



# Revista AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica

Volúmen 1, número 4, año 2008 ISSN 0718-378X  
PP

## **ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN EL VALLE DE MÉXICO Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN**

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT BY IMPROPER DISPOSAL OF CONSTRUCTION WASTE  
AND DEMOLITION IN THE VALLEY OF MEXICO AND PROPOSED SETTLEMENT

Rivera Mera Claudia Josefina  
Gutiérrez Palacios Constantino

En la actualidad, uno de los mayores problemas ambientales que enfrenta la Ciudad de México es la cantidad de residuos sólidos generados por su población. De estos destacan los Residuos de la Construcción y Demolición (RC&D), los cuales hasta el momento carecen de una gestión adecuada que promueva su reuso o reciclaje y cuya generación asciende a las 3,000 ton/día1 .

La creciente demanda de vivienda, las necesidades de infraestructura y la falta de gestión ambiental, son factores determinantes en la disposición inadecuada de los RC&D, lo que provoca impactos al ambiente. En julio de 2006 entró en vigor la norma ambiental NADF-007-RNAT-2004, que tiene como objetivo establecer la clasificación y especificaciones de manejo de los residuos de la construcción en el Distrito Federal. Dicha norma establece la sustitución de por lo menos un 25% de materiales vírgenes por materiales reciclados en la construcción de diferentes obras, salvo que se compruebe mediante estudios un porcentaje diferente; con lo cual la norma pretende contribuir al aprovechamiento de los RC&D y reducción de los problemas ambientales derivados de su inadecuada disposición. Dado que actualmente no existen estudios que determinen los impactos ambientales producidos por la inadecuada disposición de los RC&D o que estudien su aplicación como agregados reciclados, y con el fin de contribuir a la aplicación de la Norma, el objetivo del presente trabajo es buscar alternativas de solución a los problemas ambientales derivados de la disposición inadecuada de los RC&D utilizando específicamente el reciclaje y recomendando su uso como agregados en obras de ingeniería en la que se satisfagan los requerimientos técnicos.

Palabras clave: Impacto ambiental, Residuos de la Construcción y Demolición (RC&D), Reciclaje, NADF-007-RNAT-2004, subbases de caminos.

**II CONGRESO INTERAMERICANO DE RESIDUOS SÓLIDOS AIDIS  
EXPO DIRSA 2007  
VIÑA DEL MAR, CHILE 3 AL 6 DE OCTUBRE DE 2007**

**“ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN EL VALLE DE MÉXICO Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN”.**

***Rivera Mera Claudia Josefina, Gutiérrez Palacios Constantino***

*Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito exterior, edificio Bernardo Quintana, planta baja, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México D.F.*

*E-mail: ing\_cjrm@yahoo.com, gupc@servidor.unam.mx*

**RESUMEN EXTENDIDO**

**I. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, uno de los mayores problemas ambientales que enfrenta la Ciudad de México es la cantidad de residuos sólidos generados por su población. De estos destacan los Residuos de la Construcción y Demolición (RC&D), los cuales hasta el momento carecen de una gestión adecuada que promueva su reuso o reciclaje y cuya generación asciende a las 3,000 ton/día<sup>1</sup>.

La creciente demanda de vivienda, las necesidades de infraestructura y la falta de gestión ambiental, son factores determinantes en la disposición inadecuada de los RC&D, lo que provoca impactos al ambiente.

En julio de 2006 entró en vigor la norma ambiental NADF-007-RNAT-2004, que tiene como objetivo establecer la clasificación y especificaciones de manejo de los residuos de la construcción en el Distrito Federal. Dicha norma establece la sustitución de por lo menos un 25% de materiales vírgenes por materiales reciclados en la construcción de diferentes obras, salvo que se compruebe mediante estudios un porcentaje diferente; con lo cual la norma pretende contribuir al aprovechamiento de los RC&D y reducción de los problemas ambientales derivados de su inadecuada disposición.

