

XI CONGRESO IBERO-LATINOAMERICANO DEL ASFALTO
del 11 al 16 de Noviembre del 2001

**EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL TERRENO POR MEDIO DE
UN EQUIPO DE PENETRACIÓN DINAMICA**

Carlos A. Tupia Cordova ⁽¹⁾
Jorge E. Alva Hurtado ⁽²⁾

RESUMEN

Para determinar las características del terreno de un proyecto vial se programa la ejecución de sondeos exploratorios a una distancia variable entre 250m y 3 km. Esta distancia responde en la mayoría de los casos más a una exigencia de los Términos de Referencia del proyecto que a las condiciones específicas del subsuelo. Debido a lo anterior aparecen en el estudio zonas no evaluadas que pueden presentar problemas locales.

En la exploración de campo existe la posibilidad de encontrar suelos con humedad elevada, suelos saturados, o suelos secos donde es muy remota su saturación. Los suelos que contienen grava deben modificarse en su granulometría para cumplir con las normas de ensayo de laboratorio. En algunos casos se toman muestras inalteradas en moldes de CBR para ser ensayadas en el laboratorio, las cuales pueden golpearse durante su extracción. Por los motivos anteriores, ha tenido acogida desde hace algunos años el Penetrómetro Dinámico de Cono.

El Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC) fue desarrollado en Sudáfrica (Van Vuuren, 1969) en un esfuerzo por estimar en forma simple la capacidad de soporte in situ de los materiales de subrasante y capas que conforman el pavimento. Los resultados obtenidos con el PDC fueron correlacionados con parámetros de resistencia, tales como la Capacidad de Soporte de California y la Compresión Simple. En el Perú, García y Gutiérrez (1987) introdujeron este equipo en los estudios del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

La investigación que se reporta se ha realizado en el Laboratorio Geotécnico del CISMID de la UNI sobre suelos de diferentes carreteras del territorio nacional, siguiendo los modelos matemáticos existentes y proporcionando relaciones aplicables al Perú para determinar valores de CBR en base a los ensayos de PDC. Los resultados de la investigación permitieron establecer parámetros locales para la relación de penetración con la capacidad de soporte

⁽¹⁾ Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería

Ingeniero de Proyectos de Hidroenergía Consultores en Ingeniería.

⁽²⁾ Jefe del Departamento de Mecánica de Suelos, Facultad de Ingeniería Civil, UNI.
Presidente de Hidroenergía Consultores en Ingeniería.

mediante un equipo de bajo costo que ofrece al proyectista la alternativa de complementación de ensayos in-situ y la comparación de las condiciones del terreno con las de laboratorio.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento del tráfico y peso de los vehículos que transitan por las vías principales de las ciudades y carreteras, hace necesario de un amplio enfoque técnico en los estudios de suelos para el diseño de pavimentos, acorde con las necesidades creadas por el aumento de las repeticiones de carga. Así por ejemplo, los promedios de volumen de tráfico previsto para los corredores viales o autopistas que se construirán en el futuro en Lima Metropolitana superan los diez millones de repeticiones de una carga equivalente de 80 KN para una tasa promedio anual del 4.2%.

Además, de acuerdo al reglamento de Peso y Dimensión Vehicular para la Circulación en la Red Vial Nacional puede considerarse como vehículo más pesado que pueda circular por estas vías, un peso bruto máximo permitido por unidad o combinación de vehículos de 48,000 kg. con una distribución de carga por eje, tanto delantero como de ejes posteriores.

Todo esto indica que es necesario adoptar estudios completos de las condiciones reales en las que se encuentra el suelo de la subrasante en el periodo de proyecto para planificar una programación de trabajos en el periodo de construcción que permitan obtener una estructura que soporte las condiciones previstas durante su vida útil.

La evaluación de las propiedades de resistencia in situ del terreno de cimentación empleando métodos directos siempre es deseada, pero frecuentemente éstos son engorrosos y costosos, como los ensayos CBR in situ y de placa. Debido a esto, se recurre a métodos indirectos, tales como el CBR de laboratorio, ensayando la muestra en condiciones desfavorables, lo cual en muchos casos no logra representar con absoluta fidelidad las condiciones reales de trabajo del suelo.

