

CIMENTACIONES SINGULARES DE PUENTES

A Coruña - 22 de abril de 2009

REFLEXIONES SOBRE EL DISEÑO Y LA EJECUCIÓN DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO



Juan José Muñoz Armagnac



REFLEXIONES

PILOTES DE GRAN DIÁMETRO

ÍNDICE

1. DISEÑO Y CÁLCULO
2. EJECUCIÓN
3. EJEMPLO

Cimentaciones singulares de puentes

A Coruña - 22 de abril de 2009

Juan José Muñoz Armagnac

**REFLEXIONES SOBRE
PILOTES DE GRAN DIÁMETRO**



REFLEXIONES

PILOTES DE GRAN DIÁMETRO

ÍNDICE

1. DISEÑO Y CÁLCULO

2. EJECUCIÓN

3. EJEMPLO

Cimentaciones singulares de puentes

A Coruña - 22 de abril de 2009

Juan José Muñoz Armagnac

**REFLEXIONES SOBRE
PILOTES DE GRAN DIÁMETRO**

DISEÑO Y CÁLCULO DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO

CONSIDERACIONES INICIALES

FUNCIONAMIENTO DE UN PILOTE



a) COMO PIEZA RESISTENTE EXENTA

$$T_e \geq 0,20 \cdot f_{ck}$$

$$T_e < 50 - 55 \text{ Kg/cm}^2$$



b. COMO ELEMENTO DE CIMENTACIÓN

Resistencia por “FUSTE” y “PUNTA”

DISEÑO Y CÁLCULO DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO
DIÁMETRO Y LONGITUD

CÁLCULO DE LA LONGITUD NECESARIA

Carga máxima

SÍ

Tope estructural

NO

→ a) PILOTES EN SUELOS

Puede ser económicamente inviable agotar T_e

→ b) PILOTES EN TERRENOS RÍGIDOS

Parece lógico agotar T_e

Dimensionamiento con el menor n^0 de pilotes

DISEÑO Y CÁLCULO DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO
DIÁMETRO Y LONGITUD

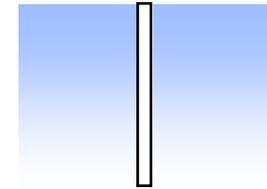
ESBELTEZ



a) PILOTES LARGOS IN SITU

$L \leq 30.\Phi - 40.\Phi$, por motivos de hormigonado

$i \leq 1,5\%$

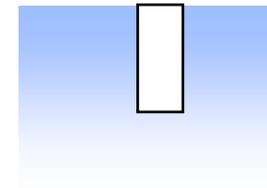


b. PILOTES CORTOS IN SITU

$L \approx 6.\Phi \approx$ Pozos de cimentación

Excesivamente rígidos

Conviene reducir Φ y aumentar el n^o de pilotes



DISEÑO Y CÁLCULO DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO

APOYO DE LA PUNTA



a. PUNTA EN SUELOS GRANULARES

- ❖ Mejor que apoyar en suelos cohesivos
- ❖ Asegurar 6Φ por debajo de la punta con terreno granular o calcular la punta como si se tratara de suelo cohesivo



Ejemplo

En terreno granular :

$$N_{SPT} = 30$$

$$Q_{HP} = 2 \cdot N_{SPT} = 60 \text{ Kg / cm}^2$$

Equivalencia en terreno cohesivo :

$$Q_{HP} = 60 \text{ Kg / cm}^2 = 4,5 \cdot q_u$$

$$q_u = 15 \text{ Kg / cm}^2 : \text{arcillas muy duras : " tosco"}$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO

APOYO DE LA PUNTA



a. PUNTA EN SUELOS GRANULARES

Si hay roca fracturada, diaclasada, meteorizada en los 6Φ por debajo de la punta:

“ROCA MALA” mejor que “SUELO BUENO” - Cajear $> 0,5 \cdot \Phi$



Ejemplo

Apoyo en roca con $q_u \geq f_{ck} \approx 250 \text{ Kg/cm}^2$

$$Q_{HP} = \alpha \cdot q_u$$

$$\alpha = \beta \cdot \left(0,5 + \frac{H_e}{6 \cdot \phi} \right) = 0,5 \cdot \beta$$

$$0,3 \leq \beta < 0,8 \Leftrightarrow \alpha \geq 0,15$$

$$Q_{HP} = 0,15 \cdot 250 = 37,50 \text{ Kg/cm}^2$$

Equivalencia en terreno granular :

$$Q_{HP} = 37,50 = 2 \cdot N_{SPT} \Leftrightarrow N_{SPT} \approx 20 \text{ golpes}$$

