12.14 PUNTAL P5 – NIVEL 3

1) Datos Generales

L:	7,80	m	Longitud del puntal
P_{serv}:	1700	kN	Carga axial a compresión en servicio
M_{serv}:	0	kN·m	Momento flector en servicio

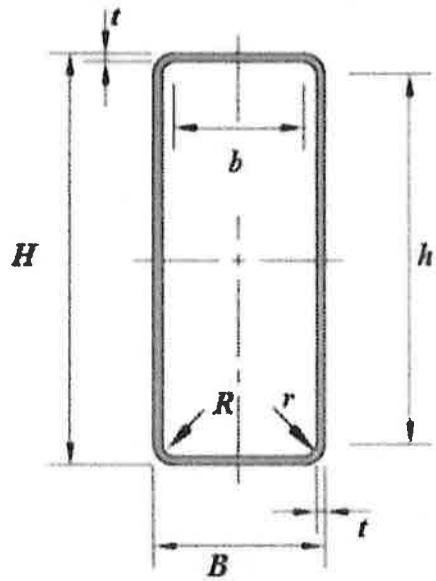
2) Tipo de material

Acero	A36	F_y:	250	Mpa	Tensión de fluencia
		E:	200	GPa	Módulo de elasticidad

3) Parámetros del perfil a utilizar

Perfil 2xUPN320

H:	320	mm	Altura
B:	200	mm	Ancho
t_{alma}:	14	mm	Espesor del alma
t_{ala}:	17,5	mm	Espesor del ala
A_g:	149,80	cm^2	Área bruta
I_x:	21432,92	cm^4	Inercia en X
I_y:	9251,20	cm^4	Inercia en Y
S_x:	1339,56	cm^3	Módulo elástico en X
Z_x:	1627,33	cm^3	Módulo plástico en X
r_x:	11,96	cm	Radio de giro en X
r_y:	7,86	cm	Radio de giro en Y
h:	292,00	mm	Altura libre del alma
b:	165,00	mm	Altura libre del ala



4) Verificación a flexión

a) Pandeo local del ala (Tabla B4.1b / Caso 17)

λ_{ala}:	9,43	Esbeltez del ala
λ_{p_ala}:	31,68	Límite entre alas compactas y no compactas
λ_{r_ala}:	39,60	Límite entre alas no compactas y esbeltas

Las alas de la sección son: Compactas

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

b) Pandeo local del alma (Tabla B4.1b / Caso 19)

λ_{ala}:	20,86	Esbeltez del ala
λ_{p_ala}:	68,45	Límite entre almas compactas y no compactas
λ_{r_ala}:	161,22	Límite entre almas no compactas y esbeltas

Las almas de la sección son: Compactas

4.2) Resistencia a la flexión

a) Cálculo del momento plástico y módulo de sección efectivo

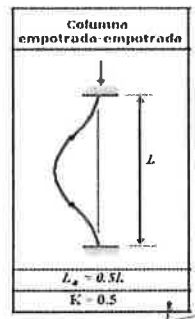
M_p:	406,83	kN·m	Momento plástico (F2-1)
b_{efec}:	-132,99	mm	Ancho efectivo (F7-4)
$b-b_{efec}$:	297,99	mm	Ancho no efectivo
I_{efec}:	9489,73	cm^4	Inercia efectiva
S_{efec}:	593,11	cm^3	Módulo de sección efectivo

b) Cálculo de la resistencia a flexión (Mn) en función de la esbeltez

M_{n_1}:	406,8325	kN·m	Aplica si las alas son compactas (F7-1)
M_{n_2}:	406,83	kN·m	Aplica si las alas son no compactas (F7-2)
M_{n_3}:	148,28	kN·m	Aplica si las alas son esbeltas (F7-3)
M_{n_4}:	406,8325	kN·m	Aplica si las almas son no compactas o esbeltas (F7-5)
M_n:	406,8325	kN·m	Resistencia nominal a la flexión
$ØM_n$:	**366,15**	**kN·m**	**Resistencia minorada a la flexión (Con Ø=0.9)**

5) Resistencia a la compresión

K:	0,50		Factor de longitud efectiva	
L_{efec}:	3,90	m	Longitud efectiva del puntal	
E_x:	32,60		Esbeltez en X	(E_x=K·L/r_x)
E_y:	49,63		Esbeltez en Y	(E_y=K·L/r_y)
E_{max}:	49,63		Esbeltez máxima del puntal	
E_{limite}:	133,22		Esbeltez límite (E3-2/3)	
Pandeo	**inelástico**		Si $E_{max} < E_{limite}$ ocurre pandeo inelástico	
F_{cr}:	219,40	Mpa	Factor crítico (E3-4)	
P_n:	3286,64	kN	Resistencia nominal a la compresión (E3-1)	
$ØP_n$:	**2957,97**	**kN**	**Resistencia minorada a la compresión (Con Ø=0.9)**	



6) Factor demanda/Capacidad (Interacción flexo-compresión)

$P_{ult}/ØP_n$: 0,920

acciona
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0237

12.15 PUNTAL P6 – NIVEL 3

1) Datos Generales

L:	7,80	m	Longitud del puntal
P_{serv}:	870	kN	Carga axial a compresión en servicio
M_{serv}:	0	kN·m	Momento flector en servicio

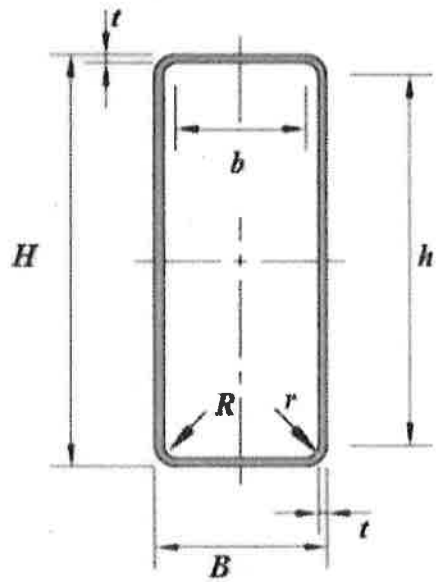
2) Tipo de material

Acero	A36	F_y:	250	Mpa	Tensión de fluencia
		E:	200	GPa	Módulo de elasticidad

3) Parámetros del perfil a utilizar

Perfil **2xUPN300**

H:	300	mm	Altura
B:	200	mm	Ancho
t_{alma}:	10	mm	Espesor del alma
t_{ala}:	16	mm	Espesor del ala
A_g:	117,60	cm^2	Área bruta
I_x:	16126,75	cm^4	Inercia en X
I_y:	6976,20	cm^4	Inercia en Y
S_x:	1075,12	cm^3	Módulo elástico en X
Z_x:	1267,92	cm^3	Módulo plástico en X
r_x:	11,71	cm	Radio de giro en X
r_y:	7,70	cm	Radio de giro en Y
h:	280,00	mm	Altura libre del alma
b:	168,00	mm	Altura libre del ala



4) Verificación a flexión

a) Pandeo local del ala (Tabla B4.1b / Caso 17)

λ_{ala}:	10,50	Esbeltez del ala
λ_{p_ala}:	31,68	Límite entre alas compactas y no compactas
λ_{r_ala}:	39,60	Límite entre alas no compactas y esbeltas

Las alas de la sección son: Compactas

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

b) Pandeo local del alma (Tabla B4.1b / Caso 19)

λ_{ala}:	28,00		Esbeltez del ala
λ_{p_ala}:	68,45		Límite entre almas compactas y no compactas
λ_{r_ala}:	161,22		Límite entre almas no compactas y esbeltas

Las almas de la sección son: Compactas

4.2) Resistencia a la flexión

a) Cálculo del momento plástico y módulo de sección efectivo

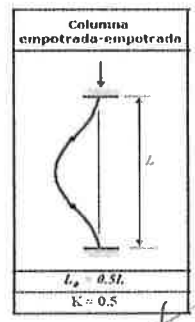
M_p:	316,98	kN·m	Momento plástico (F2-1)
b_{efec}:	-20,52	mm	Ancho efectivo (F7-4)
$b-b_{efec}$:	188,52	mm	Ancho no efectivo
I_{efec}:	10038,07	cm^4	Inercia efectiva
S_{efec}:	669,20	cm^3	Módulo de sección efectivo

b) Cálculo de la resistencia a flexión (Mn) en función de la esbeltez

M_{n_1}:	316,98	kN·m	Aplica si las alas son compactas (F7-1)
M_{n_2}:	316,98	kN·m	Aplica si las alas son no compactas (F7-2)
M_{n_3}:	167,30	kN·m	Aplica si las alas son esbeltas (F7-3)
M_{n_4}:	316,98	kN·m	Aplica si las almas son no compactas o esbeltas (F7-5)
M_n:	316,98	kN·m	Resistencia nominal a la flexión
$ØM_n$:	**285,28**	**kN·m**	**Resistencia minorada a la flexión (Con Ø=0.9)**

5) Resistencia a la compresión

K:	0,50		Factor de longitud efectiva	
L_{efec}:	3,90	m	Longitud efectiva del puntal	
E_x:	33,30		Esbeltez en X	(E_x=K·L/r_x)
E_y:	50,64		Esbeltez en Y	(E_y=K·L/r_y)
E_{max}:	50,64		Esbeltez máxima del puntal	
E_{limite}:	133,22		Esbeltez límite (E3-2/3)	
Pandeo	**inelástico**		Si E_{max} < E_{limite} ocurre pandeo inelástico	
F_{cr}:	218,23	Mpa	Factor crítico (E3-4)	
P_n:	2566,37	kN	Resistencia nominal a la compresión (E3-1)	
$ØP_n$:	**2309,73**	**kN**	**Resistencia minorada a la compresión (Con Ø=0.9)**	



6) Factor demanda/Capacidad (Interacción flexo-compresión)

$P_{ult}/ØP_n$: 0,603

acciona
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

13.0 ANEXO II

$f'_c := 30\ MPa$	Resistencia a la compresión	$F_y := 250\ MPa$	Tensión de fluencia de la placa (A36)
$\gamma := 1.6$	Factor de mayoración de cargas	$F_u := 550\ MPa$	Tensión de rotura de la barras de ADN
$\phi_c := 0.60$	$\phi_v := 0.75$	$\phi_f := 0.90$	Factores de minoración de resistencia
$Ts_1 := 492\ tonf$	Carga de servicio normal a la placa	$Tu_1 := Ts_1 \cdot 1.6 = 787.20\ tonf$	Fuerza última normal sobre la placa
$Ts_2 := 0\ tonf$	Carga de servicio vertical en la placa	$Tu_2 := Ts_2 \cdot 1.6 = 0.00\ tonf$	Fuerza última vertical en la placa
$Ts_3 := 142\ tonf$	Carga de servicio horizontal en la placa	$Tu_3 := Ts_3 \cdot 1.6 = 227.20\ tonf$	Fuerza última horizontal en la placa

Cálculo de barras de anclaje

$d_{anc} := 25\ mm$	Diámetro de barra	$A_{anc} := \frac{\pi \cdot d_{anc}^2}{4} = 4.91\ cm^2$	Área de barra

$\phi_v r_{nvpr} := \phi_v \cdot F_u \cdot A_{anc} = 20.25\ tonf$ Resistencia nominal minorada al corte de una barra

$n_{min} := \frac{\max(Tu_2, Tu_3)}{\phi_v r_{nvpr}} = 11.22$ Cantidad mínima de barras de anclaje necesaria

$n_{anc} := \mathrm{Ceil}(n_{min}, 2) = 12.00$ Cantidad de barras de anclaje a disponer

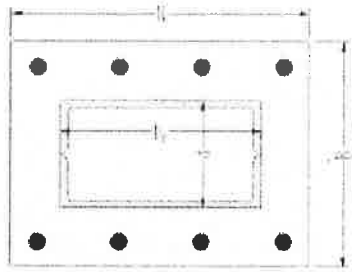
acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0234

Dimensiones Placa

$N := 900\ mm$ Dimensión en X $B := 340\ mm$ Dimensión en Y

$\phi_{perf} := 30\ mm$ Diametro de perforación



$n_{perf} := n_{anc} = 12.00$

$d := 220\ mm$ $b_f := 800\ mm$

Chequeo del área de la placa

$A := B \cdot N - n_{perf} \cdot \left(\pi \cdot \frac{\phi_{perf}^2}{4}\right) = 2975.18\ cm^2$ Area de placa

$A_{req} := \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{Tu_1}{\phi_c \cdot 0.85 \cdot f'_c}\right) = (2.57 \cdot 10^3)\ cm^2$ Area de placa requerida

if$(A_{req} \le A$, "Ok", "Aumentar dimensiones de placa base"$)$ = "Ok"

