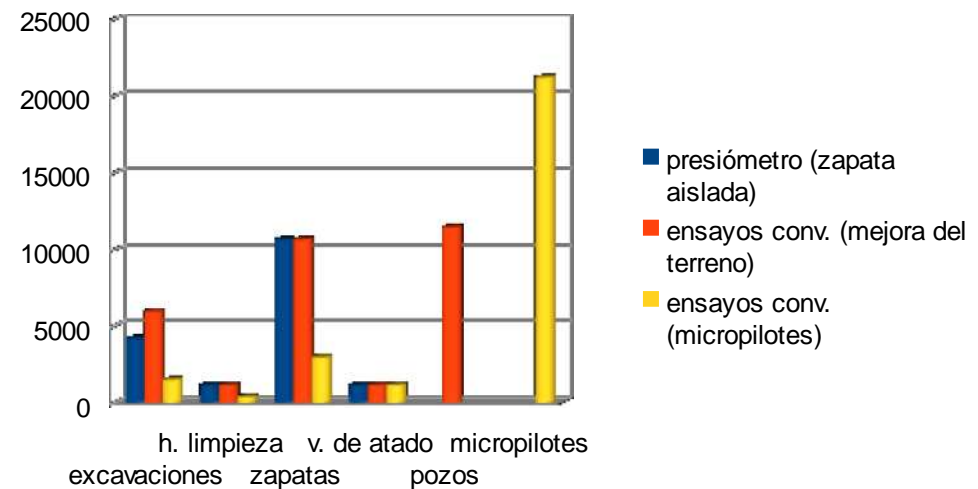
### 3. Centro de Salud

#### DIMENSIONADO SEGÚN ENSAYOS CONVENCIONALES. Micropilotes

Partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m <sup>3</sup>	196,20	6,52	1.279,22 €
Excavaciones en zanjas	m <sup>3</sup>	8,00	28,22	225,76 €
Hormigón de Limpieza	m <sup>3</sup>	3,40	89,31	368,66 €
encepados	m <sup>3</sup>	13,50	189,18	2.955,96 €
Vigas de atado de HA-25	m <sup>3</sup>	6,40	180,07	1.152,45 €
Micropilotes	m	270,00	78,47	21.186,84 €
<b>Total</b>				<b>27.168,89 €</b>

#### DIMENSIONADO SEGÚN RESULTADOS DE PRESIOMETRO

partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m <sup>3</sup>	607,50	6,52	3.960,90 €
Excavaciones en zanjas	m <sup>3</sup>	8,00	28,22	225,76 €
Hormigón de Limpieza	m <sup>3</sup>	12,75	89,31	1.147,63 €
Zapatas de HA-25	m <sup>3</sup>	56,25	189,18	10.641,38 €
Vigas de atado de HA-25	m <sup>3</sup>	6,40	180,07	1.152,45 €
<b>Total</b>				<b>17.128,12 €</b>



