

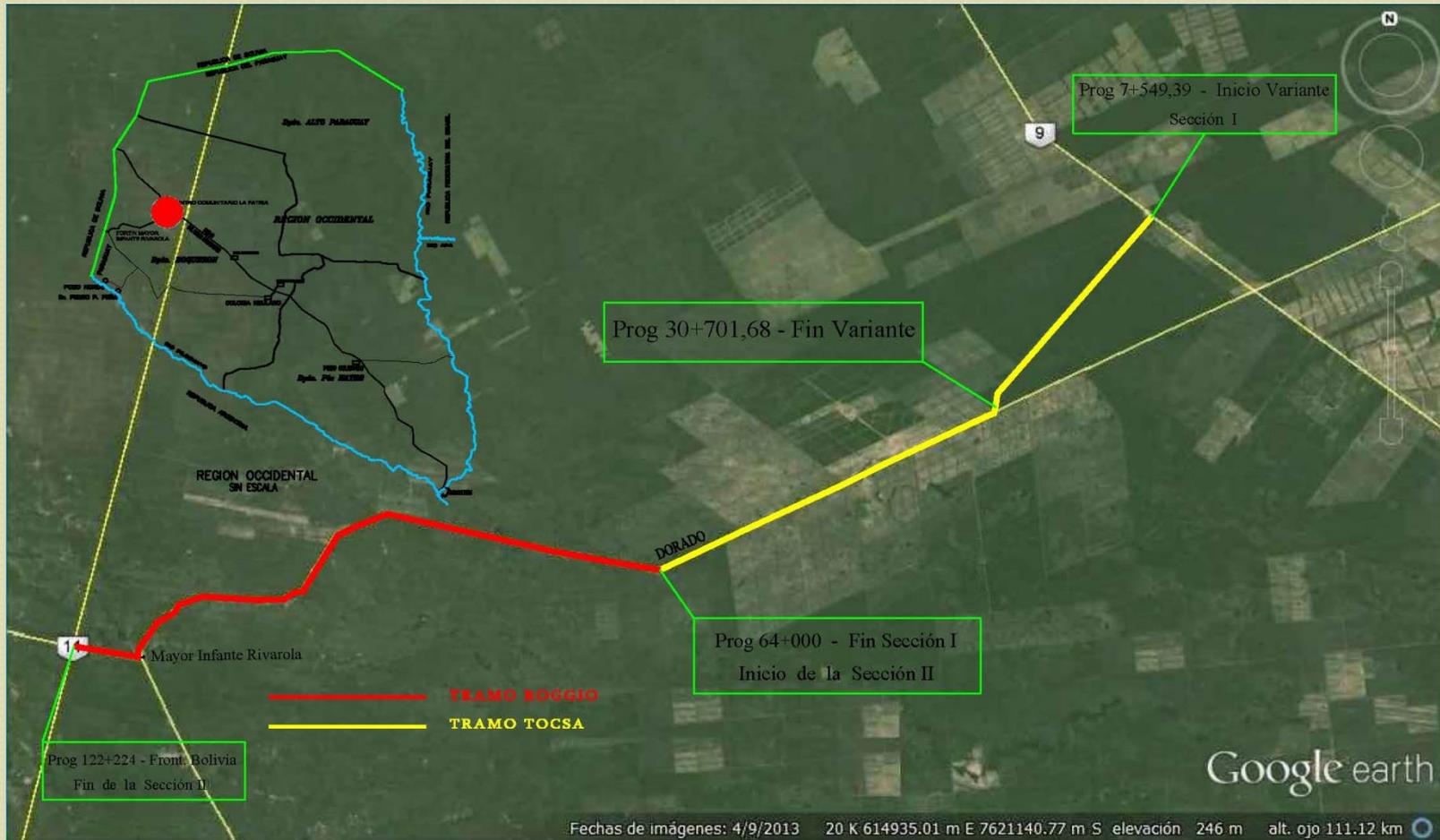
EMPALME RUTA 9 1 Km  
CENTRO URBANO LA PATRIA  
← GRAL. EUGENIO A. GARAY

MCAL. ESTIGARRIBIA  
EMPALME FILADELFIA  
ASUNCION →

***EXPERIENCIA DE  
CONSTRUCCIÓN DE  
CARRETERA CON  
BASE DE SUELO CEMENTO  
EN EL CHACO***

21 3 2007

# UBICACIÓN GEOGRÁFICA



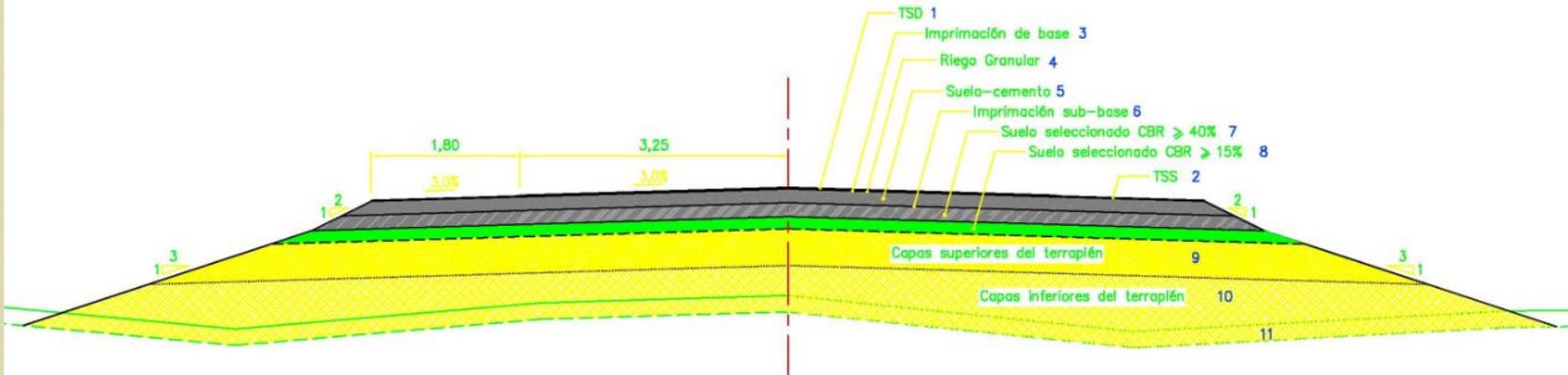
**INICIO TRAMO: 7+549,39 – FIN TRAMO: 64+000 – TOTAL: 56,45km**

# DATOS GENERALES

- Fecha de Contrato: 26/11/2003
- Orden de Inicio: 15/01/2004
- Plazo Contractual: 900 días Calendario (30 meses)
- Fecha de Terminación: Enero/2013 (119,82%)
- Porción Local Gs: 16.659.255.956 (IVA Incluido)
- Porción Local U\$S: 5.147.105,47 (IVA Incluido)
- Costo: 172.003,68 (U\$S/km)

# PAQUETE ESTRUCTURAL

DISEÑO DEL PAVIMENTO - CORONAMIENTO: 10,10 m.



CAPA / SERVICIOS	espesor [cm]	CONSTITUCIÓN
① Revestimiento de calzada	≈2,0	TSD (emulsión asfáltica RR-2C)