Chequeo del espesor de la placa

$f_p := \frac{Tu_1}{A} = 264.59\ \frac{kgf}{cm^2}$ Presión uniforme debajo de la placa

$m := \frac{N - 0.95\ b_f}{2} = 70.00\ mm$ $n := \frac{B - 0.95\ d}{2} = 65.50\ mm$

$l := \max(m, n) = 70.00\ mm$ Longitud crítica

$t_{min_1} := l \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot Tu_1}{\phi_f \cdot F_y \cdot B \cdot N}} = 33.47\ mm$ Espesor mínimo requerido

$t_1 := 1.5\ in = 38.10\ mm$ Espesor de placa asumido

if$(t_1 \ge t_{min_1}$, "Ok", "Aumentar espesor de placa base"$)$ = "Ok"

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0233

REVISIÓN DE LA SOLDADURA EN PLACA DE CONEXIÓN

Electrodo a utilizar: AWS E70xx

$F_{EXX} := 70\ ksi = 492.15\ MPa$ — Resistencia límite a tracción del metal de aporte

$\phi F_W := \phi_s \cdot 0.6 \cdot F_{EXX} = 2214.67\ \frac{kgf}{cm^2}$ — Esfuerzo cortante minorado de diseño de la soldadura

$L_{Wv} := b_f = 800.00\ mm$ — Longitud de soldadura a corte

$L_{Wt} := d = 220.00\ mm$ — Longitud de soldadura a tracción

$D_{Wv} := 10\ mm$ — Espesor de soldadura a corte

$D_{Wt} := 10\ mm$ — Espesor de soldadura a tracción

$n_v := 2$ — Número de cordones de soldadura a corte

$n_t := 2$ — Número de cordones de soldadura a tracción

$\beta_v := \text{if}\left(\frac{L_{Wv}}{D_{Wv}} < 100, 1, 1.2 - 0.002 \cdot \frac{L_{Wv}}{D_{Wv}}\right) = 1.00$ — Factor de reducción para la longitud de la soldadura para el corte

$\beta_t := \text{if}\left(\frac{L_{Wt}}{D_{Wt}} < 100, 1, 1.2 - 0.002 \cdot \frac{L_{Wt}}{D_{Wt}}\right) = 1.00$ — Factor de reducción para la longitud de la soldadura para la tracción

$A_{nv} := n_v \cdot L_{Wv} \cdot \frac{D_{Wv}}{\sqrt{2}} = 113.14\ cm^2$ — Area neta a corte

$A_{nt} := n_t \cdot L_{Wt} \cdot \frac{D_{Wt}}{\sqrt{2}} = 31.11\ cm^2$ — Area neta a tracción

$\phi R_n := \phi F_W \cdot (A_{nv} \cdot \beta_v + A_{nt} \cdot \beta_t) = 319.47\ tonf$ — Resistencia del cordon de soldadura

$\frac{\max(Tu_2, Tu_3)}{\phi R_n} = 0.71$

$\text{if}\left(\frac{\max(Tu_2, Tu_3)}{\phi R_n} \le 1, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}\right) = \text{"Cumple"}$

acciona

Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0232

acciona	SOLETANCHE BACHY PARAGUAY	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE BELLA VISTA ASUNCION PARAGUAY	
SISTEMA DE CONTENCIÓN REJAS GRUESAS Y ESTACION DE BOMBEO I		Documento Nº SBPY-PTAR-DING-IT 01	PAGINA 1/34
		Contrato Nº ----------	REV. 0

REVISIONES

IT: TYPE — ISSUE: A - PRELIMINARY; B - FOR APPROVAL; C - FOR INFORMATION; D - FOR QUCTATION; E - FOR CONSTRUCTION; F - AS PURCHASED; G - AS BUILT; H - CANCELED

Rev.	IT	Description	By	Chec	Appr.	Aut.	Date
0	B	PRIMERA EMISIÓN	PM			MF	03/2020
1	B	AJUSTA NIVEL DE PUNTALES	PM			MF	09/2020

acciona
Ing. John Roman
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

ÍNDICE

1.0	OBJETIVO	3
2.0	GENERALIDADES	3
3.0	INFORMACION DE REFERENCIA	4
4.0	NORMATIVAS Y BIBLIOGRAFIA	4
5.0	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS	4
6.0	CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS	5
7.0	ANALISIS Y MODELACION	5
8.0	ESTACION DE BOMBEO 1	7
9.0	ESTACION DE REJAS GRUESAS	19
ANEXO 1 – REFUERZO REJAS GRUESAS		29

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0230

1.0 OBJETIVO

El objeto del presente documento es definir las características estructurales del sistema de contención proyectado para la materialización de la estación de rejas gruesas y estación de bombeo 1, de la planta de tratamiento de aguas residuales Bella Vista.

2.0 GENERALIDADES

El muro colado tiene la función de conformar una pantalla continua de hormigón armado preexistente que permita la excavación hasta los niveles máximos proyectados. Una vez ejecutados los muros in-situ se ejecutará una viga de coronamiento que permita compatibilizar los paneles de muro realizados. El muro ejecutado tiene carácter definitivo.

En la estación de rejas gruesas se ejecutará un muro colado de espesor 0,6m el cual, durante la etapa de excavación, será contenido horizontalmente mediante puntales metálicos, que permite la excavación hasta la cota +49.8m

Para la estación de bombeo 1, se ejecutará una cámara circular de espesor 0,8m, que permite la excavación hasta la cota +47.4m.

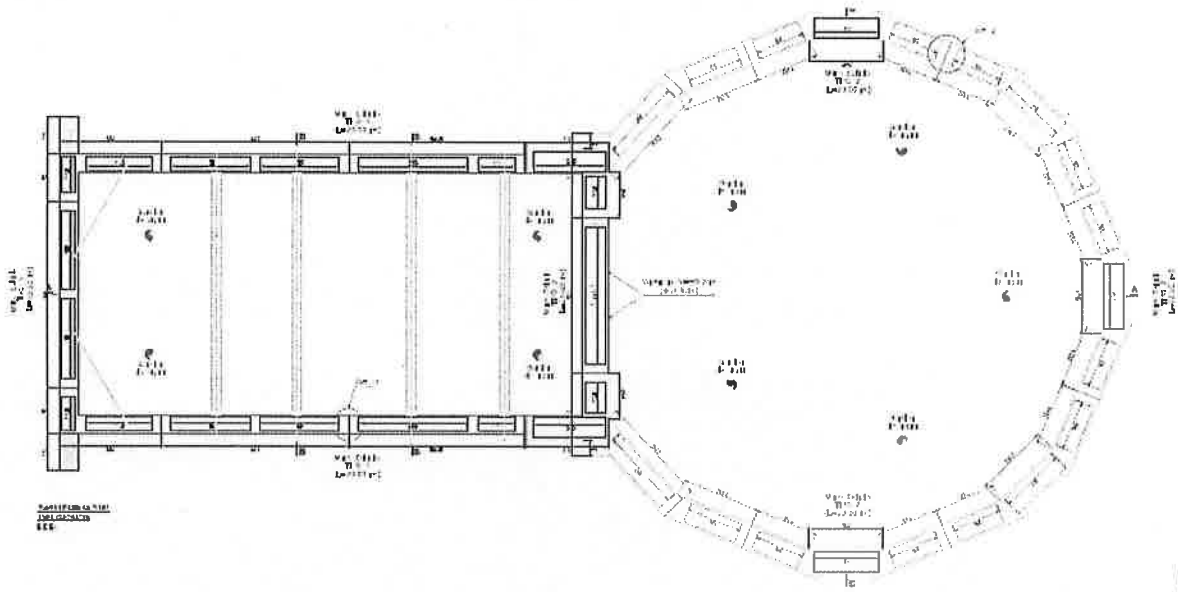


Figura 1. Planta de proyecto

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

2.1 ALCANCE

El alcance del presente documento se limita al análisis de las solicitaciones actuantes en la pantalla por metro lineal de profundidad y determinación de su capacidad estructural en condiciones de servicio para un módulo típico de muro, de acuerdo con los requerimientos e información recibida por el comitente.

3.0 INFORMACION DE REFERENCIA

Ensayos Geotécnicos

- Informe geotécnico realizado por Pavón & Asociados
- 2 Estudio Geotécnico del área de refulado de la PTAR Bella Vista

4.0 NORMATIVAS Y BIBLIOGRAFIA

- ACI 318-05: "Requerimientos para concreto estructural"
- CIRSOC 201 – 2005: "Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón"
- EN 1538:2000: "Execution of special geotechnical works. Diaphragm walls"
- ACI 224.2R-92: " Control de Fisuracion"

5.0 CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

Según el estudio geotécnico en el emplazamiento de la obra, se identifican las siguientes fronteras estratigráficas involucradas en las profundidades de proyecto:

- En los primeros 5,0 metros, suelos heterogéneos compuestos por arenas limosas medianamente densas. Nspt: 10- 20 golpes
- Entre 5,0 a 11,0 metros, suelos finos compuestos por arenas limosas sueltas a muy sueltas. Nspt: 5-10 golpes
- Entre 11,0 a 25,0 metros, arenas limosas medianamente densas a muy densas. Nspt: 20-50 golpes

Considerando los estratos identificados, para el cálculo de las estructuras de contención se toma como hipótesis el siguiente modelo geotécnico de los estratos involucrados:

Unidad	Profundidad	Ysat	Yseco	c	Φ	Ko	Ka	Kp	Kh
	m	t/m3	t/m3	t/m2	(°)				t/m3
0	0 a -5,0	2	1,80	0	35	0,43	0,27	7,3	3000
1	-5,0 a -11,0	2,1	1,85	0	33	0,46	0,29	6,2	2000
2	-11,0 a -25	2,2	1,90	0	38	0,38	0,24	9,0	4000

Tabla 1.Modelo geotécnico

acciona
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0228

Donde:

Ko: empuje en reposo; 1-senΦ
Ka: empuje activo correspondiente a la teoría de Rankine
Kp: empuje pasivo de Caquot, para una inclinación δ/Φ: -0,66
Kh: coeficiente de reacción horizontal

6.0 CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS

El nivel freático de la zona se ubica a -4,0 metros, respecto al nivel de terreno natural. A efecto de verificar las solicitaciones estructurales a largo plazo sobre la estructura permanente, se adopta la máxima ascensión del nivel informada a -1.0m (cota +63.0m)

7.0 ANALISIS Y MODELACION

Una pantalla de hormigón armado se define como una estructura preexistente a la excavación que está emplazada en el suelo, su función principal es la de servir como elemento de sostenimiento de excavaciones abiertas en la masa del terreno.

El análisis de las distintas etapas de construcción se realizó con el programa PARIS ver.W2017b desarrollado por el grupo Soletanche Bachy. Basado en el Método del Módulo de Reacción, este programa considera a la pantalla como una yuxtaposición de vigas verticales solicitadas por empujes laterales de tierras (reposo, activo y pasivo), por sobrecargas, así como por el empuje hidrostático del agua (o con el abatimiento respectivo si es el caso). Considera las distintas etapas del proceso constructivo, la historia de desplazamientos y esfuerzos que se generan.

El modelo de la estación de rejas gruesas, es un modelo bidimensional donde se calculan esfuerzos y desplazamientos para 1m de profundidad. Las solicitaciones de los puntales son obtenidas para las diferentes etapas de ejecución.

El modelo para la estación de bombeo, responde a un modelo con simetría axial, siendo el eje de simetría del centro de la cámara circular. Para el cual se obtienen los esfuerzos en las diferentes etapas.

7.1 ESTADOS BASICOS DE CARGAS

Empuje del terreno

La acción ejercida por el suelo sobre cada cara del elemento de contención es calculada teniendo en cuenta el comportamiento elasto-plástico de los suelos conforme al esquema siguiente:

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

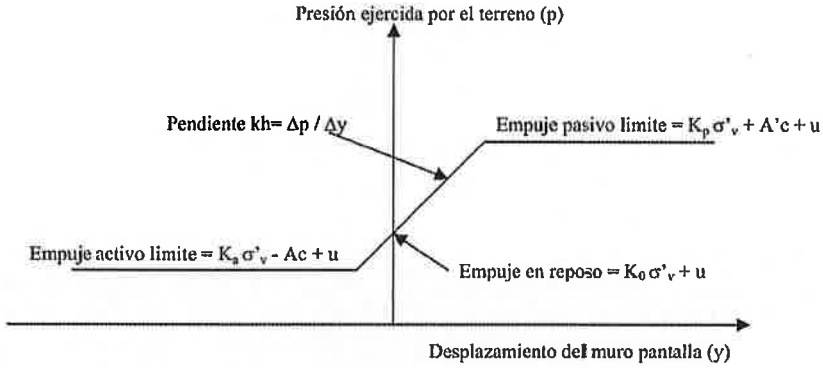


Figura 2. Diagrama Presión - Desplazamiento

El valor de coeficiente de empuje en reposo (Ko), se determina con la teoría de Jacky. El coeficiente de empuje activo (Ka) se calcula con la fórmula de Rankine y el coeficiente de empuje pasivo (Kp) según Caquot-Kerisel, que tiene en cuenta la oblicuidad de la fuerza a -2/3Ø para el estado pasivo.