Dado que actualmente no existen estudios que determinen los impactos ambientales producidos por la inadecuada disposición de los RC&D o que estudien su aplicación como agregados reciclados, y con el fin de contribuir a la aplicación de la Norma, el objetivo del presente trabajo es buscar alternativas de solución a los problemas ambientales derivados de la disposición inadecuada de los RC&D utilizando específicamente el reciclaje y recomendando su uso como agregados en obras de ingeniería en la que se satisfagan los requerimientos técnicos.

---

<sup>1</sup> JICA, 1999.

Palabras clave: Impacto ambiental, Residuos de la Construcción y Demolición (RC&D), Reciclaje, NADF-007-RNAT-2004, subbases de caminos.

## II. OBJETIVOS GENERALES

Los objetivos generales del presente trabajo son los siguientes:

- Proponer alternativas de medidas de mitigación de los impactos ambientales ocasionados por la inadecuada disposición de los RESIDUOS C&D considerando aspectos técnicos y económicos que conlleven a la mejor solución para reducir las afectaciones ambientales y a la salud humana, en el Valle de México.
- Realizar pruebas físicas en los residuos de la construcción y demolición (RESIDUOS C&D) como agregados reciclados, que permitan recomendar su aprovechamiento en la construcción de sub-bases de caminos secundarios.

## III. METODOLOGÍA

La Metodología seguida para llevar a cabo la investigación consistió primero, en la identificación de impactos ambientales en tres sitios de disposición inadecuada y segundo, como propuesta para reducir las causas de los impactos ambientales identificados, se estudió la posibilidad de recomendar los agregados reciclados en la construcción de sub-bases de caminos secundarios usando como base la normatividad establecida por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) para este tipo de obras.

### 3.1 Metodología para el análisis de impacto ambiental

Para analizar el impacto ambiental que provoca la disposición inadecuada de los RC&D se aplicó la siguiente metodología:

- ◆ **Descripción del sitio:** En esta etapa se realizó una descripción detallada de las condiciones actuales en cada uno de los lugares propuestos, así como de las condiciones originales en las que se encontraban antes de ser afectados.
  - Ubicación geográfica del sitio afectado
  - Condiciones anteriores
  - Superficie afectada

Los sitios donde se llevó a cabo el estudio fueron los siguientes:

- Avenida Toluca, Santa Catarina
- Avenida Bordo Xochiaca
- Carretera Libre a Toluca Km. 9 (Barranca)



Figura 1. Avenida Toluca, Santa Catarina



Figura 2. Salida del Relleno Sanitario, Av. Bordo Xochiaca



Figura 3. Carretera libre a Toluca, Km. 9 (Barranca)

- ◆ **Manejo actual de los residuos:** En esta etapa se realizó una descripción detallada del sistema de manejo de los residuos que se lleva a cabo en la zona.
- ◆ **Identificación de los posibles impactos:** La metodología para identificar los impactos ambientales se basó en un método cualitativo utilizando una lista de verificación mediante la cual se evaluaron los sitios antes mencionados. La lista de verificación aplicada se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1. Lista de verificación para la identificación de impactos ambientales**

			IMPACTOS
COMPONENTES AMBIENTALES	FÍSICO-QUÍMICOS	Agua	Eventual deterioro en la calidad del agua subterránea
			Eventual deterioro en la calidad del agua superficial
			Modificación de las características de flujo del agua superficial
	Suelo	Cambio del uso de suelo	
		Aire	Emisión de polvos
	BIOL.	Fauna	Proliferación de fauna nociva
		Flora	Modificación de la cubierta vegetal
	SOCIOECONÓMICOS		Impacto visual
			Disminución del valor económico del sitio
			Formación de asentamientos humanos irregulares
		Obstrucción de vías de comunicación	
		Azolve del sistema de alcantarillado	

- ◆ **Predicción de los posibles efectos:** Una vez determinados los impactos ambientales se realizó la predicción de los posibles efectos derivados de la disposición inadecuada de los RC&D en cada uno de los sitios.
- ◆ **Medidas de mitigación:** con los resultados del análisis anterior se determinaron las medidas adecuadas de prevención y mitigación aplicables a cada uno de los casos de estudio.
- ◆ **Criterio para el manejo de RESIDUOS C&D aplicado actualmente:** Se determinó la existencia o inexistencia del manejo adecuado de los residuos en los sitios de estudio.
- ◆ **Escenario esperado sin toma de acciones y escenario esperado aplicando medidas de mitigación:** Se visualizaron los dos escenarios para determinar las mejoras que podrían observarse en los sitios de llevarse a cabo el reciclaje de los RC&D.

