

18 de abril de 2018

**MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL DE ESTACIÓN DE BOMBEO PARA RED DE  
SANEAMIENTO DE MEVIR MARISCALA**

**ÍNDICE**

- 1) Ámbito normativo
- 2) Materiales
- 3) Condiciones de diseño para durabilidad e interacción con el terreno
- 4) Pozo de bombeo. 4.1 Techo de cámaras. 4.2 Paredes verticales. 4.3 Análisis de flotabilidad. 4.4 Estructura metálica de pórticos de elevación. 4.5 Cimentaciones.
- 5) Fosa séptica. 5.1 Techo de cámaras. 5.2 Paredes verticales. 5.3 Análisis de flotabilidad. 5.4 Cimentaciones.

## 1) ÁMBITO NORMATIVO

El diseño se realiza bajo las normas "Proyecto y ejecución de estructuras de hormigón en masa o armado" UNIT 1050:2001, "Cargas a utilizar en el proyecto de edificios" UNIT 33:91, "Norma para proyectos de estructuras de acero para edificios IE 353" de la Facultad de Ingeniería, UDELAR, "Recomendaciones para la construcción en Mampostería Estructural en Uruguay, parte 1, Mampostería simple, primera versión 1998" del Instituto de Estructuras y Transporte, Facultad de Ingeniería, UDELAR.

## 2) MATERIALES

**Hormigón.** Se empleará hormigón tipo C25 según UNIT 1050, de resistencia característica a compresión a los 28 días de 25 MPa determinada según el ensayo especificado en la Norma UNIT-NM 101 para probetas cilíndricas.

**Acero para hormigón armado.** Se emplearán barras conformadas grado ADN 500 que cumplan las especificaciones de la norma UNIT 843 y UNIT 968.

**Acero para estructuras metálicas.** Tensión de rotura 42 kg/mm<sup>2</sup>. Límite de fluencia 23 kg/mm<sup>2</sup>. Ductilidad (5d) 25%. Tensión admisible de tracción/compresión 1.400 kg/cm<sup>2</sup>. Tensión de corte en alma de vigas y soldaduras 800 kg/cm<sup>2</sup>.

**Mampostería estructural.** Mampuestos de ladrillos cerámicos macizos de 25cmx12cmx5.5cm con resistencia característica a la compresión de 4.5 MPa. Mortero debe tener resistencia característica a la compresión a los 28 días de 5 MPa.

## 3) CONDICIONES DE DISEÑO PARA DURABILIDAD E INTERACCIÓN CON TERRENO

**Distancia a los paramentos de las armaduras.** Según UNIT 1050 ambiente tipo III (estructuras en atmósfera agresiva industrial o marina, o en contacto con terrenos agresivos o con aguas salinas o ligeramente ácidas). Recubrimiento mínimo 40 mm.

**Limitación del ancho característico de fisura.** Ancho característico de fisura  $w_k$  deberá ser menor o igual a 0,1 mm. Según UNIT 1050 para este caso de estudio:

$$w_k = 1,5(2c + 3\varnothing + 0.24h)\sigma_s / E_s$$

c      recubrimiento de las armaduras de tracción = 4cm

$\varnothing$      diámetro de barra traccionada

h altura de losa

$\sigma_s$  tensión de servicio de la armadura en hipótesis de sección fisurada

Es módulo de elasticidad del acero = 2.100.000 kg/cm<sup>2</sup>

Para el cálculo aproximado de la tensión de servicio:

$$\sigma_s = (k \cdot f_{yk} \cdot A_{s,nec}) / (\gamma_s \cdot \gamma_f \cdot A_{s,real})$$