Despierta el interés en la ingeniería vial la utilización de equipos sencillos y confiables para la evaluación del suelo de fundación, como son los ensayos de penetración in situ. El empleo del Penetrómetro Dinámico de Cono reúne las condiciones indicadas. Este equipo se puede construir con personal y material nacional y realizar estudios para establecer una correlación matemática entre el CBR in situ y el PDC, que permitirá evaluar las condiciones del terreno de fundación de las vías de nuestro territorio. Además, como complemento y bajo ciertas condiciones, presentar con los resultados de PDC una correlación con el CBR que resulta de los ensayos de laboratorio. Se propone una fórmula basada en ensayos locales y se aplica los resultados a diseños viales a nivel nacional.

PRUEBAS EXPERIMENTALES REALIZADAS

Se ejecutaron mediciones de PDC y CBR in-situ en el material superficial fino de las Av. Canta Callao, Av. Naranjal y Av. El Sol, en los distritos de Los Olivos y San Juan de Lurigancho de la provincia de Lima, como parte del Proyecto Periférico Vial Norte (Tupia,2001). En base a dichas mediciones se obtuvo una correlación matemática entre los resultados de CBR in situ y el PDC.

Para facilitar la interpretación de los resultados del ensayo PDC y determinar los valores de los índices a la penetración (DN) y el balance estructural de cada capa de suelo, se prepararon los diagramas de resistencia de capas como el mostrado en la Figura N° 1.

En el Cuadro N°1 se presenta un resumen de los ensayos de campo y laboratorio del estudio. La granulometría permite el trabajo del equipo de PDC con un tamaño máximo de 3/8" en 5%; el grado de compacidad existente está en el rango de 60 a 89%. En los suelos plásticos la humedad mayor del 9% presenta un índice de penetración dinámica (DN) mayor a 15 mm/golp y cuando la humedad es menor del 9% resulta un DN menor de 15mm/golp. Por lo tanto, para un suelo susceptible a la humedad, cuando su humedad es baja (menor del 5%), el CBR in situ resulta alto, pero en condiciones desfavorables de humedad el CBR disminuye en un 9% (como resultó en el ensayo PDC-9). En los casos donde el suelo presenta humedad cercana a la saturación (como en los ensayos PDC-1, PDC-3 y PDC-4) el CBR in situ resultó próximo al CBR (95%) de laboratorio.

Los pares de valores PDC y CBR in situ constituyeron la curva de correlación según el modelo matemático establecido, como se presenta en la Figura N°2. En la Figura N°3 se aprecia las correlaciones obtenidas en otros países, Se aprecia una cercanía de la correlación propuesta con la obtenida por Kley (1975), la cual se formuló después de muchos años de investigación. Un resultado similar también fue reportado por Garcia y Gutierrez (1987).

Con la finalidad de verificar los resultados de la correlación obtenida en este estudio, $CBR = 249/DN^{1.128}$, se aplicó esta correlación al diseño de pavimentos de algunos proyectos. En el Cuadro N° 2 se presentan algunos proyectos de pavimentación de vías exploradas con el ensayo de PDC. Estos proyectos identificaron suelos de fundación constituidos por arenas, limos y arcillas.

En la Figura N° 4, se aprecia la comparación de los registros de calicatas y los ensayos del PDC, para cierto tramo de cada proyecto. Aquí se observa como hasta la profundidad evaluada en cada exploración existe discordancia de las capas con diferentes resistencias a la penetración (mm/golp) y la identificación visual de los estratos del suelo. Esta información permite determinar la variación de la capacidad de soporte del terreno de fundación a diferentes profundidades. Además prevé caer en un error al determinar la densidad in situ sobre un estrato de suelo supuestamente homogéneo. De esta manera se establecen las limitaciones de los registros de calicatas.

