

SELECCIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN. APLICACIÓN EN LA OBRA VIAL

Botasso, G.; Fensel, E.; Añón Suárez, J.; Rosato, M.; Rozzi, D.

LEMaC - Centro de Investigaciones Viales-Universidad Tecnológica Nacional – FRLP-Calle 60 y 124-
(1900) La Plata – 54-221-4890413

lemac@frlp.utn.edu.ar www.frlp.utn.edu.ar/lemac

Resumen

Continuando con lo actuado en el PID de relevamiento de RCD y RP integrante del proyecto PROCQMA, se presentan en este trabajo las estrategias seguidas para conocer el estado actual de la gestión de RCD en la región de La Plata.

Se procedió al seguimiento de las distintas etapas de la construcción de un edificio de varias plantas y se muestrearon los residuos resultantes en cada una de ellas.

Se realizó la caracterización de los residuos, clasificación y selección para realizar estudios en búsqueda de distintas aplicaciones. Se adjuntan resultados de los materiales obtenidos para reutilización, reciclado y disposición final.

Finalmente de los residuos seleccionados se realizaron experiencias con suelos naturales y en suelos cementos.

Al final se establecen conclusiones y recomendaciones a ser tenidas en cuenta entre todos los actores involucrados, para incrementar la reutilización y reciclado de RCD y reducir la contaminación del medioambiente.

Palabras Clave: Residuos, Gestión, Relevamiento, suelo cemento,

1- INTRODUCCION

En este caso se trata la utilización de un residuo proveniente de la construcción de un edificio nuevo de propiedad horizontal en diferentes etapas de ejecución.

Se realizó la caracterización de los residuos, clasificación y selección para buscar sus diferentes aplicaciones.

Se analiza en especial la aplicación en un estabilizado granular para bases de caminos urbanos y rurales, con y sin adición de cemento.

Luego se analizan las principales recomendaciones para su utilización sistemática.

2- EL RESIDUO UTILIZADO

2.a. Su procedencia.

Según datos del Departamento de Estadística de la Municipalidad de La Plata se puede observar que durante el 2005 la actividad de la construcción ha sido significativa. Ver tabla N° 1.

Construcción de obra nueva (m ²)	430.000
Demoliciones	1 %
Refacciones	10 %
Construcción sin declarar detectada	15 %
Demolición sin declarar detectada	13 %

**Tabla N° 1 .Volumen de obra año 2005 ciudad de La Plata
 (% respecto a los m² de obra nueva)**

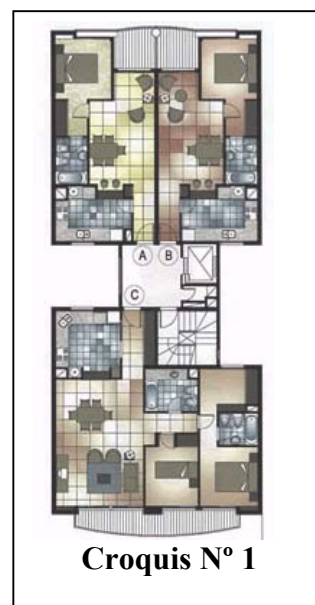
Este análisis estadístico muestra que no se declara en su justa medida, a nivel municipal, la actividad de demolición, ya que de relevamientos realizados por el LEMaC, sólo en el casco céntrico de la ciudad se registró una cantidad de aproximadamente 4000 m², situación que representa casi el 1 % de lo construido. Esta alta realidad se centra en demolición de viviendas unifamiliares para la construcción de edificios de propiedad horizontal y demoliciones de edificios públicos, como así también en demoliciones menores para refacciones y/o ampliaciones.

En el croquis N° 1 se puede observar la planta de una construcción en altura típica en la ciudad de La Plata, de la cual se han tomado muestras.

El LEMaC, mediante convenios, ha podido muestrear la generación de residuos en distintas etapas del proceso constructivo de dos edificios considerados típicos en la región.

En particular se vuelcan los datos obtenidos en la etapa de construcción de mampostería y revoques de uno de los edificios. En estos momentos se está en la etapa de caracterización de los mismos y su utilización en un estabilizado granular. Ver tabla N°2.

En la foto N°1 se puede ver la vista de los RCD obtenidos.



Escombro de ladrillos y morteros	92,30 %
Maderas	3.1 %
Plásticos	1.8 %
Metales	1.5 %
Papel y géneros	1.3 %

Tabla N°2 Composición del Residuo de Construcción de edificio típico de La Plata en la etapa indicada



Foto N° 1 Residuos de construcción

3- CAR.

3.a. Análisis granulométrico

Tal cual surgen los RCD de la obra, en la etapa citada de mampostería y revoque, se realizó la separación y selección de esa fracción eliminando manualmente maderas, plásticos y metales.