k relación (cargas permanente + sobrecargas frecuentes) / carga total = 0,5

$f_{yk}$  límite elástico característico del acero

$\gamma_s$  coeficiente de minoración acero = 1,15

$\gamma_f$  coeficiente de mayoración de acciones = 1,6

$A_{s,nec}$  sección necesaria de barras

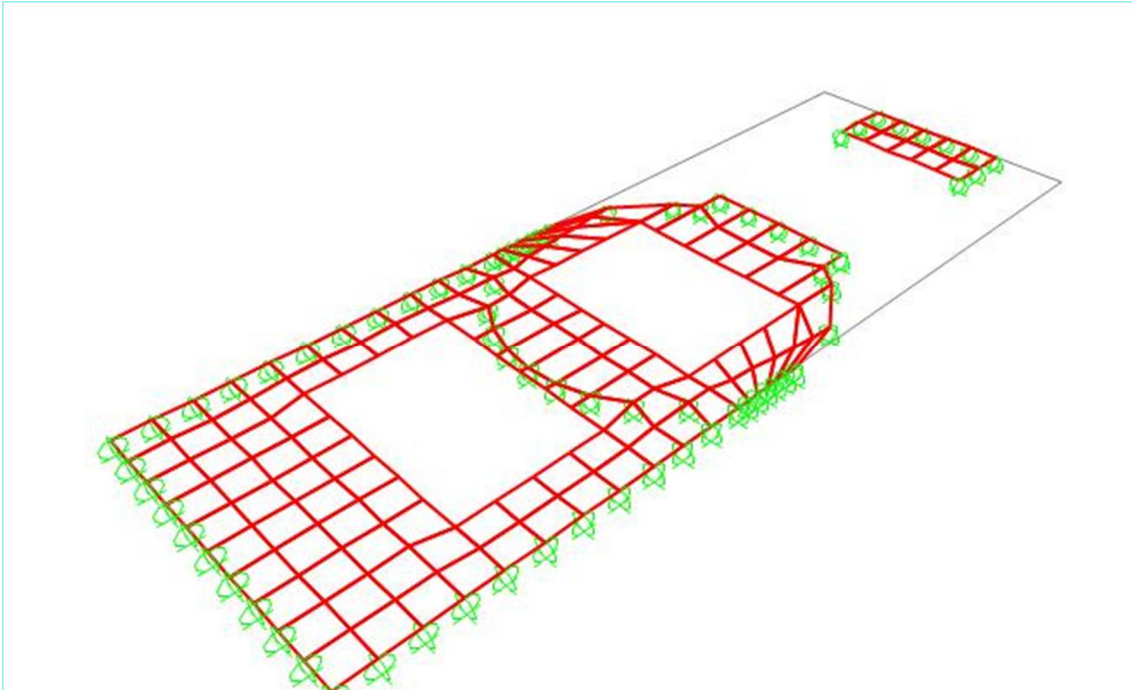
$A_{s,real}$  sección real de barras

**Interacción estructura – terreno.** Como antecedente se dispone del “Estudio Geológico y Geotécnico, cateos para la construcción de la laguna de saneamiento en predio de Mevir Marsicala” (Geoambiente, abril 2016). Los cateos se hicieron con retroexcavadora hasta una profundidad de 3 m. Luego de una capa superior de 60 cm de suelo vegetal aparecen arcillas de la formación Libertad y rocas basálticas alteradas de la formación Mariscal, en todas llegando al fondo del cateo con una excavabilidad al menos del tipo E2, medianamente tenaces, excavables a pico y pala con cierta dificultad requiriendo eventualmente auxilio de elementos escarificadores. Con esos datos, se toma como tensión admisible de compresión de diseño para el terreno de 1,5 kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de 150 cm, y de 2,5 kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de entre 400 cm y 600 cm. No aparece agua en ningún cateo, pero dado que no se realizó ninguno hasta una profundidad de 580 cm como la del pozo de bombeo, se propone estudiar flotabilidad para el caso con presencia de agua a -300 cm del nivel del terreno natural.

#### 4) POZO DE BOMBEO.

##### 4.1 TECHO DE CÁMARAS

Modelo, vista 3D, según geometría, largo total 560 cm, anchos 200 cm y 100 cm, con tres orificios de 90 cm x 130 cm.



Sobrecarga vertical de utilización 300 kg/m<sup>2</sup>

Espesor de losa 10 cm

Flexión momento máximo  $M_{\text{máx}}=0.26$  tm/m,  $A_s$  nec flex=2,33 cm<sup>2</sup>/m

Fuerza concomitante de tracción en plano losa  $T=0,47$  t/m,  $A_s$  nec tracc=0,12 cm<sup>2</sup>/m

$A_s$  nec total = 2,45 cm<sup>2</sup>/m Ø8/20

Ancho característico de fisura  $w_k=0,1\text{mm}\leq 0,1\text{mm}$

#### 4.2 PAREDES VERTICALES

Flexión de pared rectangular vertical con carga horizontal distribuida triangular del empuje del terreno y apoyos articulados en sus cuatro bordes.

