

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Tubo y nucleo

Diametro (in) 78

CLASE 3-130

Recubrim.	3
Pw	130

		Presion de trabajo PSI	Nominal
Di	78,74	diametro interno in	
Dy	82,7	diametro cilindro in	
hc	5,75	espesor nucleo in	
Pt	45,8	Presion trasiente PSI (40% Pw)	
Pft	156,0	Prueba hidrostatica PSI (1.2*Pw)	
We	10.036	Carga muerta lb/ft	
Wt	0	Sobrecarga lb/ft (vivas, impacto, etc)	
Wf	2.110	Peso del fluido lb/ft	

mortero

hm	0,912	espesor (in)
hm	1,00	espesor especificación (in)
λ.m	0,0870	
R	42,745	radio al centroide de la pared del tubo (in)

secciones transversales cilindro y concreto

Ay	0,718	in ² /ft
Ac	68,282	in ² /ft

Concreto

f 'c	5.500	PSI
Ec	3.840.887	modulo de elasticidad del concreto PSI
n	7,29	
n'	7,81	
f 't	519	PSI
εt'	1,35E-04	in/in
εk'	1,49E-03	in/in

condiciones ambientales

RH	70%	humedad relativa
t1	270 dias	tiempo en patios
t2	90 dias	tiempo enterrado sin agua

coeficientes de momento y cortante

Carga de tierra (Apoyo 90° Olander)

C _{m1e}	0,1247
C _{m2e}	0,0885
C _{n1e}	0,3255
C _{n2e}	0,5386

Peso del tubo (Apoyo 15° Olander)

C _{m1p}	0,2157
C _{m2p}	0,1016
C _{n1p}	0,1029
C _{n2p}	0,3026

Peso del fluido (Apoyo 90° Olander)

C _{m1f}	0,1208
C _{m2f}	0,0878
C _{n1f}	-0,2703
C _{n2f}	-0,0617

SECCION C.3. AREAS DE REFUERZO

C.3.1. As ma: 0,707 in² / ft espacio libre 0.188" (AWWA C301/64)

C.3.2. As min 0,165 in² / ft espacio max 1.5" (AWWA C301)

* de acuerdo al criterio del standard de 1964

Cable de presfuerzo

ds	0,162	diametro del alambreon
fsg	175.500	tension de enrollamiento PSI
fsu	234.000	esfuerzo minimo de tension de especificacion para el cable PSI
Es	28.000.000	modulo de elasticidad de diseno del cable PSI
fsy	198.900	Limite de fluencia del cable PSI
λ.s	0,0141	
εsg	0,006267857	
εsy	0,007103571	

cilindro

ty	0,0598	gauge 16 espesor de la lamina (in)
fyy	27.000	esfuerzo de fluencia del acero del cilindro
fy y	36.000	esfuerzo del cilindro a la rotura (fyy=75%fy*y)
Ey	30.000.000	modulo d elasticidad del cilindro
hci	1,92	espesor del nucleo de la lamina al interior (in)
dy	1,95	in
λ.y	0,339	in

mortero

f 'm	4.500	PSI
Em	3.429.842	modulo de elasticidad del mortero PSI
m	0,89298	antes de ablandamiento
f 'tm	470	psi
εt'm	1,37E-04	in / in
εk'm	1,10E-03	in / in

C.3.3. As requerido basado en la presión de rotura

Pw	130	psi	Presion de trabajo
Pt	46	psi	Presion trasciente
Pb	300	psi	Presion de rotura (para estimación de As)

As	0,525	in ² /ft	Estimado de acuerdo a C.3.3. basado en Pw
As	0,525	in ² /ft	As/tubo 12,057
			total espiras 585

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.4. CALCULO DE ESTADOS DE ESFUERZO

C.4.1. Razones de modulo

ni	8,23	nr	7,02
ni'	8,83	nr'	7,47

C.4.2. Fluencia lenta (Creep), retracción de fraguado y relajación del cable para RH=70%, tenemos

φ1	1,76
φ2	1,79

a. Razón volumen superficie

hco	3,77	espesor del nucleo de la lamina al exterior (in)
γ(hci)	0,934	
γ(hco+hm)	0,724	
γ(hm)	1,106	

b. factor de fluencia lenta (Creep)

φci	1,643
φcom	1,296
φm	1,979
φ	1,293

para RH=70%, tenemos

s1	1,84E-04
s2	2,99E-04

c. factor de retracción

γ' (hci)	0,953
γ' (hco+hm)	0,677
γ' (hm)	1,064
sci	1,75E-04
scom	2,02E-04
sm	3,18E-04
s	1,73E-04

d. relajación del alambón

R	0,0841
---	--------

C.4.3. Presfuerzo inicial

f ic	1167 PSI
f iy	10309 PSI
f is	-165.896 PSI

C.4.4. Presfuerzo final

1	90259,26429	f cr	856 PSI
2	6,27E+03	εcr	2,23E-04
3	7747,814557	f yr	21.448 PSI
denominador	89,03256424	f sr	-140.699 PSI

C.4.5. Presion de descompresion

Po (psi) 133,47 Basado en As residual

SECCION C.5. MINIMA AREA DE PREESFUERZO AREA BASADA EN LA MÁXIMA PRESION

la mínima area de preesfuerz odebe cumplir las combinaciones de carga W1 y WT1.

Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

PK'	191,3 psi
min (Pk' , 1.4 Po)	186,9 psi

SECCION C.6. ESFUERZOS DEL PRETENSADO PARA EL AREA DE DISEÑO FINAL

Recalculando los estados de esfuerzos con una area As que cumpla todos los criterios de diseño se tiene:

f cr	856 PSI	
εcr	2,23E-04 in/in	
f yr	21.448 PSI	
εyr	7,15E-04 in/in	
f sr	-140.699 PSI	
εsr	-5,02E-03 in/in	
Po	133,47 PSI	
No	66.225 lb / ft	
PK'	191,3 psi	
Nk'	94.901 lb/ft	
Wp	1.883 lb/ft	peso del tubo

eje neutro para esfuerzo cortante

e _o	2,962 in
----------------	----------

SECCION C.7. SERVICIO EN LA CIRCUNFERENCIA TOTAL DEL TUBO

Estado	Proposito	Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Límite de Servicio en la circunferencia total del tubo	Prevenir decompresión del nucleo	$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
	Prevenir fisuras en el recubrimiento	$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Tubo y nucleo

Diametro (in) 78

CLASE 4-130

Recubrim.	4
Pw	130

		Presion de trabajo PSI	Nominal
Di	78,74	diametro interno in	
Dy	82,7	diametro cilindro in	
hc	5,75	espesor nucleo in	
Pt	75,8	Presion trasiente PSI (40% Pw)	
Pft	156,0	Prueba hidrostatica PSI (1.2*Pw)	
We	12.710	Carga muerta lb/ft	
Wt	0	Sobrecarga lb/ft (vivas, impacto, etc)	
Wf	2.110	Peso del fluido lb/ft	

mortero

hm	0,912	espesor (in)
hm	1,00	espesor especificación (in)
λ.m	0,0870	
R	42,745	radio al centroide de la pared del tubo (in)

secciones transversales cilindro y concreto

Ay	0,718	in ² /ft
Ac	68,282	in ² /ft

Concreto

f'c	5.500	PSI
Ec	3.840.887	modulo de elasticidad del concreto PSI
n	7,29	
n'	7,81	
f't	519	PSI
εt	1,35E-04	in/in
εk'	1,49E-03	in/in

condiciones ambientales

RH	70%	humedad relativa
t1	270 dias	tiempo en patios
t2	90 dias	tiempo enterrado sin agua

coeficientes de momento y cortante

Carga de tierra (Apoyo 90° Olander)		Peso del tubo (Apoyo 15° Olander)	
C _{m1e}	0,1247	C _{m1p}	0,2157
C _{m2e}	0,0885	C _{m2p}	0,1016
C _{n1e}	0,3255	C _{n1p}	0,1029
C _{n2e}	0,5386	C _{n2p}	0,3026

Cable de presfuerzo

ds	0,162	diametro del alambreon
fsg	175.500	tension de enrollamiento PSI
fsu	234.000	esfuerzo minimo de tension de especificacion para el cable PSI
Es	28.000.000	modulo de elasticidad de diseno del cable PSI
fsy	198.900	Limite de fluencia del cable PSI
λ.s	0,0141	
εsg	0,006267857	
εsy	0,007103571	

cilindro

ty	0,0598	gauge 16 espesor de la lamina (in)
fyy	27.000	esfuerzo de fluencia del acero del cilindro
fy y	36.000	esfuerzo del cilindro a la rotura (fyy=75%fy*y)
Ey	30.000.000	modulo d elasticidad del cilindro
hci	1,92	espesor del nucleo de la lamina al interior (in)
dy	1,95	in
λ.y	0,339	in

mortero

f'm	4.500	PSI
Em	3.429.842	modulo de elasticidad del mortero PSI
m	0,89298	antes de ablandamiento
f'tm	470	psi
ε'tm	1,37E-04	in / in
εk'm	1,10E-03	in / in