② Revestimiento de banquetas	≈1,0	TSS (emulsión asfáltica RR-2C)
③ Imprimación de base	-	Emulsión asfáltica (RR-1C)
④ Riego granular	-	Piedra Triturada
⑤ Base	17,0	Suelo-cemento {96% suelo A-2-4 + 4% cemento} {95% suelo A-2-4 + 5% cemento}
⑥ Imprimación de sub-base	-	Emulsión asfáltica (RR-1C)
⑦ Sub-base	17,0	Suelo seleccionado, CBR ≥ 40%
⑧ Subrasante mejorada (SM)	15,0	Suelo seleccionado, CBR ≥ 15%
⑨ Capas superiores del Terraplén	45,0	Suelo con CBR ≥ 7%
⑩ Capas inferiores (Terraplén)	-	Admitidas con CBR ≥ 3%
⑪ Desbosque ,desbroce y despeje	≤ 20	Limpieza del asiento del Terraplén

# Principal problema de la obra:

**Falla del paquete estructural por adherencia deficiente entre la base de suelo cemento y el tratamiento superficial doble.**

# FACTORES ESTUDIADOS

1. **Tipo de Suelo y su explotación**
2. **Tipo de cemento**
3. **Condiciones climáticas: temperatura y viento.**
4. **Agua a utilizar**
5. **Proceso constructivo**