Equivalencia en terreno cohesivo :

$$Q_{HP} = 37,50 = 4,5 \cdot q_u \Leftrightarrow q_u \approx 8 \text{ Kg/cm}^2$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO

APOYO DE LA PUNTA



b. PUNTA EN SUELOS COHESIVOS PLÁSTICOS

- ❖ Cuidado con asientos bajo carga
- ❖ Dimensionar por “fuste”
- ❖ No considerar “punta”
- ❖ $\gamma_f = 1,25 - 1,50$
- ❖ Punta: coeficiente de seguridad adicional

DISEÑO Y CÁLCULO DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO

APOYO DE LA PUNTA



c. PUNTA EN ROCA

Últimas recomendaciones sugeridas por algunas cátedras para pilotes empotrados en roca

- | | |
|---------------|-------------------|
| ❖ Roca DURA | $q_u > f_{ck}$ |
| ❖ Roca BLANDA | $q_u \leq f_{ck}$ |

Roca DURA

- | | |
|---------------------|-------------------|
| ❖ Grado I y I-II | Apoyo simple |
| ❖ Grado II y II-III | $H_e \leq \Phi/2$ |
| ❖ Grado III | $H_e = \Phi$ |
| ❖ Grado IV | $H_e = 2\Phi$ |

Roca BLANDA

- | | |
|----------------------|---------------|
| ❖ Grado I y I-II | $H_e = \Phi$ |
| ❖ Grado II y II-III | $H_e = 2\Phi$ |
| ❖ Grado III y III-IV | $H_e = 3\Phi$ |
| ❖ Grado IV y V | Como suelos |



REFLEXIONES

PILOTES DE GRAN DIÁMETRO

ÍNDICE

1. DISEÑO Y CÁLCULO

2. EJECUCIÓN

3. EJEMPLO

Cimentaciones singulares de puentes

A Coruña - 22 de abril de 2009

Juan José Muñoz Armagnac

**REFLEXIONES SOBRE
PILOTES DE GRAN DIÁMETRO**

EJECUCIÓN DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO



ACTO 1º

ACTO 2º

Perforació

Hormigonado

n

Cimentaciones singulares de puentes

A Coruña - 22 de abril de 2009

Juan José Muñoz Armagnac

**REFLEXIONES SOBRE
PILOTES DE GRAN DIÁMETRO**



ACTO 1º

EJECUCIÓN DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO PERFORACIÓN



EQUIPOS DISEÑADOS PARA PERFORAR TERRENOS “BLANDOS”

