

EJECUCION DE PRUEBAS DE APTITUD PARA ANCLAJES EN EL MACIZO ROCOSO"CERRO SAN PABLITO" ESTACION RUIZ PINEDA DEL METRO DE CARACAS.

ing° Gianfranco Perri - ing° José Luis Beaperthuy

Introducción:

Para diseñar el sistema de estabilización mediante pantalla en concreto proyectado anclada, de un corte de grandes dimensiones a ser ejecutado para la construcción de la Estación Ruiz Pineda del Metro de Caracas, se llevaron a cabo seis (6) pruebas de cargas sobre anclajes, siguiendo la Norma Suiza 191 de la "Societé Suisse des Ingenieurs et des Architectes" editada en 1971. En este trabajo se resumen los principales resultados obtenidos de las pruebas.

Datos Generales:

El macizo rocoso en que se contruyeron los anclajes de prueba pertenece a la unidad de los esquistos calcáreos correspondientes a la formación "Las Mercedes" del ampliamente conocido Grupo Caracas.

En toda la ladera norte del sector Las Adjuntas-Mamera en donde se encuentra ubicado el Cerro de San Pablito, existe una variación en la textura de los esquistos calcáreos mencionados, que más bien pueden ser descritos desde un punto de vista petrográfico como "Gneiss".

Los componentes principales de la unidad son el cuarzo, con un porcentaje que puede alcanzar un 65% - 70%, la calcita hasta un 60% la mica hasta un 20% con presencia eventual de material carbonoso y otros minerales accesorios.

A consecuencia del proceso de meteorización, el contenido de material carbonoso ha sido reducido y consecuentemente la roca en superficie ha perdido su color oscuro característico de la roca fresca observándose en la actualidad en su lugar un color característico rojizo-morado.

Al nivel en que se construyeron los anclajes de prueba (aproximadamente en la base de un corte 1:1 de 20 m de altura), el macizo rocoso se encontró parcialmente meteorizado con un estado físico caracterizado por un alto grado de fracturación con la presencia de por lo menos dos sistemas de diaclasas de persistencia y frecuencia muy variables en el sector.

El elemento estructural "foliación" se presentó favorable en el sector del corte.

En la figura 1 se representa un esquema con la disposición de los anclajes de prueba y sus características geométricas principales.

Cálculo de la carga de prueba para los anclajes:

Para el cálculo de la carga de prueba de los anclajes se utilizó el siguiente procedimiento establecido por la norma:

* Tipo de anclaje: permanente con grado de riesgo alto (clase N° 6)

$$V_p \leq 0.95 V_s$$

$$V_p \geq 1.40 V_g$$

$$V_g = \frac{1}{S} \times V_u$$

donde:

V_p = Carga de prueba del anclaje.

V_s = Carga correspondiente al límite elástico del acero

V_g = Carga teórica de utilización

S = Factor de seguridad según la clase

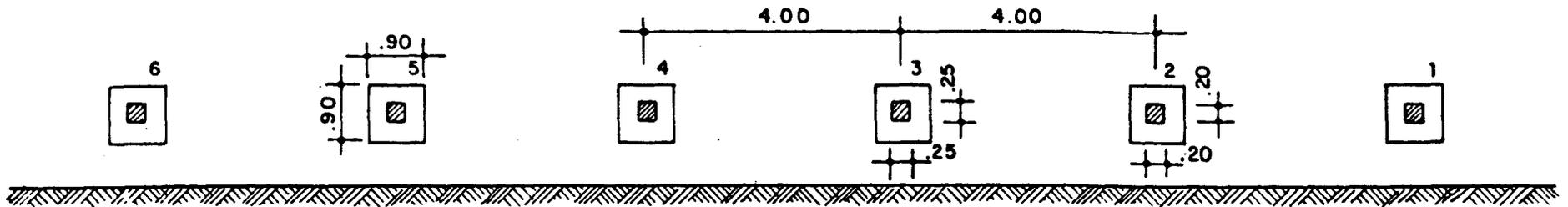
V_u = Carga de rotura del anclaje igual al valor más pequeño entre V_z y V_w .