En el caso del Proyecto Periférico Vial Norte se realizó la auscultación con el equipo de PDC luego de 3 meses de efectuado el programa de exploración de suelos, sin embargo se trató de realizar el ensayo de PDC lo más cercano a la zona evaluada. Los valores del CBR in situ y el CBR correlacionado se aproximaron bien.

De los resultados de laboratorio presentados en el Cuadro N° 2 se aprecia que en los suelos arcillosos con humedad mayor de 5% e índice a la penetración (DN) entre 16 y 50 mm/golp existe una buena aproximación entre el CBR del PDC y el CBR (95% MDS) de laboratorio.

Para suelos arenosos bajo condiciones de humedad mayores de 5% e índice a la penetración (DN) entre 7 y 10 mm/golp, el CBR del PDC se aproxima al CBR (100% MDS) de laboratorio. Se debe tener cuidado cuando el suelo presenta ligera humedad (menor de 5%), lo cual puede ocasionar DN menores de 5 mm/golp y valores mas altos que los valores de CBR de laboratorio. Los valores de DN mayores de 50 mm/golp indican suelos consistencia suelta o blanda, y muy baja capacidad de soporte del terreno.

DETERMINACION DE CBR DE SUBRASANTE

Para determinar el CBR representativo de cada tramo, se tomó en cuenta el nivel de tráfico representado por el número de repeticiones de carga equivalentes de los vehículos que transitarán en la vía en diseño. Para valores de ejes axiales equivalentes mayores a 1×10^6 , corresponden valores de 87.5 % de percentil.

En el Cuadro N° 3, se presenta la comparación de los valores de CBR de diseño obtenidos por el procedimiento indicado.

**CUADRO N° 3
COMPARACIÓN DE VALORES DE CBR REPRESENTATIVOS**

PROYECTO	CBR PDC (%)	CBR IN SITU (%)	CBR LABORATORIO (95% MDS) (%)
Pavimentación de las Avenidas de Huacho y Puerto Supe Lima	6.59	--	5.23
Periférico Vial Norte Lima	12.20	12.00	13.43
Carretera Imperial Izcuchaca Huancavelica	6.44	--	7.70

Del Cuadro N° 3, se observa que para el caso del proyecto Pavimentación de las Avenidas de Huacho y Puerto Supe, existe un pequeño aumento (1.36%) del CBRPDC comparado con el

CBRLABORATORIO (95% MDS) a consecuencia que el ensayo de PDC cubre todos los suelos (SM+CL, ML+CL, SM, SP+SC y CL) identificados en el tramo y que los ensayos de laboratorio se limitaron a suelos (ML+CL, SM y CL).

En el proyecto Periférico Vial Norte, los CBRPDC y CBR IN SITU confirmaron la bondad de la correlación. La ligera diferencia del CBRPDC comparado con el CBRLABORATORIO (95% MDS) se debe al mayor número de ensayos de los suelos con el ensayo de PDC en el tramo auscultado. En el proyecto Carretera Imperial – Izcuchaca, la pequeña disminución del valor del CBRPDC comparado con el CBRLABORATORIO (95% MDS) se debió a las condiciones in-situ del suelo por la presencia del nivel freático, comparado con la humedad del suelo sumergido y ensayado en laboratorio; sin embargo siempre existe una aproximación cercana entre los resultados.

La proximidad del CBRPDC y CBR IN SITU confirma la correlación obtenida entre ambos métodos. Además existe una aproximación entre el CBRPDC y CBRLABORATORIO (95% MDS) bajo las condiciones indicadas. Para lugares como la carretera Imperial - Izcuchaca, donde el suelo presenta elevada humedad in-situ es recomendable escoger el CBRPDC como valor de diseño.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Determinar la capacidad de soporte del terreno de fundación de un pavimento es importante y requiere de mucha atención, por que se puede sub-dimensionar o sobre-dimensionar la estructura del mismo. Por tal motivo es necesario realizar la mayor cantidad de ensayos que permitan identificar los suelos y cuantificar la capacidad de soporte del subsuelo.

El Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC) es un instrumento liviano que puede ser utilizado para obtener información geotécnica para el diseño y evaluación de pavimentos, en forma rápida, confiable y económica. Se ha desarrollado una correlación para los suelos del Perú.