Para el cálculo de los desplazamientos laterales, el suelo es modelado a través del coeficiente de reacción Kh, dicho parámetro depende de las características del suelo y la rigidez de la pantalla.

Sobrecarga

Para todas las secuencias de análisis, se considera una franja lineal de sobrecarga permanente actuante en la superficie de 2,0 t/m2 con la finalidad de tomar en cuenta las sobrecargas operativas, en la zona de emplazamiento del muro.
La aplicación de dicha sobrecarga sobre la pantalla responde al tipo franja de Boussinesq, que determina la variación de la magnitud de la carga en profundidad.
d: distancia a partir del muro colado;1,0 metros.
b: ancho de franja de carga; 10 metros
Q: magnitud de carga en superficie; 2,0 t/m2

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0226

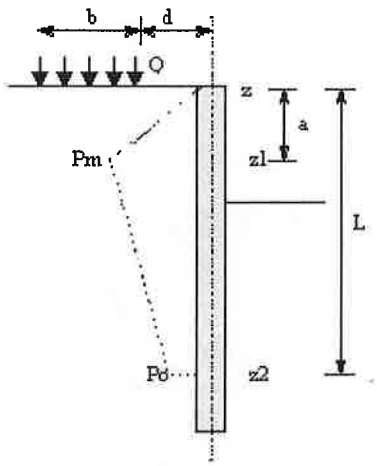


Figura 3. Sobrecarga a nivel de superficie

7.2 COMBINACIONES DE CARGAS

De las etapas analizadas se obtendrán solicitaciones debido a:

H	Empuje de los suelos +Empuje de agua
D	Sobrecarga permanente

Para obtener las solicitaciones ultimas y realizar el diseño de los elementos de hormigón armado se obtiene una envolvente de todos los esfuerzos presentes en las etapas de análisis y a se aplica un factor de mayoración de solicitaciones de γ=1,6.

Combinación de servicio
Para verificación de desplazamientos
CS1 1,0D+1,0H

Combinaciones de carga para Diseño
Para diseño de secciones de H°A°
CC1 1,6 *CS1

8.0 ESTACION DE BOMBEO 1

La estación de bombeo 1 (EBB1), tiene una geometría circular con un radio medio de 8,56m. Se ejecutará con muro colado de espesor 0,8m, apoyado a un nivel de punta de -23,0m.

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0225

8.1 HIPOTESIS DE ANALISIS

Geométricamente la estación de bombeo tiene forma circular y en la zona de interfaz con la cámara de rejas gruesas, es parcialmente plana.

Como estrategia de análisis se analiza: la estación de bombeo considerando que es una estructura circular (modelo ideal), que tiene deformación radial hacia el interior de la cámara y trabaja en toda su sección a compresión, para lo cual se aplica la teoría de tubos de pared gruesa.

Luego se realiza una verificación con un software de elementos finitos, de la geometría real de la cámara (sector plano) de una sección de la cámara sometida a su máxima solicitación a efectos de verificar la hipótesis de comportamiento inicialmente adoptada.

El análisis del pozo circular, se realiza con el software Paris. Con el objeto de obtener los desplazamientos radiales y flexión vertical del muro.
Se considera que el muro es circular y que a toda deformación radial hacia el interior de la excavación se opone la generación de un esfuerzo orto radial en el muro (tubo de pared gruesa). Por lo cual el muro se calcula como una pantalla plana con un apoyo horizontal elástico de rigidez cilíndrica Kcyl.

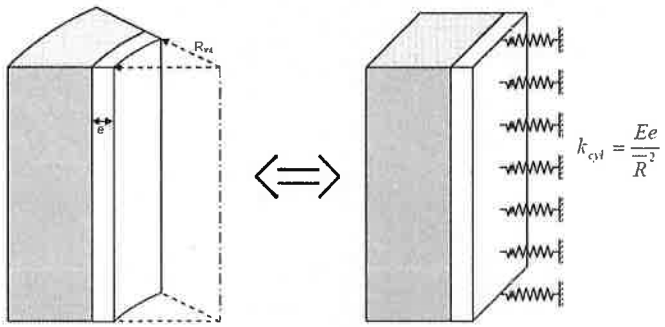


Figura 4. Hipótesis de análisis para representar rigidez cilíndrica.

Para el cálculo y verificación de la sección de hormigón armado del muro circular se define el espesor efectivo de la pantalla circular de contención. El espesor de calculo queda definido como el Espesor geométrico menos el desvió constructivo total posible a nivel de excavación; ec= eg - (2*dc)

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0224

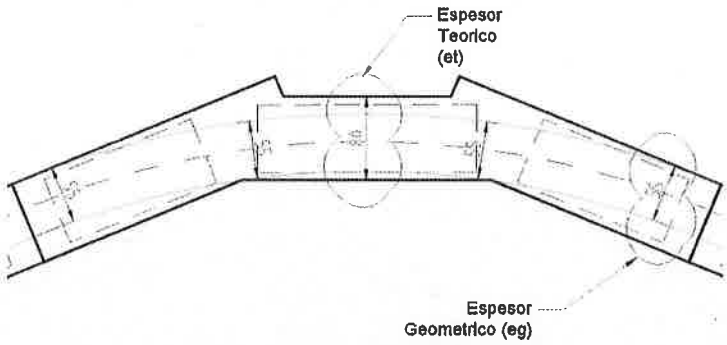
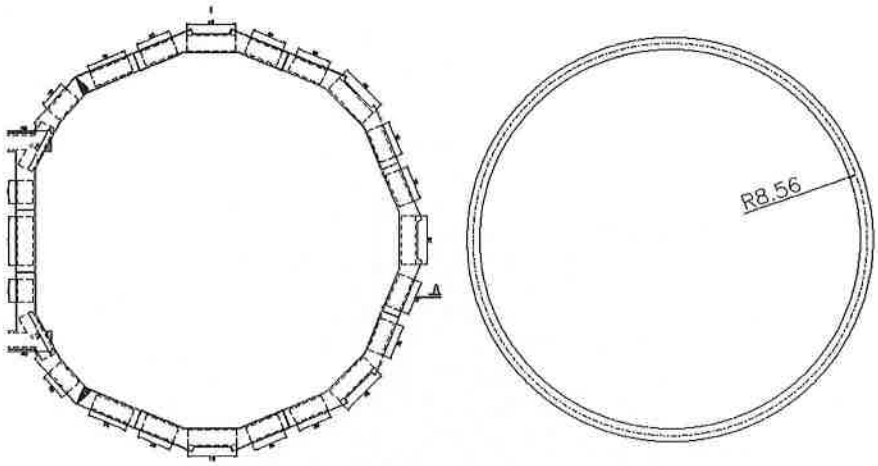


Figura 5. Hipótesis de análisis para representar rigidez cilíndrica.

Para lo cual se considera:

- La geometría real del pozo circular, la cual resulta del arreglo de los paneles rectangulares de muro colado. De lo cual resulta un espesor geométrico de eg=0,55m
- El desvío máximo a nivel de excavación -16,60m, considerando un 0,08% de desviación en la ejecución de los paneles, de lo cual resulta un desvío de dc=16,6*0,08= 0,13m a cada lado, total 0,26m



Geometria Real

Geometria Idealizada

Figura 6. Hipótesis de análisis para representar rigidez cilíndrica.

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

Espesor teórico (et)	Espesor geométrico (eg)	Desvío constructivo (dc)	Espesor de cálculo (ec)	Radio (Rm)	E	Kcyl
m	m	m	m	m	t/m2	t/m3
0,8	0,55	0,27	0,28	8,56	2,57E+06	10677

Tabla 2.Modelo geotécnico

Se verificará la compresión orto radial del muro circular contemplando un espesor de cálculo, tomando en cuenta el espesor de cálculo definido previamente.
Este valor de compresión en condiciones de trabajo deberá ser inferior que el especificado para elementos a compresión de hormigón simple, con falla a aplastamiento.

$$\sigma adm = 0{,}3f'c$$

8.2 SECUENCIA DE ANALSIS

El análisis de las secuencias constructivas se realizó con el programa PARIS ver.W2017b, con la finalidad de obtener la envolvente de solicitaciones que determinará el diseño de los elementos.

Se analiza la siguiente secuencia constructiva:

Etapa 1: Se establece una condición inicial con cota de plataforma de trabajo a 0,0m (Cota +64.00) definida por la cabeza del muro colado.

Etapa 2: Ejecución de muro colado hasta cota de punta -23,0

Etapa 3: Excavación hasta nivel de fondo -16,6m.

Etapa 4: Ascenso extraordinario de Nivel Freático a -1m. (+63.0m)

Etapa 5: Obtención de desplazamientos para un estado de reducción de módulo elástico del hormigón a un 70% del $E_{inicial}$

Etapa 6: Envolvente de Servicio

8.3 GEOMETRIA

La pantalla de hormigón armado tiene las siguientes características:

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

MURO	ESPESOR (mm)	LONGITUD (m)
MC1	800	23,0

Tabla 3. Características de muro colado

8.4 MATERIALES

HORMIGÓN

f´c	30	MPa
Ec	25742	MPa

ACERO

Tipo	ADN500		Para refuerzos
fy	500	MPa	
Es	200000	MPa	
r	10,0	cm	recubrimiento

8.5 SOLICITACIONES Y DESPLAZAMIENTOS

MODELO CIRCULAR

Los resultados completos del análisis en condiciones de servicio se presentan en el Anexo II. Para obtener las solicitaciones ultimas y realizar el diseño de los elementos de hormigón armado se aplicará un factor de mayoración de esfuerzos de γ=1,6.

Los esfuerzos resultantes del análisis son referidos por metro lineal de profundidad.
Estados de Servicio

Combinación	Mtierra	Mexc	Vmax
	t*m/m	t*m/m	t/m
CS1	2,67	5,90	4,95

Tabla 4. Envolvente en Servicio

Estado límite para diseño

Combinación	Mtierra	Mexc	Vmax
	t*m/m	t*m/m	t/m
CC1	4,27	9,44	7,92

Tabla 5. Envolvente de diseño

Verificación de la compresión en el hormigón.
El esfuerzo orto radial máximo de compresión se determina como

acciona
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay
0221

$$\sigma c = P.Rm/ec$$

Donde:
Presión máxima a nivel de excavación
Rm: radio medio
ec: espesor de calculo

P	21	t/m2	Presión a nivel de excavación -16,6m
Rm	8,53	m	Radio medio
ec	0,28	m	Espesor de calculo
σc	63,0	kg/cm2	Compresión en H°

El esfuerzo de compresión máximo en condiciones de servicio para el hormigón es de 63 kg/cm2; que representa 0,21f'c. (21% de la resistencia característica).
Con lo cual se verifica que la sección de hormigón trabaja netamente a compresión, y con un valor por debajo de los máximos admisible de 0,30f'c.

DESPLAZAMIENTOS

Se verifican los desplazamientos máximos esperables en el muro en condiciones de servicio.
Adicionalmente en el análisis Paris se obtiene el factor de seguridad de empuje a nivel de la ficha del muro. El FS en la ficha del muro es la relación existente entre los empujes actuantes en la ficha (desestabilizantes) y el empuje pasivo del terreno (estabilizante) a dicho nivel.

Combinación	δ	FS
	mm	-
CS1	2,5	4

Tabla 6. Desplazamientos máximos.

El desplazamiento máximo esperable en condiciones de servicio es de 2,5mm hacia el interior de la excavación, lo que muestra que el cilindro de hormigón trabaja a compresión.

VERIFICACION DE ESFUERZOS MODELO FEM

Si bien la cámara EBB1 tiene uno de sus lados rectos, se tomó como hipótesis inicial de análisis, que dicha estructura trabaja a compresión neta, pudiendo asimilarla a un tubo de pared gruesa.