V_z = Carga de rotura del acero

V_w = Carga de rotura del bulbo de anclaje

ANCLAJES DE PRUEBA - CERRO SAN PABLITO

DISPOSICION DE ANCLAJES



CARACTERISTICAS DE LOS ANCLAJES

ANCLAJE N°	LONGITUD TOTAL (ml)	LONGITUD TENSADO (ml)	LONGITUD LIBRE (ml)	LONGITUD BULBO (ml)	GUAYA TIPO	N° DE GUAYAS	CARGA DE SERVICIO (ton.)
1	20	0,5	15,5	4	1/2"	3	30
2	21	0,5	15,5	5	1/2"	3	30
3	21	0,5	15,5	5	5/8"	3	45
4	22	0,5	15,5	6	5/8"	3	45
5	20	0,5	15,5	4	5/8"	3	45
6	21	0,5	15,5	5	5/8"	3	45

FIG. -1-

Procedimiento para la realización de las pruebas de aptitud:

De acuerdo a lo especificado en la norma, se siguieron los siguientes pa
sos para la ejecución de las pruebas de aptitud:

- 1) Se dió una carga inicial (Va) cuyo valor fué aproximadamente el 10% de la carga de prueba determinada.
- 2) La diferencia entre Va y Vp se aplicó en tres (3) incrementos iguales de carga, empleando el procedimiento de "CARGA CONSTANTE". (Fig. -2-)
- 3) Cada incremento de carga se mantuvo CONSTANTE durante los tiempos especificados por la norma para este tipo de roca, midiendo directamente las deformaciones del tirante (Δl) a medida que se ejecutaba la prueba. A continuación se indican los tiempos especificados y las deformaciones máximas permitidas correspondientemente para la aceptación del anclaje.

CONDICION (1):

	TIEMPO DE PERMANENCIA	VALOR LIMITE DEL AUMENTO DE DEFORMACION (Δl)
1a	0 a 5 min	Max. 2% de Δl_r
1b	5 a 15 min	Max. 1% de Δl_r
1c	15 a 50 min	Max. 1% de Δl_r

$$\text{siendo: } \Delta l_r = \frac{V_p \times l_{fr}}{E_e \times F_e}$$

donde: lfr: Longitud libre teórica del anclaje
Ee: Módulo de elasticidad del acero del tirante
Fe: Area de acero del tirante

- Si la condición -1a- no se cumple, se continuaría la observación hasta completar 15 minutos.
- Si la condición -1b- no se cumple, se continuaría la observación hasta 50 minutos.