Cimentaciones singulares de puentes

A Coruña - 22 de abril de 2009

Juan José Muñoz Armagnac

REFLEXIONES SOBRE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO

EJECUCIÓN DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO
PERFORACIÓN



... Y TAMBIÉN TERRENOS NO TAN BLANDOS



Diámetros $\leq 2,20$ m
 $q_u < 1.000$ Kg/cm²

EJECUCIÓN DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO
PERFORACIÓN

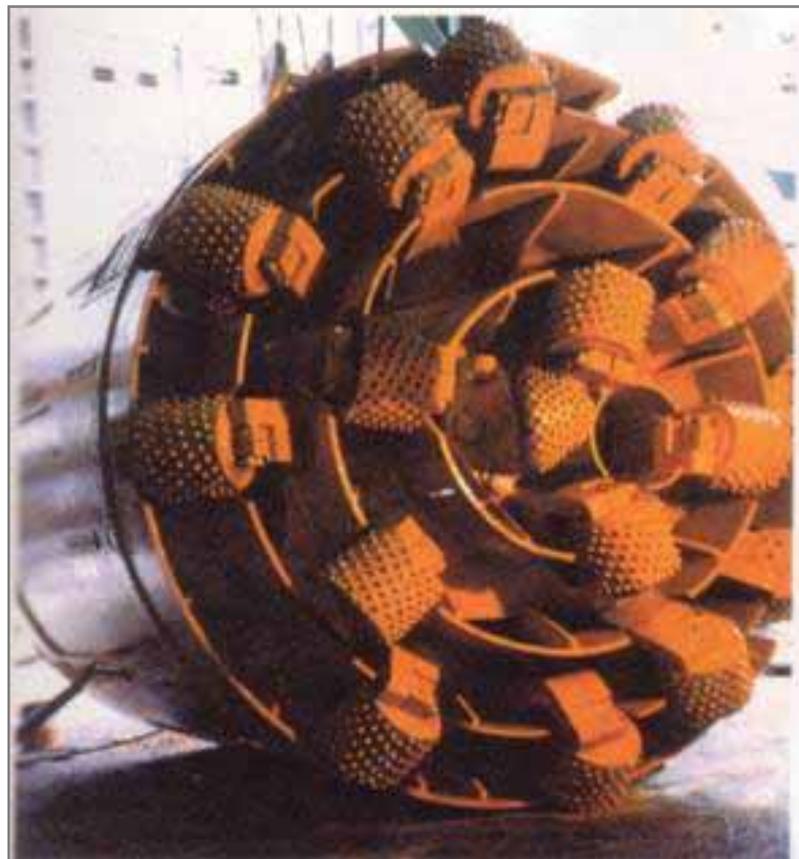
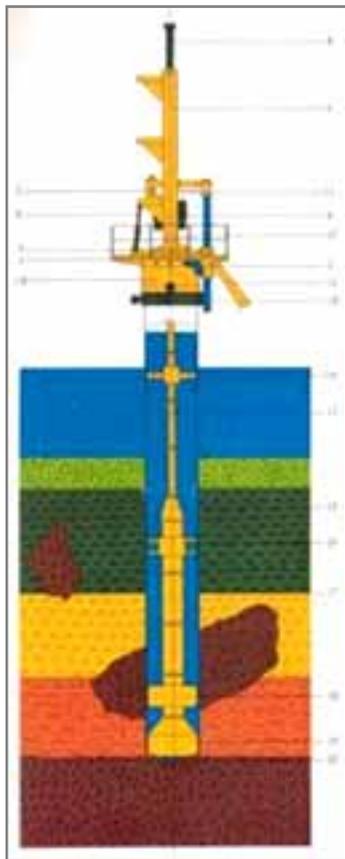


Los empotramientos no deben superar las recomendaciones de quienes nos han suministrado la formulación

EJECUCIÓN DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO
PERFORACIÓN



GRANDES EMPOTRAMIENTOS EN ROCAS MASIVAS

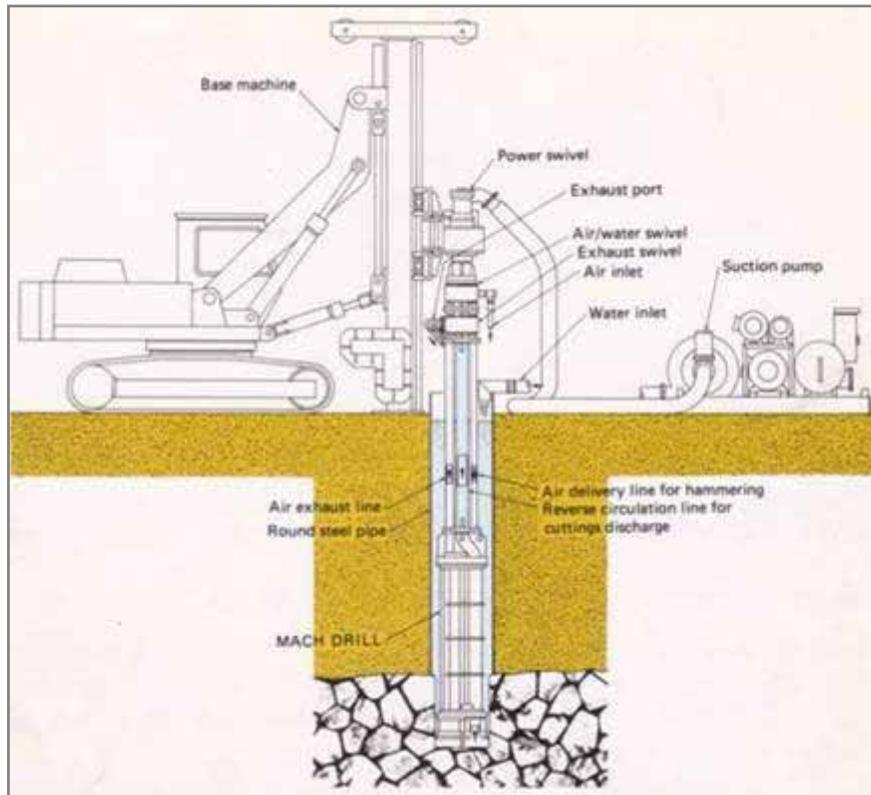


CIRCULACIÓN INVERSA (Método Wirth)

EJECUCIÓN DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO
PERFORACIÓN



GRANDES EMPOTRAMIENTOS EN ROCAS MASIVAS



Grandes MARTILLOS NEUMÁTICOS



ACTO 2º

EJECUCIÓN DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO

HORMIGONADO

→ ¿Por qué es necesario un hormigón especial?