## Cimentaciones en obra nueva.

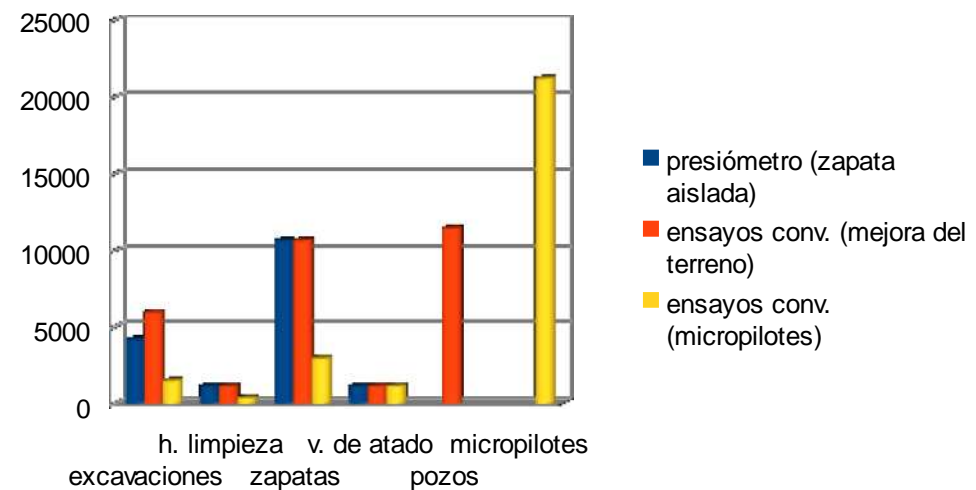
### 3. Centro de Salud

#### DIMENSIONADO SEGÚN ENSAYOS CONVENCIONALES. Pozo de cimentación

partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m <sup>3</sup>	877,50	6,52	5.721,30 €
Excavaciones en zanjas	m <sup>3</sup>	8,00	28,22	225,76 €
Hormigón de Limpieza	m <sup>3</sup>	12,75	89,31	1.147,63 €
Zapatas de HA-25	m <sup>3</sup>	56,25	189,18	10.641,38 €
Pozos de cimentación	m <sup>3</sup>	168,75	67,70	11.424,38 €
Vigas de atado de HA-25	m <sup>3</sup>	6,40	180,07	1.152,45 €
<b>Total</b>				<b>30.312,89 €</b>

#### DIMENSIONADO SEGÚN RESULTADOS DE PRESIOMETRO

partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m <sup>3</sup>	607,50	6,52	3.960,90 €
Excavaciones en zanjas	m <sup>3</sup>	8,00	28,22	225,76 €
Hormigón de Limpieza	m <sup>3</sup>	12,75	89,31	1.147,63 €
Zapatas de HA-25	m <sup>3</sup>	56,25	189,18	10.641,38 €
Vigas de atado de HA-25	m <sup>3</sup>	6,40	180,07	1.152,45 €
<b>Total</b>				<b>17.128,12 €</b>