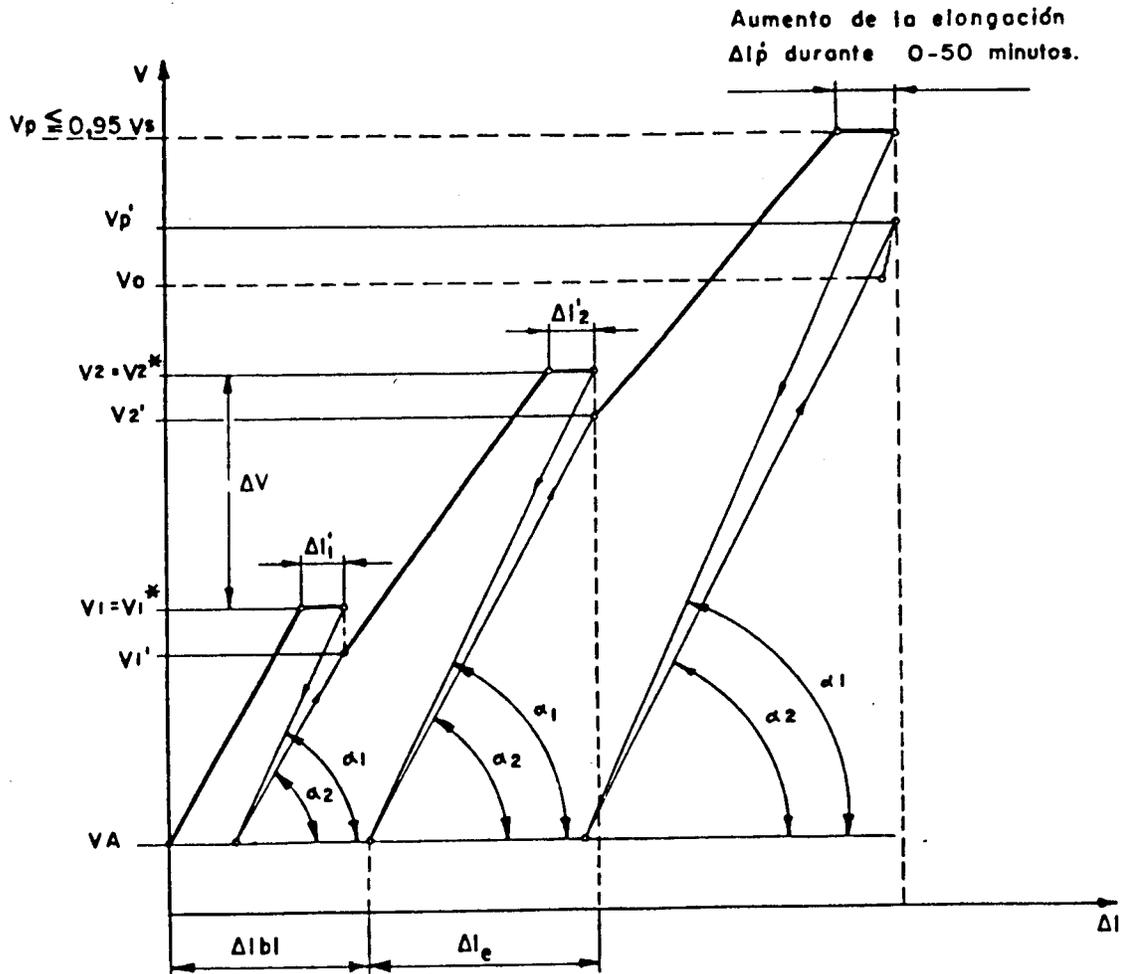


FIG. -2-

CONDICION (2):

La relación entre pendientes de las curvas características de prueba del tirante debe satisfacer la siguiente condición:

$$\frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2} \geq 0.90$$

siendo α_1 : Pendiente de la recta de descarga

α_2 : Pendiente de la recta de carga (Figura 2)

Cálculo de la carga V_p (Ejemplo para el anclaje de 45 t de carga de trabajo):

- Longitud total de los anclajes: $l = 20, 21 \text{ y } 22 \text{ m}$
- Longitud libre teórica: $l_{fr} = 15,5 \text{ m}$
- Longitud de los bulbos: $l_v = 4, 5 \text{ y } 6 \text{ m}$
- Módulo de elasticidad del acero: $E_e = 20 \text{ Ton/mm}^2$
- Area de acero del conjunto (3 guayas): $F_e = 420 \text{ mm}^2$

$$V_s = 3 \times 23,70 \text{ Ton} = 71,10 \text{ Ton} \quad (\text{Informe UCAB})$$

$$V_u \leq V_z = 3 \times 26,07 \text{ Ton} = 78,21 \text{ Ton} \quad (\text{Certificación Wireco})$$

$$V_p \leq 0,95 \times 71,10 \text{ Ton} = 67,55 \text{ Ton}$$

$$V_p \geq 1,4 \times \frac{78,21}{2} \text{ Ton} = 54,75 \text{ Ton}$$

$$54.75 \text{ Ton} \leq V_p \leq 67.55 \text{ Ton}$$

$$V_p = 60 \text{ Ton}$$

$$\Delta l_r = \frac{V_p \times l_{fr}}{E_e \times F_e} = \frac{60 \text{ Ton} \times 15.500 \text{ mm}}{20 \text{ Ton/mm}^2 \times 420 \text{ mm}^2} = 110.7 \text{ mm}$$

$$2\% \Delta l_r = 2.21 \text{ mm}$$

$$1\% \Delta l_r = 1.11 \text{ mm}$$

$$V_o \leq 0.75 V_u = 0.75 \times 78.21 \text{ Ton} = 58.66 \text{ Ton}$$

$$\underline{V_o \leq 58.66 \text{ Ton}}$$

$$V_a = 0.10 \times 60 = 6 \text{ Ton} \quad (\text{Carga inicial})$$

$$\Delta V = \frac{60 - 6}{3} = 18 \text{ Ton} \quad (\text{Incrementos})$$

Resultados de las pruebas de carga:

Los resultados de la ejecución de las pruebas de aptitud se presentan en las planillas de registros y los gráficos de carga Vs. deformación correspondientes.