TUBO TREMIE

GRANDES PROFUNDIDADES

BAJO LODOS

JAULAS MUY ARMADAS

→ Normativa de referencia

EHE

PG-3

UNE EN 1536

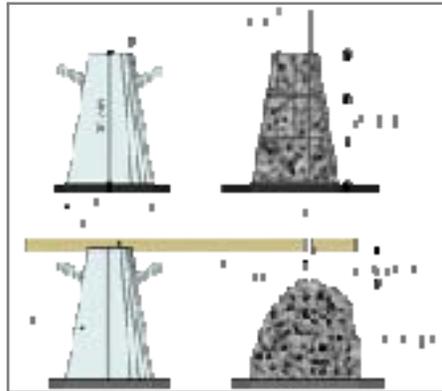
EJECUCIÓN DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO
HORMIGONADO

→ Características del hormigón de pilotes

- ❖ Trabajabilidad
- ❖ Resistencia a la segregación
- ❖ Capacidad de autocompactación
- ❖ Cohesión
- ❖ Resistencia al lavado
- ❖ Resistencia
- ❖ Durabilidad
- ❖ Impermeabilidad

EJECUCIÓN DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO

HORMIGONADO



CONO: 18 - 21 cm



25 mm



20 mm

ÁRIDO: 20 - 25 mm



Cemento: 350 - 400 Kg/m³

Agua / Cemento: 0,45 - 0,60

Aditivos plastificantes



Corolario

EJECUCIÓN DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO

HORMIGONADO

“No podemos exigir lo que
lógica y físicamente resulta
imposible”