Posteriormente, como medida de mitigación a los impactos identificados, se estudió la posibilidad de recomendar el uso de agregados reciclados en la construcción de subbases de caminos secundarios, es decir, caminos cuyo Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) es del orden de 500 a 1500 vehículos, para lo cual, se llevó a cabo el trabajo experimental en dos etapas como se explica a continuación.

### 3.2 Metodología para la realización del trabajo experimental

El trabajo experimental se realizó en dos etapas, a lo largo de las cuales se efectuaron cuatro muestreos de materiales reciclados con diferentes granulometrías provenientes de la planta “Concretos Reciclados S.A. de C.V.”.

Con el material muestreado mediante el “Método de Cuarteo” se realizaron pruebas físicas en el Laboratorio de la empresa GEOVISA S.A. de C.V. para determinar la viabilidad técnica del uso de los agregados reciclados en sub-bases de caminos secundarios.

En la primera etapa experimental, las pruebas se realizaron en cada tipo de material dependiendo de la curva granulométrica a la que pertenecían, con lo que se obtuvieron resultados importantes que condujeron a la realización de la segunda etapa experimental.

En la segunda etapa experimental se realizaron los últimos dos muestreos, y a través de un primer análisis granulométrico se determinaron las curvas granulométricas teóricas que ayudarían a la realización de mezclas entre los agregados reciclados, con el fin de mejorar sus propiedades físicas.

La composición física de los materiales muestreados constaba de: concreto, tabique, ladrillo, arcilla, cerámicos, mortero, block, mampostería y algunos limos. Al efectuar los muestreos el material se encontró en general, libre de basura, papel, madera, plástico, textiles y materiales tóxicos.

En cada muestreo se obtuvieron dos muestras representativas que se almacenaron para su transporte en sacos de 50 Kg cada uno. Los materiales fueron muestreados mediante el método de cuarteo que marca la norma mexicana NMX-AA-015-1985 y corresponden a las siguientes curvas granulométricas:

- 3” a finos,
- ½” a finos,
- ½” a ¼” Material Virgen (Tezontle) y
- Base Controlada (creada por la empresa)

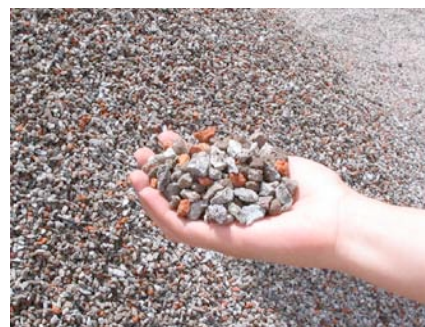


Figura 4. Agregado reciclado en banco

Una vez realizados los muestreos, los materiales fueron transportados al laboratorio de la empresa “GEOVISA” S.A. de C.V. donde se practicaron las pruebas físicas de calidad de los materiales que establece el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en la norma N CTR CAR-1-04-002/03 para la construcción de sub-bases de caminos.