Se ha descrito proyectos donde se utilizó el equipo de PDC sobre suelos finos no gravosos. Estos resultados deben considerarse siempre y cuando el suelo presente humedad mayor de 7% e índice de penetración (DN) en un intervalo de 8 a 50 mm/golp. Los ensayos de PDC deben cubrir el tramo en estudio con una cantidad suficiente de puntos. Los valores del índice de penetración menores de 8 mm/golp indican que el suelo contiene ligera humedad o presenta partículas mayores de 3/4".

Para suelos que no se saturan en el campo y aquellos que tienen un alto contenido de humedad, se debe determinar el CBR directamente mediante el ensayo PDC o CBR in-situ, ya que el ensayo de laboratorio no reflejará las condiciones reales del suelo.

Las características de resistencia de los suelos naturales a diferentes profundidad en un mismo sondaje se puede lograr con el equipo de PDC, lo cual no sucede con los ensayos realizados

en los proyectos convencionales, resultando en un menor costo y menor tiempo en la obtención de los resultados de campo.

Los resultados de CBR de laboratorio obedecen mas que a un valor exacto a un valor estadístico dentro de una serie de ensayos del suelo en análisis, por eso el utilizar el equipo de Penetración Dinámica de Cono no significa dejar de realizar los ensayos de CBR en laboratorio; sino que permiten obtener mayor información de la capacidad de soporte del suelo. La determinación de una correlación entre PDC y CBR para los suelos de la ciudad de Lima ofrece mayor confianza que las correlaciones obtenidas en otros países y establece información para futuros proyectos. Las comparaciones que se realizaron en los pavimentos de la Provincias de Huacho, Barranca y Huancavelica certificaron la utilidad de la correlación obtenida en el presente trabajo.

REFERENCIAS

1. Angelone S., Tosticarelli J. y Martínez F. (1990), "El Penetrómetro Dinámico de Cono. Su aplicación al Control y Diseño Estructural de Pavimentos", 6° Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto.
2. García H. y Gutiérrez J. (1987), "La Aplicación del Penetrómetro Dinámico para Determinar Propiedades de Resistencia In-situ de Capas de Pavimentos y Subrasante", Dirección de Estudios Especiales, Dirección General de Caminos, Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
3. Harison J.A. (1987), "Correlation between California Bearing Ratio and Dynamic Cone Penetrometer Strength Measurement of Soils", Proc. Institution of Civil Engineers, Part 2, 83, Technical Note, N° 463.
4. Hoyos D. (1991), "Ensayos de Penetración Estática y Dinámica en la Geotecnia Vial", Octavo Simposio Colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos, Popayán, Colombia.
5. Kleyn E.G. (1975), "The Use of the Dynamic Cone Penetrometer (DCP)", Transvaal Roads Department, Report N° L2/74, Pretoria.
6. Kleyn E.G, Maree J.H. y Savage P.F.(1982), "The Application of a Portable Pavement Dynamic Cone Penetrometer to Determine in-situ Bearing Properties of Roads Pavement Layers and Subgrades in South Africa", Proc II European Symposiun on Penetration Testing, Amsterdam.
7. Livneh M. (1989), " In-situ CBR Testing by Indirect Methods", Proc. XII International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio de Janeiro, Vol 2, pp 267-270.

8. Sánchez F. (1992), "El Penetrómetro Dinámico de Cono. Estudio de una Relación entre sus Medidas y el CBR de los Suelos", División de Ingeniería de Materiales del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Republica de Colombia.
9. Tupia C. (2001), "Determinación de las Características de Soporte de un Terreno de Cimentación de un Pavimento por medio de un Equipo Dinámico", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.
10. Van Vuuren D.J.(1969), "Rapid Determination of C.B.R. with the Portable Dynamic Cone Penetrometer", The Rhodesian Engineer.