Cimentaciones singulares de puentes

A Coruña - 22 de abril de 2009

Juan José Muñoz Armagnac

**REFLEXIONES SOBRE
PILOTES DE GRAN DIÁMETRO**



REFLEXIONES PILOTES DE GRAN DIÁMETRO

ÍNDICE

1. DISEÑO Y CÁLCULO

2. EJECUCIÓN

3. EJEMPLO

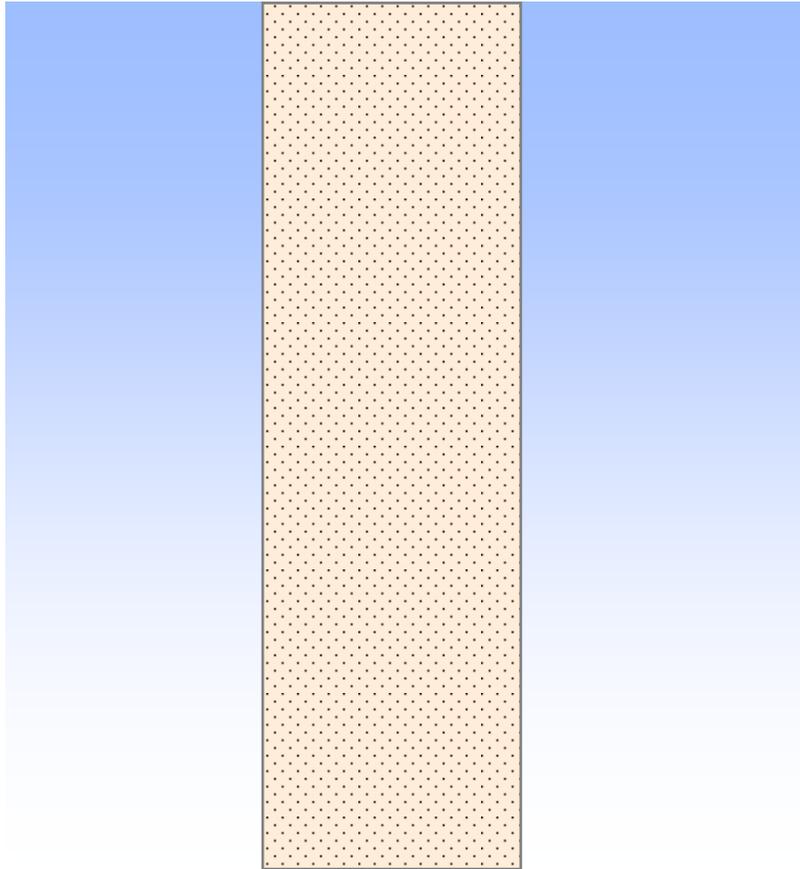
Cimentaciones singulares de puentes

A Coruña - 22 de abril de 2009

Juan José Muñoz Armagnac

**REFLEXIONES SOBRE
PILOTES DE GRAN DIÁMETRO**

EJEMPLO

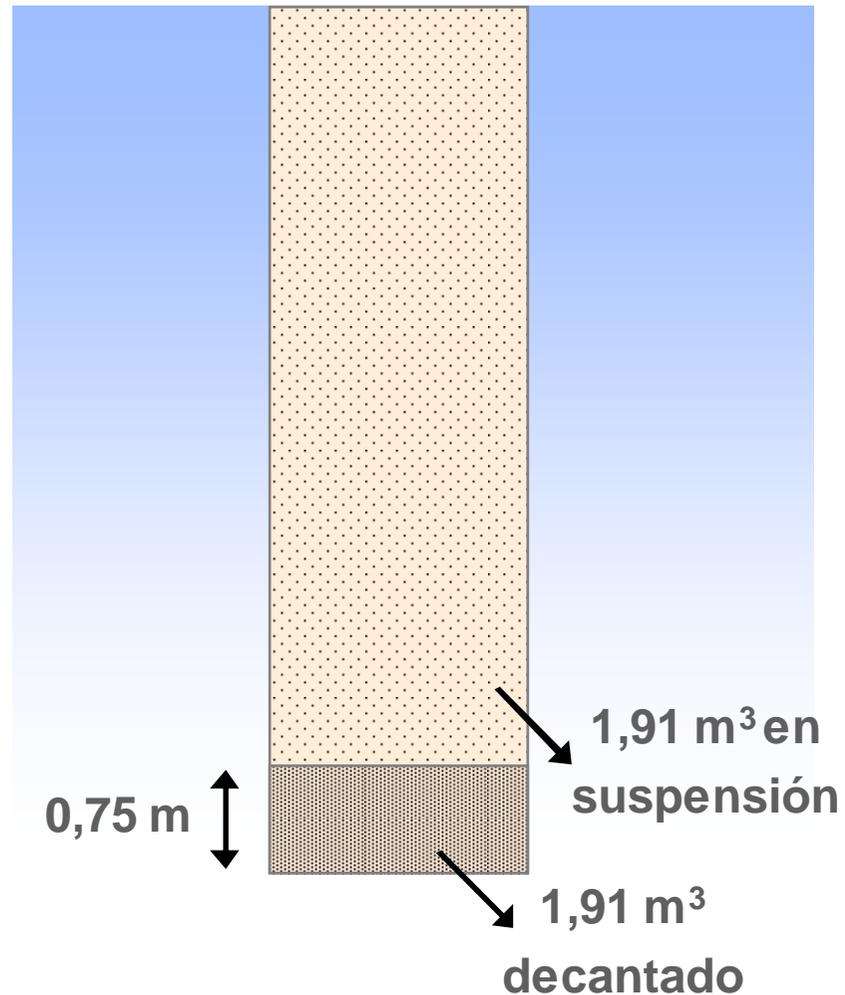


Diámetro $\phi = 1800$ mm

Profundidad = 30,00 m