Todos los seis (6) anclajes sometidos a pruebas de aptitud cumplieron con las condiciones establecidas en la norma, por lo cual se consideraron aptos para trabajar bajo las condiciones de proyecto establecidas. Se anejan a manera de ejemplo la planilla y gráfico correspondientes a una prueba tipo para los anclajes de 45 t de carga de trabajo y una para los de 30 t.

Consideraciones adicionales:

Los objetivos fundamentales para los cuales se planificó y llevó a cabo la campaña de pruebas de carga descritas fueron los de: 1°) Verificar la posibilidad de que pudiesen aplicarse anclajes de 30 y 45 Toneladas de carga de servicio; 2°) Optimizar las longitudes de bulbo necesarias para los dos casos; 3°) Verificar la calidad del sistema de puesta en obra, esencialmente definir la sobrecarga de bloqueo a asignar y finalmente 4°) Verificar la permanencia en el tiempo de la carga aplicada.

Para cumplir con los anteriores objetivos, se construyeron los anclajes de prueba con diferentes longitudes de bulbo y se utilizó durante los ensayos y se dejó instalada, en todos los anclajes de prueba, una celda de presión tipo "GLOETZL" con las cuales por un lado se pudo medir con mayor

precisión los diferentes niveles de carga aplicados y principalmente se pudo medir en cada caso la real pérdida de carga debido a la técnica de bloqueo utilizada (sistema de una cuña para cada guaya) y finalmente la permanencia de la carga aplicada en el tiempo.

Se terminó que, para el sistema de carga y dispositivo de bloqueo utilizados, la caída media para los seis (6) anclajes fué del 15% lo cual - permitió establecer el valor de carga a aplicar para finalmente obtener una carga aplicada de trabajo próxima a la establecida en el proyecto.

Finalmente se recomendó una longitud de bulbo de 4.0 m para los anclajes de 30 t y de 6.0 m para los de 45 t.

Prueba de Tensión en tres etapas de carga..

Tirante nº: 5

Tipo:

Tensión de Prueba

$V_p = 60$ (t).

Obra: CERRO SAN PABLO - CARICUAO

Deformación del Dispositivo

de Tensión

mm/ton.

Tipo de suelo ESQUISTO

Fecha de inyección

Fecha de tensión 08-08-84

Longitud del Tirante

$l = 19,5$ m

Longitud libre Teórica

$l_r = 13,5$ m

Logitud de bulbo.

$l_b = 4,0$ m

Armadura (area libre)

$F_a = 420$ mm²

Modulo de elasticidad

$E_s = 20$ (t/mm²)

Dimensión: Deformación en mm.

Fuerzas en Toneladas Métricas

CELDA 2948: V=0,2118P-2,7410 [TON]

Incrementos	V _A	V ₁	V ₁ ^o	V _A	V ₁	V ₂	V ₂ ^o	V _A	V ₂	V _p	V _p ^o	V _A	V _p	V _o
Fuerza V	6	24	24	6	23,5	41,7	41,7	6	41,3	60	60	6	58,7	43,2
Carga Aplicada	41	126	126	41	124	210	210	41	208	296	296	41	290	217
Desplazamiento (Δl)	0	39,24	36,40	13,35	36,40	68,80	70,05	16,00	70,05	105,30	106,00	19,95	106,00	
Desplaz.del pistón(Δl _p)	24,5	56,5	63	41	63	97,5	99	45,5	99	136,5	137,5	51,0	137,5	
Desplazamiento de la placa de apoyo (Δs)														

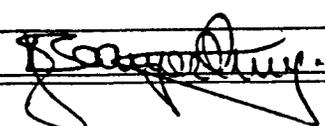
Condición ① Control de la pérdida de carga (AVI)														
n. Δt (min)	V ₁ = 24				Se cumple Condición ① SI/NO	V ₂ = 41,7				Se cumple Condición ① SI/NO	V _p = 60			
	✓	AV ₁	AV _{adm.}			✓	AV ₂	AV _{adm.}			✓	AV _p	AV _{adm.}	
0'		30,20				68,80					105,30			
①a Δt = 5'		35,00	4,80	2,21	OK!	70,05	1,25	2,21	OK!		106,00	0,70	2,21	OK!
①b 3 Δt = 15'		36,35	1,35	1,11	NO									
①c 10 Δt = 50'		36,40	0,05	1,11	OK!									
	Δl	Δl _i	Δl _{adm.}			Δl	Δl _i	Δl _{adm.}			Δl	Δl _i	Δl _{adm.}	
		Δl _i = 30,20				Δl _i = 68,80					Δl _i = 105,30			