Distribución del empuje horizontal del terreno sobre paredes:

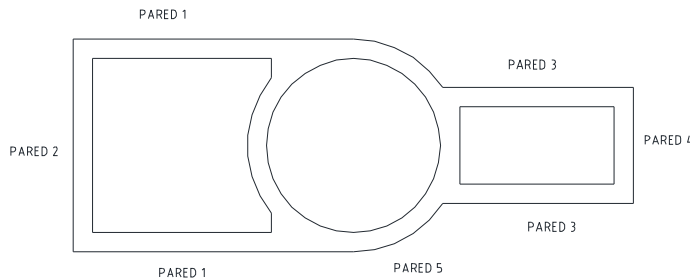
$p_h(z)=1,06 \cdot z$  donde  $z$  es la profundidad con respecto al nivel del terreno natural.

Las paredes contiguas transmiten a la vertical en estudio tensiones en su propio plano.

Losa techo produce compresión a la pared vertical en su propio plano.

Espesor de pared 20 cm.

Nomenclatura de las distintas paredes verticales



#### 4.2.1 Pared 1 (cámara válvulas o de salida)

Dimensiones: lado horizontal 1,8 m y lado vertical 1,65 m.

Flexión momento máximo  $M_{\max}=0.13$  tm/m,  $A_s$  nec flex=0,36 cm<sup>2</sup>/m

Fuerza concomitante en plano losa  $T=0,64$  t/m,  $A_s$  nec tracc=0,26 cm<sup>2</sup>/m

$A_s$  nec total = 0,62 cm<sup>2</sup>/m Ø8/20

Ancho característico de fisura  $w_k=0,03\text{mm}\leq 0,1\text{mm}$

#### 4.2.2 Pared 2 (cámara válvulas o de salida)

Dimensiones: lado horizontal 2 m y lado vertical 1,65 m.

Flexión momento máximo  $M_{\max}=0.16$  tm/m,  $A_s$  nec flex=0,44 cm<sup>2</sup>/m

Fuerza concomitante de tracción en plano losa  $T=0,6$  t/m,  $A_s$  nec tracc=0,25 cm<sup>2</sup>/m

$A_s$  nec total = 0,69 cm<sup>2</sup>/m Ø8/20

Ancho característico de fisura  $w_k=0,03\text{mm}\leq 0,1\text{mm}$

#### 4.2.3 Pared 3 (cámara rejas o de entrada)

Dimensiones: lado horizontal 1,8 m y lado vertical 4,30 m.

Flexión momento máximo  $M_{\max}=0.93$  tm/m,  $A_s$  nec flex=2,64 cm<sup>2</sup>/m (arm horiz.)

Fuerza concomitante de tracción en plano losa  $T=0,97$  t/m,  $A_s$  nec tracc=0,4 cm<sup>2</sup>/m

As nec total = 3,04 cm<sup>2</sup>/m Ø8/15 para que verifique fisuración

Flexión secundaria M=0,46tm, As nec=1,28 cm<sup>2</sup> Ø8/20

Ancho característico de fisura wk=0,1mm≤0,1mm

#### 4.2.4 Pared 4 (cámara rejas o de entrada)

Dimensiones: lado horizontal 1 m y lado vertical 4,30 m.

Flexión momento máximo M<sub>máx</sub>=0.37 tm/m, As nec flex=1,03 cm<sup>2</sup>/m

Fuerza concomitante de tracción en plano losa T=1,45 t/m, As nec tracc=0,6 cm<sup>2</sup>/m

As nec total = 1,63 cm<sup>2</sup>/m Ø8/20

Ancho característico de fisura wk=0,07mm≤0,1mm

#### 4.2.5 Pared 5 (cámara de bombeo)

Dimensiones: lado horizontal 2 m y lado vertical 5,6 m. Se modela como cilindro de sección cuadrada, del lado de la seguridad.