CUADRO N° 1
RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO Y PENETRACION DINAMICA DE CONO

FECHA DEL ENSAYO	PDC Nro	Prof (m)	PDC (mm/golp)	CLASIF. SUCS	CLASF. AASHTO	MDS (gr/cc)	OCH (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CBR in situ	CBR (%) LABORATORIO			W (%)	Yn (gr/cc)	Yd (gr/cc)
												95%	98%	100%			
08/09/99	1	0.40-1.00	29.17	MH	A-7-5 (17)	1.56	22.4	56.46	32	23.47	7	9.02	9.82	10.2	18.24	1.32	1.12
	2	0.40-1.01	16.67	MH	A-7-5 (17)	--	--	56.55	30.83	25.72	11.1	--	--	--	18.32	1.26	1.06
	3	0.40-0.70	23.33	MH	A-7-5 (18)	--	--	60.14	30.04	30.1	8.3	--	--	--	17.92	1.12	0.95
		0.70-1.00	23.33	CL	A-6 (10)	1.74	20	60.14	30.04	30.1	6.2	11.78	13.45	14.3	18.6	1.36	1.14
	4	0.40-1.00	13.79	CL	A-7-6 (8)	1.81	14.3	41.88	20.74	21.14	10.6	5.89	6.25	6.5	17	1.31	1.12
5	0.40-1.00	35.71	CL	A-7-6 (12)	--	--	41.13	21.57	19.56	12	--	--	--	18.5	1.49	1.26	
09/09/99	6	0.35-1.00	25	CL	A-7-6 (12)	--	--	40.23	18.82	21.41	7.8	--	--	--	18.3	1.28	1.08
	1	0.20-0.60	12.12	CL	A-7-6 (13)	--	--	37.04	22.16	14.88	12.3	--	--	--	7.2	1.25	1.17
	2	0.30-0.60	13.13	ML	A-4 (8)	--	--	NP	NP	NP	15.2	--	--	--	6.15	1.18	1.11
	3	0.60-1.00	8.51	ML	A-4 (8)	1.81	12.2	40.13	NP	NP	10.6	24.36	35	42	6.5	1.5	1.41
	4	0.40-1.00	15	ML	A-4 (8)	--	--	26.74	NP	NP	11.2	--	--	--	7.95	1.48	1.37
	5	0.35-0.70	14.29	ML	A-4 (8)	--	--	25.54	NP	NP	13.8	-	--	--	7.18	1.43	1.33
	6	0.65-1.00	10	ML	A-4 (8)	--	--	34.5	NP	NP	17.6	--	--	--	10.67	1.24	1.12
	7	0.40-1.00	16.67	ML	A-4 (8)	--	--	29.79	NP	NP	9.6	--	--	--	4.3	1.68	1.61
	8	0.35-0.70	11.11	CL	A-6 (13)	1.79	17.3	36.19	17.86	18.33	21.5	10.52	15.06	18	2.896	1.3	1.26
9	0.40-0.80	21.74	CL	A-6 (13)	--	--	39.54	20.35	19.19	6.4	--	--	--	8.82	129	1.19	
16/09/99	1	0.40-0.70	16.67	ML	A-7 (19)	--	--	41.35	NP	NP	5.5	--	--	--	5.74	--	--
	2	0.30-0.60	20	ML	A-7 (19)	--	--	31.12	NP	NP	6.2	--	--	--	3.6	--	--
	3	0.50-0.70	7.69	ML	A-6 (10)	1.79	14.6	29.91	NP	NP	27.5	17.16	18.43	19.5	5.99	1.47	1.39