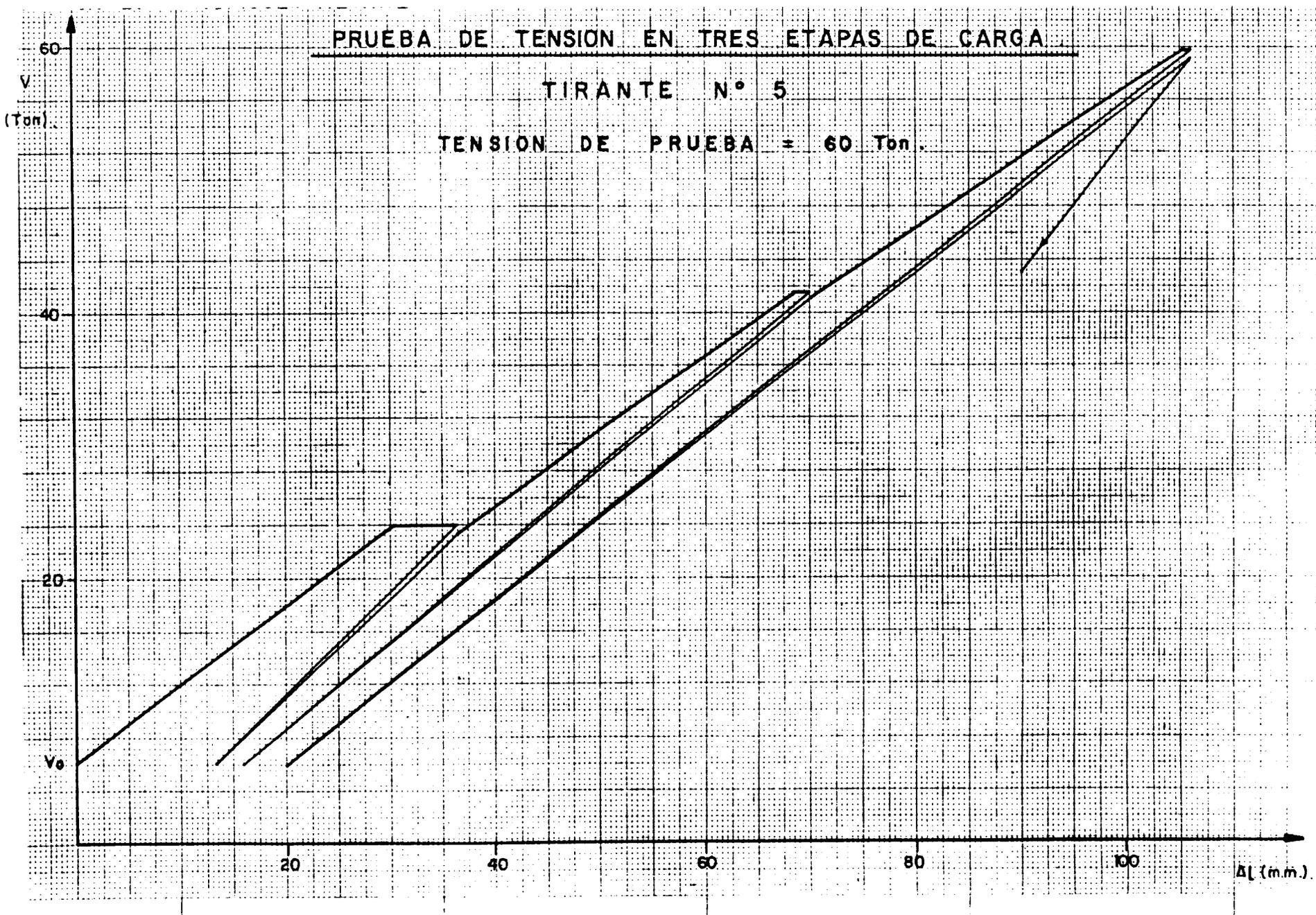
Control	Condición		Se Cumple Condición ① SI/NO
	V _p ≥ 200KN **	V _p - 200KN **	
Condición ② $\frac{tg \alpha_2}{tg \alpha_1}$	$V_1 = \frac{tg \alpha_2}{tg \alpha_1} = 0,97$ $V_2 = \frac{tg \alpha_2}{tg \alpha_1} = 0,99$ $V_p = \frac{tg \alpha_2}{tg \alpha_1} = 0,98$	Valor medio ≥ 0,8	OK! OK! OK!
Control de la ③ longitud libre efectiva	$l_f = \frac{\Delta l_0(X) \cdot F_a \cdot E_s}{V(X) - V_A - R} \cdot m$ $R = (t)$ **	k = 0,5 ** ≥ l _{f1} = 0,9 l _r = m ≥ l _{f2} = l _r + k · l _r = m	
Control de la ④ deformación permanente	Δl _{bl} (X) = mm	≤ Δl _{bl} (Obtenido del tirante de prueba = mm.	