Flexión momento máximo M<sub>máx</sub>=1,61 tm/m, As nec flex=4,67 cm<sup>2</sup>/m

Fuerza concomitante de tracción en plano losa T=2,41 t/m, As nec tracc=1,0 cm<sup>2</sup>/m

As nec total = 5,67 cm<sup>2</sup>/m Ø10/14 para verificar fisuración

Flexión secundaria M=0.77tm, As nec flex=2,14 cm<sup>2</sup>/m, Ø8/20

Ancho característico de fisura wk=0,1mm≤0,1mm

### 4.3 ANÁLISIS DE FLOTABILIDAD

Peso de la estructura de hormigón armado : 40.477 Kg

Empuje: 9.900 Kg

El peso de la estructura es mayor que el empuje. No existe problema de flotabilidad, pero debe asegurarse que en el caso de empuje hacia arriba la losa de piso transmita al resto de la estructura los esfuerzos para que entre todo el peso de la misma en carga.

Empuje máximo en piso sala bombas=2,6 t/m<sup>2</sup>

Espesor de losa piso 20 cm

Flexión momento máximo  $M_{\max}=0.38\text{tm/m}$ ,  $A_s \text{ nec flex}=1,05 \text{ cm}^2/\text{m}$

Fuerza concomitante de tracción en plano losa  $T=2,76 \text{ t/m}$ ,  $A_s \text{ nec tracc}=1,15 \text{ cm}^2/\text{m}$

$A_s \text{ nec total} = 2,20 \text{ cm}^2/\text{m } \varnothing 8/20$

Ancho característico de fisura  $w_k=0,07\text{mm}\leq 0,1\text{mm}$

#### 4.4 ESTRUCTURAS METÁLICAS PARA ELEVACIÓN

##### 4.4.1 Viga soporte polipasto elevación bombas

Esquema estático: viga con 2 apoyos articulados y voladizo, con carga vertical de 0,3 t



Perfil IPN 18,  $W_x=161 \text{ cm}^3$ ,  $A=27,9 \text{ cm}^2$

Momento flector máximo =  $-0,33 \text{ tm}$ ,  $\sigma_{fl}=205 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{adm}$

Cortante máximo  $0,32 \text{ t}$ ,  $\tau=26 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{adm}$

##### 4.4.2 Pórtico polipasto elevación bombas

Esquema estático: pórtico tipo horca empotrado inferiormente, con carga vertical en su extremo correspondiente a la máxima descarga de la viga soporte polipasto



Sección hueca tipo cajón formada por 2UPN 10,  $W_x=82,4 \text{ cm}^3$ ,  $A=27 \text{ cm}^2$

Momento flector máximo =  $-0,375 \text{ tm}$ ,  $\sigma_{fl}=455 \text{ kg/cm}^2$

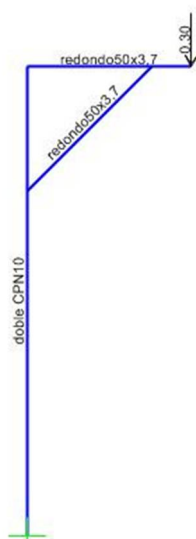
Compresión =  $0,52 \text{ t}$ ,  $\sigma_c=91 \text{ kg/cm}^2$

Tensión compresión total  $\sigma_c \text{ total}= 546 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{adm}$

Cortante máximo  $0,53 \text{ t}$ ,  $\tau=44 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{adm}$

#### 4.4.3 Pórtico pluma elevación reja canasto

Esquema estático: pórtico tipo horca empotrado inferiormente, con carga vertical en su extremo de  $300 \text{ kg}$ .



Fuste vertical con sección hueca tipo cajón formada por 2UPN 10,  $W_x=82,4 \text{ cm}^3$ ,  $A=27 \text{ cm}^2$ .



Tramo superior horizontal con caño redondo  $\varnothing 50\text{mm} \times 3,7\text{mm}$  espesor,  $W=9 \text{ cm}^3$ ,  $A=0,69 \text{ cm}^2$ .

Momento flector máximo 2UPN 10=  $-0,25 \text{ tm}$ ,  $\sigma_{fl}=303 \text{ kg/cm}^2$

Momento flector máximo  $\varnothing 50\text{mm} \times 3,7\text{mm} = -0,06 \text{ tm}$ ,  $\sigma_{fl}=666 \text{ kg/cm}^2$

Compresión 2UPN 10= $0,3\text{t}$ ,  $\sigma_c=53 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\sigma_c \text{ tot}=356 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{adm}$