**Foto N° 2: recolección
de los residuos**



En la foto N° 2 se puede observar cómo se planificó depositar los RCD obtenidos, juntando los diferentes tipos de residuos.

Se acondicionaron en una planta trituradora tradicional para tener representatividad de la tipología final que se puede obtener a pie de obra. En este caso se usó una máquina trituradora tradicional con tecnología de más de 30 años disponible en la región (ver foto N°3):



**Foto N°3: Trituración de RCD en
predio acondicionado.**

Tamiz N°	% que pasa acum.
1	100
3/4	85,30
4	50.5
10	39.3
40	13.8
200	0.60

Tabla N° 3 Granulometría del RCD. Posible de obtener con equipos tradicionales.

3.b. Determinación de constantes físicas

Límite plástico sobre la fracción pasante tamiz 40:

LP = 0

IP = 0

Material del tipo granular

3.c. Contenido de materia orgánica

$$M(\%) = 0,02 \%$$

3.d. Desgaste Los Ángeles

$$P = 43\%$$

Con curva C

3.e. Equivalente arena

$$Eq = 85 \%$$

3.f. Peso por unidad de volumen

$$PUV = 1730 \text{ kg/m}^3$$

3.g. Absorción

$$A(\%) = 9,6 \%$$

3.h. Porosidad

$$P(\%) = 18,3 \%$$

4- CARACTERIZACION DEL SUELO SELECCIONADO DE APORTE

El suelo seleccionado utilizado es del tipo A-4 según la clasificación de la HRB. Es un suelo de aporte habitualmente utilizado en la región de La Plata. La cantera de la que se ha extraído el suelo es de la región sur del gran La Plata.

4.a. Constantes físicas

$$\text{Limite líquido: } LL = 37 \%$$

$$\text{Limite plástico: } LP = 33 \%$$

$$\text{Índice de plasticidad: } IP = 4 \%$$

4.b. Pasa tamiz 200

$$PT200 = 73\%$$

4.c. Clasificación HRB

A- 4 (7)

4.d. Granulometría

Tamiz N°	% que pasa
10	98
40	85
80	80
200	73

Tabla N° 4 Granulometría del suelo seleccionado

4.e. Proctor Estándar (Energía 6 kg.cm/cm3)

Dsmáx = 1430 kg/m³

Hópt= 26 %

4.f. Valor soporte e Hinchamiento

Moldeo estático

CBR= 22 %

Hinch= 0,3 %

4.g. Absorción

A(%)= 19,3 % por encima de la humedad óptima

4.h. Módulo resiliente (Frecuencia 2 Hz)

MR= 2450 kg/cm²

5- ESTABILIZADO GRANULOMETRICO

La necesidad de un estabilizado granulométrico surge de la relación entre altos valores soporte y deformabilidad que este tipo de mezcla posee, al agregarse suelo seleccionado que aporta cohesión y el RCD que aporta estructura.

De esta forma utilizamos dos sistemas bien diferenciados que tienden a complementarse siempre que las condiciones de uso sean las adecuadas.

Desde un punto de vista general tenemos una estructura resistente (sistema rígido) cuyos huecos son ocupados por un sistema flexible. Esto da como resultado una estructura resistente al tránsito, a las variaciones de temperatura y capaz de acompañar deformaciones elásticas de la subrasante sin afectar su calidad estructural.

Los agregados de la mezcla permitirán desarrollar cohesión, fricción y trabajabilidad. Para su dosificación conviene dividir la mezcla en distintas fracciones

Ret. # 10	Fracción gruesa
Pasa # 10 – Ret. # 200	Fracción intermedia
Pasa # 200	Fracción fina

Así por ejemplo un retenido en el tamiz 10 superior al 50% asegura un esqueleto granular suficiente como para facilitar la dispersión del medio granular en el suelo cohesivo y obtener la estabilidad mecánica.

La cohesión es aportada por el suelo seleccionado que también colabora con la resistencia al corte mediante la atracción de las partículas con la acción del agua .

La fricción fundamentalmente aportada por la fase granular traba a la mezcla y permite obtener elevados esfuerzos antes de llegar a la rotura.

Estando la cohesión y la fricción aseguradas tenemos un sistema con cierta continuidad que se puede considerar como un medio semirrígido.

Se deduce que la dosificación a obtener deberá garantizar aceptables parámetros que demuestren la aptitud estructural del estabilizado.