# 1. Tipo de Suelo

PLANILLA DE RESUMEN DE ENSAYOS DE PRÉSTAMOS PARA SUB RASANTE

Ubicación	Lado	Profundidad			# 200	Límites			Indice de Grupos	Clasif. H.B.R.	Compactación		Expansión	C.B.R.
						LL	LP	IP			Densidad Max. Seca	Humedad Óptima		
11+600	D	0,40	a	2,10	43,0	NP			2	A-4	2.057	9,7	0	52
12+100	I	0,40	a	2,10	49,5	16,6	12,7	3,9	3	A-4	2.055	10,5	0	49
17+250	I	0,40	a	2,10	43,3	18,7	12,4	6,3	2	A-4	2.067	8,6	0,25	46
19+600	D	0,40	a	2,10	58,7	19,3	14,0	5,3	5	A-4	2.040	10,4	0,86	25
24+500	I	0,20	a	1,60	62,7	21,0	14,3	6,7	5	A-4	2.050	10,6	0,08	67
25+300	I	0,20	a	1,60	58,3	20,4	14,3	6,1	4	A-4	2.085	9,1	0,26	68
25+900	I	0,20	a	1,60	55,7	17,9	12,0	5,9	4	A-4	2.060	8,9	0,08	86
28+400	I	0,20	a	1,60	51,4	16,1	11,7	4,4	3	A-4	2.090	9,1	0,00	39
29+100	I	0,20	a	1,60	62,3	18,5	13,5	5,0	5	A-4	2.075	10,0	0,13	19
36+000	I	0,30	a	2,60	55,0	NP	NP	NP	4	A-4	1.930	11,7	0,3	39
45+100	I	0,20	a	1,50	61,8	NP	NP	NP	5	A-4	1.983	10,8	0,4	26
45+100	D	0,20	a	1,50	81,1	NP	NP	NP	8	A-4	1.928	11,6	0,8	20
50+500	I	0,20	a	1,50	63,6	18,0	13,9	4,1	6	A-4	2.011	10,1	0,17	23
53+500	D	0,20	a	1,50	42,4	NP	NP	NP	1	A-4	2.060	9,1	0,34	37
54+500	D	0,20	a	1,50	53,1	NP	NP	NP	1	A-4	1.996	11,6	0,6	46
54+800	I	0,20	a	1,50	46,2	NP	NP	NP	1	A-4	2.032	9,5	0,3	51
55+500	D	0,20	a	1,50	53,5	NP	NP	NP	1	A-4	1.994	11,8	0,8	37
55+500	I	0,20	a	1,50	52,4	NP	NP	NP	3	A-4	2.044	9,3	0,3	33
56+000	I	0,20	a	1,50	54,8	NP	NP	NP	4	A-4	2.012	93,0	0,3	46
56+500	I	0,20	a	1,50	42,9	NP	NP	NP	2	A-4	2.010	8,9	0,2	32
57+000	D	0,20	a	1,50	39,7	NP	NP	NP	1	A-4	2.032	8,6	0,1	34
57+900	I	0,20	a	1,50	39,9	NP	NP	NP	1	A-4	2.052	8,6	0,2	30
58+500	D	0,20	a	1,50	42,4	NP	NP	NP	1	A-4	2.082	9,4	0,1	40
59+000	D	0,20	a	1,50	50,2	NP	NP	NP	1	A-4	2.090	9,3	0,2	38
59+400	D	0,20	a	1,50	52,3	NP	NP	NP	1	A-4	2.079	10,1	0,3	30
62+000	D	0,20	a	1,50	47,6	NP	NP	NP	0	A-4	2.010	10,4	0,3	28

# 1. Tipo de Suelo



PLANILLA DE RESUMEN DE ENSAYOS DE PRÉSTAMOS PARA SUELO CEMENTO

Ubicación	Lado	Profundidad			# 200	Límites			Indice de Grupos	Clasif. H.B.R.	Compactación		
						LL	LP	IP			Densidad Max. Seca	Humedad Óptima	Expansión
31+000	I	0,20	a	3,50	14,0		NP		A-2-4	1.870	10,5	0,1	33,2
32+700	D	0,20	a	2,20	38,0		NP	1	A-4	1.885	11,8	0,09	51,4
32+700	D	2,20	a	5,10	13,0		NP	0	A-2-4				
49+700	D	2,20	a	4,00	29,0		NP	0	A-2-4	1.980	8,2	0,17	47,1
50+000	D	1,70	a	3,50	31,1		NP	0	A-2-4	2.040	8,6	0,08	60
51+000	I	1,80	a	4,00	27,3		NP	0	A-2-4	2.027	9,1	0,04	34,3
53+400	D	2,50	a	5,30	29,0		NP	0	A-2-4	2.060	9,1	0,34	37,1

# Estudios de los préstamos de suelos:

**RESULTADO DE PRESTAMO A-2-4 CON ENERGIA DE COMPACTACION T 99**  
 Tres capas de 25 golpes con 2,5 kgs  
 Material A-2-4