A efectos de validar la hipótesis de que la sección completa de la cámara trabaja a compresión, se realiza un modelo FEM de una sección de 1m de altura, situada a un

acciona
Ing. John Roman
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

nivel de -16,6m, que representa el empuje máximo de la cámara EEB. Dicho modelo toma en cuenta la geometría real de la estructura formada por paneles.

La modelación se realiza con el programa SAP2000, en el cual se representa un anillo de idénticas características geométricas al muro a ejecutar. Se emplean elementos tipo Shell, que se le asignan las propiedades de material H30.

En elementos tipo "Shell" en posible visualizar diagramas correspondientes a esfuerzos axiales, estos se dan en función de los ejes locales, por convención en el SAP2000 el eje rojo es el eje local 1, el verde es el eje local 2 y el azul es el eje local 3. En cada elemento modelado se pueden visualizar los esfuerzos, siendo los S11 los esfuerzos axiales en la dirección radial y S22 en la dirección orto-radial. En ambos casos el signo negativo (-) significa compresión y positivo (+) tracción

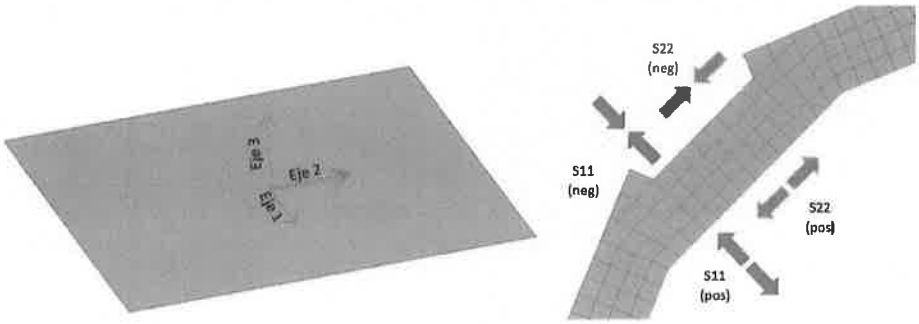


Figura 7. Convención de signos empleada.

Se modela un anillo de 1m de altura, ubicado a una profundidad de -16,6m.

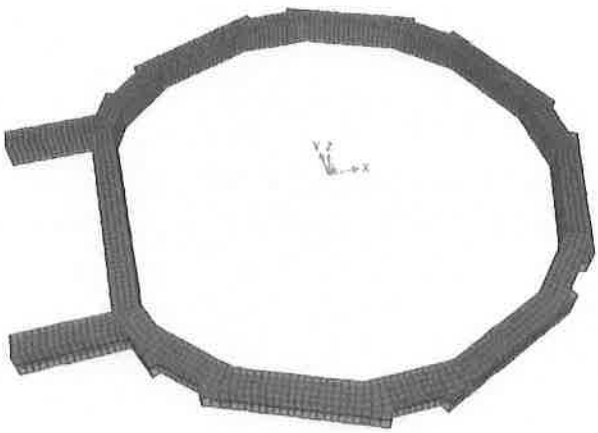


Figura 8. Anillo modelado en FEM con geometría real

acciona
Ing. John Roman
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

En la sección se aplica una carga correspondiente a 21tn/m2, en todo el perímetro. De igual manera se modelan las juntas machihembradas del muro colado. La cuales se representan como puntos que permiten la rotación de los elementos en su plano.

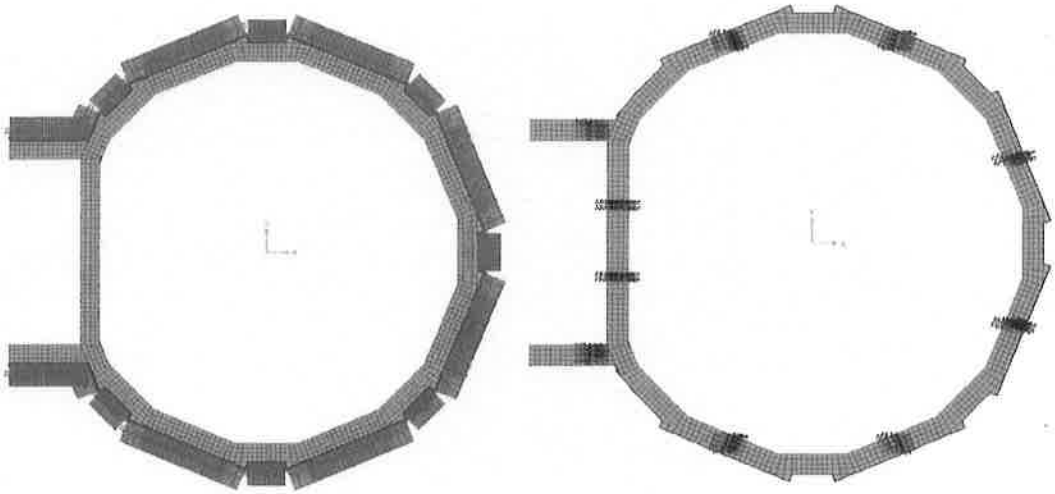


Figura 9. Cargas en anillo y juntas

Se verifican los esfuerzos S22, que corresponden a los esfuerzos orto radiales actuantes en la sección.

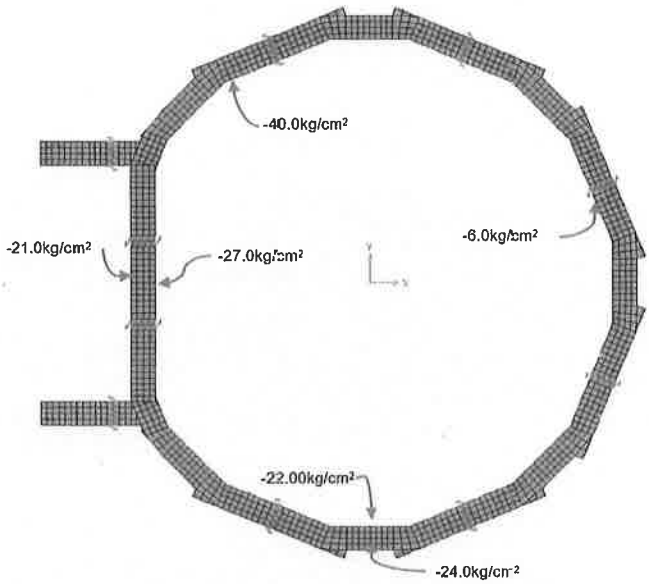


Figura 10. Esfuerzos S22 Orto radiales

acciona
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

Se observa que toda la sección está sujeta a compresión, con valores máximos de esfuerzos de -40kg/cm2, y valores mínimos de -6 kg/cm2. Con lo cual no hay secciones traccionadas en la cámara.
Se presenta la deformación de la sección, donde se verifica que las deformaciones son mínimas en el sector de la pared plana, y en el resto del anillo son deformaciones hacia el interior de la cámara, lo cual es congruente con los resultados de los esfuerzos y demuestran que la cámara trabaja netamente a compresión.

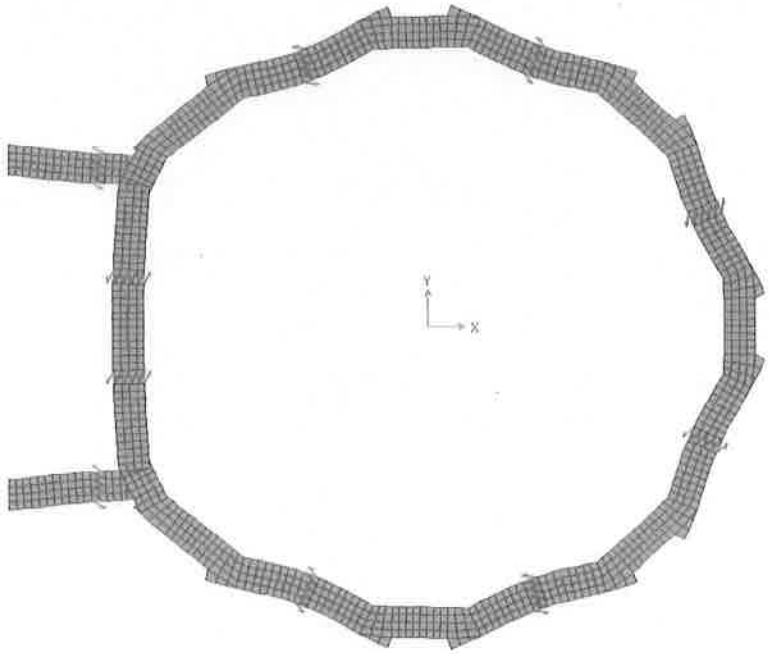


Figura 11. Deformaciones radiales.

De lo anterior se concluye que la cámara trabaja a compresión y es válida la hipótesis de analizarla como una cámara circular (tubo de pared gruesa).
Los esfuerzos obtenidos con el modelo FEM son similares a los obtenidos con un análisis analítico.

- Esfuerzo a compresión (tubo grueso)= -63 kg/cm2
- Esfuerzo a compresión (FEM)= -40 kg/cm2

Con lo cual, se adoptarán los esfuerzos a compresión más desfavorables (-63 kg/cm2), a efectos de verificar las secciones de hormigón.

8.6 DIMENSIONAMIENTO DEL MURO

A partir de las características materiales, geométricas y las solicitaciones últimas de diseño resultantes del análisis de interacción, se dimensiona el refuerzo necesario para

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

021

la pantalla por metro lineal de pantalla. El detalle de las barras y refuerzos se presenta en el plano de armadura correspondiente.

Conforme a las solicitaciones ultimas y al esfuerzo a compresión del hormigón, se concluye que el muro colado, no requiere refuerzo estructural.
Para lo cual se dispone la armadura mínima a flexión

Si $f'_c \leq 30$ MPa $\qquad A_{s\,min} = 1{,}4 \cdot b_w \cdot d / f_y$

bw	1000	mm	base
E	800	mm	Espesor del muro
r	75	mm	recubrimiento
d	725	mm	altura útil
fy	500	Mpa	

Asmin	24	cm2/m	Armadura mínima

Se dispone refuerzo mínimo en toda la sección de 24 cm2/m por metro, en cada cara (lado tierra – lado excavación) conforme a plano.

Armadura Longitudinal:

- Lado Tierra: 24,0 cm2/m
- Lado Excavación: 24,0 cm2/m

Armadura Transversal:

- Estribos: Ø10 y Ø12 mm c/20 cm

Se dispondrán refuerzos Ø 16 mm a efectos de rigidizar la jaula durante etapas de izaje y posicionamiento.

8.7 VERIFICACION A SIFONAMIENTO

Debido a que la estación de bombeo está emplazada en un terreno fino arenoso de elevada permeabilidad, en la cual se realizará un bombeo interior a efectos de realizar los trabajos de excavación en seco, resulta necesario realizar la verificación de sifonamiento del fondo.
El fenómeno de sifonamiento se caracteriza por un arrastre de partículas, que produce erosión interna en el terreno natural a causa del flujo ascendente de agua, el cual anula las tensiones efectivas del terreno.