## Cimentaciones en obra nueva.

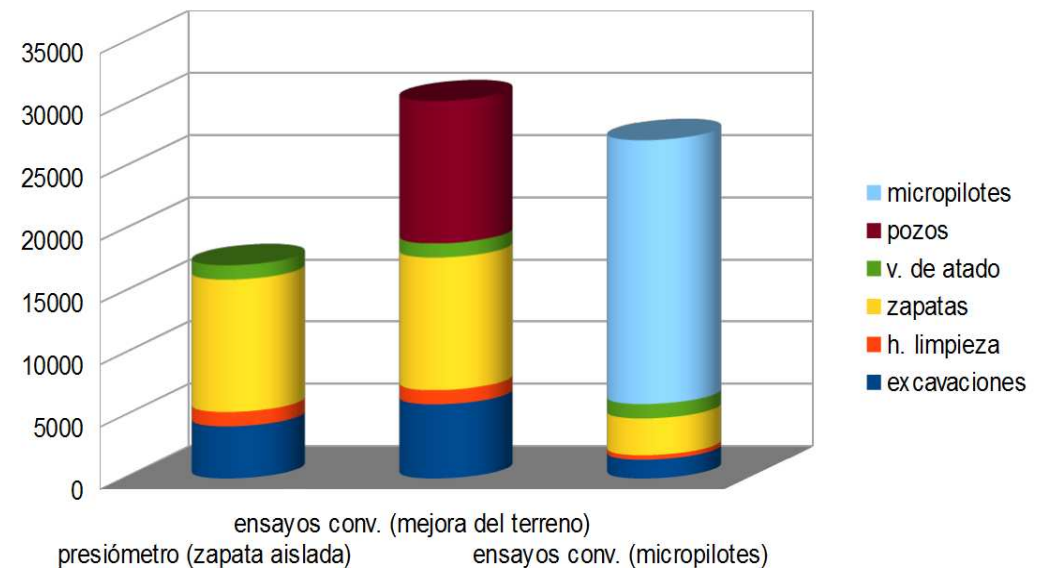
### 3. Centro de Salud

#### DIMENSIONADO SEGÚN ENSAYOS CONVENCIONALES. Micropilotes

Partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m <sup>3</sup>	196,20	6,52	1.279,22 €
Excavaciones en zanjas	m <sup>3</sup>	8,00	28,22	225,76 €
Hormigón de Limpieza	m <sup>3</sup>	3,40	89,31	368,66 €
encepados	m <sup>3</sup>	13,50	189,18	2.955,96 €
Vigas de atado de HA-25	m <sup>3</sup>	6,40	180,07	1.152,45 €
Micropilotes	m	270,00	78,47	21.186,84 €
<b>Total</b>				<b>27.168,89 €</b>

#### DIMENSIONADO SEGÚN RESULTADOS DE PRESIOMETRO

partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m <sup>3</sup>	607,50	6,52	3.960,90 €
Excavaciones en zanjas	m <sup>3</sup>	8,00	28,22	225,76 €
Hormigón de Limpieza	m <sup>3</sup>	12,75	89,31	1.147,63 €
Zapatas de HA-25	m <sup>3</sup>	56,25	189,18	10.641,38 €
Vigas de atado de HA-25	m <sup>3</sup>	6,40	180,07	1.152,45 €
<b>Total</b>				<b>17.128,12 €</b>



## Cimentaciones en obra nueva.

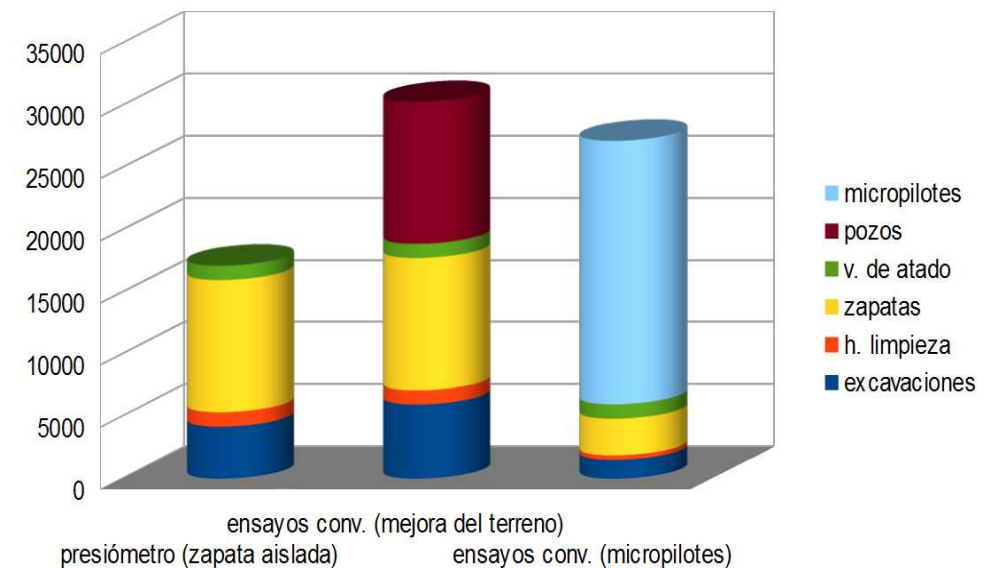
### 3. Centro de Salud

#### DIMENSIONADO SEGÚN ENSAYOS CONVENCIONALES. Pozo de cimentación

partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m³	877,50	6,52	5.721,30 €
Excavaciones en zanjas	m³	8,00	28,22	225,76 €
Hormigón de Limpieza	m³	12,75	89,31	1.147,63 €
Zapatas de HA-25	m³	56,25	189,18	10.641,38 €
Pozos de cimentación	m³	168,75	67,70	11.424,38 €
Vigas de atado de HA-25	m³	6,40	180,07	1.152,45 €
<b>Total</b>				<b>30.312,89 €</b>