Las curvas límites que se exigen en los pliegos son las siguientes (Tabla N° 5):

PORCENTAJE QUE PASA				
TAMIZ	TIPO A	TIPO B		TIPO C
2"		100		
1 1/2"		70-100		
1"		55-85	100	
3/4"		50-80	70-100	85-100
3/8"		40-70	50-80	
4		30-60	35-65	60-90
10	100	20-50	25-50	40-70
20	55-90			
40	35-70	10-30	15-30	25-50
200	8-25	5-15	5-15	8-25

Tabla N° 5 Curvas límites del estabilizado granular

Las mezclas del tipo A y C se utilizan para base o superficie de rodamiento mientras que las del tipo B se utilizan sólo para bases con tamaños máximos de 1 y 2". En el presente trabajo tomamos como referencia la curva C con un tamaño máximo de 3/4 Con una mezcla de las siguientes proporciones se logra la estabilidad granular:

Suelo seleccionado = 30 %

RCD = 70 %

GRANULOMETRIA				MEZCLA				
Tamiz	Abert.	RCD	S.S.	Tamiz	Abert.	C. Min	Curva	C. Max
1	25400	100,0	100,0	1	25400	100	100,00	100
3/4	19100	99,0	100,0	3/4	19100	85	89,71	100
4	4760	70,8	100,0	4	4760	60	65,35	90
10	2000	49,1	98,0	10	2000	40	56,91	70
40	430	23,9	85,0	40	430	25	35,16	50
200	74	10,8	73,0	200	74	8	22,32	25

Tabla N°6: Estabilizado RCD – SS

El gráfico granulométrico queda de la siguiente manera:

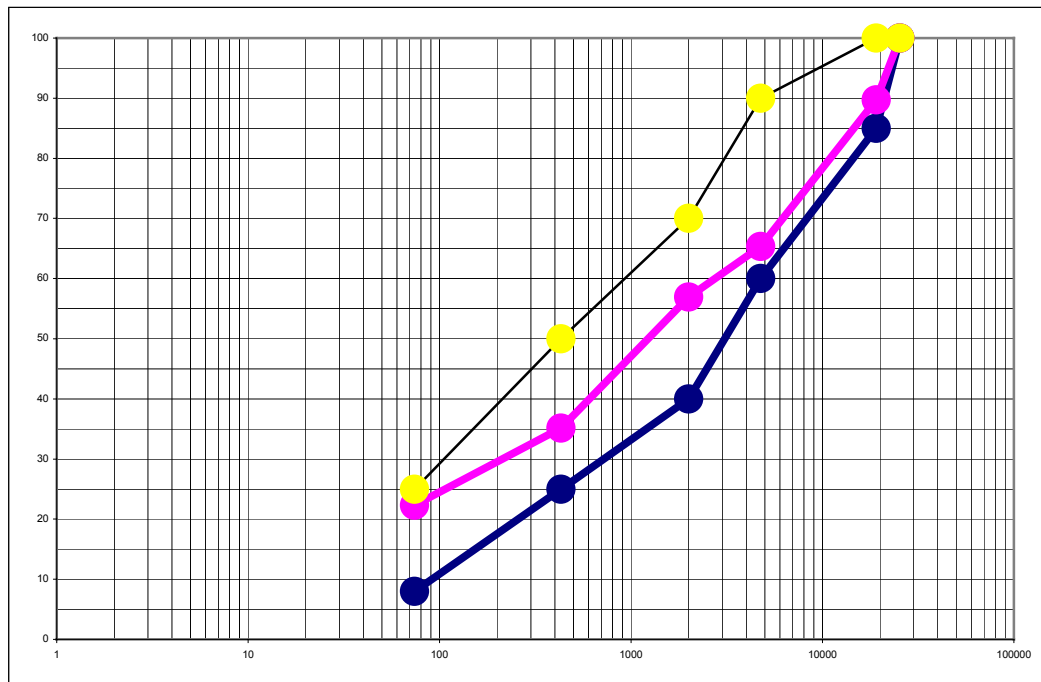


Gráfico N° 1 Estabilizado granular 70 %RCD - 30 %SS

Con esta mezcla se realizó un proctor reforzado, con una energía de compactación de $9 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^3$

Se trabaja con un pisón de 7,5 cm de diámetro que permite mantener la integridad del agregado RCD, brindando una energía superior a la de un proctor estándar e inferior a la del proctor modificado.

Proctor reforzado

$D_{\text{smáx}} = 1.767 \text{ gr}/\text{cm}^3$

$H_{\text{ópt}} = 16.8\%$

Valor soporte relativo

CBR= 86 %

Hinchamiento= 0 %

Índice de plasticidad sobre la fracción que pasa el tamiz 40

IP= 0 %

Absorción

A(%)= 15,3 % por encima de la humedad óptima

Módulo resiliente (Frecuencia 2 Hz)

MR= $10.224 \text{ kg}/\text{cm}^2$

6- ESTABILIZADO GRANULAR CON ADICION DE CEMENTO EN BAJAS CANTIDADES

Con el propósito de bajar la susceptibilidad al agua, aumentar las fuerzas de cohesión por cementación, dar integridad en bases sin contención lateral, y brindar un mayor módulo resiliente, se adicionó un porcentaje de cemento que proporcione estas propiedades sin elevar excesivamente la rigidez.