CUADRO Nº 2
APLICACION DEL PDC A PROYECTOS DE PAVIMENTACIÓN

PROYECTO	DN (mm/gotp)	CLASIF. SUCS	MDS (gr/cc)	OCH (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CBR (%) LABORAT.			W (%)	dm (gr/cc)	CBR (IN SITU)	CBR (PDC)
								95%	98%	100%				
Av. libertad Av, Perú en la Prov. Huacho Lima.	44.44	SM+CL	--	--	19		3	--	--	--	3	--	--	3.45
	23.52	SM+CL	--	--	21		--	--	--	--	0.5	--	--	7.07
	17.85	ML+CL	1.98	11	19	14	5	6	9.05	12	--	--	--	9.65
	10.71	SM	2.01	9.5	17	15	2	10	13.9	20	1.3	--	--	17.16
	8.16	SP+SC	--	--	--	--	--	--	--	--	0.9	--	--	23.32
	8.33	SP+SC	--	--	--	--	--	--	--	--	1	--	--	22.79
	23.81	CL	1.995	10	24	15	9	5	8.78	13	5.4	--	--	6.97
Av. Callao, Tarapacá, Grau en la Prov. Pto. Supe Lima.	10.61	SP+SM	--	--	18	--	--	--	--	--	9	--	--	17.35
	6.58	SP+SM	2.019	8	--	--	--	11	16.1	27	14	--	--	29.73
	8.33	SP+SM	--	--	16	--	--	--	--	--	21	--	--	22.79
	5.88	SP+SM	2.089	9.2	--	--	--	15	22.3	32	0.7	--	--	33.76
Proyecto Especial Periférico Vial Norte Lima.	7	SM	--	--	--	--	--	17.2	--	23.9	5.45	1.72	20.30	27.73
	10	SM	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	18.54
	4.17	SM	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	49.74
	5.63	SM	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	35.45
	10	SM	--	--	--	--	--	25.2	--	41.2	2.53	1.5	16.11	18.54
	7.14	SP	--	--	--	--	--	--	--	--	1	1.69	--	27.12
	7.5	SP	--	--	--	--	--	14.7	--	32.9	1	1.85	14.60	25.65
	13.89	SP	--	--	--	--	--	--	--	--	3.22	1.75	14.05	12.80
	13.33	SP	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	13.41
	25	SM	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	16.37	6.60
	21.74	ML/CL	--	--	15.07	--	--	8.5	--	18	7.34	1.89	9.26	7.72
	14.29	SM	--	--	--	--	--	16.5	--	24.1	--	--	--	12.40
	12.5	SM	--	--	--	--	--	--	--	--	3.3	1.92	15.91	14.42
	11	SM	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	16.65
3.49	SM	--	--	--	--	--	28	--	33	8.32	2.39	16.97	60.80	
5	SM	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	40.53	
Carretera Imperial Izcuchaca Huancavelica.	20	CH	1.627	21.97	68.12	36.6	31.5	8	9.34	10.04	45	1.45	--	8.48
	25	MH	1.73	15.11	35	24.9	10.1	8.9	9.41	9.69	22.72	1.39	--	6.60
	20.58	CL	1.976	11.46	41.08	18.7	22.4	14.03	14.71	14.84	23.21	1.65	--	8.22
	21.05	CL	1.929	13.79	37.2	18.2	19	7.20	8.54	13.79	19.76	1.68	--	8.01
	16.67	CH	1.796	17.42	19.6	11.8	7.76	7.35	8.14	11.69	--	1.65	--	10.42
	25	CL	1.72	17.15	41.03	22.6	18.5	9.5	10.2	10.5	42.85	1.68	--	6.60
	26.92	SC	1.978	9.53	21.95	12.8	9.2	8.6	10	16.8	5.09	2.29	--	6.07
	50	SC	1.92	11.49	30.75	11	19.7	10.1	11.2	12.05	24.26	1.24	--	3.02
	6	ML	1.88	13.6	31.99	14.5	17.5	44.9	45.73	46.38	9.85	1.26	--	32.99
	11	SM	2.08	7.89	NP	NP	NT	33.8	39.4	42.3	3.79	1.61	--	16.65
	12.5	CL	1.92	13.1	43.95	25.1	18.8	15.8	15.87	15.87	2.25	1.43	--	14.42
	10	SC	2.1	8.81	16.74	10.8	5.92	9.3	10.71	10.71	15.9	1.58	--	18.54
	12.5	SC	1.98	8.58	31.35	20.3	11.1	16.41	17.08	15.50	7.1	1.29	--	14.42