SECCION C.3. AREAS DE REFUERZO

C.3.1. As ma: 0,707 in² / ft espacio libre 0.188" (AWWA C301/64)

C.3.2. As min 0,165 in² / ft espacio max 1.5" (AWWA C301)

C.3.3. As requerido basado en la presión de rotura

Pw	130	psi	Presion de trabajo
Pt	76	psi	Presion trasciente
Pb	360	psi	Presion de rotura (para estimación de As)

* de acuerdo al criterio del standard de 1964

As	0,652	in ² /ft	Estimado de acuerdo a C.3.3. basado en Pw
As	0,652	in ² /ft	As/tubo 14,974
			total espiras 726

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.4. CALCULO DE ESTADOS DE ESFUERZO

C.4.1. Razones de modulo

ni	8,23	nr	7,02
ni'	8,83	nr'	7,47

C.4.2. Fluencia lenta (Creep), retracción de fraguado y relajación del cable para RH=70%, tenemos

φ1	1,76
φ2	1,79

a. Razón volumen superficie

hco	3,77	espesor del nucleo de la lamina al exterior (in)
γ(hci)	0,934	
γ(hco+hm)	0,724	
γ(hm)	1,106	

b. factor de fluencia lenta (Creep)

φci	1,643
φcom	1,296
φm	1,979
φ	1,293

para RH=70%, tenemos

s1	1,84E-04
s2	2,99E-04

c. factor de retracción

γ' (hci)	0,953
γ' (hco+hm)	0,677
γ' (hm)	1,064
sci	1,75E-04
scom	2,02E-04
sm	3,18E-04
s	1,73E-04

d. relajación del alambón

R	0,0776
---	--------

C.4.3. Presfuerzo inicial

f ic	1431 PSI
f iy	12635 PSI
f is	-163.729 PSI

C.4.4. Presfuerzo final

1	111904,439	f cr	1056 PSI
2	6,88E+03	εcr	2,75E-04
3	8877,165407	f yr	25.220 PSI
denominador	91,07715843	f sr	-138.315 PSI

C.4.5. Presion de descompresion

Po (psi) 166,42 Basado en As residual

SECCION C.5. MINIMA AREA DE PREESFUERZO AREA BASADA EN LA MÁXIMA PRESION

la mínima area de preesfuerz odebe cumplir las combinaciones de carga W1 y WT1.

Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

PK'	224,9 psi
min (Pk' , 1.4 Po)	224,9 psi

SECCION C.6. ESFUERZOS DEL PRETENSADO PARA EL AREA DE DISEÑO FINAL

Recalculando los estados de esfuerzos con una area As que cumpla todos los criterios de diseño se tiene:

f cr	1056 PSI	
εcr	2,75E-04 in/in	
f yr	25.220 PSI	
εyr	8,41E-04 in/in	
f sr	-138.315 PSI	
εsr	-4,94E-03 in/in	
Po	166,42 PSI	
No	82.577 lb / ft	
PK'	224,9 psi	
Nk'	111.583 lb/ft	
Wp	1.890 lb/ft	peso del tubo

eje neutro para esfuerzo cortante

e _o	2,996 in
----------------	----------

SECCION C.7. SERVICIO EN LA CIRCUNFERENCIA TOTAL DEL TUBO

Estado	Proposito	Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Límite de Servicio en la circunferencia total del tubo	Prevenir decompresión del nucleo	$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
	Prevenir fisuras en el recubrimiento	$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Tubo y nucleo

Diametro (in) 78

CLASE 5-130

Recubrim.	5
Pw	130

		Presion de trabajo PSI	Nominal
Di	78,74	diametro interno in	
Dy	82,7	diametro cilindro in	
hc	5,75	espesor nucleo in	
Pt	118,2	Presion trasiente PSI (40% Pw)	
Pft	156,0	Prueba hidrostatica PSI (1.2*Pw)	
We	15.105	Carga muerta lb/ft	
Wt	0	Sobrecarga lb/ft (vivas, impacto, etc)	
Wf	2.110	Peso del fluido lb/ft	

mortero

hm	0,942	espesor (in)
hm	1,00	espesor especificación (in)
λ.m	0,0870	
R	42,745	radio al centroide de la pared del tubo (in)

secciones transversales cilindro y concreto

Ay	0,718	in ² /ft
Ac	68,282	in ² /ft

Concreto

f 'c	5.500	PSI
Ec	3.840.887	modulo de elasticidad del concreto PSI
n	7,29	
n'	7,81	
f 't	519	PSI
εt'	1,35E-04	in/in
εk'	1,49E-03	in/in

condiciones ambientales

RH	70%	humedad relativa
t1	270 dias	tiempo en patios
t2	90 dias	tiempo enterrado sin agua

coeficientes de momento y cortante

Carga de tierra (Apoyo 90° Olander)		Peso del tubo (Apoyo 15° Olander)	
C _{m1e}	0,1247	C _{m1p}	0,2157
C _{m2e}	0,0885	C _{m2p}	0,1016
C _{n1e}	0,3255	C _{n1p}	0,1029
C _{n2e}	0,5386	C _{n2p}	0,3026

Cable de presfuerzo

ds	0,192	diametro del alambraón
fsg	175.500	tensión de enrollamiento PSI
fsu	234.000	esfuerzo mínimo de tensión de especificación para el cable PSI
Es	28.000.000	modulo de elasticidad de diseño del cable PSI
fsy	198.900	Limite de fluencia del cable PSI
λ.s	0,0167	
εsg	0,006267857	
εsy	0,007103571	

cilindro

ty	0,0598	gauge 16 espesor de la lámina (in)
fyy	27.000	esfuerzo de fluencia del acero del cilindro
fy y	36.000	esfuerzo del cilindro a la rotura (fyy=75%fy*y)
Ey	30.000.000	modulo d elasticidad del cilindro
hci	1,92	espesor del nucleo de la lamina al interior (in)
dy	1,95	in
λ.y	0,339	in

mortero

f 'm	4.500	PSI
Em	3.429.842	modulo de elasticidad del mortero PSI
m	0,89298	antes de ablandamiento
f 'tm	470	psi
εt'm	1,37E-04	in / in
εk'm	1,10E-03	in / in

SECCION C.3. AREAS DE REFUERZO

C.3.1. As ma: 0,914 in² / ft espacio libre 0.188" (AWWA C301/64)

C.3.2. As min 0,232 in² / ft espacio max 1.5" (AWWA C301)

C.3.3. As requerido basado en la presión de rotura

Pw	130	psi	Presion de trabajo
Pt	118	psi	Presion trasciente
Pb	444	psi	Presion de rotura (para estimación de As)

* de acuerdo al criterio del standard de 1964

As	0,832	in ² /ft	Estimado de acuerdo a C.3.3. basado en Pw
As	0,832	in ² /ft	As/tubo 19,108
			total espiras 660

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.4. CALCULO DE ESTADOS DE ESFUERZO

C.4.1. Razones de modulo

ni	8,23	nr	7,02
ni'	8,83	nr'	7,47

C.4.2. Fluencia lenta (Creep), retracción de fraguado y relajación del cable para RH=70%, tenemos

φ1	1,76
φ2	1,79

a. Razón volumen superficie

hco	3,77	espesor del nucleo de la lamina al exterior (in)
γ(hci)	0,934	
γ(hco+hm)	0,724	
γ(hm)	1,106	

b. factor de fluencia lenta (Creep)

φci	1,643
φcom	1,296
φm	1,979
φ	1,293

para RH=70%, tenemos

s1	1,84E-04
s2	2,99E-04

c. factor de retracción

γ' (hci)	0,953
γ' (hco+hm)	0,677
γ' (hm)	1,064

sci	1,75E-04
scom	2,02E-04
sm	3,18E-04
s	1,73E-04

d. relajación del alambón

R	0,0684
---	--------

C.4.3. Presfuerzo inicial

f ic	1792 PSI
f iy	15831 PSI
f is	-160.752 PSI

C.4.4. Presfuerzo final

1	142467,1256	f cr	1327 PSI
2	7,75E+03	εcr	3,46E-04
3	9980,716143	f yr	30.366 PSI
denominador	93,97500847	f sr	-135.124 PSI

C.4.5. Presion de descompresion

Po (psi) 212,62 Basado en As residual

SECCION C.5. MINIMA AREA DE PREESFUERZO AREA BASADA EN LA MÁXIMA PRESION

la mínima area de preesfuerz odebe cumplir las combinaciones de carga W1 y WT1.

Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

PK'	272,0 psi
min (Pk' , 1.4 Po)	272,0 psi

SECCION C.6. ESFUERZOS DEL PRETENSADO PARA EL AREA DE DISEÑO FINAL

Recalculando los estados de esfuerzos con una area As que cumpla todos los criterios de diseño se tiene:

f cr	1327 PSI
εcr	3,46E-04 in/in
f yr	30.366 PSI
εyr	1,01E-03 in/in
f sr	-135.124 PSI
εsr	-4,83E-03 in/in
Po	212,62 PSI
No	105.504 lb / ft
PK'	272,0 psi
Nk'	134.978 lb/ft
Wp	1.900 lb/ft

peso del tubo

eje neutro para esfuerzo cortante

e _o	3,044 in
----------------	----------

SECCION C.7. SERVICIO EN LA CIRCUNFERENCIA TOTAL DEL TUBO

Estado	Proposito	Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Límite de Servicio en la circunferencia total del tubo	Prevenir decompresión del nucleo	$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
	Prevenir fisuras en el recubrimiento	$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Tubo y nucleo

Diametro (in) 78

CLASE 3-140

Recubrim.	3
Pw	140

		Presion de trabajo PSI	Nominal
Di	78,74	diametro interno in	
Dy	82,7	diametro cilindro in	
hc	5,75	espesor nucleo in	
Pt	46,8	Presion trasiente PSI (40% Pw)	
Pft	168,0	Prueba hidrostatica PSI (1.2*Pw)	
We	10.036	Carga muerta lb/ft	
Wt	0	Sobrecarga lb/ft (vivas, impacto, etc)	
Wf	2.110	Peso del fluido lb/ft	

mortero

hm	0,912	espesor (in)
hm	1,00	espesor especificación (in)
λ.m	0,0870	
R	42,745	radio al centroide de la pared del tubo (in)

secciones transversales cilindro y concreto

Ay	0,718	in ² /ft
Ac	68,282	in ² /ft

Concreto

f 'c	5.500	PSI
Ec	3.840.887	modulo de elasticidad del concreto PSI
n	7,29	
n'	7,81	
f 't	519	PSI
εt'	1,35E-04	in/in
εk'	1,49E-03	in/in

condiciones ambientales

RH	70%	humedad relativa
t1	270 dias	tiempo en patios
t2	90 dias	tiempo enterrado sin agua

coeficientes de momento y cortante

Carga de tierra (Apoyo 90° Olander)		Peso del tubo (Apoyo 15° Olander)	
C _{m1e}	0,1247	C _{m1p}	0,2157
C _{m2e}	0,0885	C _{m2p}	0,1016
C _{n1e}	0,3255	C _{n1p}	0,1029
C _{n2e}	0,5386	C _{n2p}	0,3026

Cable de presfuerzo

ds	0,162	diametro del alambreon
fsg	175.500	tension de enrollamiento PSI
fsu	234.000	esfuerzo minimo de tension de especificacion para el cable PSI
Es	28.000.000	modulo de elasticidad de diseno del cable PSI
fsy	198.900	Limite de fluencia del cable PSI
λ.s	0,0141	
εsg	0,006267857	
εsy	0,007103571	

cilindro

ty	0,0598	gauge 16 espesor de la lamina (in)
fyy	27.000	esfuerzo de fluencia del acero del cilindro
fy y	36.000	esfuerzo del cilindro a la rotura (fyy=75%fy*y)
Ey	30.000.000	modulo d elasticidad del cilindro
hci	1,92	espesor del nucleo de la lamina al interior (in)
dy	1,95	in
λ.y	0,339	in

mortero

f 'm	4.500	PSI
Em	3.429.842	modulo de elasticidad del mortero PSI
m	0,89298	antes de ablandamiento
f 'tm	470	psi
εt'm	1,37E-04	in / in
εk'm	1,10E-03	in / in

SECCION C.3. AREAS DE REFUERZO

C.3.1. As ma:	0,707 in ² / ft	espacio libre 0.188" (AWWA C301/64)
C.3.2. As min	0,165 in ² / ft	espacio max 1.5" (AWWA C301)

C.3.3. As requerido basado en la presión de rotura

Pw	140	psi	Presion de trabajo
Pt	47	psi	Presion trasciente
Pb	318	psi	Presion de rotura (para estimación de As)
As	0,563	in ² /ft	Estimado de acuerdo a C.3.3. basado en Pw
As	0,563	in ² /ft	
	As/tubo	12,930	
	total espiras	627	

* de acuerdo al criterio del standard de 1964

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.4. CALCULO DE ESTADOS DE ESFUERZO

C.4.1. Razones de modulo

ni	8,23	nr	7,02
ni'	8,83	nr'	7,47

C.4.2. Fluencia lenta (Creep), retracción de fraguado y relajación del cable para RH=70%, tenemos

φ1	1,76
φ2	1,79

a. Razón volumen superficie

hco	3,77	espesor del nucleo de la lamina al exterior (in)
γ(hci)	0,934	
γ(hco+hm)	0,724	
γ(hm)	1,106	

b. factor de fluencia lenta (Creep)

φci	1,643
φcom	1,296
φm	1,979
φ	1,293

para RH=70%, tenemos

s1	1,84E-04
s2	2,99E-04

c. factor de retracción

γ' (hci)	0,953
γ' (hco+hm)	0,677
γ' (hm)	1,064
sci	1,75E-04
scom	2,02E-04
sm	3,18E-04
s	1,73E-04

d. relajación del alambón

R	0,0821
---	--------

C.4.3. Presfuerzo inicial

f ic	1247 PSI
f iy	11011 PSI
f is	-165.241 PSI

C.4.4. Presfuerzo final

1	96743,04034	f cr	917 PSI
2	6,45E+03	εcr	2,39E-04
3	8116,154116	f yr	22.589 PSI
denominador	89,64433258	f sr	-139.973 PSI

C.4.5. Presion de descompresion

Po (psi) 143,36 Basado en As residual

SECCION C.5. MINIMA AREA DE PREESFUERZO AREA BASADA EN LA MÁXIMA PRESION

la mínima area de preesfuerz odebe cumplir las combinaciones de carga W1 y WT1.

Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

PK'	201,3 psi
min (Pk' , 1.4 Po)	200,7 psi

SECCION C.6. ESFUERZOS DEL PRETENSADO PARA EL AREA DE DISEÑO FINAL

Recalculando los estados de esfuerzos con una area As que cumpla todos los criterios de diseño se tiene:

f cr	917 PSI	
εcr	2,39E-04 in/in	
f yr	22.589 PSI	
εyr	7,53E-04 in/in	
f sr	-139.973 PSI	
εsr	-5,00E-03 in/in	
Po	143,36 PSI	
No	71.135 lb / ft	
PK'	201,3 psi	
Nk'	99.909 lb/ft	
Wp	1.885 lb/ft	peso del tubo

eje neutro para esfuerzo cortante

e _o	2,973 in
----------------	----------

SECCION C.7. SERVICIO EN LA CIRCUNFERENCIA TOTAL DEL TUBO

Estado	Proposito	Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Límite de Servicio en la circunferencia total del tubo	Prevenir decompresión del nucleo	$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
	Prevenir fisuras en el recubrimiento	$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Tubo y nucleo

Diametro (in) 78

CLASE 3-150

Recubrim.	3
Pw	150

		Presion de trabajo PSI	Nominal
Di	78,74	diametro interno in	
Dy	82,7	diametro cilindro in	
hc	5,75	espesor nucleo in	
Pt	47,5	Presion trasiente PSI (40% Pw)	
Pft	180,0	Prueba hidrostatica PSI (1.2*Pw)	
We	10.036	Carga muerta lb/ft	
Wt	0	Sobrecarga lb/ft (vivas, impacto, etc)	
Wf	2.110	Peso del fluido lb/ft	

mortero

hm	0,942	espesor (in)
hm	1,00	espesor especificación (in)
λ.m	0,0870	
R	42,745	radio al centroide de la pared del tubo (in)

secciones transversales cilindro y concreto

Ay	0,718	in ² /ft
Ac	68,282	in ² /ft

Concreto

f 'c	5.500	PSI
Ec	3.840.887	modulo de elasticidad del concreto PSI
n	7,29	
n'	7,81	
f 't	519	PSI
εt'	1,35E-04	in/in
εk'	1,49E-03	in/in

condiciones ambientales

RH	70%	humedad relativa
t1	270 dias	tiempo en patios
t2	90 dias	tiempo enterrado sin agua

coeficientes de momento y cortante

Carga de tierra (Apoyo 90° Olander)		Peso del tubo (Apoyo 15° Olander)	
C _{m1e}	0,1247	C _{m1p}	0,2157
C _{m2e}	0,0885	C _{m2p}	0,1016
C _{n1e}	0,3255	C _{n1p}	0,1029
C _{n2e}	0,5386	C _{n2p}	0,3026