Las pruebas realizadas fueron:

- Humedad

- Granulometría
- Límites de consistencia de Atterberg
- Contracción Lineal
- Densidad de Gravas
- Peso volumétrico
- Prueba de compactación Proctor
- Equivalente de arena y
- Valor de soporte de California (CBR)



**Figura 5. Pruebas físicas en agregados reciclados**

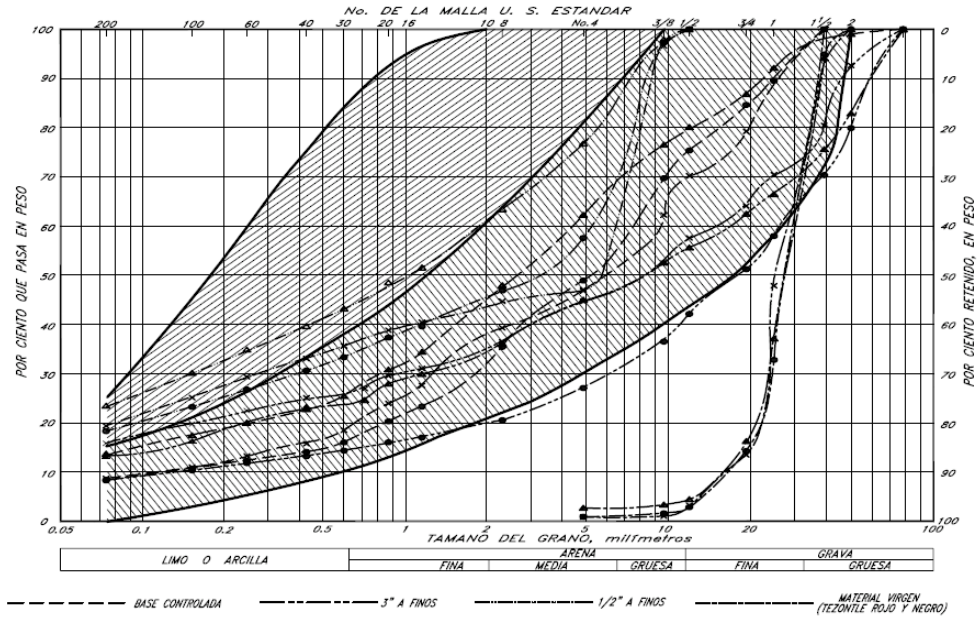
Los valores obtenidos en la primera etapa cumplieron en su mayoría con los parámetros que establece la norma, por lo que se decidió continuar con una segunda etapa experimental, en la cual se efectuaron dos muestreos más y se prepararon mezclas de los materiales con el objeto de mejorar su desempeño. Se trabajó con la base controlada elaborada en la planta y con las siguientes mezclas obtenidas:

- Mezcla 1: 50% material virgen + 50% finos
- Mezcla 2: 80% ½" a finos + 20% 1" a finos
- Mezcla 3: 70% ½" a finos + 30% 1" a finos
- Mezcla 4: 50% ½" a finos + 50% finos.