1) Progresiva 11-500 lado izquierdo profundidad 2,40 a 5,60 mts

Dens. Max 1925 kg/m<sup>3</sup>  
 Hum. Opt. 9,6 %

Pas #	Num.	%
40	93,20%	
50	80,80%	
100	49,80%	
200	29,00%	

Clasificación	A-2-4	IG	0	NP	Color	Rojizo
---------------	-------	----	---	----	-------	--------

2) Progresiva 32+700 lado derecho profundidad 2,40 a 6,00 mts

Dens. Max 1886 kg/m<sup>3</sup>  
 Hum. Opt. 13,0 %

Pas #	Num.	%
40	96,60%	
50	91,00%	
100	65,00%	
200	30,60%	

Clasificación	A-2-4	IG	0	NP	Color	Blanco
---------------	-------	----	---	----	-------	--------

3) Progresiva 48+700 lado derecho profundidad 1,20 a 5,00 mts

Dens. Max 1796 kg/m<sup>3</sup>  
 Hum. Opt. 11,9 %

Pas #	Num.	%
40	99,70%	
50	98,80%	
100	90,20%	
200	16,20%	

Clasificación	A-2-4	IG	0	NP	Color	Rojizo
---------------	-------	----	---	----	-------	--------

4) Progresiva 51+000 lado izquierdo profundidad 1,20 a 6,20 mts

Dens. Max 1810 kg/m<sup>3</sup>  
 Hum. Opt. 10,8 %

Pas #	Num.	%
40	97,80%	
50	92,40%	
100	33,40%	
200	16,10%	

Clasificación	A-2-4	IG	0	NP	Color	Rojizo
---------------	-------	----	---	----	-------	--------

5) Progresiva 53+400 lado derecho profundidad 1,20 a 6,00 mts

Dens. Max 1840 kg/m<sup>3</sup>  
 Hum. Opt. 11 %

Pas #	Num.	%
40	98,00%	
50	95,80%	
100	56,60%	
200	27,90%	

Clasificación	A-2-4	IG	0	NP	Color	Rojizo
---------------	-------	----	---	----	-------	--------

# Estudios de los préstamos de suelos:

**RESULTADO DE PRESTAMO A-2-4 CON ENERGIA DE COMPACTACION T 99**  
 Tres capas de 25 golpes con 7,5 kgs  
 Material A-2-4 13/05/05

**1) Progresiva 11+500 lado izquierdo profundidad 2,40 a 6,00 mts.**

Dens. Max. 1925 kg/m<sup>3</sup>  
 Hum. Opt. 9,8 %  
 Pas # Num. 40 93,20%  
 50 85,80%  
 100 49,50%  
 200 29,00%

Clasificación	A-2-4	IG	0	NP	Color	Rojizo
---------------	-------	----	---	----	-------	--------

**2) Progresiva 32+700 lado derecho profundidad 2,40 a 6,00 mts.**

Dens. Max. 1886 kg/m<sup>3</sup>  
 Hum. Opt. 13,5 %  
 Pas # Num. 40 98,80%  
 50 91,00%  
 100 66,00%  
 200 30,80%

Clasificación	A-2-4	IG	0	NP	Color	Blanco
---------------	-------	----	---	----	-------	--------

**3) Progresiva 48+700 lado derecho profundidad 1,20 a 6,00 mts.**

Dens. Max. 1756 kg/m<sup>3</sup>  
 Hum. Opt. 11,9 %  
 Pas # Num. 40 99,76%  
 50 98,86%  
 100 50,20%  
 200 19,20%

Clasificación	A-2-4	IG	0	NP	Color	Rojizo
---------------	-------	----	---	----	-------	--------

**4) Progresiva 51+000 lado izquierdo profundidad 1,20 a 6,00 mts.**

Dens. Max. 1810 kg/m<sup>3</sup>  
 Hum. Opt. 10,8 %  
 Pas # Num. 40 97,80%  
 50 92,40%  
 100 33,40%  
 200 16,10%

Clasificación	A-2-4	IG	0	NP	Color	Rojizo
---------------	-------	----	---	----	-------	--------