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0216

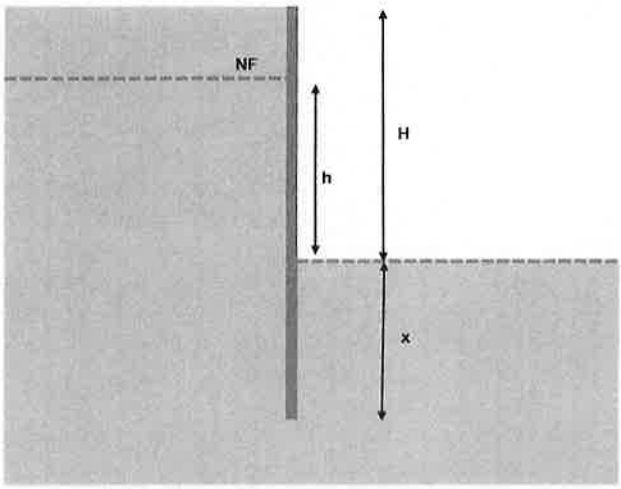


Figura 12. Esquema sifonamiento

El factor de seguridad asociado es la relación entre el gradiente crítico y el gradiente hidráulico existente. Se recomienda que el factor de seguridad sea superior a 1,5.

$$icrit = \frac{\gamma'}{\gamma w}$$

$$i = \frac{h}{h + 2x}$$

$$FS = \frac{icrit}{i}$$

Profundidad del Nivel Freático (NF) =	4,0	m
Profundidad Máxima de Excavación (H) =	17,0	m
Peso Específico Saturado (γ_{sat}) =	1,80	tn/m3
Peso Específico Saturado (γ_w) =	1,00	tn/m3
Empotramiento (x) =	6,0	m
Gradiente Hidráulico Crítico (i_{cri})=	0,8	
Gradiente hidráulico (i) =	0,52	

FS= 1,54

Con lo cual, el muro apoyado a una cota de -23m, satisface la falla de fondo con un factor de seguridad de 1,54.

acciona
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0215

8.8 VERIFICACION A FLOTACION

Debido a la existencia de nivel freático superficial, se realiza la verificación a flotación de la estructura. Considerando su etapa más desfavorable a ser: la cámara vacía, una vez ejecutada su losa de fondo de cierre, sujeta a toda la presión hidráulica en su fondo. Esta verificación tiene el objeto de asegurar que, bajo las condiciones de servicio, el peso de la estructura, las fuerzas friccionantes muro/suelo y las barrettes del fondo, sean superiores a la solicitación de subpresión del agua ejercida en la losa.

$$W + Fr + Fb > Fw$$

W= peso total de la estructura.
Fr= friccion muro/suelo
Fb= fuerza a aportada por barrettes
Fw= fuerza de flotacion

Verificación a flotación

Área de fondo 208 m2

Fuerzas Estabilizantes

Peso propio

Peso muro Cámaras	2528,2 tn	
Peso losa e=0,8	399,4 tn	
Total Propio	**2927,5 tn**	

Fricción muro perimetral

P.muro	62,2 m	perímetro muro
Lfricc.	4 m	Long. Friccionante (4m debajo de la exc)
Lado Fricción	1	lados que aportan fricción (externo)
fs adm	2 t/m2	fricción admisible suelo
Total Fricción	**497,6 tn**	

Barrettes

base	2,7 m	
espesor	0,5 m	
Long	10 m	A partir del fondo
Ppropio	18,9 tn	Peso sumergido
perimetro	6,4 m	

acciona
Ing. John Arnian
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A - Sucursal Paraguay

fadm	2	t/m2
Carga friccion	128	tn
Carga total barrette	146,9	tn
NB	4	
Total barrettes	**587,6**	**tn**
Total fuerzas Estab	**4012,7**	**tn**

Fuerzas desestabilizantes

Namax	63	m	nivel de agua máxima
Ninf.losa	47,4	m	
Presion Agua	15,60	ton/m2	
Area losa	208,00	m2	
Fuerza Hidrostatica	**3244,80**	**tn**	
Total fuerzas Desestab	**3244,8**	**tn**	
FS	1,24		

9.0 ESTACION DE REJAS GRUESAS

La estación de rejas gruesas, será ejecutada con muro colado de espesor 0,6m con una cota de apoyo de -20m. A medida que se avanza con la excavación se dispondrán puntales para contener los empujes horizontales actuantes sobre el muro.

acciona
Ing. Jo n Ro n
Director de Obra
Acciona Agua S.A.

0213

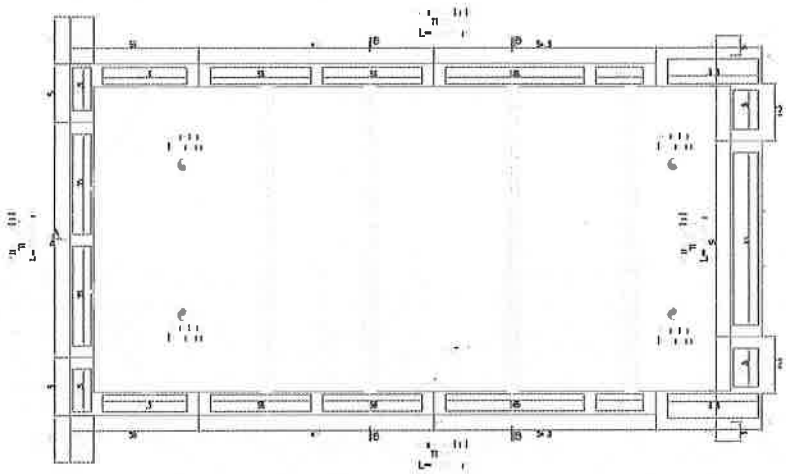


Figura 13. Planta Rejas Gruesas

El muro por ejecutar entre estructuras de rejas gruesas/estación de bombeo se lo considera como un elemento divisorio que comunica hidráulicamente ambas cámaras. Por lo que no se considera un elemento portante capaz de resistir diferencias de empuje hidráulico.

9.1 SECUENCIA DE ANALISIS

El análisis de las secuencias constructivas se realizó con el programa PARIS ver.W2017b, con la finalidad de obtener la envolvente de solicitaciones que determinará el diseño de los elementos. Los resultados del análisis se expresan por 1m lineal de profundidad.

Se analiza la siguiente secuencia constructiva:

Etapa 1: Se establece una condición inicial con cota de plataforma de trabajo a 0,0m (Cota +64.00) definida por la cabeza del muro colado.

Etapa 2: Ejecución de muro colado hasta cota de punta -20,0

Etapa 3: Excavación hasta cota de apoyo de puntal temporal

Etapa 4: Ejecución de Puntal AL1.

Etapa 5: Excavación hasta cota de apoyo de puntal.

Etapa 6: Ejecución de Puntal AL2.

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. Sucursal Paraguay

Etapa 7: Excavación hasta cota de apoyo de puntal.

Etapa 8: Ejecución de Puntal AL3

Etapa 9: Excavación hasta nivel de fondo -14,20m.

Etapa 10: Construcción de losa de fondo

Etapa 11: Construcción de Puntales definitivos de H°A° (AP1/AP2/AP3)

Etapa 12: Ascenso extraordinario de Nivel Freático a -1m. (+63.0m)

Etapa 13: Etapa de cámara llena interna (cota +58.0m) y Nivel freático medio externo (+60.0m)

Etapa 14: Obtención de desplazamientos para un estado de reducción de módulo elástico del hormigón a un 70% del $E_{inicial}$

Etapa 15: Envolvente de Servicio

9.2 GEOMETRIA

La pantalla de hormigón armado tiene las siguientes características:

MURO	ESPESOR (mm)	LONGITUD (m)
MC1	600	20,0

Tabla 7. Características de muro colado

PUNTALES TEMPORALES	
Nivel	Separación media
m	m
-3,7	3,6
-7,7	3,6
-10,20	3,6

Tabla 8. Niveles de los puntales temporales

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0211

PUNTALES DEFINITIVOS	
Nivel	Separación media
m	m
-3,0	3,6
-7,0	3,6
-11,65	3,6

Tabla 9. Niveles de los puntales permanentes

El análisis se realiza para ambos niveles de apuntalamiento, y el dimensionamiento de la sección de hormigón se realiza para la envolvente de esfuerzos.
Los niveles indicados corresponden a ubicaciones teóricas, la ubicación final de los puntales, será la indicada en los planos constructivos.
Alcanzado el nivel máximo de excavación, el comitente construirá muros internos y puntales de hormigón definitivos indicados en los planos.

9.3 MATERIALES

HORMIGÓN

f´c	30	MPa
Ec	25742	MPa

ACERO

Tipo	ADN500		Para refuerzos
fy	500	MPa	
Es	200000	MPa	
r	10,0	cm	recubrimiento

La cámara debido a la naturaleza de su funcionamiento, estará expuestas en su cara interna al agua residual que deban contener. Debido a esto, se limitará la tensión de trabajo del acero de refuerzo en la cara excavación a σ=1500kg/cm2, a efectos de garantizar una apertura de fisura menor a 0,1mm, cumpliendo con lo recomendado por ACI 224.

9.4 SOLICITACIONES Y DESPLAZAMIENTOS

acciona
Ing. John Roman
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

SOLICITACIONES

Los resultados del análisis en condiciones de servicio se presentan en los anexos. Para obtener las solicitaciones ultimas y realizar el diseño de los elementos de hormigón armado se aplicará un factor de mayoración de esfuerzos de γ=1,6.

Los esfuerzos resultantes del análisis son referidos por metro lineal de profundidad.
Estados de Servicio

Combinación	Mtierra	Mexc	Vmax
	t*m/m	t*m/m	t/m
CS1	27,00	45,00	37,00

Tabla 10. Envolvente en Servicio

Estado límite para diseño

Combinación	Mtierra	Mexc	Vmax
	t*m/m	t*m/m	t/m
CC1	43,20	72,00	59,20

Tabla 11. Envolvente de diseño

Las solicitaciones en los puntales obtenidas en el análisis son referidas por metro lineal de profundidad, por lo que éstas deben ser afectadas por la separación en planta de los puntales para obtener la solicitación neta actuante.

Nivel 1: -3m		Nivel 2:-7m		Nivel 3: -11.65m	
Puntal	Carga (tn)	Puntal	Carga (tn)	Puntal	Carga (tn)
1.1	84	1.2	147	1.3	159
2.1	84	2.2	147	2.3	159
3.1	84	3.2	147	3.3	159
4.1	112	4.2	157	4.3	170
5.1	47	5.2	80	5.3	87

Tabla 12. Solicitaciones en los puntales permanentes

La ubicación de los elementos será presentada a detalle en los planos de obra correspondientes.

acciona
Ing. John Roman
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0203

DESPLAZAMIENTOS

Se verifican los desplazamientos máximos esperables en el muro en condiciones de servicio.
Adicionalmente en el análisis Paris se obtiene el factor de seguridad de empuje a nivel de la ficha del muro. El FS en la ficha del muro es la relación existente entre los empujes actuantes en la ficha (desestabilizantes) y el empuje pasivo del terreno (estabilizante) a dicho nivel.

Combinación	δ	FS
	mm	-
CS1	9,7	2,0

Tabla 13. Desplazamientos máximos.

9.5 DIMENSIONAMIENTO

A partir de las características materiales, geométricas y las solicitaciones últimas de diseño resultantes del análisis de interacción, se dimensiona el refuerzo necesario para la pantalla por metro lineal de pantalla. El detalle de las barras y refuerzos se presenta en el plano de armadura correspondiente.

El refuerzo por disponer será el mayor resultante que cumpla los requisitos estructurales del elemento (Armadura necesaria a flexión) y el refuerzo necesario para satisfacer un ancho de apertura de fisura en la cara interna del muro <0,1mm (limita el esfuerzo de trabajo del acero a 1500kg/cm2)

El detalle de la verificación se muestra en el Anexo II. El refuerzo está proyectado para satisfacer la seguridad adecuada para todas las solicitaciones ultimas.

Armadura Longitudinal:

- Lado Tierra: 19,0 cm2/m
- Lado Excavación: 34,7,0 cm2/m necesaria por calculo. Necesaria por fisuración 45cm2/m; se dispone 45 cm2/m

Armadura Transversal:

- Estribos: Ø10 mm c/20 cm

Se dispondrán refuerzos Ø 16 mm a efectos de rigidizar la jaula durante etapas de izaje y posicionamiento.

acciona
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay
0202

9.6 VERIFICACION A SIFONAMIENTO

Debido a que la estación de bombeo está emplazada en un terreno fino arenoso de elevada permeabilidad, en la cual se realizará un bombeo interior a efectos de realizar los trabajos de excavación en seco, resulta necesario realizar la verificación de sifonamiento del fondo.
El fenómeno de sifonamiento se caracteriza por un arrastre de partículas, que produce erosión interna en el terreno natural a causa del flujo ascendente de agua, el cual anula las tensiones efectivas del terreno.

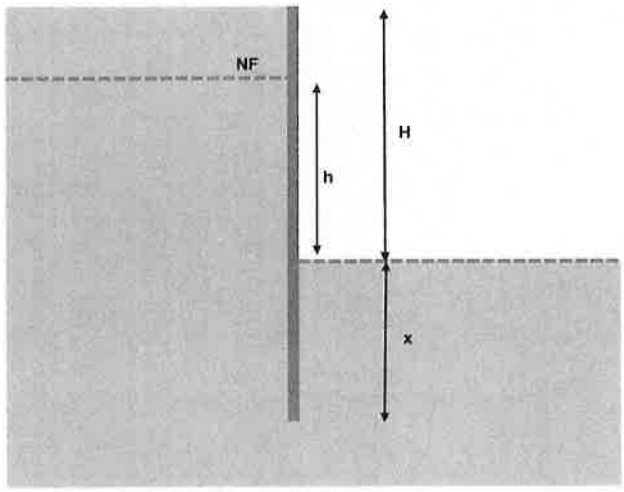


Figura 14. Esquema sifonamiento

El factor de seguridad asociado es la relación entre el gradiente crítico y el gradiente hidráulico existente. Se recomienda que el factor de seguridad sea superior a 1,5.

$$icrit = \frac{\gamma'}{\gamma w}$$

$$i = \frac{h}{h + 2x}$$

$$FS = \frac{icrit}{i}$$

Profundidad del Nivel Freático (NF) =	4,0	m
Profundidad Máxima de Excavación (H) =	14,5	m
Peso Específico Saturado (γ_{sat}) =	1,80	tn/m3
Peso Específico Agua (γ_w) =	1,00	tn/m3
Empotramiento (x) =	5,5	m

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0207

Gradiente Hidráulico Crítico (i_{cri})= 0,8
Gradiente hidráulico (i) = 0,49

FS= 1,64

Con lo cual, el muro apoyado a una cota de -20m, satisface la falla de fondo con un factor de seguridad de 1,64.