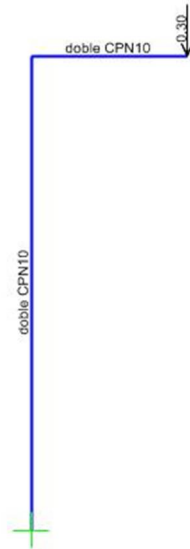
Compresión  $\varnothing 50\text{mm} \times 3,7\text{mm}=0,6\text{t}$ ,  $\sigma_c=116 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\sigma_c \text{ tot}=782 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{adm}$

Cortante máximo 2UPN 10  $0,43 \text{ t}$ ,  $\tau=36 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{adm}$

Cortante máximo  $\varnothing 50\text{mm} \times 3,7\text{mm} 0,3 \text{ t}$ ,  $\tau=435 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{adm}$

#### 4.4.4 Pórtico pluma elevación reja alternativa

Esquema estático: pórtico tipo horca empotrado inferiormente, con carga vertical en su extremo de 300 kg.



Sección hueca tipo cajón formada por 2UPN 10,  $W_x=82,4 \text{ cm}^3$ ,  $A=27 \text{ cm}^2$

Momento flector máximo =  $-0,24 \text{ tm}$ ,  $\sigma_{fl}=291 \text{ kg/cm}^2$

Compresión =  $0,32 \text{ t}$ ,  $\sigma_c=56 \text{ kg/cm}^2$

Tensión compresión total  $\sigma_c \text{ total}= 547 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{adm}$

Cortante máximo  $0,32 \text{ t}$ ,  $\tau=25 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{adm}$

#### 4.4.5 Uniones

Soldadura en todo el perímetro 2CPN 10 a base platina 30cmx30cmx3/8", cordón 3mm,  $\tau_{sold}=517 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{adm}$

Soldadura IPN18 a 2CPN10, cordón 4mm,  $\tau_{sold}=121 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{adm}$

Platinas de 30cmx30cmx3/8" con 4 anclajes separados 0,20m. Momento del pilar  $M_{\text{máx}}=0,375 \text{ tm}$  y compresión 0,52 ton. Fuerza a transmitir por cada anclaje  $F=1,068 \text{ ton}$ . Si anclaje es  $\varnothing 16$ ,  $\sigma=531 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{adm}$ .

Longitud de anclaje recto bulones  $\geq F(\text{kg}) \cdot 1.6 / (3.14 \cdot \varnothing \cdot \tau_{bd})$

Para barras lisas,  $\tau_{bd}=12,6 \text{ kg/cm}^2$

Longitud de anclaje  $> 27 \text{ cm}$

#### 4.5 CIMENTACIONES

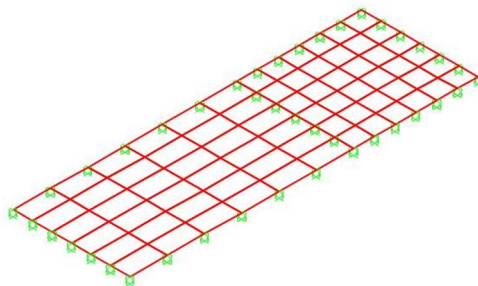
Máxima presión de descarga al terreno es en apoyo de cámara de bombas (losa techo 1,2 t/m + peso propio de pared de cámara bombas 2,8 t/m = 4,0 t/m) / 2000 cm<sup>2</sup> = 2,0 kg/cm<sup>2</sup> <  $\sigma_{adm}$  terreno = 2,5 kg/cm<sup>2</sup>

### 5) FOSA SÉPTICA

#### 5.1 TECHO DE CÁMARAS

Modelo: dos losas horizontales contiguas de 700cmx305cm y 360cmx305cm, sin empotramiento entre ellas.

Vista 3D



Sobrecarga vertical de utilización 300 kg/m<sup>2</sup>

Espesor de losa 15 cm

Flexión momento principal losa 1  $M_{\max}=0.79 \text{ tm/m}$ ,  $A_s \text{ nec flex}=3,39 \text{ cm}^2/\text{m } \varnothing 10/20$

Flexión momento principal losa 2  $M_{\max}=0.25 \text{ tm/m}$ ,  $A_s \text{ nec flex}=1,05 \text{ cm}^2/\text{m } \varnothing 6/20$

Flexión momento secundario losa 2  $M_{\max}=0.17 \text{ tm/m}$ ,  $A_s \text{ nec flex}=0,71 \text{ cm}^2/\text{m } \varnothing 6/20$

Fuerza concomitante en plano losa  $T=0,7 \text{ t/m}$ ,  $A_s \text{ nec tracc}=0,28 \text{ cm}^2/\text{m}$

$A_s \text{ nec total} = 3,67 \text{ cm}^2/\text{m } \varnothing 10/15$

Ancho característico de fisura  $w_k=0,09\text{mm}\leq 0,1\text{mm}$

## 5.2 PAREDES VERTICALES

Flexión de pared rectangular vertical con carga horizontal distribuida triangular del empuje del terreno y apoyos articulados en sus cuatro bordes.