Volumen = $2,54 \text{ m}^3/\text{ml} \cdot 30 \text{ ml} = 76,20 \text{ m}^3$

EJEMPLO



3% retenido UNE 080 = 2,29 m³

2% no retenido = 1,52 m³

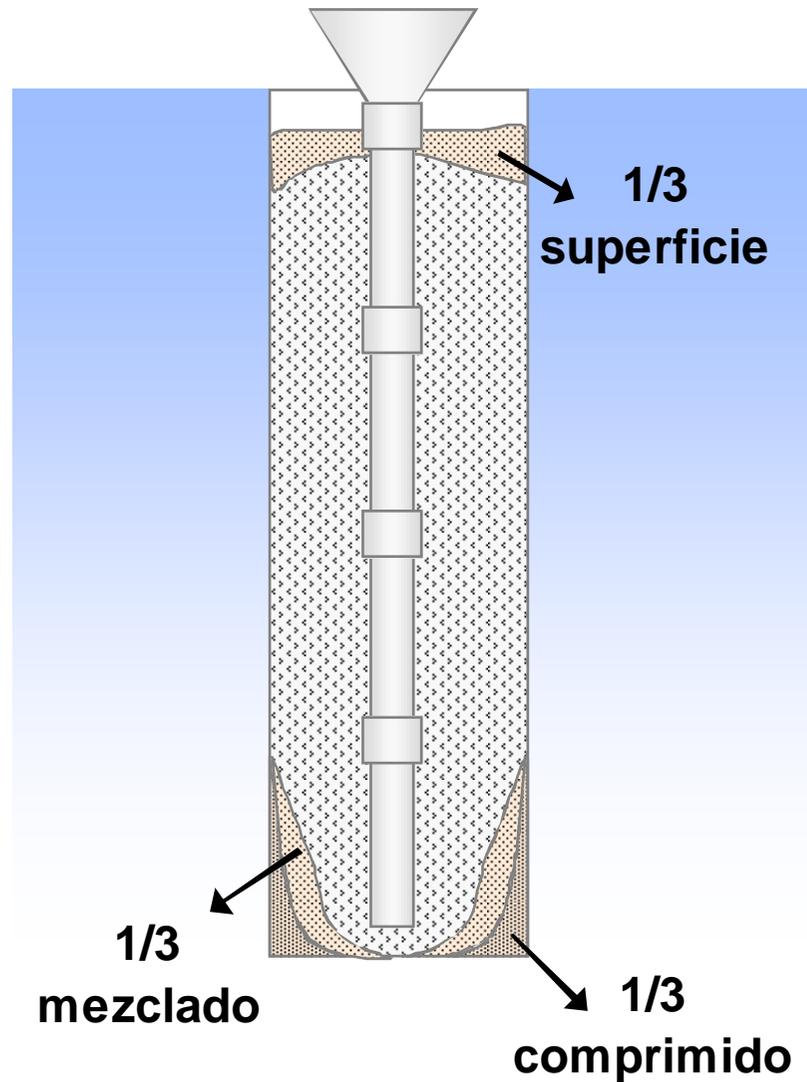
Volumen total partículas = 3,81 m³

Si decanta el 50% : 1,91 m³

que representa una altura de :

$$\frac{1,91}{2,54} = 0,75 \text{ m}$$

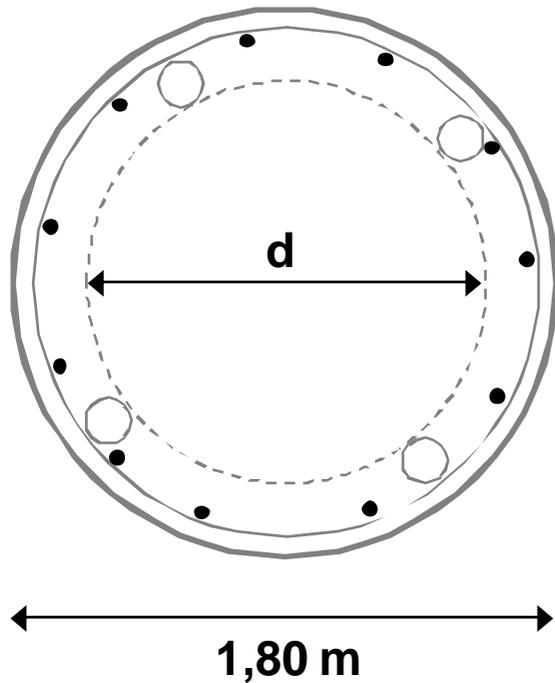
EJEMPLO



Suponemos que la decantación ($1,91 \text{ m}^3$) se distribuye así :

- 1/3 comprimida contra el terreno
- 1/3 mezclada con el hormigón
- 1/3 asciende a superficie