Figura N° 1
DIAGRAMA DE RESISTENCIA DE CAPAS
PDC-1

Proyecto : Ensayos de investigación en la Av. Canta Callao

FECHA : 09-Sep-99

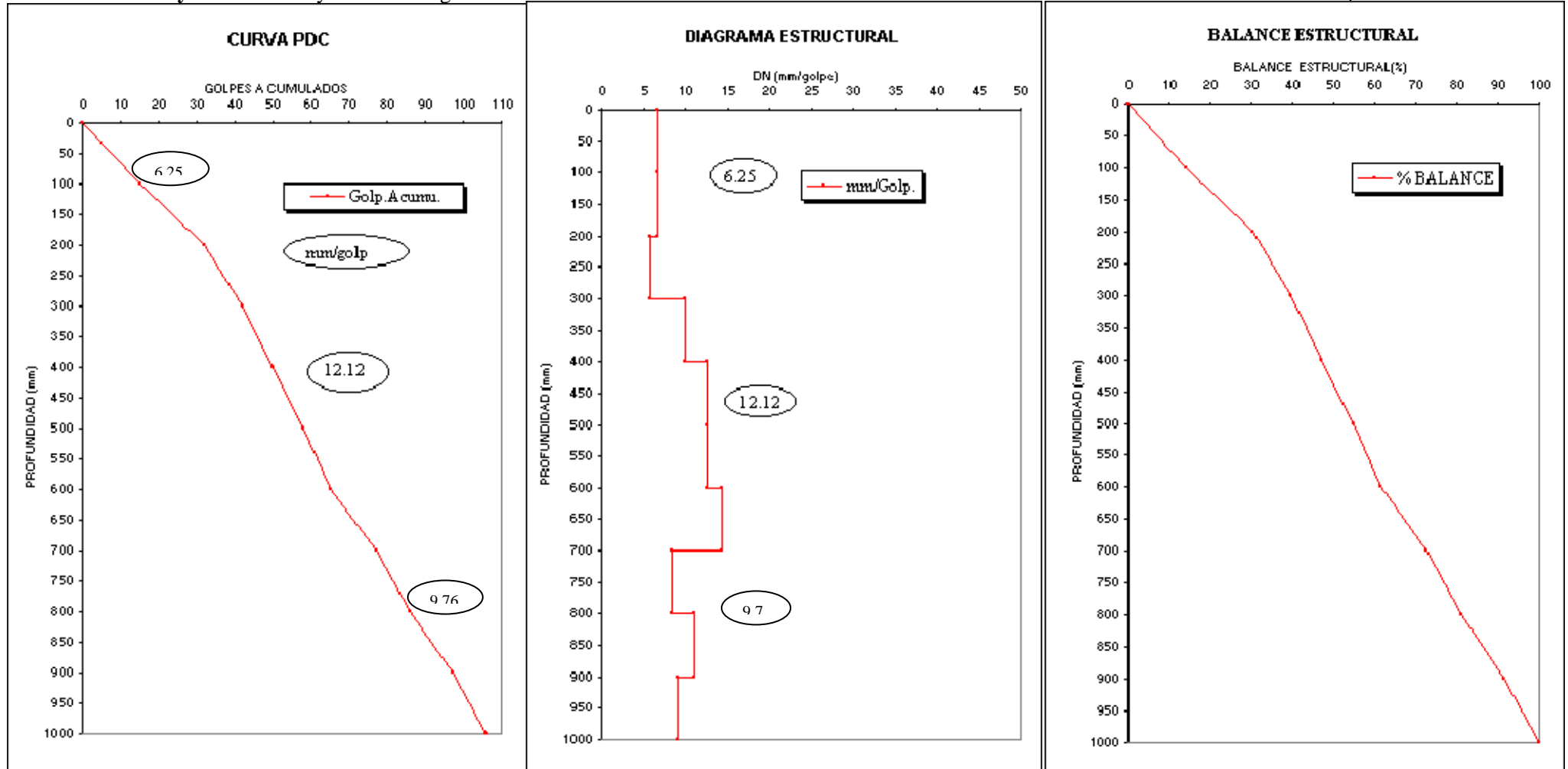


Figura N° 2