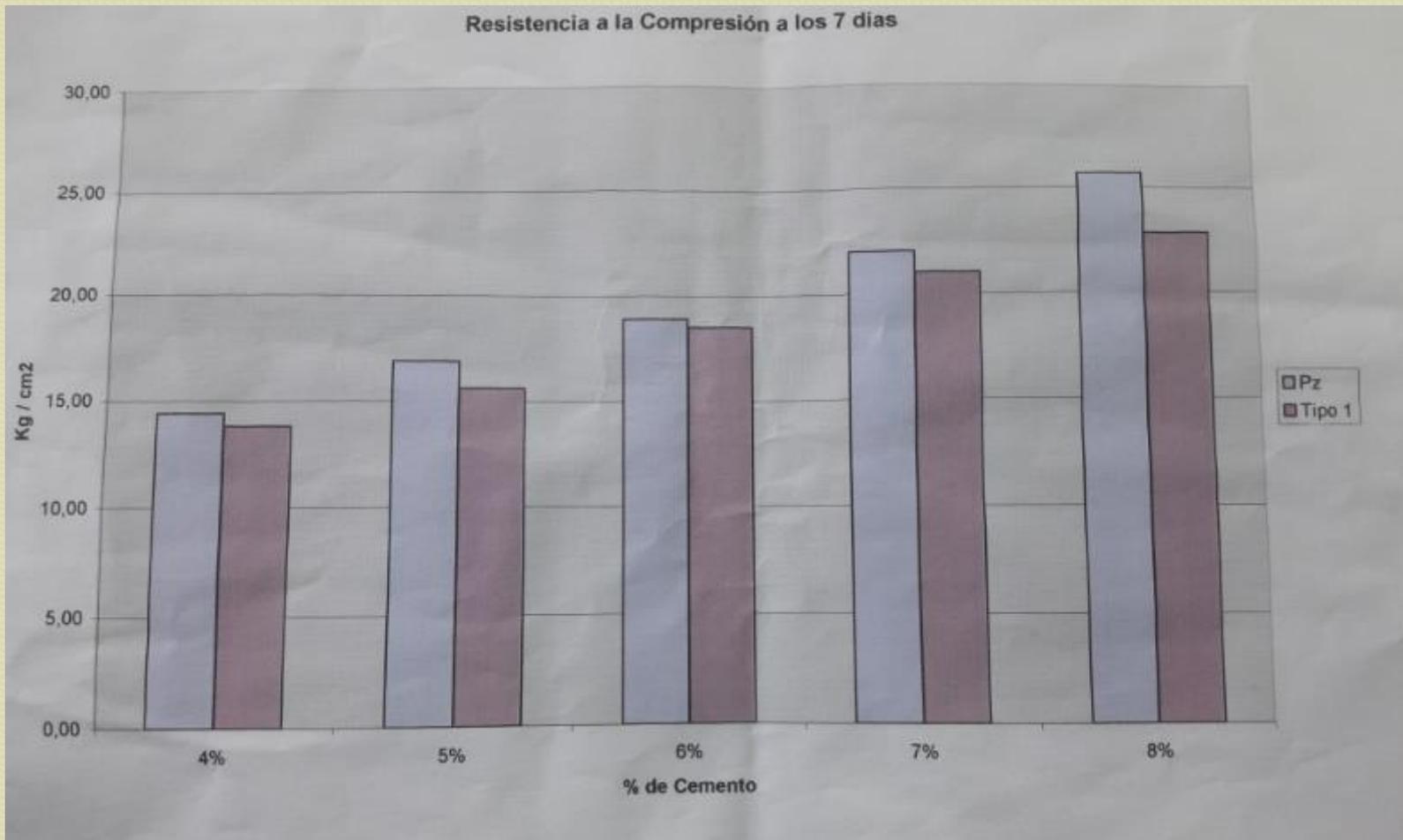
**5) Progresiva 53+400 lado derecho profundidad 1,20 a 6,00 mts.**

Dens. Max. 1840 kg/m<sup>3</sup>  
 Hum. Opt. 11 %  
 Pas # Num. 40 99,00%  
 50 95,80%  
 100 66,60%  
 200 27,90%