9.7 VERIFICACION A FLOTACION

Verificación a flotación

Área de fondo 127 m2

Fuerzas Estabilizantes

Peso propio

Peso muro Cámaras	1230,2 tn	
Peso losa e=0,8	243,8 tn	
Total P.propio	**1474,1 tn**	

Fricción muro perimetral

P.muro	46,4 m	perímetro muro
Lfricc.	4 m	Long. Friccionante (4m debajo de la exc)
Lado Fricción	1	lados que aportan fricción (externo)
fs adm	2 t/m2	fricción admisible suelo
Total Fricción	**371,2 tn**	

Barrettes

base	2,7	m	
espesor	0,5	m	
Long	10	m	A partir del fondo
Ppropio	18,9	tn	Peso sumergido
perímetro	6,4	m	
fadm	2	t/m2	
Carga fricción	128	tn	
Carga total barrette	146,9	tn	
NB	3		
Total barrettes	**440,7**	**tn**	

acciona
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

Total fuerzas Estab	**2286,0**	**tn**

Fuerzas desestabilizantes

Namax	63	m	nivel de agua máxima
Ninf.losa	49,8	m	
Presion Agua	13,20	ton/m2	
Area losa	127,00	m2	
Fuerza Hidrostatica	**1676,40**	**tn**	

Total fuerzas Desestab	**1676,4**	**tn**

FS	1,36	

10.0 BARRETTES

Se determina el refuerzo necesario a disponer en las barrette ubicadas en el fondo de las cámaras, las cuales tienen la función de brindar estabilidad ante la flotación de las estructuras y acortar luces de flexión en las losas de fondo.
El acero del refuerzo en condiciones de servicio, se limitará a una tensión de trabajo de 1500kg/cm2.

N°b	30	un	Cantidad de barras
db	3,14	cm2	Área de barra - phi 20mm
As	94,2	cm2	Área total de refuerzo
fy	5000	kg/cm2	limite elástico acero
Φ	0,9		Factor minoración de resistencia
Ft	146	tn	Solicitación servicio barretas
Y	1,6		Factor mayoración de cargas
Fn	423,9	tn	Φ*As*fy; fuerza nominal

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Para.

Ftu 233,6 tn Y*Ft; solicitación mayorada

Fn>Ftu verifica

Esfuerzo de acero en estado de servicio

Ft	146	tn	Solicitación servicio barreta
As	94,2	cm2	Área total de refuerzo
σs	1550	kg/cm2	Tensión de acero en servicio OK

El refuerzo dispuesto satisface las solicitaciones ultimas y servicio.

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0204

ANEXO 1 – REFUERZO REJAS GRUESAS

REFUERZO LONGITUDINAL

Resististencia especificada a compresión del hormigón =	f'_c =	30	MPa
Tensión de fluencia especificada de la armadura =	f_y =	500	MPa

Módulo de elasticidad del acero =	E_s =	200000	MPa
Deformación de fluencia del acero =	ε_y =	2,500	‰
Factor que relaciona la altura del bloque de tensiones de compresión rectangular equivalente con la profundidad del eje neutro =	β_1 =	0,850	
Cuantía mínima de la armadura traccionada =	ρ_{min} =	0,0028	
Factor de reducción de la resistencia. Secciones controladas por tracción =	ϕ =	0,90	

DATOS DE LA SECCION TRANSVERSAL

Ancho del borde comprimido de la sección transversal =	b =	1,00	m
Altura total de la sección transversal =	h =	0,60	m
Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal comprimida =	d' =	0,10	m
Recubrimiento efectivo a eje de barra =	d'_s =	0,10	m

LADO TIERRA

SOLICITACIONES

Momento mayorado =	M_u =	416,00	kN·m

RESULTADOS

Área de la armadura longitudinal comprimida =	A'_s =	0,00	cm2
Área de la armadura longitudinal traccionada, no tesa =	A_s =	19,21	cm2

Área mínima para flexión simple =	$A_{s\,min}$ =	14,00	cm2

Se adopta armadura necesaria As= 19,2 cm2/m

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0203

LADO EXCAVACION

SOLICITACIONES

Momento mayorado =	M_u =	720,00	kN·m

RESULTADOS

Área de la armadura longitudinal comprimida =	A'_s =	0,00	cm2
Área de la armadura longitudinal traccionada, no tesa =	A_s =	34,31	cm2

Se adopta armadura As= 34,2 cm2/m

VERIFICACIÓN A CORTE

La verificación a esfuerzos de corte se realiza de acuerdo con lo indicado en el punto 11.3. Se calcula para una sección de ancho 3,1m que corresponde al área de influencia de un panel armado. Si bien el refuerzo dispuesto corresponde a un acero fy 500MPa, el reglamento limita la tensión de fluencia para estribos a fyt:420 MPa

Características de los materiales

f´c	**30**	MPa	Resistencia a la compresión
fyt	**420**	MPa	Fluencia de estribos
Φ	**0,75**		Minoración de resistencia por corte

Solicitaciones

Vu	1829	KN	59 x 3.1 =1829 kN
Vn	2439	KN	Vu/Φ

Geometría

bw	3100	mm	Ancho
h	600	mm	
r	100	mm	recubrimiento
d	500	mm	Altura útil

Resistencia al corte aportado por el Hº

Vc	1415	KN

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0202

Requiere refuerzo

Estribado Necesario

Av/s	2859,724	mm2/m	Area requerida en plano de estribado
Av/s	28,60	cm2/m	Area requerida en plano de estribado

Estribado mínimo

Av/s 25,2 cm2/m Si $f'_c \geq 30$ MPa $\frac{A_v}{s} \geq \frac{1}{16} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{b_w}{f_{yt}}$

Separación máxima de estribos

smax 26,25 cm Ec.11.5.5.1

Diseño de refuerzo

de	10	mm	Diámetro estribo
Av1	0,78	cm2	Área estribo
n	10		numero de ramas
Sep	20	cm	Separación adoptada
Adisp	39	cm2/m	Armadura dispuesta

Se dispone estribado 10 mm c/20 cm/ 10 ramas según plano, para un panel de 3,1m de hormigón.

VERIFICACIÓN A PUNZONADO.

Se verifica para la condición más desfavorable, siendo la solicitación del puntal correspondiente al 3er nivel, con una carga en servicio de 190 tn.

Perímetros críticos de acuerdo con 11.12.1.2 CIRSOC 201 2005

CARACTERISTICAS DEL MURO

Geometría

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0201

h	**600**	mm	espesor
Cc	**100**	mm	recubrimiento
Db	**25**	mm	Diámetro de barra
d	500	mm	Altura útil efectiva

Puntal

Ts	**1900**	KN	Solicitación de anclaje en servicio
γ	**1,6**		Factor de mayoración de cargas
α	**0**	°	inclinación

Placa de Apoyo

bx	**550**	mm	Dimensión de la placa en x
by	**550**	mm	Dimensión de la placa en y

Verificación a punzonado

bo	4250	mm	Perímetro critico
Ao	1,12	m2	Área del perímetro critico

Esfuerzo de corte por metro

qu	234,5	Kpa	Txu/S^2
Tu	2775,1	kN	Txu-qu*Ao
Vu	1274	Kpa	Tu/(bo*d)

Resistencia aportada por el hormigón

Vc	1825,7	Kpa	Resistencia nominal H°=(√f´c)/3
Vn: Φ*Vc	1369,3	KPa	

Vu	<	Vn: Φ*Vc
Kpa		Kpa
1274	<	1369

verifica

No se requiere disponer de refuerzo adicional para punzonado.

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

VERIFICACIÓN A FLEXION HORIZONTAL

Se verifica la flexión horizontal del muro, en la zona de apoyo del puntal. Se verifica para la condición más desfavorable, siendo la solicitación del puntal correspondiente al 3er nivel, con una carga en servicio de 190 tn.

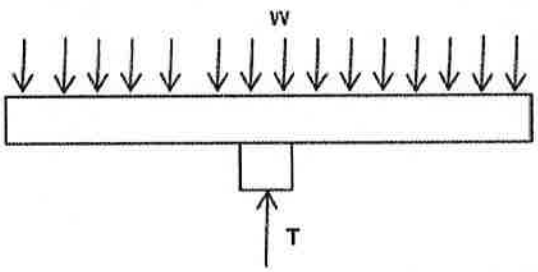
Geometría

h	**600**	mm	espesor
Cc	**100**	mm	recubrimiento
Db	**20**	mm	Diámetro de barra
d	500	mm	Altura útil efectiva
b	**1500**	mm	Altura a distribuir el refuerzo
Ltrib	**3100**	mm	Ancho tributario

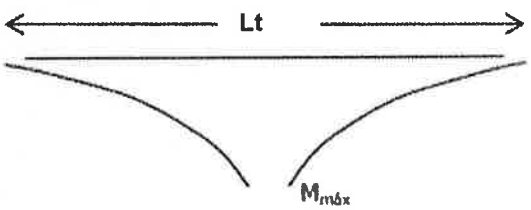
Puntal

Ts	**1900**	KN	Solicitación del puntal en servicio
γ	**1,2**		Factor de mayoración de cargas
α	**0**	°	inclinación, respecto a Hz

Muro en planta



Momento en zona de Apoyo



Tx	1900,0	KN	Carga en X
Txu	2280,0	KN	Solicitación ultima : Tx*γ
W	735,5	KN/m	Carga distribuida W=Txu/Lt
Mu	884	kN*m/m	Momento ultimo Mu=w*(Lt/2^2)/2

Armadura por disponer

acciona
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

Db	**20**	mm
Nb	**16,0**	un
As	5026,5	mm2

Cálculo de momento resistente

ρ	0,00651	
q	0,13396	
Mr	913	kN*m/m

Mr >Mu Verifica

Se dispone refuerzo horizontal en zona de apoyo de puntales, según plano.

acciona
Ing. Obras Civiles
Dirección de Obra - PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0198

code	B mobilizable	B mobilised	Coeff.
[MM1]			

Unidad0 Unidad0

Unidad1 Unidad1

Unidad2 Unidad2

1. Condiciones iniciales

Data file : 01-MC800 rv02

for 1 u :

M Bending Moment	10.00 t.m/m
V Shear F.	10.00 t/m
d Displact * 1e3	20.00 m E-3
Active / Passive pres.	5.00 t/m2
Length	2.50 m