EJEMPLO



Tubos sónicos de 1"

$$d = 1,80 - 2 \cdot (0,075 - 0,025) = 1,60$$

$$0,66 \cdot 1,91 = h \cdot 0,785 \cdot (1,80^2 - 1,60^2)$$

$$h = 2,36 \text{ m}$$

Tubos sónicos de 4"

$$d = 1,80 - 2 \cdot (0,075 - 0,10) = 1,45$$

$$0,66 \cdot 1,91 = h \cdot 0,785 \cdot (1,80^2 - 1,45^2)$$

$$h = 1,42 \text{ m}$$

Valores reducidos a la mitad sólo con el material decantado y comprimido

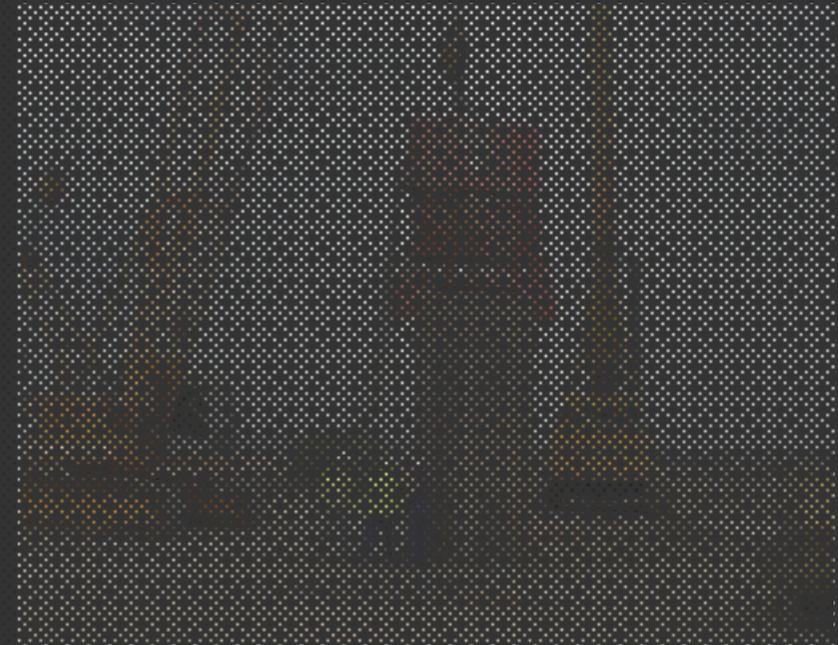
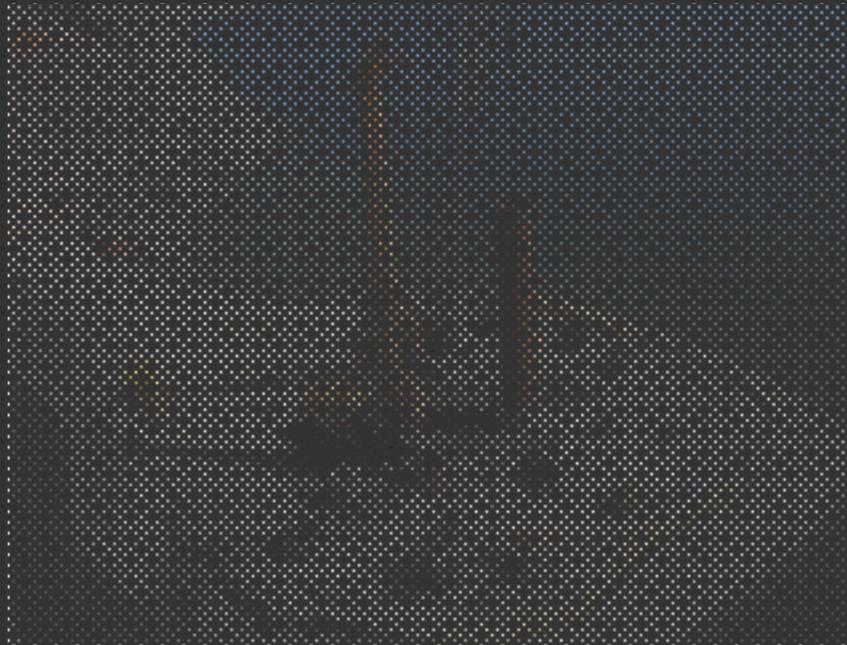
CONCLUSIÓN

“Hay que ser muy prudente a la hora de interpretar los ensayos sónicos”

CIMENTACIONES SINGULARES DE PUENTES

A Gómez - 27 de abril de 2009

REFLEXIONES SOBRE EL DISEÑO Y LA EJECUCIÓN DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO



Juan José Muñoz Arriagán

Muchas gracias por su atención