Cable de presfuerzo

ds	0,192	diametro del alambraón
fsg	175.500	tensión de enrollamiento PSI
fsu	234.000	esfuerzo mínimo de tensión de especificación para el cable PSI
Es	28.000.000	modulo de elasticidad de diseño del cable PSI
fsy	198.900	Limite de fluencia del cable PSI
λ.s	0,0167	
εsg	0,006267857	
εsy	0,007103571	

cilindro

ty	0,0598	gauge 16 espesor de la lámina (in)
fyy	27.000	esfuerzo de fluencia del acero del cilindro
fy y	36.000	esfuerzo del cilindro a la rotura (fyy=75%fy*y)
Ey	30.000.000	modulo d elasticidad del cilindro
hci	1,92	espesor del nucleo de la lamina al interior (in)
dy	1,95	in
λ.y	0,339	in

mortero

f 'm	4.500	PSI
Em	3.429.842	modulo de elasticidad del mortero PSI
m	0,89298	antes de ablandamiento
f 'tm	470	psi
εt'm	1,37E-04	in / in
εk'm	1,10E-03	in / in

SECCION C.3. AREAS DE REFUERZO

C.3.1. As ma: 0,914 in² / ft espacio libre 0.188" (AWWA C301/64)

C.3.2. As min 0,232 in² / ft espacio max 1.5" (AWWA C301)

C.3.3. As requerido basado en la presión de rotura

Pw	150	psi	Presion de trabajo
Pt	48	psi	Presion trasciente
Pb	335	psi	Presion de rotura (para estimación de As)

* de acuerdo al criterio del standard de 1964

As	0,600	in ² /ft	Estimado de acuerdo a C.3.3. basado en Pw
As	0,600	in ² /ft	As/tubo 13,780
			total espiras 476

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.4. CALCULO DE ESTADOS DE ESFUERZO

C.4.1. Razones de modulo

ni	8,23	nr	7,02
ni'	8,83	nr'	7,47

C.4.2. Fluencia lenta (Creep), retracción de fraguado y relajación del cable para RH=70%, tenemos

φ1	1,76
φ2	1,79

a. Razón volumen superficie

hco	3,77	espesor del nucleo de la lamina al exterior (in)
γ(hci)	0,934	
γ(hco+hm)	0,724	
γ(hm)	1,106	

b. factor de fluencia lenta (Creep)

φci	1,643
φcom	1,296
φm	1,979
φ	1,293

para RH=70%, tenemos

s1	1,84E-04
s2	2,99E-04

c. factor de retracción

γ' (hci)	0,953
γ' (hco+hm)	0,677
γ' (hm)	1,064
sci	1,75E-04
scom	2,02E-04
sm	3,18E-04
s	1,73E-04

d. relajación del alambón

R	0,0802
---	--------

C.4.3. Presfuerzo inicial

f ic	1324 PSI
f iy	11690 PSI
f is	-164.609 PSI

C.4.4. Presfuerzo final

1	103050,1958	f cr	975 PSI
2	6,63E+03	εcr	2,54E-04
3	8449,83738	f yr	23.690 PSI
denominador	90,24000175	f sr	-139.277 PSI

C.4.5. Presion de descompresion

Po (psi) 152,96 Basado en As residual

SECCION C.5. MINIMA AREA DE PREESFUERZO AREA BASADA EN LA MÁXIMA PRESION

la mínima area de preesfuerz odebe cumplir las combinaciones de carga W1 y WT1.

Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

PK'	211,1 psi
min (Pk' , 1.4 Po)	211,1 psi

SECCION C.6. ESFUERZOS DEL PRETENSADO PARA EL AREA DE DISEÑO FINAL

Recalculando los estados de esfuerzos con una area As que cumpla todos los criterios de diseño se tiene:

f cr	975 PSI
εcr	2,54E-04 in/in
f yr	23.690 PSI
εyr	7,90E-04 in/in
f sr	-139.277 PSI
εsr	-4,97E-03 in/in
Po	152,96 PSI
No	75.901 lb / ft
PK'	211,1 psi
Nk'	104.771 lb/ft
Wp	1.887 lb/ft

peso del tubo

eje neutro para esfuerzo cortante

e _o	2,983 in
----------------	----------

SECCION C.7. SERVICIO EN LA CIRCUNFERENCIA TOTAL DEL TUBO

Estado	Proposito	Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Límite de Servicio en la circunferencia total del tubo	Prevenir decompresión del nucleo	$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
	Prevenir fisuras en el recubrimiento	$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Tubo y nucleo

Diametro (in) 78

CLASE 4-150

Recubrim.	4
Pw	150

Di	78,74	diametro interno in	Nominal
Dy	82,7	diametro cilindro in	
hc	5,75	espesor nucleo in	
Pt	85,5	Presion trasiente PSI (40% Pw)	
Pft	180,0	Prueba hidrostatica PSI (1.2*Pw)	
We	12.710	Carga muerta lb/ft	
Wt	0	Sobrecarga lb/ft (vivas, impacto, etc)	
Wf	2.110	Peso del fluido lb/ft	

mortero

hm	0,942	espesor (in)
hm	1,00	espesor especificación (in)
λ.m	0,0870	
R	42,745	radio al centroide de la pared del tubo (in)

secciones transversales cilindro y concreto

Ay	0,718	in ² /ft
Ac	68,282	in ² /ft

Concreto

f'c	5.500	PSI
Ec	3.840.887	modulo de elasticidad del concreto PSI
n	7,29	
n'	7,81	
f't	519	PSI
εt	1,35E-04	in/in
εk'	1,49E-03	in/in

condiciones ambientales

RH	70%	humedad relativa
t1	270 dias	tiempo en patios
t2	90 dias	tiempo enterrado sin agua

coeficientes de momento y cortante

Carga de tierra (Apoyo 90° Olander)		Peso del tubo (Apoyo 15° Olander)	
C _{m1e}	0,1247	C _{m1p}	0,2157
C _{m2e}	0,0885	C _{m2p}	0,1016
C _{n1e}	0,3255	C _{n1p}	0,1029
C _{n2e}	0,5386	C _{n2p}	0,3026

Cable de presfuerzo

ds	0,192	diametro del alambreon
fsg	175.500	tension de enrollamiento PSI
fsu	234.000	esfuerzo minimo de tension de especificacion para el cable PSI
Es	28.000.000	modulo de elasticidad de diseno del cable PSI
fsy	198.900	Limite de fluencia del cable PSI
λ.s	0,0167	
εsg	0,006267857	
εsy	0,007103571	

cilindro

ty	0,0598	gauge 16 espesor de la lamina (in)
fyy	27.000	esfuerzo de fluencia del acero del cilindro
fy y	36.000	esfuerzo del cilindro a la rotura (fyy=75%fy*y)
Ey	30.000.000	modulo d elasticidad del cilindro
hci	1,92	espesor del nucleo de la lamina al interior (in)
dy	1,95	in
λ.y	0,339	in

mortero

f'm	4.500	PSI
Em	3.429.842	modulo de elasticidad del mortero PSI
m	0,89298	antes de ablandamiento
f'tm	470	psi
ε'tm	1,37E-04	in / in
εk'm	1,10E-03	in / in

SECCION C.3. AREAS DE REFUERZO

C.3.1. As ma: 0,914 in² / ft espacio libre 0.188" (AWWA C301/64)

C.3.2. As min 0,232 in² / ft espacio max 1.5" (AWWA C301)

C.3.3. As requerido basado en la presión de rotura

Pw	150	psi	Presion de trabajo
Pt	86	psi	Presion trasciente
Pb	411	psi	Presion de rotura (para estimación de As)

* de acuerdo al criterio del standard de 1964

As	0,761	in ² /ft	Estimado de acuerdo a C.3.3. basado en Pw
As	0,761	in ² /ft	As/tubo 17,477
			total espiras 604