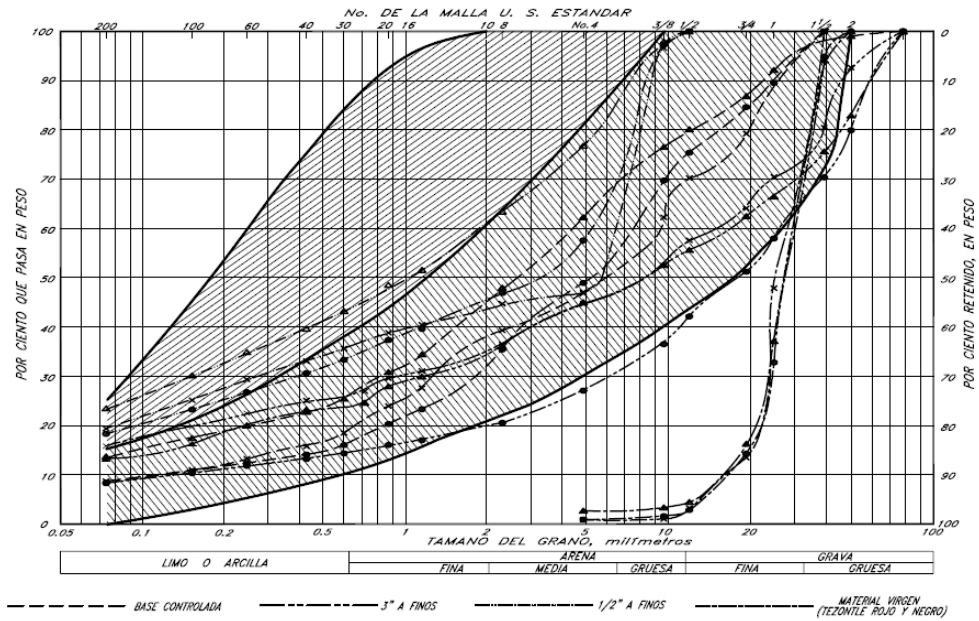
## IV. RESULTADOS

### *Primera Etapa*

A continuación se muestran las curvas granulométricas obtenidas en los muestreos 1 y 2, figuras 6 y 7. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 2 y 3, en las que se hace una comparativa de los parámetros que establece el Manual ISSN 0188 7114 IMT con los resultados obtenidos en la experimentación. La calidad deseable corresponde a la calidad óptima que puede presentar un material para subbase.



**Figura 6. Curvas granulométricas. Muestreo 1**



**Figura 7. Curvas granulométricas. Muestreo 2**



**Tabla 2. Tabla comparativa de resultados vs Normatividad IMT. Muestreo 1**

CARACTERÍSTICA	MANUAL ISSN 0188-7114, IMT			RESULTADOS OBTENIDOS			
	DESEABLE	ADECUADA	REVESTIMIENTO	muestra	Base Controlada	3" a finos	1/2" a finos
<b>Granulometría*</b>	1 a 2	1 a 3	1 a 3		2	2	2
<b>Tamaño máximo (mm)</b>	51	51	76	1	25.00	37.50	25.00
				2	25.00	25.00	25.00
				3	25.00	25.00	37.50
<b>% Finos</b> (Mat. <0.074 mm)	15 máx	25 máx	10 mín 20 máx	1	13.49	16.21	17.30
				2	15.80	12.60	22.73
				3	19.46	22.03	22.16
<b>Límite Líquido (LL)</b> (%)	25 máx	30 máx	40 máx	1	28.71	31.28	26.54
				2	28.38	31.39	28.53
				3	27.23	31.34	28.55
<b>Índice Plástico (IP)</b> (%)	6 máx	10 máx	15 máx	1	8.27	10.43	12.95
				2	8.61	9.6	16.98
				3	6.64	9.58	13.94
<b>Compactación (%)</b> (AASHTO Modif.)	100 mín	100 mín	95 mín AASHTO Est.	1	95	95	95
				2			
<b>Peso Volum. seco máx</b> (ton/m <sup>3</sup> )	AASHTO MODIFICADA			1	1,656	1,590	1,634
				2	1,653	1,604	1,610
<b>Humedad óptima (%)</b>	AASHTO MODIFICADA			1	15.00	20.18	19.36
				2	15.02	19.70	18.80
				1	93.67	35.58	64.70
<b>Equivalente de Arena</b>	40 mín	30 mín		2	90.98	38.38	70.72
				3	94.19	38.34	86.73
<b>CBR<sup>a</sup> (%)</b> (Compactación dinámica)	40 mín	30 mín	30 mín		b		