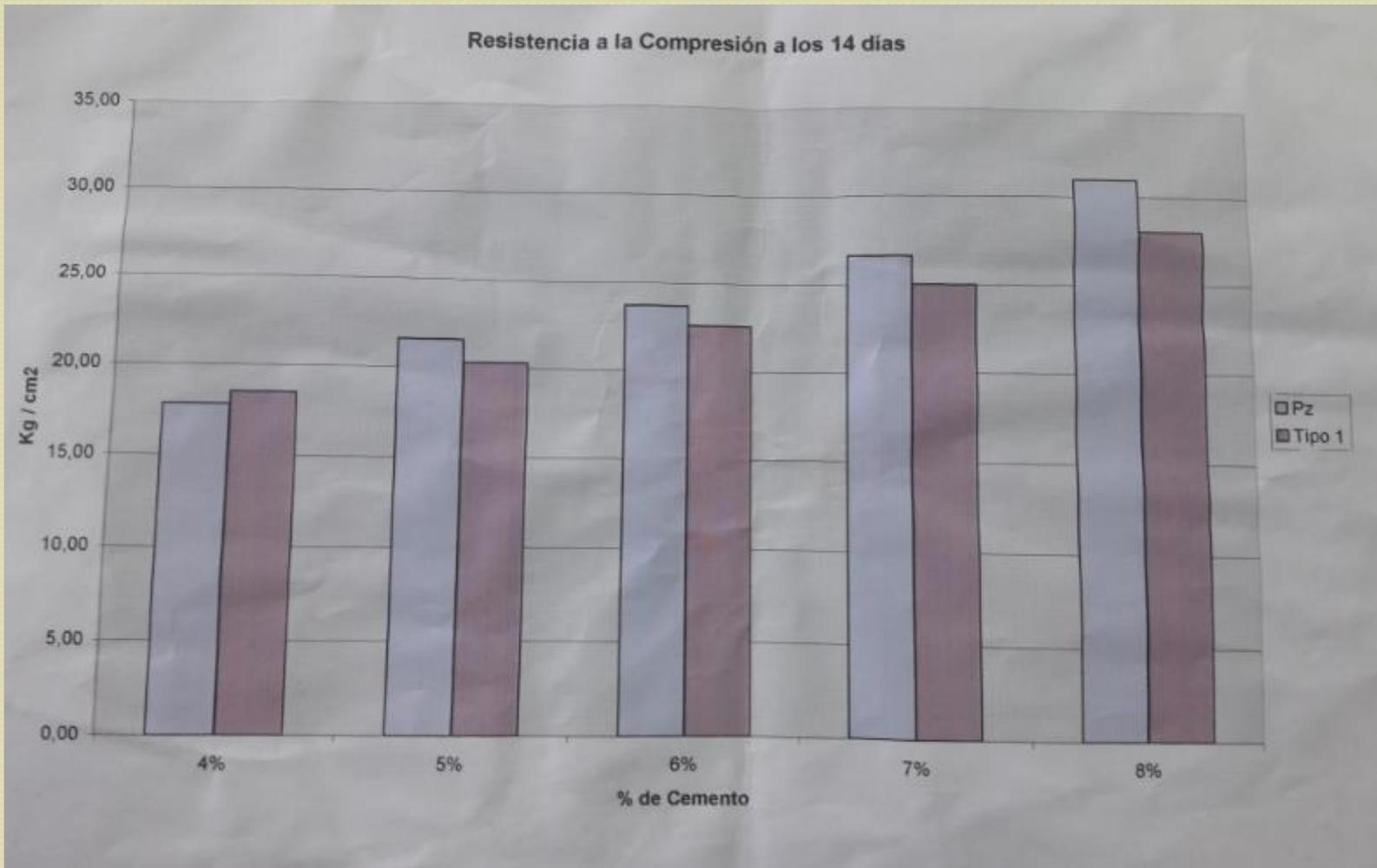
Clasificación	A-2-4	IG	0	NP	Color	Rojizo
---------------	-------	----	---	----	-------	--------