Adición de 4 % de cemento

Proctor reforzado

$D_{sm\acute{a}x} = 1.66 \text{ gr/ cm}^3$

$H_{\acute{o}pt} = 17.8\%$

Índice de plasticidad sobre la fracción que pasa el tamiz 40

$IP = 0 \%$

Absorción por capilaridad

$A(\%) = 5,3 \%$ por encima de la humedad óptima

Módulo resiliente (Frecuencia 2 Hz)

$MR = 16.444 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia a la compresión inconfiada

Valorada a los 7 días en probetas tipo proctor de 10 cm de diámetro, esbeltez 2.

$R_c = 23,5 \text{ Kg/cm}^2$

Ciclos de durabilidad

Humedecimiento y secado.

Perdida por cepillado

$P = 4\%$

Se observa la reducción de la absorción medida por capilaridad, y el aumento del módulo resiliente, dos factores muy importantes para el diseño: amplía las posibilidades de uso del RCD en un mezcla de mayor costo pero de mayor prestación.

Los valores de pérdida en ciclos de durabilidad fueron satisfactorios.

7. Aplicaciones en obra de estabilizado granular con RCD



Foto N° 4 Preparación de agregados

Se puede observar cómo se realiza la premezcla en obrador (foto N° 4) y cómo se puede realizar también con caballetes en obra (a la derecha de la foto N° 4)



Foto N° 5 Estabilizado visto de cerca. Obra terminada de compactar con el pata de cabra

En la foto N° 5 se puede ver cómo quedaron la mezcla estabilizada y un tramo de obra terminado.

Se pueden utilizar los equipos convencionales de compactación y riego. En la foto N° 5 vemos una pata de cabra autopropulsada.

En este caso el estabilizado realizado es sin cementar.

Las técnicas de control que se realizaron guardan relación con los parámetros de diseño. Son perfectamente alcanzables, con la tecnología disponible en el lugar.

Todos los valores son valores medios

D seca – obra =	1758 kg/m³
Dispersión máx.:	60 Kg/m³
Humedad de obra =	18 %
Coefficiente de compactación:	99,5 %
Dispersión máx.:	8 %

5 determinaciones por cuadra.

Espesor: 20,8 cm.

Control granulométrico: dentro de la curva de las Especificaciones. Tres determinaciones por cuadra. Dispersión máx. 14% en tamiz n°10.

Plasticidad de la fracción fina : 0%

Módulo resiliente : 9890 Kg/cm²

Dispersión máx.: 980 kg/cm²

Valor soporte: 85 %

Dispersión máx.: 12 %

Hinchamiento: 0 %

Absorción por capilaridad: 12,3 %

8 - CONCLUSIONES

- ✓ La utilización de RCD provenientes de la construcción de edificios es una buena alternativa para la construcción de bases estabilizadas de caminos.
- ✓ Los parámetros físico-mecánicos son muy acordes a las demandas de este tipo de base desde el punto de vista vial.
- ✓ Las dispersiones de los resultados se bajan notoriamente con una adecuada selección, y trituración del RCD en planta. En este caso provenían de cerámicos y revoques cementíceos.
- ✓ Las dispersiones obtenidas en obra son aceptables, con una cantidad de mediciones superior a las tradicionales de una obra con materiales vírgenes. Se incrementaron las mediciones en un 50 %.
- ✓ Se puede utilizar también con adición de cemento Pórtland.
- ✓ La rutina propuesta de ensayos se considera básica para el control de calidad de la base.

9 – BIBLIOGRAFIA

- 9.1. Normas de la Dirección Nacional de Vialidad
- 9.2. Normas IRAM y ASTM
- 9.3. Estabilización de caminos. Jofrey y Petersen. 2003. Editorial Cerres.
- 9.4. A New vision on the building cycle. Dr. Hendricks. 2005:Editorial Aneas
- 9.5. 9° concurso de temas Viales - Dirección Provincial de Vialidad Buenos Aires.
- 9.6. Utilização de residuos de construção y demolição em base de pavimentos na cidade de Uberlandia MG Moreira-Dias. Abril de 2006. Maceio. Brasil. 13 reuniao de pavimentação urbana
- 9.7. Aplicação de agregados reciclados de residuos sólidos da construção civil em pista experimental de Goiania. Silva, Guimaraes. Abril de 2006 Maceio Brasil. 13 reuniao de pavimentação urbana.