Lugar y Fecha: _____

El Empresario: _____

El Inspector: _____





Prueba de Tensión en tres etapas de carga..

Tirante n°: 1

Tipo:

Tensión de Prueba

$V_p = 40$ (t).

obra: CERRO SAN PABLITO.

Deformación del Dispositivo de Tensión

mm/ton.

CARICUAO

Longitud del Tirante

$l = 19,5$ m

Tipo de suelo

Longitud libre Teórica

$l_{fr} = 15,5$ m

Fecha de inyección

Logitud de bulbo.

$l_b = 4,0$ m

Fecha de tensión 30-07-84

Armadura (area libre)

$F_a = 296$ mm²

Dimensión: Deformación en mm.

Fuerzas en Toneladas Métricas

Modulo de elasticidad

$E_s = 20$ (t/mm²)

Incrementos	V _A	V ₁	V ₁ ^o	V _A	V ₁	V ₂	V ₂ ^o	V _A	V ₂	V _p	V _p ^o	V _A	V _p	V _o
Fuerza V (ton)	4,8	15,3	15,3	5,2	15,3	28	28	5,2	27,1	39,4	39,2	5,2	38,7	28,2
Carga Aplicada (ton)	24	74	74	26	74	134	134	26	130	188	187	26	185	135
Desplazamiento (Δl)	0	31,45	32,55	10,25	32,55	67,00	67,90	12,46	68,20	101,50	102,15	16,20	102,15	101,50
Desplaz.del pistón(Δl _p)														
Desplazamiento de la placa de apoyo (Δs)														

Condición ① Control de la pérdida de carga (ΔV)

n. Δt (min)	V ₁ = 15,3				Se cumple Condición ① SI/NO	V ₂ = 28				Se cumple Condición ① SI/NO	V _p = 39,4				Se cumple Condición ① SI/NO
	✓	ΔV ₁	ΔV _{adm.}			✓	ΔV ₂	ΔV _{adm.}			✓	ΔV _p	ΔV _{adm.}		
0'		31,45				67,0					101,5				
①a Δt = 5'		32,55	1,10	2,10	OK!	67,9	0,90	2,10	OK!		102,15	0,65	2,10	OK!	
①b 3 Δt =															
①c 10 Δt =															
	Δl	Δl ₁	Δl _{adm.}			Δl ₂	Δl _{adm.}				Δl _p	Δl _{adm.}			
		Δl ₁ = 31,45				Δl ₂ = 67,0					Δl _p = 101,50				

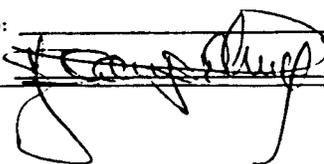
Condición ① Control del incremento de deformación (Δl)

Control	Condición		Se Cumple Condición ① SI/NO
	V _p ≥ 200KN **	V _p < 200KN	
Condición ② de control $\frac{V_2}{V_1}$	$V_1 = \frac{V_2 d_2}{V_1 d_1} = 1,00$ $V_2 = \frac{V_2 d_2}{V_1 d_1} = 0,96$ $V_p = \frac{V_p d_2}{V_1 d_1} = 0,99$	Valor medio ≥ 0,8	OK! OK! OK!
Control de la ③ longitud libre efectiva	$l_f = \frac{\Delta l_0(X) \cdot F_0 \cdot E_0}{V(X) - V_A - R} =$ m R = (t) **	k = 0,5 ** ≥ l _{f1} = 0,9 l _{fr} = m ≤ l _{f2} = l _r + k · l _v = m	
Control de la ④ deformación permanente	Δl _{bl} (X) = mm	≤ Δl _{bl} (Obtenido de tirante de prueba = mm.	