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.4. CALCULO DE ESTADOS DE ESFUERZO

C.4.1. Razones de modulo

ni	8,23	nr	7,02
ni'	8,83	nr'	7,47

C.4.2. Fluencia lenta (Creep), retracción de fraguado y relajación del cable para RH=70%, tenemos

φ1	1,76
φ2	1,79

a. Razón volumen superficie

hco	3,77	espesor del nucleo de la lamina al exterior (in)
γ(hci)	0,934	
γ(hco+hm)	0,724	
γ(hm)	1,106	

b. factor de fluencia lenta (Creep)

φci	1,643
φcom	1,296
φm	1,979
φ	1,293

para RH=70%, tenemos

s1	1,84E-04
s2	2,99E-04

c. factor de retracción

γ' (hci)	0,953
γ' (hco+hm)	0,677
γ' (hm)	1,064

sci	1,75E-04
scom	2,02E-04
sm	3,18E-04
s	1,73E-04

d. relajación del alambón

R	0,0720
---	--------

C.4.3. Presfuerzo inicial

f ic	1651 PSI
f iy	14584 PSI
f is	-161.913 PSI

C.4.4. Presfuerzo final

1	130427,6326	f cr	1222 PSI
2	7,41E+03	εcr	3,18E-04
3	9615,044636	f yr	28.363 PSI
denominador	92,83196762	f sr	-136.357 PSI

C.4.5. Presion de descompresion

Po (psi) 194,46 Basado en As residual

SECCION C.5. MINIMA AREA DE PREESFUERZO AREA BASADA EN LA MÁXIMA PRESION

la mínima area de preesfuerz odebe cumplir las combinaciones de carga W1 y WT1.

Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

PK'	253,5 psi
min (Pk' , 1.4 Po)	253,5 psi

SECCION C.6. ESFUERZOS DEL PRETENSADO PARA EL AREA DE DISEÑO FINAL

Recalculando los estados de esfuerzos con una area As que cumpla todos los criterios de diseño se tiene:

f cr	1222 PSI
εcr	3,18E-04 in/in
f yr	28.363 PSI
εyr	9,45E-04 in/in
f sr	-136.357 PSI
εsr	-4,87E-03 in/in
Po	194,46 PSI
No	96.493 lb / ft
PK'	253,5 psi
Nk'	125.782 lb/ft
Wp	1.896 lb/ft

peso del tubo

eje neutro para esfuerzo cortante

e _o	3,026 in
----------------	----------

SECCION C.7. SERVICIO EN LA CIRCUNFERENCIA TOTAL DEL TUBO

Estado	Proposito	Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Límite de Servicio en la circunferencia total del tubo	Prevenir decompresión del nucleo	$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
	Prevenir fisuras en el recubrimiento	$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Tubo y nucleo

Diametro (in) 78

CLASE 3-160

Recubrim.	3
Pw	160

Di	78,74	diametro interno in	Nominal
Dy	82,7	diametro cilindro in	
hc	5,75	espesor nucleo in	
Pt	48,5	Presion trasiente PSI (40% Pw)	
Pft	192,0	Prueba hidrostatica PSI (1.2*Pw)	
We	10.036	Carga muerta lb/ft	
Wt	0	Sobrecarga lb/ft (vivas, impacto, etc)	
Wf	2.110	Peso del fluido lb/ft	

Cable de presfuerzo

ds	0,162	diametro del alambraon
fsg	175.500	tension de enrollamiento PSI
fsu	234.000	esfuerzo minimo de tension de especificacion para el cable PSI
Es	28.000.000	modulo de elasticidad de diseo del cable PSI
fsy	198.900	Limite de fluencia del cable PSI
λs	0,0141	
εsg	0,006267857	
εsy	0,007103571	

mortero

hm	0,912	espesor (in)
hm	1,00	espesor especificacion (in)
λm	0,0870	
R	42,745	radio al centroide de la pared del tubo (in)

cilindro

ty	0,0598	gauge 16 espesor de la lamina (in)
fyy	27.000	esfuerzo de fluencia del acero del cilindro
fy y	36.000	esfuerzo del cilindro a la rotura (fyy=75%fy*y)
Ey	30.000.000	modulo d elasticidad del cilindro
hci	1,92	espesor del nucleo de la lamina al interior (in)
dy	1,95	in
λy	0,339	in

secciones transversales cilindro y concreto

Ay	0,718	in ² /ft
Ac	68,282	in ² /ft

Concreto

f'c	5.500	PSI
Ec	3.840.887	modulo de elasticidad del concreto PSI
n	7,29	
n'	7,81	
f't	519	PSI
εt	1,35E-04	in/in
εk'	1,49E-03	in/in

mortero

f'm	4.500	PSI
Em	3.429.842	modulo de elasticidad del mortero PSI
m	0,89298	antes de ablandamiento
f'tm	470	psi
ε'tm	1,37E-04	in / in
εk'm	1,10E-03	in / in

condiciones ambientales

RH	70%	humedad relativa
t1	270 dias	tiempo en patios
t2	90 dias	tiempo enterrado sin agua

coeficientes de momento y cortante

Carga de tierra (Apoyo 90° Olander)

C _{m1e}	0,1247
C _{m2e}	0,0885
C _{n1e}	0,3255
C _{n2e}	0,5386

Peso del tubo (Apoyo 15° Olander)

C _{m1p}	0,2157
C _{m2p}	0,1016
C _{n1p}	0,1029
C _{n2p}	0,3026

Peso del fluido (Apoyo 90° Olander)

C _{m1f}	0,1208
C _{m2f}	0,0878
C _{n1f}	-0,2703
C _{n2f}	-0,0617

SECCION C.3. AREAS DE REFUERZO

C.3.1. As ma: 0,707 in² / ft espacio libre 0.188" (AWWA C301/64)

C.3.2. As min 0,165 in² / ft espacio max 1.5" (AWWA C301)

C.3.3. As requerido basado en la presión de rotura

Pw	160	psi	Presion de trabajo
Pt	49	psi	Presion trasciente
Pb	353	psi	Presion de rotura (para estimacion de As)

* de acuerdo al criterio del standard de 1964

As	0,638	in ² /ft	Estimado de acuerdo a C.3.3. basado en Pw
As	0,638	in ² /ft	As/tubo 14,652
			total espiras 711

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.4. CALCULO DE ESTADOS DE ESFUERZO

C.4.1. Razones de modulo

ni	8,23	nr	7,02
ni'	8,83	nr'	7,47

C.4.2. Fluencia lenta (Creep), retracción de fraguado y relajación del cable para RH=70%, tenemos

φ1	1,76
φ2	1,79

a. Razón volumen superficie

hco	3,77	espesor del nucleo de la lamina al exterior (in)
γ(hci)	0,934	
γ(hco+hm)	0,724	
γ(hm)	1,106	

b. factor de fluencia lenta (Creep)

φci	1,643
φcom	1,296
φm	1,979
φ	1,293

para RH=70%, tenemos

s1	1,84E-04
s2	2,99E-04

c. factor de retracción

γ' (hci)	0,953
γ' (hco+hm)	0,677
γ' (hm)	1,064
sci	1,75E-04
scom	2,02E-04
sm	3,18E-04
s	1,73E-04

d. relajación del alambón

R	0,0783
---	--------

C.4.3. Presfuerzo inicial

f ic	1402 PSI
f iy	12382 PSI
f is	-163.965 PSI

C.4.4. Presfuerzo final

1	109521,7298	f cr	1034 PSI
2	6,81E+03	εcr	2,69E-04
3	8766,901281	f yr	24.810 PSI
denominador	90,85177009	f sr	-138.572 PSI

C.4.5. Presion de descompresion

Po (psi) 162,80 Basado en As residual

SECCION C.5. MINIMA AREA DE PREESFUERZO AREA BASADA EN LA MÁXIMA PRESION

la mínima area de preesfuerz odebe cumplir las combinaciones de carga W1 y WT1.

Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

PK'	221,2 psi
min (Pk' , 1.4 Po)	221,2 psi

SECCION C.6. ESFUERZOS DEL PRETENSADO PARA EL AREA DE DISEÑO FINAL

Recalculando los estados de esfuerzos con una area As que cumpla todos los criterios de diseño se tiene:

f cr	1034 PSI	
εcr	2,69E-04 in/in	
f yr	24.810 PSI	
εyr	8,27E-04 in/in	
f sr	-138.572 PSI	
εsr	-4,95E-03 in/in	
Po	162,80 PSI	
No	80.782 lb / ft	
PK'	221,2 psi	
Nk'	109.752 lb/ft	
Wp	1.889 lb/ft	peso del tubo

eje neutro para esfuerzo cortante

e _o	2,992 in
----------------	----------

SECCION C.7. SERVICIO EN LA CIRCUNFERENCIA TOTAL DEL TUBO

Estado	Proposito	Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Límite de Servicio en la circunferencia total del tubo	Prevenir decompresión del nucleo	$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
	Prevenir fisuras en el recubrimiento	$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Tubo y nucleo

Diametro (in) 78

CLASE 4-160

Recubrim.	4
Pw	160

		Presion de trabajo PSI	Nominal
Di	78,74	diametro interno in	
Dy	82,7	diametro cilindro in	
hc	5,75	espesor nucleo in	
Pt	81,9	Presion trasiente PSI (40% Pw)	
Pft	192,0	Prueba hidrostatica PSI (1.2*Pw)	
We	12.710	Carga muerta lb/ft	
Wt	0	Sobrecarga lb/ft (vivas, impacto, etc)	
Wf	2.110	Peso del fluido lb/ft	

mortero

hm	0,942	espesor (in)
hm	1,00	espesor especificación (in)
λ.m	0,0870	
R	42,745	radio al centroide de la pared del tubo (in)

secciones transversales cilindro y concreto

Ay	0,718	in ² /ft
Ac	68,282	in ² /ft

Concreto

f 'c	5.500	PSI
Ec	3.840.887	modulo de elasticidad del concreto PSI
n	7,29	
n'	7,81	
f 't	519	PSI
εt'	1,35E-04	in/in
εk'	1,49E-03	in/in

condiciones ambientales

RH	70%	humedad relativa
t1	270 dias	tiempo en patios
t2	90 dias	tiempo enterrado sin agua

coeficientes de momento y cortante

Carga de tierra (Apoyo 90° Olander)

C _{m1e}	0,1247
C _{m2e}	0,0885
C _{n1e}	0,3255
C _{n2e}	0,5386

Peso del tubo (Apoyo 15° Olander)

C _{m1p}	0,2157
C _{m2p}	0,1016
C _{n1p}	0,1029
C _{n2p}	0,3026

Peso del fluido (Apoyo 90° Olander)

C _{m1f}	0,1208
C _{m2f}	0,0878
C _{n1f}	-0,2703
C _{n2f}	-0,0617

SECCION C.3. AREAS DE REFUERZO

C.3.1. As ma: 0,914 in² / ft espacio libre 0.188" (AWWA C301/64)

C.3.2. As min 0,232 in² / ft espacio max 1.5" (AWWA C301)

* de acuerdo al criterio del standard de 1964

Cable de presfuerzo

ds	0,192	diametro del alambreon
fsg	175.500	tension de enrollamiento PSI
fsu	234.000	esfuerzo minimo de tension de especificacion para el cable PSI
Es	28.000.000	modulo de elasticidad de diseno del cable PSI
fsy	198.900	Limite de fluencia del cable PSI
λ.s	0,0167	
εsg	0,006267857	
εsy	0,007103571	

cilindro

ty	0,0598	gauge 16 espesor de la lamina (in)
fyy	27.000	esfuerzo de fluencia del acero del cilindro
fy y	36.000	esfuerzo del cilindro a la rotura (fyy=75%fy*y)
Ey	30.000.000	modulo d elasticidad del cilindro
hci	1,92	espesor del nucleo de la lamina al interior (in)
dy	1,95	in
λ.y	0,339	in

mortero

f 'm	4.500	PSI
Em	3.429.842	modulo de elasticidad del mortero PSI
m	0,89298	antes de ablandamiento
f 'tm	470	psi
εt'm	1,37E-04	in / in
εk'm	1,10E-03	in / in

C.3.3. As requerido basado en la presión de rotura

Pw	160	psi	Presion de trabajo
Pt	82	psi	Presion trasciente
Pb	420	psi	Presion de rotura (para estimación de As)

As	0,780	in ² /ft	Estimado de acuerdo a C.3.3. basado en Pw
As	0,780	in ² /ft	
As/tubo	17,913		
total espiras	619		

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.4. CALCULO DE ESTADOS DE ESFUERZO

C.4.1. Razones de modulo

ni	8,23	nr	7,02
ni'	8,83	nr'	7,47

C.4.2. Fluencia lenta (Creep), retracción de fraguado y relajación del cable para RH=70%, tenemos

φ1	1,76
φ2	1,79

a. Razón volumen superficie

hco	3,77	espesor del nucleo de la lamina al exterior (in)
γ(hci)	0,934	
γ(hco+hm)	0,724	
γ(hm)	1,106	

b. factor de fluencia lenta (Creep)

φci	1,643
φcom	1,296
φm	1,979
φ	1,293

para RH=70%, tenemos

s1	1,84E-04
s2	2,99E-04

c. factor de retracción

γ' (hci)	0,953
γ' (hco+hm)	0,677
γ' (hm)	1,064

sci	1,75E-04
scom	2,02E-04
sm	3,18E-04
s	1,73E-04

d. relajación del alambón

R	0,0710
---	--------

C.4.3. Presfuerzo inicial

f ic	1689 PSI
f iy	14920 PSI
f is	-161.601 PSI

C.4.4. Presfuerzo final

1	133651,4583	f cr	1250 PSI
2	7,50E+03	εcr	3,25E-04
3	9721,788172	f yr	28.903 PSI
denominador	93,13785179	f sr	-136.024 PSI

C.4.5. Presion de descompresion

Po (psi) 199,33 Basado en As residual

SECCION C.5. MINIMA AREA DE PREESFUERZO AREA BASADA EN LA MÁXIMA PRESION

la mínima area de preesfuerz odebe cumplir las combinaciones de carga W1 y WT1.

Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

PK'	258,5 psi
min (Pk' , 1.4 Po)	258,5 psi

SECCION C.6. ESFUERZOS DEL PRETENSADO PARA EL AREA DE DISEÑO FINAL

Recalculando los estados de esfuerzos con una area As que cumpla todos los criterios de diseño se tiene:

f cr	1250 PSI
εcr	3,25E-04 in/in
f yr	28.903 PSI
εyr	9,63E-04 in/in
f sr	-136.024 PSI
εsr	-4,86E-03 in/in
Po	199,33 PSI
No	98.908 lb / ft
PK'	258,5 psi
Nk'	128.247 lb/ft
Wp	1.897 lb/ft

peso del tubo

eje neutro para esfuerzo cortante

e _o	3,030 in
----------------	----------

SECCION C.7. SERVICIO EN LA CIRCUNFERENCIA TOTAL DEL TUBO

Estado	Proposito	Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Límite de Servicio en la circunferencia total del tubo	Prevenir decompresión del nucleo	$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
	Prevenir fisuras en el recubrimiento	$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Tubo y nucleo

Diametro (in) 78

CLASE 3-170

Recubrim.	3
Pw	170

		Presion de trabajo PSI	Nominal
Di	78,74	diametro interno in	
Dy	82,7	diametro cilindro in	
hc	5,75	espesor nucleo in	
Pt	49,2	Presion trasiente PSI (40% Pw)	
Pft	204,0	Prueba hidrostatica PSI (1.2*Pw)	
We	10.036	Carga muerta lb/ft	
Wt	0	Sobrecarga lb/ft (vivas, impacto, etc)	
Wf	2.110	Peso del fluido lb/ft	

mortero

hm	0,942	espesor (in)
hm	1,00	espesor especificación (in)
λ.m	0,0870	
R	42,745	radio al centroide de la pared del tubo (in)

secciones transversales cilindro y concreto

Ay	0,718	in ² /ft
Ac	68,282	in ² /ft

Concreto

f 'c	5.500	PSI
Ec	3.840.887	modulo de elasticidad del concreto PSI
n	7,29	
n'	7,81	
f 't	519	PSI
εt'	1,35E-04	in/in
εk'	1,49E-03	in/in

condiciones ambientales

RH	70%	humedad relativa
t1	270 dias	tiempo en patios
t2	90 dias	tiempo enterrado sin agua

coeficientes de momento y cortante

Carga de tierra (Apoyo 90° Olander)		Peso del tubo (Apoyo 15° Olander)	
C _{m1e}	0,1247	C _{m1p}	0,2157
C _{m2e}	0,0885	C _{m2p}	0,1016
C _{n1e}	0,3255	C _{n1p}	0,1029
C _{n2e}	0,5386	C _{n2p}	0,3026