PTAR - Estacion de Bombeo 1
Paraguay
P.Méndez

2019

Soletanche-Bachy Argentina

SOLETANCHE BACHY

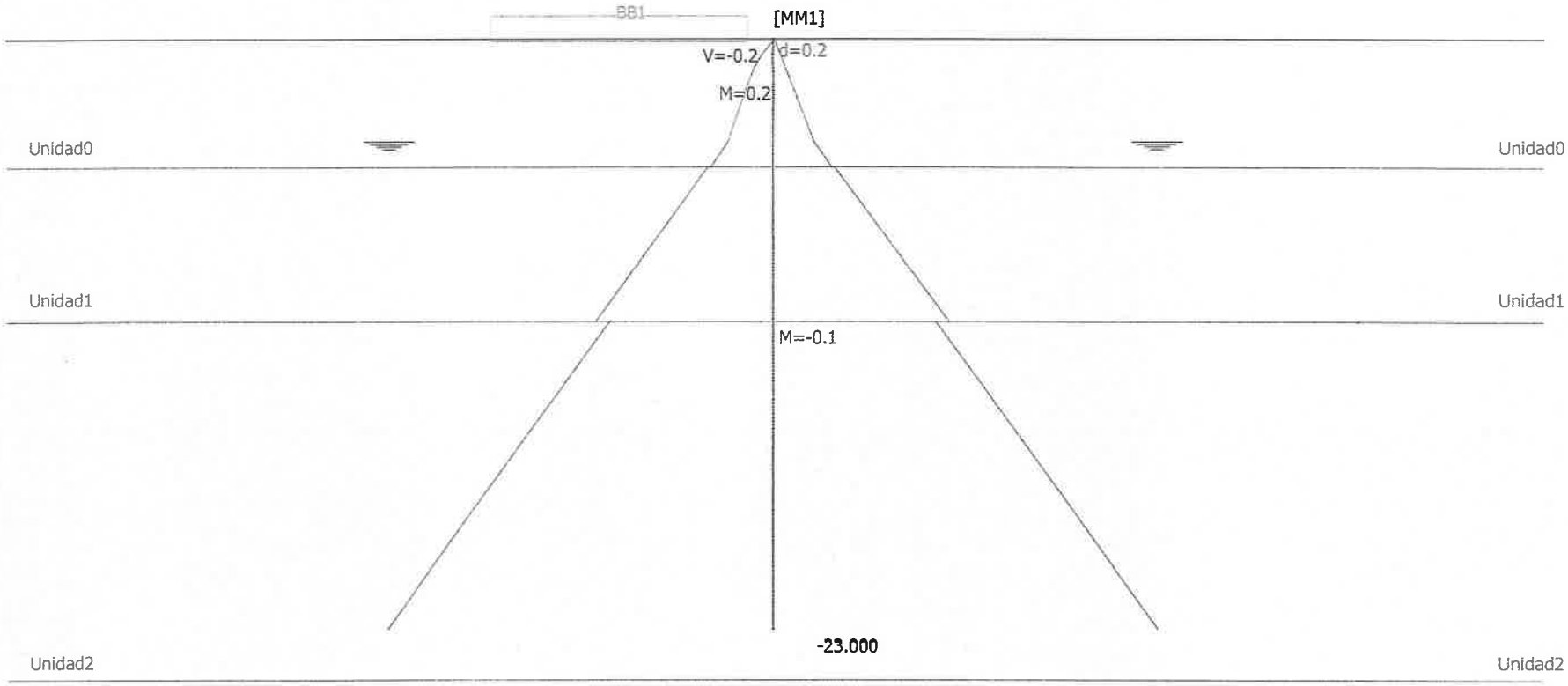
Tel:33 01 47 76 42 62
280 Av Napoleon Bonaparte - 92500 Rueil Malmaison
SOLETANCHE BACHY FRANCE

acciona

0197

code	Y	M min	Y	M max	Y	V max	Y	dmax
[MM1]	-11.75	-0.1	-2.24	0.2	-0.70	-0.2	-0.5	0.2

code	B mobilizable	B mobilised	Coeff.
[MM1]			



for 1 u :

M Bending Moment	10.00 t.m/m
V Shear f.	10.00 t/m
d Displact * 1e3	20.00 m E-3
Active / Passive pres.	5.00 t/m2
Length	2.50 m

2. Construcci?n Muro circular MC800

Data file : 01-MC800 rv02

PTAR - Estacion de Bombeo 1
Paraguay
P.Méndez

2019

SOLETANCHE BACHY

Soletanche-Bachy Argentina

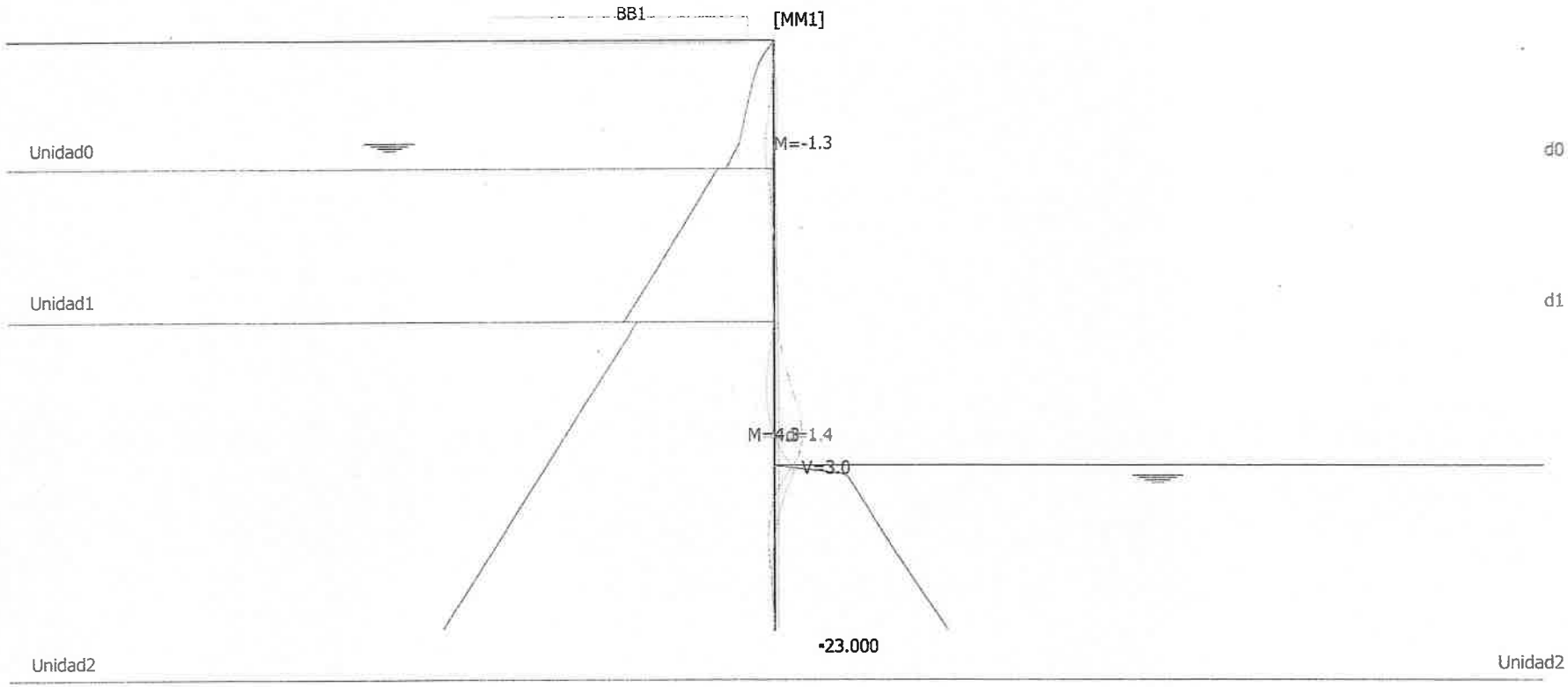
Tel:33 01 47 76 42 62
280 Av Napoleon Bonaparte - 92500 Rueil Malmaison
SOLETANCHE BACHY FRANCE

acciona

Aguinca Agua S.A. - Sucursal Paraguay

code	Y	M min	Y	M max	Y	V max	Y	dmax
[MM1]	-4.20	-1.3	-15.50	4.3	-16.80	3.0	-15.6	1.4

code	B mobilizable	B mobilised	Coeff.
[MM1]	237.808	40.687	5.84



for 1 u :

M Bending Moment	10.00 t.m/m
V Shear F.	10.00 t/m
d Displact * 1e3	20.00 m E-3
Active / Passive pres.	5.00 t/m2
Length	2.50 m

3. Excavacion a -16.60

Data file : 01-MC800 rv02

PTAR - Estacion de Bombeo 1 2019
Paraguay
P.Méndez

SOLETANCHE BACHY

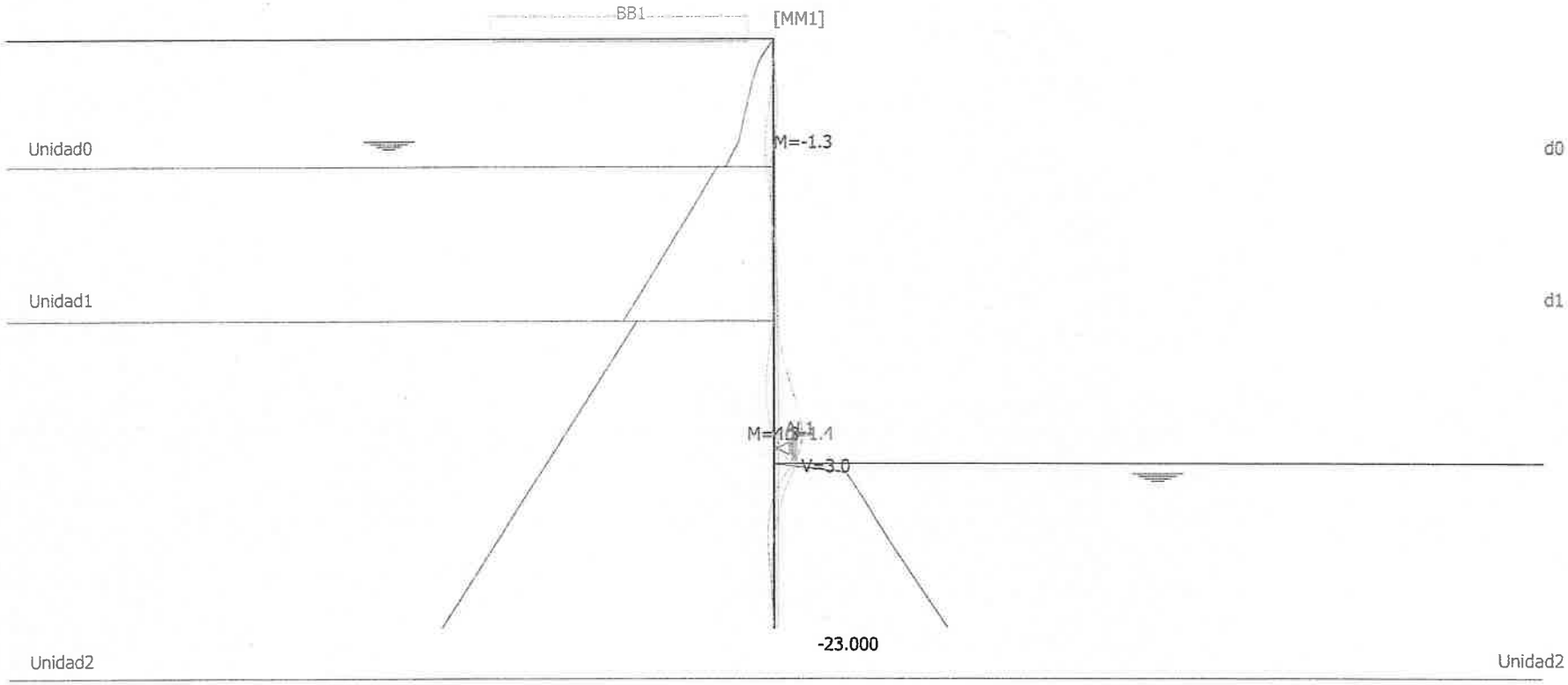
Soletanche-Bachy Argentina
Tel:33 01 47 76 42 62
280 Av Napoleon Bonaparte - 92500 Rueil Malmaison
SOLETANCHE BACHY FRANCE

acciona
Ing. John Román

019

code	Y	M min	Y	M max	Y	V max	Y	dmax
[MM1]	-4.20	-1.3	-15.50	4.3	-16.80	3.0	-15.6	1.4

code	B mobilizable	B mobilised	Coeff.
[MM1]	237.808	40.688	5.84



for 1 u :

M Bending Moment	10.00 t.m/m
V Shear F.	10.00 t/m
d Displact * 1e3	20.00 m E-3
Active / Passive pres.	5.00 t/m2
Length	2.50 m

4. Ejecucion de losa de fondo.

Data file : 01-MC800 rv02

PTAR - Estacion de Bombeo 1
Paraguay
P.Méndez

2019

SOLETANCHE BACHY

Soletanche-Bachy Argentina

Tel:33-01 47 76 42 62
280 Av Napoleon Bonaparte 92500 Rueil Malmaison
SOLETANCHE-BACHY FRANCE/V