Lugar y Fecha: _____

El Empresario: _____

El Inspector: _____



CELDA 2943: V = 0,21073P - 0,25451 [TON]

Prueba de Tensión en tres etapas de carga..

Tirante nº: 1

Tipo:

Tensión de Prueba

$V_p = 40$ (t).

Obra: CERRO SAN PABLITO.

Deformación del Dispositivo de Tensión

mm/ton.

Tipo de suelo

CRICUAO

Longitud del Tirante

$l = 19,5$ m

Fecha de inyección

Longitud libre Teórica

$l_{lr} = 15,5$ m

Fecha de tensión 30-07-84

Logitud de bulbo.

$l_b = 4,0$ m

Armadura (area libre)

$F_a = 296$ mm²

Dimensión: Deformación en mm.

Fuerzas en Toneladas Métricas

Modulo de elasticidad

$E_s = 20$ (t/mm²)

CELDA 2943: V = 0,21073P - 0,25451 [TON]

Incrementos	V _A	V ₁	V ₁ ^o	V _A	V ₁	V ₂	V ₂ ^o	V _A	V ₂	V _p	V _p ^o	V _A	V _p	V _o
Fuerza V (TON)	4,8	15,3	15,3	5,2	15,3	28	28	5,2	21,1	39,4	39,2	5,2	38,7	28,2
Carga Aplicada (TON)	24	74	74	26	74	134	134	26	130	188	187	26	185	135
Desplazamiento (Δl)	0	31,45	32,55	10,25	32,55	67,00	67,90	12,46	68,20	101,50	102,15	16,20	102,15	101,50
Desplaz.del pistón(Δl _p)														
Desplazamiento de la placa de apoyo (Δs)														

Condición ① Control de la pérdida de carga (ΔV)														
n. Δt (min)	V ₁ = 15,3				Se cumple Condición ① SI/NO	V ₂ = 28				Se cumple Condición ① SI/NO	V _p = 39,4			
	✓	ΔV ₁	ΔV _{adm.}			✓	ΔV ₂	ΔV _{adm.}			✓	ΔV _p	ΔV _{adm.}	
0'		31,45				67,0					101,5			
①a Δt = 5'		32,55	1,10	2,10	OK!	67,9	0,90	2,10	OK!		102,15	0,65	2,10	OK!
①b 3 Δt =														
①c 10 Δt =														
	Δl	Δl _i	Δl _{adm.}			Δl ₂	Δl _{adm.}				Δl _p	Δl _{adm.}		
		Δl ₁ = 31,45				Δl ₂ = 67,0					Δl _p = 101,50			

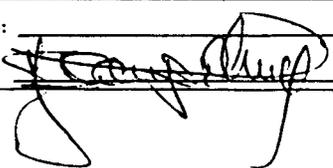
Condición ① Control del incremento de deformación (Δl)

Control	Condición		Se Cumple Condición ① SI/NO
	V _p ≥ 200KN **	V _p < 200KN	
Condición ② de control $\frac{tg d_2}{tg d_1}$	V ₁ = $\frac{tg d_2}{tg d_1} = 1,00$ V ₂ = $\frac{tg d_2}{tg d_1} = 0,96$ V _p = $\frac{tg d_2}{tg d_1} = 0,99$	≥ 0,9 ≥ 0,9 ≥ 0,9	Valor medio ≥ 0,8 OK! OK! OK!
Control de la ③ longitud libre efectiva	$l_f = \frac{\Delta l_0(X) \cdot F_a \cdot E_s}{V(X) - V_A - R} =$ m R = (t) **	k = 0,5 ** ≥ l _{f1} = 0,9 l _{f1} = m ≤ l _{f2} = l _{f1} + k · l _b = m	
Control de la ④ deformación permanente	Δl _{bl} (X) = mm	≤ Δl _{bl} (Obtenido de tirante de prueba = mm.	

Lugar y Fecha: _____

El Empresario: _____

El Inspector: _____



PRUEBA DE TENSION EN TRES ETAPAS DE CARGA

TIRANTE N° 1

TENSION DE PRUEBA = 40 Ton.