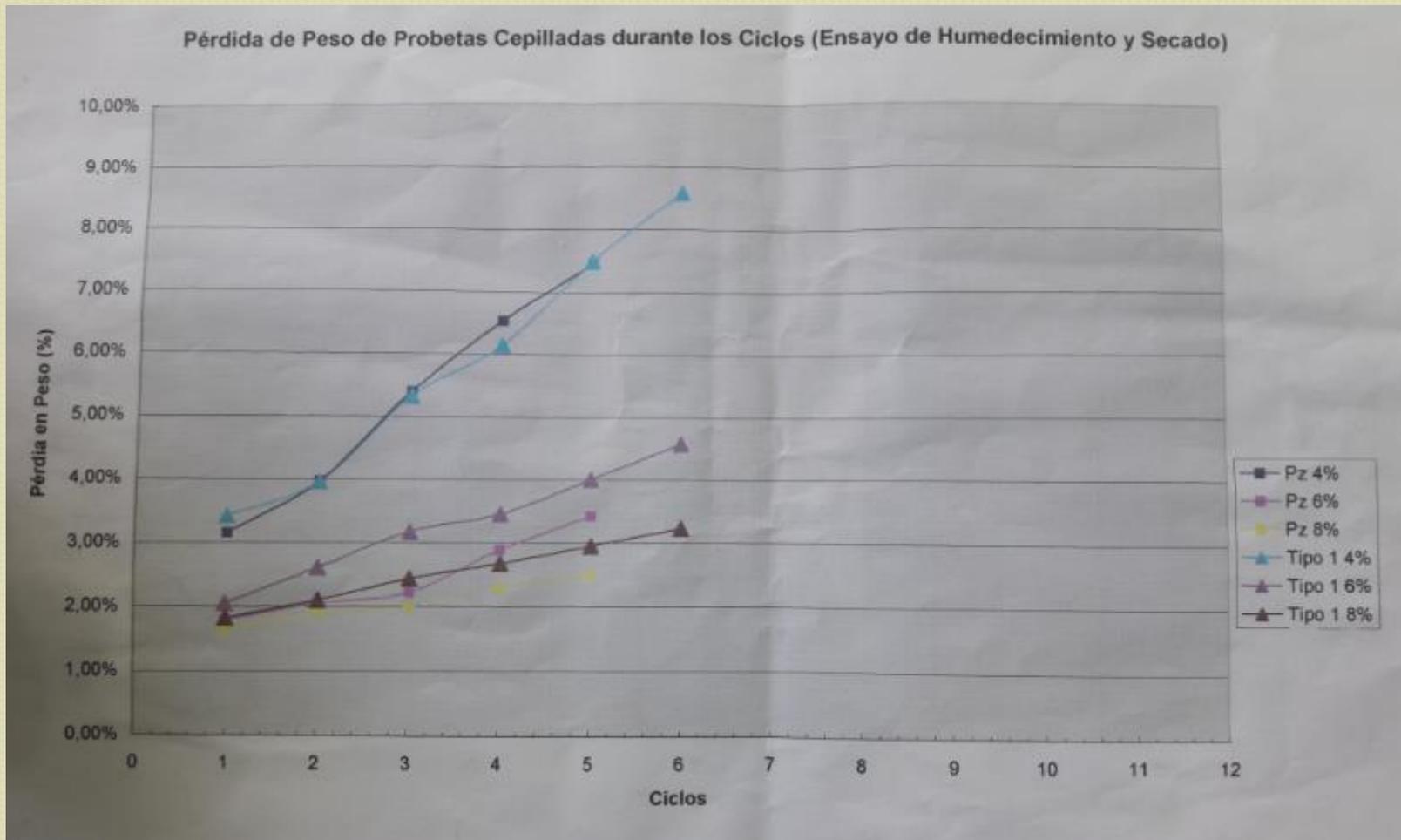
# ENSAYOS – Compresión Simple



# ENSAYOS – Compresión Simple



# ENSAYOS – Humedecimiento y Secado



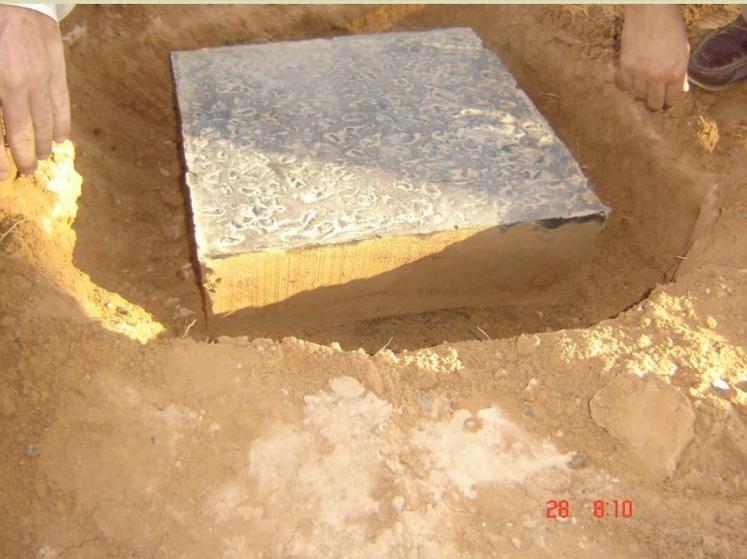
# Resúmenes de Ensayos:

Pérdida de Peso de las Probetas Cepilladas										
	Pz					T1				
Ciclos	4%	5%	6%	7%	8%	4%	5%	6%	7%	8%
1	3,15%		1,79%		1,64%	3,42%		2,05%		1,82%
2	3,97%		2,05%		1,90%	3,96%		2,61%		2,10%
3	5,39%		2,22%		2,00%	5,32%		3,17%		2,44%
4	6,53%		2,88%		2,28%	6,14%		3,45%		2,67%
5	7,46%		3,42%		2,49%	7,50%		4,00%		2,95%
6						8,59%		4,57%		3,23%
7										
8										
9										
10										
11										
12										
Res. Compr. 7 días	14,40	16,90	18,90	22,00	25,70	13,80	15,60	18,50	21,00	22,80
Res. Compr. 14 días	17,80	21,60	23,70	26,60	31,00	18,50	20,30	22,60	25,00	28,00