<sup>a</sup> Al porcentaje de compactación indicado

<sup>b</sup> En esta etapa se realizaron VRS

**Tabla 3. Tabla comparativa de resultados vs Normatividad IMT. Muestreo 2**

CARACTERÍSTICA	MANUAL ISSN 0188-7114, IMT			RESULTADOS OBTENIDOS			
	DESEABLE	ADECUADA	REVESTIMIENTO	muestra	Base Controlada	3" a finos	1/2" a finos
<b>Granulometría*</b>	1 a 2	1 a 3	1 a 3		2	2	2
<b>Tamaño máximo (mm)</b>	51	51	76	1	25.00	50.00	9.50
				2	25.00	50.00	9.50
				3	50.00	50.00	9.50
<b>% Finos</b> (Mat. <0.074 mm)	15 máx	25 máx	10 mín 20 máx	1	8.68	15.83	37.52
				2	8.38	8.21	37.52
				3	8.63	13.34	32.55
<b>Límite Líquido (LL)</b> (%)	25 máx	30 máx	40 máx	1	9.61	14.95	15.10
				2	7.62	14.65	15.19
				3	6.42	10.80	9.63
<b>Índice Plástico (IP)</b> (%)	6 máx	10 máx	15 máx	1	9.61	14.95	15.10
				2	7.62	14.65	15.19
				3	6.42	10.80	9.63
<b>Compactación (%)</b> (AASHTO Modif.)	100 mín	100 mín	95 mín AASHTO Est.	1	95	95	95
				2			
<b>Peso Volum. seco máx</b> (ton/m <sup>3</sup> )	AASHTO MODIFICADA			1	1,627	1,591	1,661
				2	1,574	1,605	1,640
<b>Humedad óptima (%)</b>	AASHTO MODIFICADA			1	16.50	17.43	21.70
				2	17.80	15.44	13.37
				3			
<b>Equivalente de Arena</b>	40 mín	30 mín		1	71.10	53.91	51.05
				2	71.31	46.96	36.35
				3	70.30	47.60	48.59
<b>CBR<sup>a</sup> (%)</b> (Compactación dinámica)	40 mín	30 mín	30 mín		b		

<sup>a</sup> Al porcentaje de compactación indicado

<sup>b</sup> En esta etapa se realizaron VRS

### Segunda Etapa

En la segunda etapa experimental, se realizaron dos muestreos más para elaborar cuatro mezclas, para lo cual se basó en los requisitos de granulometría que la norma del IMT N CMT-4-02-001/04 y en el buen comportamiento observado en la base controlada durante la primera etapa.

A continuación se muestran en la figura 8 las curvas granulométricas obtenidas de las mezclas así como los resultados de las pruebas, que se muestran en la tabla 4.