Cable de presfuerzo

ds	0,192	diametro del alambraón
fsg	175.500	tensión de enrollamiento PSI
fsu	234.000	esfuerzo mínimo de tensión de especificación para el cable PSI
Es	28.000.000	modulo de elasticidad de diseño del cable PSI
fsy	198.900	Limite de fluencia del cable PSI
λ.s	0,0167	
εsg	0,006267857	
εsy	0,007103571	

cilindro

ty	0,0598	gauge 16 espesor de la lámina (in)
fyy	27.000	esfuerzo de fluencia del acero del cilindro
fy y	36.000	esfuerzo del cilindro a la rotura (fyy=75%fy*y)
Ey	30.000.000	modulo d elasticidad del cilindro
hci	1,92	espesor del nucleo de la lamina al interior (in)
dy	1,95	in
λ.y	0,339	in

mortero

f 'm	4.500	PSI
Em	3.429.842	modulo de elasticidad del mortero PSI
m	0,89298	antes de ablandamiento
f 'tm	470	psi
εt'm	1,37E-04	in / in
εk'm	1,10E-03	in / in

SECCION C.3. AREAS DE REFUERZO

C.3.1. As ma: 0,914 in² / ft espacio libre 0.188" (AWWA C301/64)

C.3.2. As min 0,232 in² / ft espacio max 1.5" (AWWA C301)

C.3.3. As requerido basado en la presión de rotura

Pw	170	psi	Presion de trabajo
Pt	49	psi	Presion trasciente
Pb	370	psi	Presion de rotura (para estimación de As)

* de acuerdo al criterio del standard de 1964

As	0,675	in ² /ft	Estimado de acuerdo a C.3.3. basado en Pw
As	0,675	in ² /ft	As/tubo 15,502
			total espiras 535

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.4. CALCULO DE ESTADOS DE ESFUERZO

C.4.1. Razones de modulo

ni	8,23	nr	7,02
ni'	8,83	nr'	7,47

C.4.2. Fluencia lenta (Creep), retracción de fraguado y relajación del cable para RH=70%, tenemos

φ1	1,76
φ2	1,79

a. Razón volumen superficie

hco	3,77	espesor del nucleo de la lamina al exterior (in)
γ(hci)	0,934	
γ(hco+hm)	0,724	
γ(hm)	1,106	

b. factor de fluencia lenta (Creep)

φci	1,643
φcom	1,296
φm	1,979
φ	1,293

para RH=70%, tenemos

s1	1,84E-04
s2	2,99E-04

c. factor de retracción

γ' (hci)	0,953
γ' (hco+hm)	0,677
γ' (hm)	1,064

sci	1,75E-04
scom	2,02E-04
sm	3,18E-04
s	1,73E-04

d. relajación del alambón

R	0,0764
---	--------

C.4.3. Presfuerzo inicial

f ic	1478 PSI
f iy	13050 PSI
f is	-163.342 PSI

C.4.4. Presfuerzo final

1	115817,1033	f cr	1091 PSI
2	6,99E+03	εcr	2,84E-04
3	9050,658247	f yr	25.890 PSI
denominador	91,44743927	f sr	-137.895 PSI

C.4.5. Presion de descompresion

Po (psi) 172,35 Basado en As residual

SECCION C.5. MINIMA AREA DE PREESFUERZO AREA BASADA EN LA MÁXIMA PRESION

la mínima area de preesfuerz odebe cumplir las combinaciones de carga W1 y WT1.

Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

PK'	230,9 psi
min (Pk' , 1.4 Po)	230,9 psi

SECCION C.6. ESFUERZOS DEL PRETENSADO PARA EL AREA DE DISEÑO FINAL

Recalculando los estados de esfuerzos con una area As que cumpla todos los criterios de diseño se tiene:

f cr	1091 PSI
εcr	2,84E-04 in/in
f yr	25.890 PSI
εyr	8,63E-04 in/in
f sr	-137.895 PSI
εsr	-4,92E-03 in/in
Po	172,35 PSI
No	85.522 lb / ft
PK'	230,9 psi
Nk'	114.588 lb/ft
Wp	1.891 lb/ft

peso del tubo

eje neutro para esfuerzo cortante

e _o	3,003 in
----------------	----------

SECCION C.7. SERVICIO EN LA CIRCUNFERENCIA TOTAL DEL TUBO

Estado	Proposito	Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Límite de Servicio en la circunferencia total del tubo	Prevenir decompresión del nucleo	$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
	Prevenir fisuras en el recubrimiento	$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Tubo y nucleo

Diametro (in) 78

CLASE 3-180

Recubrim.	3
Pw	180

		Presion de trabajo PSI	Nominal
Di	78,74	diametro interno in	
Dy	82,7	diametro cilindro in	
hc	5,75	espesor nucleo in	
Pt	57,5	Presion trasiente PSI (40% Pw)	
Pft	216,0	Prueba hidrostática PSI (1.2*Pw)	
We	10.036	Carga muerta lb/ft	
Wt	0	Sobrecarga lb/ft (vivas, impacto, etc)	
Wf	2.110	Peso del fluido lb/ft	

mortero

hm	0,942	espesor (in)
hm	1,00	espesor especificación (in)
λ.m	0,0870	
R	42,745	radio al centroide de la pared del tubo (in)

secciones transversales cilindro y concreto

Ay	0,718	in ² /ft
Ac	68,282	in ² /ft

Concreto

f 'c	5.500	PSI
Ec	3.840.887	modulo de elasticidad del concreto PSI
n	7,29	
n'	7,81	
f 't	519	PSI
εt'	1,35E-04	in/in
εk'	1,49E-03	in/in

condiciones ambientales

RH	70%	humedad relativa
t1	270 dias	tiempo en patios
t2	90 dias	tiempo enterrado sin agua

coeficientes de momento y cortante

Carga de tierra (Apoyo 90° Olander)

C _{m1e}	0,1247
C _{m2e}	0,0885
C _{n1e}	0,3255
C _{n2e}	0,5386

Peso del tubo (Apoyo 15° Olander)

C _{m1p}	0,2157
C _{m2p}	0,1016
C _{n1p}	0,1029
C _{n2p}	0,3026

Peso del fluido (Apoyo 90° Olander)

C _{m1f}	0,1208
C _{m2f}	0,0878
C _{n1f}	-0,2703
C _{n2f}	-0,0617

SECCION C.3. AREAS DE REFUERZO

C.3.1. As ma: 0,914 in² / ft espacio libre 0.188" (AWWA C301/64)

C.3.2. As min 0,232 in² / ft espacio max 1.5" (AWWA C301)

* de acuerdo al criterio del standard de 1964

Cable de presfuerzo

ds	0,192	diametro del alambraón
fsg	175.500	tensión de enrollamiento PSI
fsu	234.000	esfuerzo mínimo de tensión de especificación para el cable PSI
Es	28.000.000	modulo de elasticidad de diseño del cable PSI
fsy	198.900	Limite de fluencia del cable PSI
λ.s	0,0167	
εsg	0,006267857	
εsy	0,007103571	

cilindro

ty	0,0598	gauge 16 espesor de la lámina (in)
fyy	27.000	esfuerzo de fluencia del acero del cilindro
fy y	36.000	esfuerzo del cilindro a la rotura (fyy=75%fy*y)
Ey	30.000.000	modulo d elasticidad del cilindro
hci	1,92	espesor del nucleo de la lamina al interior (in)
dy	1,95	in
λ.y	0,339	in

mortero

f 'm	4.500	PSI
Em	3.429.842	modulo de elasticidad del mortero PSI
m	0,89298	antes de ablandamiento
f 'tm	470	psi
εt'm	1,37E-04	in / in
εk'm	1,10E-03	in / in

C.3.3. As requerido basado en la presión de rotura

Pw	180	psi	Presion de trabajo
Pt	58	psi	Presion trasciente
Pb	403	psi	Presion de rotura (para estimación de As)

As	0,744	in ² /ft	Estimado de acuerdo a C.3.3. basado en Pw
As	0,744	in ² /ft	As/tubo 17,087
			total espiras 590

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.4. CALCULO DE ESTADOS DE ESFUERZO

C.4.1. Razones de modulo

ni	8,23	nr	7,02
ni'	8,83	nr'	7,47

C.4.2. Fluencia lenta (Creep), retracción de fraguado y relajación del cable para RH=70%, tenemos

φ1	1,76
φ2	1,79

a. Razón volumen superficie

hco	3,77	espesor del nucleo de la lamina al exterior (in)
γ(hci)	0,934	
γ(hco+hm)	0,724	
γ(hm)	1,106	

b. factor de fluencia lenta (Creep)

φci	1,643
φcom	1,296
φm	1,979
φ	1,293

para RH=70%, tenemos

s1	1,84E-04
s2	2,99E-04

c. factor de retracción

γ' (hci)	0,953
γ' (hco+hm)	0,677
γ' (hm)	1,064
sci	1,75E-04
scom	2,02E-04
sm	3,18E-04
s	1,73E-04

d. relajación del alambón

R	0,0729
---	--------

C.4.3. Presfuerzo inicial

f ic	1617 PSI
f iy	14283 PSI
f is	-162.193 PSI

C.4.4. Presfuerzo final

1	127541,9136	f cr	1196 PSI
2	7,33E+03	εcr	3,11E-04
3	9514,031876	f yr	27.879 PSI
denominador	92,55828178	f sr	-136.658 PSI

C.4.5. Presion de descompresion

Po (psi) 190,10 Basado en As residual

SECCION C.5. MINIMA AREA DE PREESFUERZO AREA BASADA EN LA MÁXIMA PRESION

la mínima area de preesfuerz odebe cumplir las combinaciones de carga W1 y WT1.

Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

PK'	249,0 psi
min (Pk' , 1.4 Po)	249,0 psi

SECCION C.6. ESFUERZOS DEL PRETENSADO PARA EL AREA DE DISEÑO FINAL

Recalculando los estados de esfuerzos con una area As que cumpla todos los criterios de diseño se tiene:

f cr	1196 PSI	
εcr	3,11E-04 in/in	
f yr	27.879 PSI	
εyr	9,29E-04 in/in	
f sr	-136.658 PSI	
εsr	-4,88E-03 in/in	
Po	190,10 PSI	
No	94.329 lb / ft	
PK'	249,0 psi	
Nk'	123.574 lb/ft	
Wp	1.895 lb/ft	peso del tubo

eje neutro para esfuerzo cortante

e _o	3,021 in
----------------	----------

SECCION C.7. SERVICIO EN LA CIRCUNFERENCIA TOTAL DEL TUBO

Estado	Proposito	Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Límite de Servicio en la circunferencia total del tubo	Prevenir decompresión del nucleo	$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
	Prevenir fisuras en el recubrimiento	$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Tubo y nucleo

Diametro (in) 78

CLASE 4-180

Recubrim.	4
Pw	180

Di	78,74	diametro interno in	Nominal
Dy	82,7	diametro cilindro in	
hc	5,75	espesor nucleo in	
Pt	85,0	Presion trasiente PSI (40% Pw)	
Pft	216,0	Prueba hidrostática PSI (1.2*Pw)	
We	12.710	Carga muerta lb/ft	
Wt	0	Sobrecarga lb/ft (vivas, impacto, etc)	
Wf	2.110	Peso del fluido lb/ft	

Cable de presfuerzo

ds	0,192	diametro del alambraón
fsg	175.500	tensión de enrollamiento PSI
fsu	234.000	esfuerzo mínimo de tensión de especificación para el cable PSI
Es	28.000.000	modulo de elasticidad de diseño del cable PSI
fsy	198.900	Limite de fluencia del cable PSI
λ.s	0,0167	
εsg	0,006267857	
εsy	0,007103571	

mortero

hm	0,942	espesor (in)
hm	1,00	espesor especificación (in)
λ.m	0,0870	
R	42,745	radio al centroide de la pared del tubo (in)

cilindro

ty	0,0598	gauge 16 espesor de la lámina (in)
fyy	27.000	esfuerzo de fluencia del acero del cilindro
fy y	36.000	esfuerzo del cilindro a la rotura (fyy=75%fy*y)
Ey	30.000.000	modulo d elasticidad del cilindro
hci	1,92	espesor del nucleo de la lamina al interior (in)
dy	1,95	in
λ.y	0,339	in

secciones transversales cilindro y concreto

Ay	0,718	in ² /ft
Ac	68,282	in ² /ft

Concreto

f'c	5.500	PSI
Ec	3.840.887	modulo de elasticidad del concreto PSI
n	7,29	
n'	7,81	
f' t	519	PSI
εt'	1,35E-04	in/in
εk'	1,49E-03	in/in

mortero

f'm	4.500	PSI
Em	3.429.842	modulo de elasticidad del mortero PSI
m	0,89298	antes de ablandamiento
f' tm	470	psi
εt'm	1,37E-04	in / in
εk'm	1,10E-03	in / in

condiciones ambientales

RH	70%	humedad relativa
t1	270 dias	tiempo en patios
t2	90 dias	tiempo enterrado sin agua

coeficientes de momento y cortante

Carga de tierra (Apoyo 90° Olander)		Peso del tubo (Apoyo 15° Olander)		Peso del fluido (Apoyo 90° Olander)	
C _{m1e}	0,1247	C _{m1p}	0,2157	C _{m1f}	0,1208
C _{m2e}	0,0885	C _{m2p}	0,1016	C _{m2f}	0,0878
C _{n1e}	0,3255	C _{n1p}	0,1029	C _{n1f}	-0,2703
C _{n2e}	0,5386	C _{n2p}	0,3026	C _{n2f}	-0,0617

SECCION C.3. AREAS DE REFUERZO

C.3.1. As ma: 0,914 in² / ft espacio libre 0.188" (AWWA C301/64)

C.3.2. As min 0,232 in² / ft espacio max 1.5" (AWWA C301)

C.3.3. As requerido basado en la presión de rotura

Pw	180	psi	Presion de trabajo
Pt	85	psi	Presion trasciente
Pb	458	psi	Presion de rotura (para estimación de As)

* de acuerdo al criterio del standard de 1964

As	0,861	in ² /ft	Estimado de acuerdo a C.3.3. basado en Pw
As	0,861	in ² /ft	
As/tubo	19,774		
total espiras	683		

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99
CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.4. CALCULO DE ESTADOS DE ESFUERZO

C.4.1. Razones de modulo

ni	8,23	nr	7,02
ni'	8,83	nr'	7,47

C.4.2. Fluencia lenta (Creep), retracción de fraguado y relajación del cable para RH=70%, tenemos

φ1	1,76
φ2	1,79

a. Razón volumen superficie

hco	3,77	espesor del nucleo de la lamina al exterior (in)
γ(hci)	0,934	
γ(hco+hm)	0,724	
γ(hm)	1,106	

b. factor de fluencia lenta (Creep)

φci	1,643
φcom	1,296
φm	1,979
φ	1,293

para RH=70%, tenemos

s1	1,84E-04
s2	2,99E-04

c. factor de retracción

γ' (hci)	0,953
γ' (hco+hm)	0,677
γ' (hm)	1,064

sci	1,75E-04
scom	2,02E-04
sm	3,18E-04
s	1,73E-04

d. relajación del alambón

R	0,0669
---	--------

C.4.3. Presfuerzo inicial

f ic	1849 PSI
f iy	16335 PSI
f is	-160.282 PSI

C.4.4. Presfuerzo final

1	147378,873	f cr	1370 PSI
2	7,89E+03	εcr	3,57E-04
3	10103,98731	f yr	31.175 PSI
denominador	94,44188431	f sr	-134.629 PSI

C.4.5. Presion de descompresion

Po (psi) 220,02 Basado en As residual

SECCION C.5. MINIMA AREA DE PREESFUERZO AREA BASADA EN LA MÁXIMA PRESION

la mínima area de preesfuerz odebe cumplir las combinaciones de carga W1 y WT1.

Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE

PK'	279,6 psi
min (Pk' , 1.4 Po)	279,6 psi

SECCION C.6. ESFUERZOS DEL PRETENSADO PARA EL AREA DE DISEÑO FINAL

Recalculando los estados de esfuerzos con una area As que cumpla todos los criterios de diseño se tiene:

f cr	1370 PSI
εcr	3,57E-04 in/in
f yr	31.175 PSI
εyr	1,04E-03 in/in
f sr	-134.629 PSI
εsr	-4,81E-03 in/in
Po	220,02 PSI
No	109.173 lb / ft
PK'	279,6 psi
Nk'	138.723 lb/ft
Wp	1.902 lb/ft

peso del tubo

eje neutro para esfuerzo cortante

e _o	3,051 in
----------------	----------

SECCION C.7. SERVICIO EN LA CIRCUNFERENCIA TOTAL DEL TUBO

Estado	Proposito	Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Límite de Servicio en la circunferencia total del tubo	Prevenir decompresión del nucleo	$P_w \leq P_o$	W1	CUMPLE
	Prevenir fisuras en el recubrimiento	$P_w + P_t \leq \min(P_k', 1.4 P_o)$	WT1	CUMPLE