# ENSAYOS – Imágenes



# PROBETAS



# PROBETAS



# TRATAMIENTO SUPERFICIAL



**Cuadro para Dosaje de Tratamiento Superficial (1,00x1,00)**

# Modificaciones Realizadas:

- **Utilización para la base de suelo cemento suelos A-2-4 con #200 > 25% y suelos A-4 con #200 < 45%**
- **Aumento del % de cemento de la base cementada del 4% al 5%**
- **Reemplazo del ensayo Proctor T-180 por el T-99 modificado (35 golpes)**
- **Incorporación de aditivo retardador de fraguado en el agua de mezclado**
- **Proceso constructivo: ejecución del trabajo in situ con recicladora en reemplazo de su ejecución en planta.**
- **Ampliación del ancho de calzada del tratamiento superficial doble en 0,5 m a cada lado.**

# Proceso Constructivo

## 1) Preparación de Pista



# Proceso Constructivo

## 2) Esparcido de Cemento



# Proceso Constructivo



## 3) Mezclado con Recicladora



# Proceso Constructivo

## 4) Compactación



# Proceso Constructivo

## 5) Riego de Piedra



# Proceso Constructivo

## 6) Imprimación



# PRESTAMOS - IMAGENES



**PROGRESIVA 32+700**

**PROGRESIVA 17+200**



# PRESTAMOS - IMAGENES

**PROGRESIVA 23+700**



**PROGRESIVA 37+500**

# 2. Temperatura

**Temperatura  
de Referencia:  
52 °C**



# 3. Agua

Ensayos de Agua de los Pozos de La Patria (p/ Suelo Cemento)

Muestra	Ensayos ejecutados en la U. N. A. (05/07/2005)				Ensayos ejecutados en el I. N. T. N. (08/09/05)			
	PH (UpH)	Cloruro (mg/l)	Sulfato (mg/l)	Cloruros CL (g/lts) máx. 1,0	Sulfatos (g/lts) máx. 0,6	PH 5,5 --- 8,0	Materia orgánica expresada en oxígeno consumido (mg/lts) máx. 3,0	Residuo sólido (g/lts) máx. 5,0
Pozo 1	8,98	102,34	22,48	0,14	0	9,43	0,72	0,59
Pozo 2	8,34	48,75	127,57					
Pozo 3	9,31	87,75	122,21	0,10	0	9,31	0,88	0,71
Pozo 4	7,77	3,41	4,23	0,14	0	10,04	0,8	0,93
Pozo 5	8,78	78,00	105,06	0,13	0	9,17	2,2	0,7
Pozo 6	8,70	70,69	60,03	0,15	0	9,13	1,6	0,56
Pozo 7	7,73	1950,00	95,41					
Pozo 8	7,94	1023,75	0,57					
Pozo 9	8,23	828,75	1,59					
Pozo 10	8,53	199,88	69,14					

# 4. Control de Proceso Constructivo



# PREPARACIÓN DE PISTA PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL



# TRATAMIENTO SUPERFICIAL



# TRATAMIENTO SUPERFICIAL



# MANTENIMIENTO



# MANTENIMIENTO



# CONCLUSIONES

- A. La solución del paquete estructural de Tratamiento Superficial Doble con base de suelo cemento no es recomendable para una zona como el Chaco Paraguayo.
- B. Utilizar el tipo de suelo adecuado:
  - I. A-4 hasta 45% pasante Tamiz 200
  - II. A-2-4 mayor a 25% pasante Tamiz 200
- C. Explotación de préstamos con control de laboratorio para evitar contaminaciones en la carga.
- D. Utilizar cemento tipo Pz para la ejecución de la base cementada.
- E. Para la base de suelo cemento utilizar el T-99 modificado (35 golpes).
- F. Utilizar agua sin sal o agregar aditivos al agua que inhiban su salinidad o la disminuyan.
- G. Disminuir el efecto de calor y el viento en el proceso constructivo trabajando en horarios nocturnos (madrugada), hasta las 10 de la mañana.
- H. Utilizar el proceso de mezclado in situ con recicladora o Pulvimixer autopropulsado y adecuado para maximizar el aprovechamiento del tiempo de fraguado.
- I. Agregar al agua de mezclado aditivo retardador de fraguado.
- J. Curado continuo y suficiente con agua antes de la imprimación.
- K. Limpieza y corrección del suelo afectado antes de la ejecución del tratamiento superficial.

MUCHAS GRACIAS !!!!!