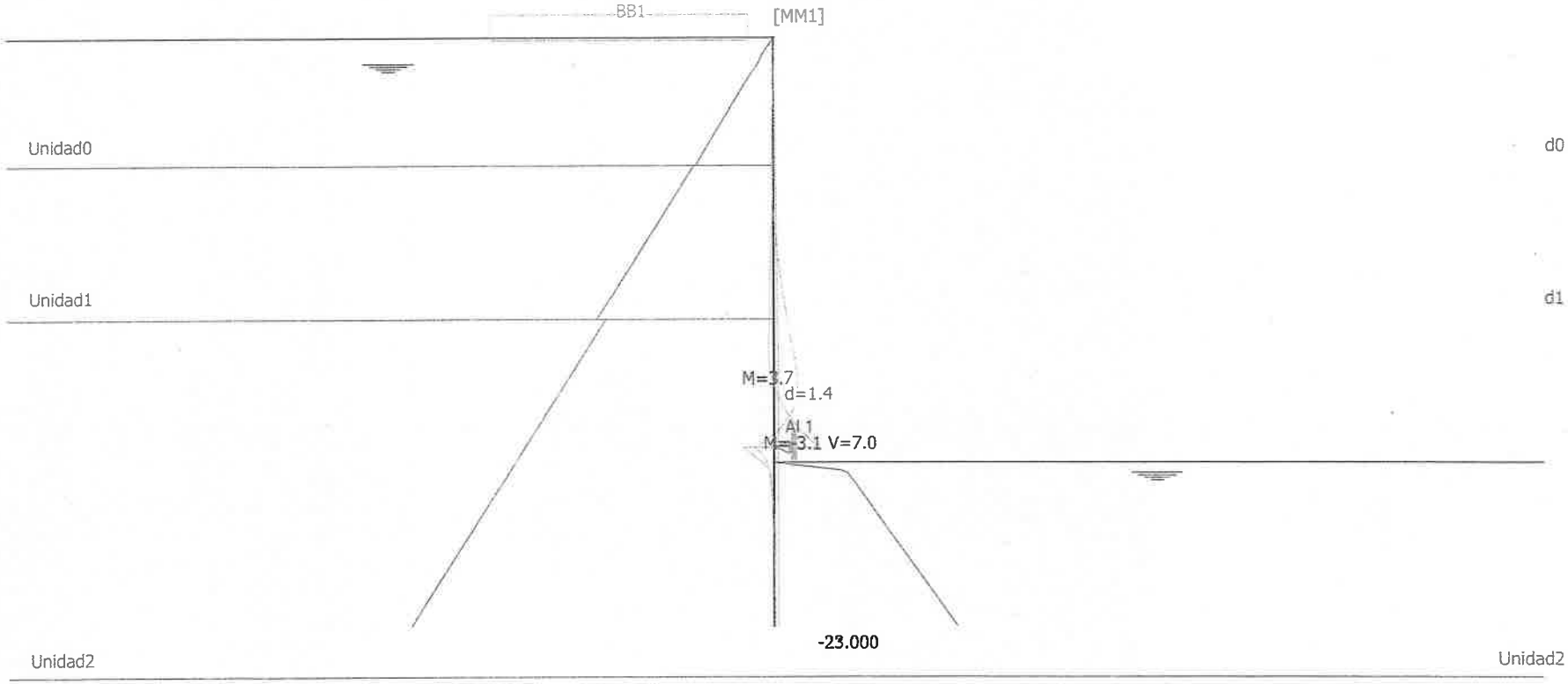
acciona

Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista

0194

code	Y	M min	Y	M max	Y	V max	Y	dmax
[MM1]	-16.00	-3.1	-13.55	3.7	-16.00	7.0	-14.0	1.4

code	B mobilizable	B mobilised	Coeff.
[MM1]	237.808	43.709	5.44



5. Nivel freatico maximo -1.0 (cota +63.0)

Data file : 01-MC800 rv02

for 1 u : ├──┤

M Bending Moment	10.00 t.m/m
V Shear F.	10.00 t/m
d Displact * 1e3	20.00 m E-3
Active / Passive pres.	5.00 t/m2
Length	2.50 m

PTAR - Estacion de Bombeo 1
Paraguay
P.Méndez

2019

Soletanche Bachy Argentina

SOLETANCHE BACHY

Tel:33 01 47 76 42 62
280 Av Napoleon Bonaparte - 92500 Rueil Malmaison
SOLETANCHE BACHY FRANCE

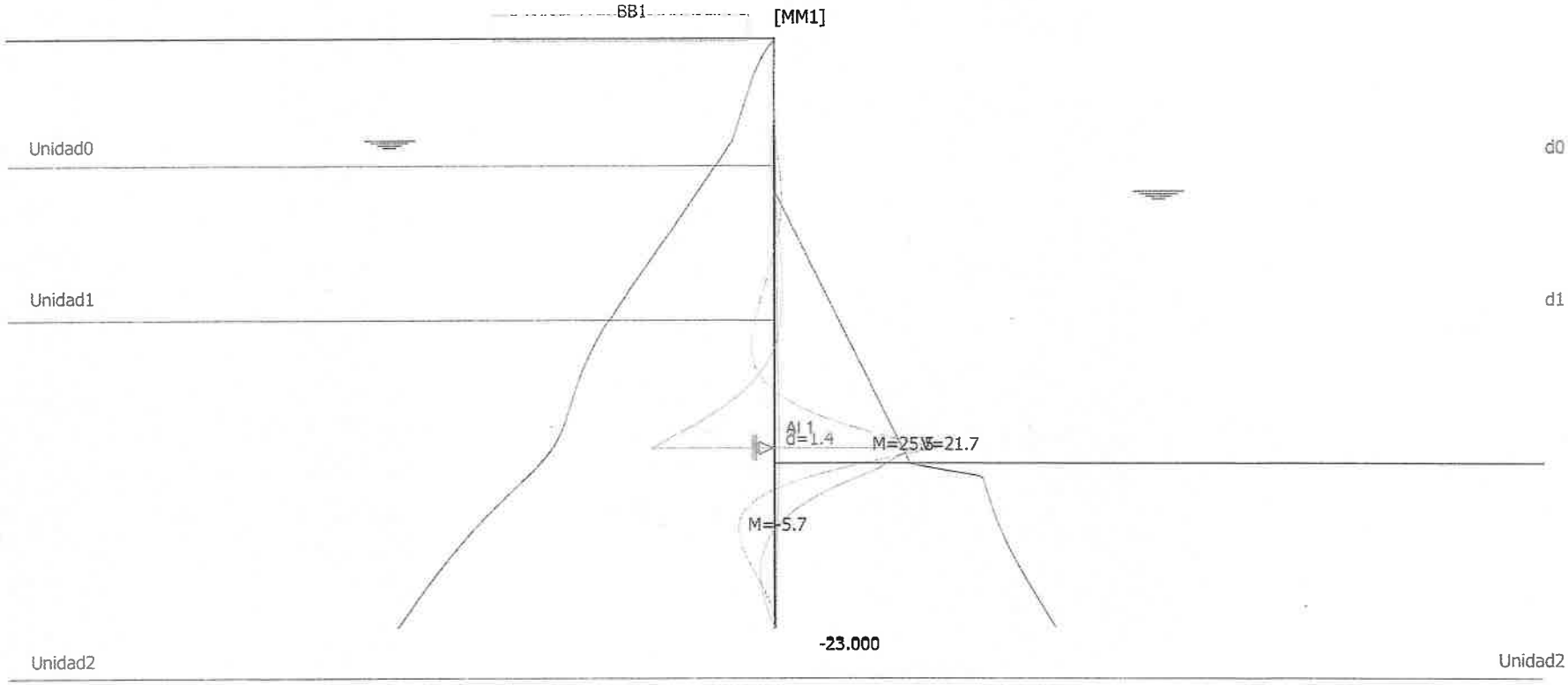
Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua SA

acciona

0193

code	Y	M min	Y	M max	Y	V max	Y	dmax
[MM1]	-19.20	-5.7	-16.00	25.5	-16.00	21.7	-15.8	1.4

code	B mobilizable	B mobilised	Coeff.
[MM1]	222.118	28.993	7.66



6. Camara llena(cota +58.0)- NF: (+60m)

Data file : 01-MC800 rv02

for 1 u : |———|

M Bending Moment	10.00 t.m/m
V Shear F.	10.00 t/m
d Displact * 1e3	20.00 m E-3
Active / Passive pres.	5.00 t/m2
Length	2.50 m

PTAR - Estacion de Bombeo 1
Paraguay
P.Méndez

2019

Soletanche Bachy Argentina

SOLETANCHE BACHY

Tel:33 01 47 76 42 62
280 Av Napoleon Bonaparte 92500 Rueil Malmaison
SOLETANCHE BACHY FRANCE

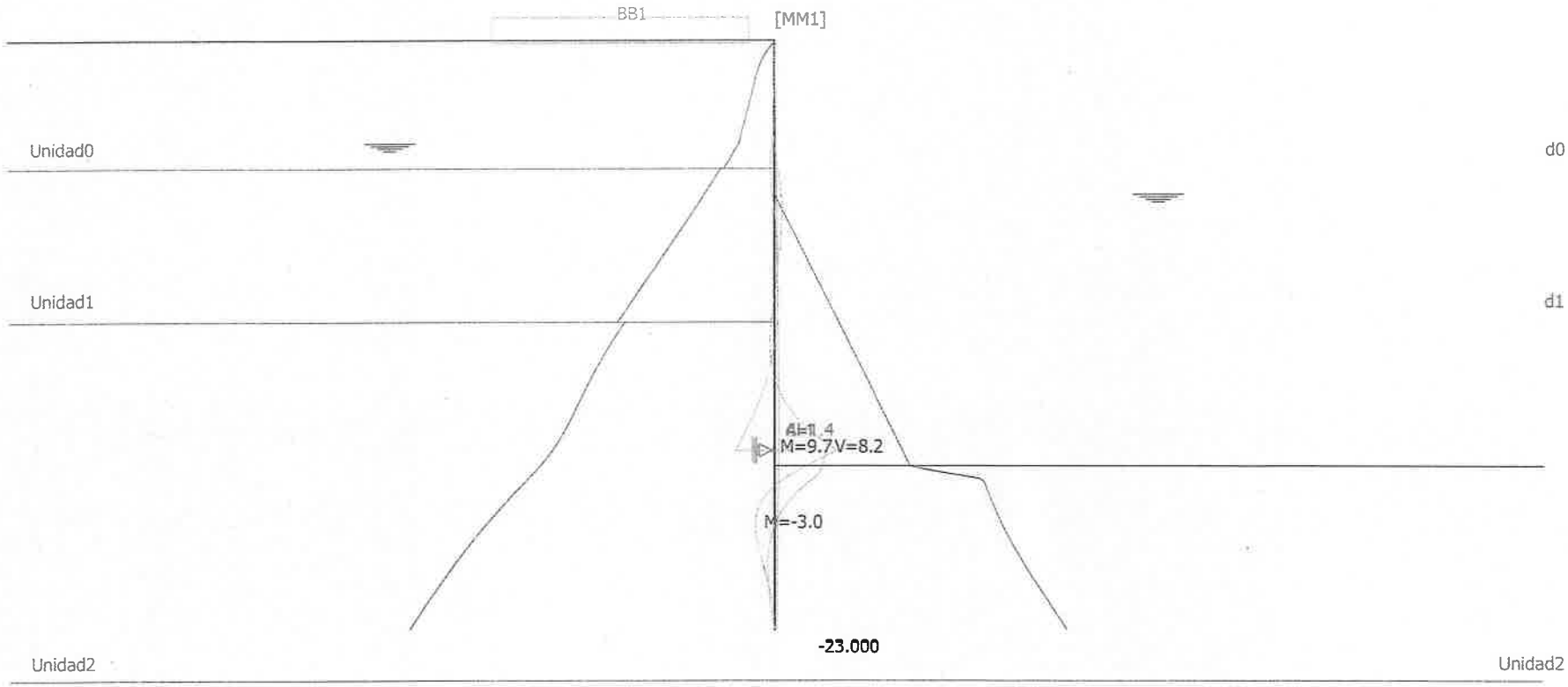
acciona

Ing. [illegible]
Director de Obra PTAR Bella Vista

0192

code	Y	M min	Y	M max	Y	V max	Y	dmax
[MM1]	-18.90	-3.0	-16.00	9.7	-16.00	8.2	-15.4	1.4

code	B mobilizable	B mobilised	Coeff.
[MM1]	222.118	32.140	6.91



for 1 u :

M Bending Moment	10.00 t.m/m
V Shear f.	10.00 t/m
d Displact * 1e3	20.00 m E-3
Active / Passive pres.	5.00 t/m2
Length	2.50 m

7. Fluencia a largo plazo

Data file : 01-MC800 rv02

PTAR - Estacion de Bombeo 1
Paraguay
P.Méndez

2019

Soletanche-Bachy Argentina

SOLETANCHE BACHY

Tel:33 01 47 76 42 62
280 Av Napoleon Bonaparte - 92500 Rueil Malmaison
SOLETANCHE BACHY FRANCE

acciona

Ing. John Román
Director de Obra PTAR Bella Vista
Acciona Agua S.A. - Sucursal Paraguay

0191