ENSAYOS REALIZADOS EN EL PROYECTO PERIFÉRICO VIAL NORTE

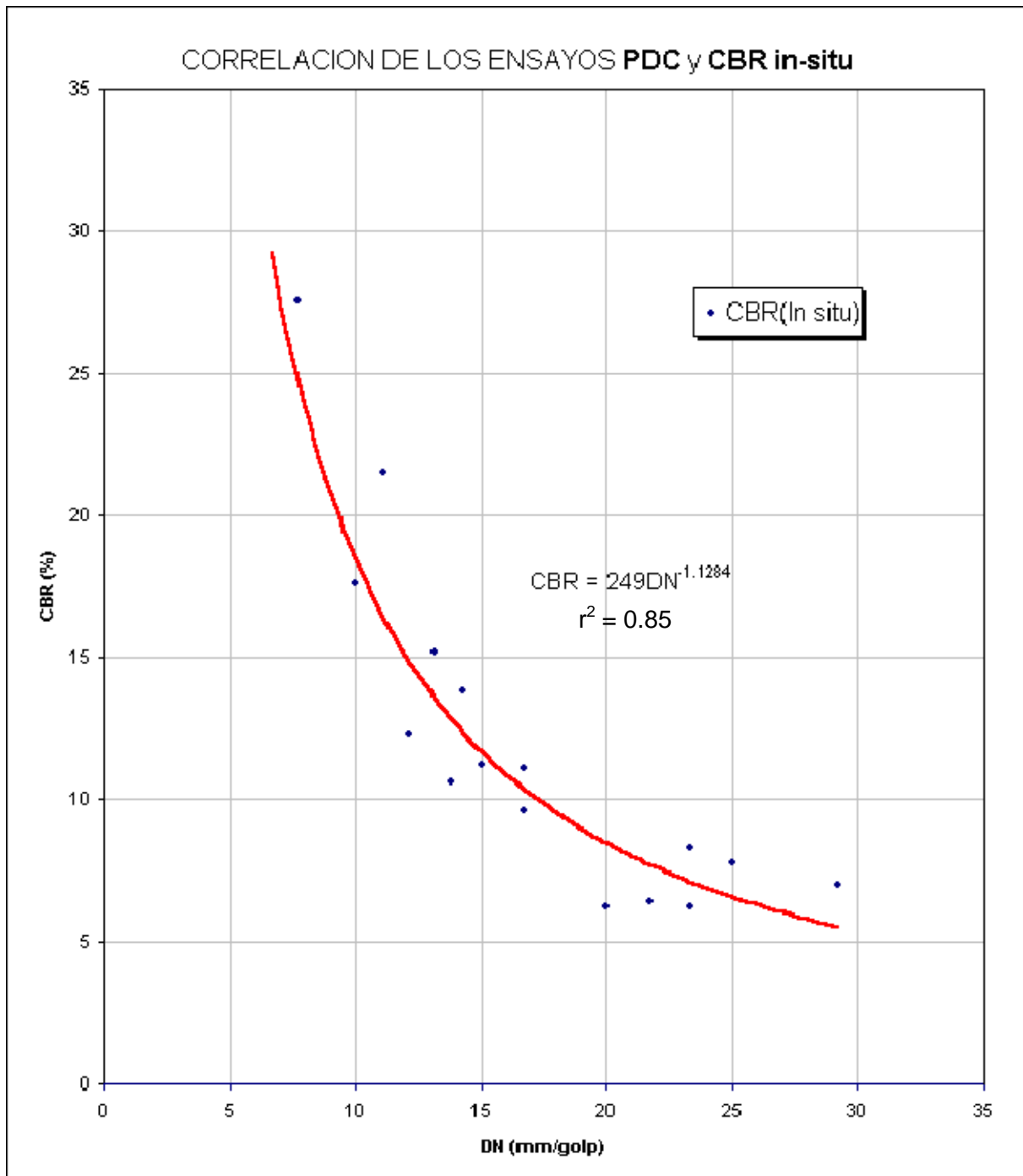


Figura N° 3

COMPARACIÓN DE LA CORRELACION OBTENIDA EN EL ESTUDIO Y OTRAS INVESTIGACIONES