#### DIMENSIONADO SEGÚN RESULTADOS DE PRESIOMETRO

partida	ud	cantidad	precio	total
Excavaciones en vaciados	m³	607,50	6,52	3.960,90 €
Excavaciones en zanjas	m³	8,00	28,22	225,76 €
Hormigón de Limpieza	m³	12,75	89,31	1.147,63 €
Zapatas de HA-25	m³	56,25	189,18	10.641,38 €
Vigas de atado de HA-25	m³	6,40	180,07	1.152,45 €
<b>Total</b>				<b>17.128,12 €</b>



## Cimentaciones en obra nueva.

### 2. Centro de Salud

#### DIMENSIONADO SEGÚN ENSAYOS CONVENCIONALES

##### micropilotes

RESUMEN	COSTE
TOTAL CIMENTACIÓN	27.168,89 €
TOTAL EJECUCIÓN OBRA	644.856,00 €

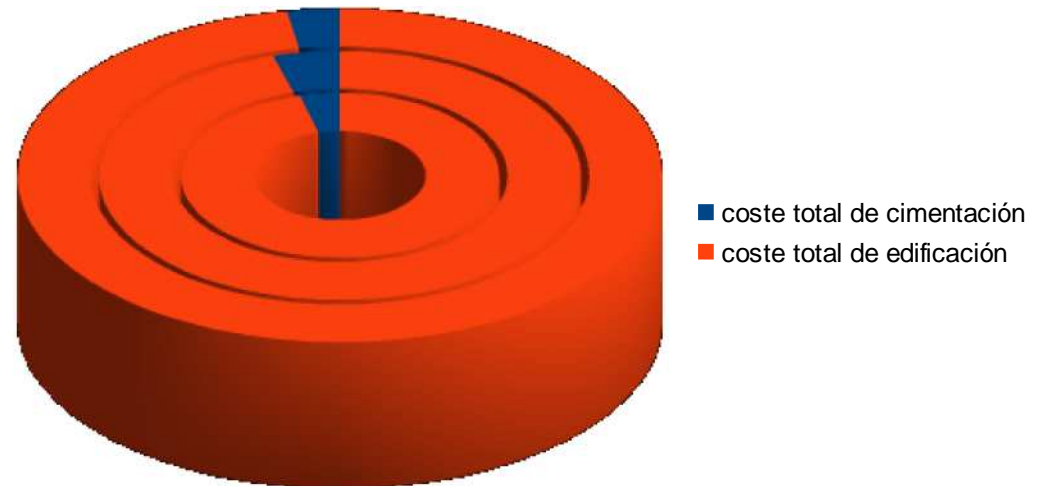
#### DIMENSIONADO SEGÚN ENSAYOS CONVENCIONALES

##### Pozos de cimentación

RESUMEN	COSTE
TOTAL CIMENTACIÓN	30.312,89 €
TOTAL EJECUCIÓN OBRA	648.000,00 €

#### DIMENSIONADO SEGÚN RESULTADOS DE PRESIOMETRO

RESUMEN	COSTE
TOTAL CIMENTACIÓN	17.128,12 €
TOTAL EJECUCIÓN OBRA	634.815,23 €



## Cimentaciones en rehabilitación.

### Afecciones a la cimentación en obras de rehabilitación

Cuando se plantea un proyecto de rehabilitación, es posible que las nuevas solicitaciones que actúan sobre el edificio varíen las cargas que se transmiten al terreno.

En estos casos es necesaria una revisión de la cimentación:

- Rehabilitaciones integrales
- Cambios del uso característico del edificio
- Ampliaciones del edificio
- Aumento de plantas
- ....

Nuevas  
cargas



Revisión de  
Cimentación



Necesario  
geotécnico

## Cimentaciones en rehabilitación.

### Rehabilitaciones integrales



### Cambio de uso

## Cimentaciones en rehabilitación.

### Ampliaciones de edificios







**MUCHAS GRACIAS  
POR SU ATENCIÓN**