Distribución del empuje horizontal del terreno sobre paredes:

$p_h(z) = 1,06z$  donde  $z$  es la profundidad con respecto al nivel del terreno natural.

Las paredes contiguas transmiten a la vertical en estudio tensiones en su propio plano.

Losa techo produce compresión a la pared vertical en su propio plano.

Espesor de pared 20 cm.

Las paredes verticales son rectangulares, tienen 300 cm de lado vertical, y el lado horizontal hay de tres dimensiones: corta 305 cm, mediana 360 cm y larga 700 cm.

### 5.2.1 Pared corta

Dimensiones: lado horizontal 3,05 m y lado vertical 3,0 m.

Flexión momento máximo  $M_{\max}=0.56 \text{ tm/m}$  (arm. Horiz.),  $A_s \text{ nec flex}=1,59 \text{ cm}^2/\text{m}$

Fuerza tracción concomitante en plano losa  $T=0,8 \text{ t/m}$ ,  $A_s \text{ nec tracc}=0,33 \text{ cm}^2/\text{m}$

$A_s \text{ nec total cara} = 1,92 \text{ cm}^2/\text{m } \varnothing 8/20$

Ancho característico de fisura  $w_k=0,09\text{mm}\leq 0,1\text{mm}$

### 5.2.2 Pared mediana

Dimensiones: lado horizontal 3,60 m y lado vertical 3,0 m.

Flexión momento máximo  $M_{\max}=0.63 \text{ tm/m}$  (arm. Horiz.),  $A_s \text{ nec flex}=1,83 \text{ cm}^2/\text{m}$

Fuerza tracción concomitante en plano losa  $T=0,8$  t/m,  $A_s$  nec tracc= $0,33$  cm<sup>2</sup>/m

$A_s$  nec total cara=  $2,16$  cm<sup>2</sup>/m Ø8/20

Ancho característico de fisura  $w_k=0,09$ mm $\leq 0,1$ mm, admisible.

### 5.2.3 Pared larga

Dimensiones: lado horizontal  $7,00$  m y lado vertical  $3,0$  m.

Flexión momento máximo (arm. vert.)  $M_{22}^{\text{máx}}=1.66$  tm/m,  $A_s$  nec flex= $4,82$  cm<sup>2</sup>/m, Ø10/13.

Armadura horiz.  $M_{11}^{\text{máx}}=0.83$  tm/m,  $A_s$  nec flex= $2,38$  cm<sup>2</sup>/m, Ø8/20

No hay fuerza tracción concomitante vertical en plano losa, hay compresión pero no la consideramos para el cálculo del ancho de fisura, estando del lado de la seguridad.

Ancho característico de fisura  $w_k=0,1$ mm $\leq 0,1$ mm, admisible.

### 5.3 ANÁLISIS DE FLOTABILIDAD

En ninguno de los 6 cateos realizados hasta los 3m de profundidad se encontró agua, por lo que no se entiende necesario el estudio de la flotabilidad. De cualquier manera, se diseña el piso de un espesor de  $15$  cm y una doble malla (superior e inferior) mínima de piel de Ø6/20 en ambas direcciones.

### 5.4 CIMENTACIONES

Máxima presión de descarga al terreno es debajo de la pared larga central (losa techo  $1,6$  t/m + peso propio de pared  $1,43$  t/m =  $3,03$  t/m) /  $(100\text{cm} \times 30\text{cm}) = 1,01$  kg/cm<sup>2</sup>  $\leq \sigma_{\text{adm}}$  terreno =  $1,5$  kg/cm<sup>2</sup>. Los esfuerzos de tracción inferiores generados en la losa bajo los muros producto de la descarga son soportados por la armadura Ø6/20 del piso, momento es  $0,1$  tm/m.

  
JUAN JOSE PERTUSSO  
INGENIERO CIVIL