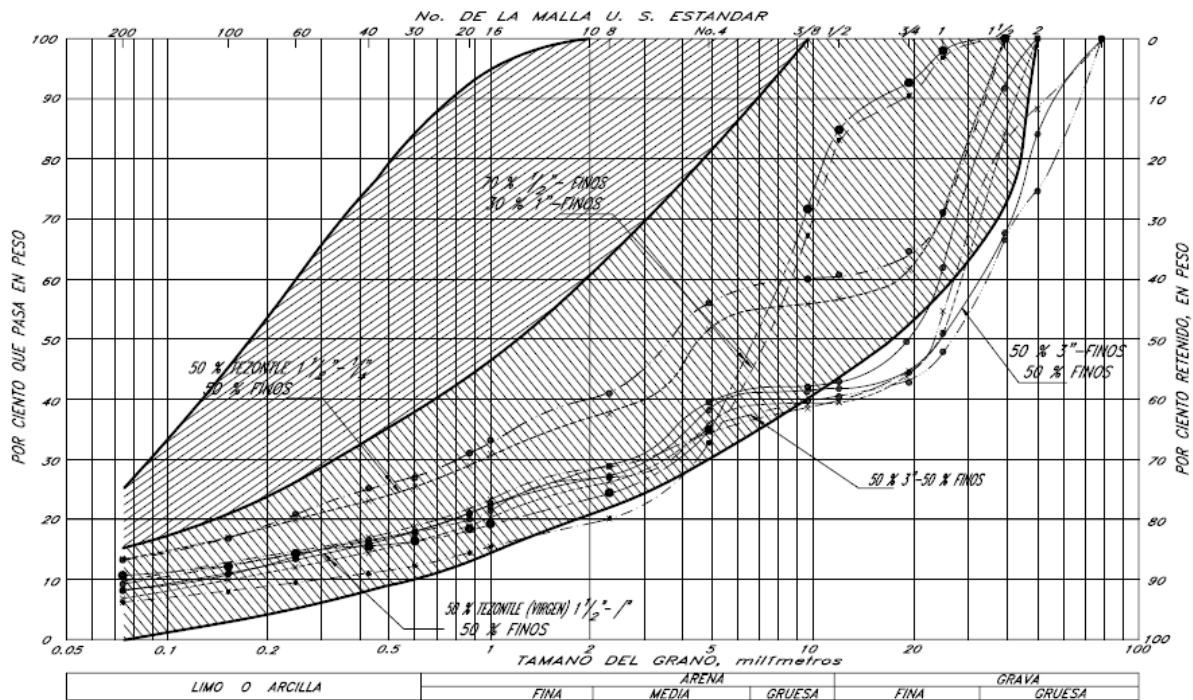


Figura 8. Curvas granulométricas. Segunda etapa.

Tabla 4. Resultados obtenidos en la segunda etapa.

CARACTERÍSTICA	MANUAL ISSN 0188-7114, IMT			RESULTADOS OBTENIDOS					
	DESEABLE	ADECUADA	REVESTIMIENTO	muestra	BASE CONTR.	MEZCLA 1	MEZCLA 2	MEZCLA 3	MEZCLA 4
<b>Granulometría*</b>	1 a 2	1 a 3	1 a 3		1	1	1	1	1
<b>Tamaño máximo (mm)</b>	51	51	76	1	25	37.50	25.00	25.00	50
				2	25	37.50	19.00	25.00	50
				3		25.00	25.00		
				4		25.00	25.00		
				5			37.50		
<b>% Finos</b> (Mat. <0.074 mm)	15 máx	25 máx	10 mín 20 máx	1	8.28	6.83	7.04	6.20	13.89
				2	9.30	8.10	5.32	10.67	16.80
				3		13.36	6.58		
				4		13.25	7.95		
				5			6.58		
<b>Límite Líquido (LL)</b> (%)	25 máx	30 máx	40 máx	1	23.50	28.19	30.54	31.04	33.98
				2	22.70	27.13	30.87	29.97	31.72
				3	24.62				
				4	22.81				
<b>Índice Plástico (IP)</b> (%)	6 máx	10 máx	15 máx	1	9.19	6.72	8.21	10.14	12.20
				2	3.51	5.91	8.23	13.33	11.24
				3	7.17				
				4	5.36				
<b>Compactación (%)</b> (AASHTO Modif.)	100 mín	100 mín	95 mín AASHTO Est.	1	100	100	100	100	100
<b>Peso Volum. seco máx</b> (ton/m <sup>3</sup> )	AASHTO MODIFICADA			1	1770	1708	1575	1510	1560
<b>Humedad óptima (%)</b>	AASHTO MODIFICADA			1	5.40	9.70	7.80	6.10	9.80
				2	5.30				
<b>Equivalente de Arena</b> (%)	40 mín	30 mín		prom	51.34	46.50	55.04	46.55	51.29
<b>CBR* (%)</b> (Compactación dinámica)	40 mín	30 mín	30 mín	1	51.97	24.62	27.35	30.48	23.44
				2					

\* Al porcentaje de compactación indicado

En la figura 9 se muestran las gráficas obtenidas de Peso Volumétrico Seco máximo y de CBR corregido vs. Contenido de agua, respectivamente.

<i>DATOS DEL ENSAYE</i>					
<i>MUESTRA</i>	<i>* MEZCLA 1</i>	<i>• MEZCLA 2</i>	<i>◇ MEZCLA 3</i>	<i>△ MEZCLA 4</i>	<i>* BASE CONTROLADA</i>
<i>CONTENIDO DE AGUA OPTIMO, <math>w_{opt}</math>, %</i>	12.48	11.76	12.66	7.23	7.23
<i>PESO VOLUMETRICO SECO, <math>\gamma_{d,max}</math>, Kg/m<sup>3</sup></i>	1538	1628	1711	1634	1687
<i>CBR</i>	24.62	27.35	30.48	23.44	51.97

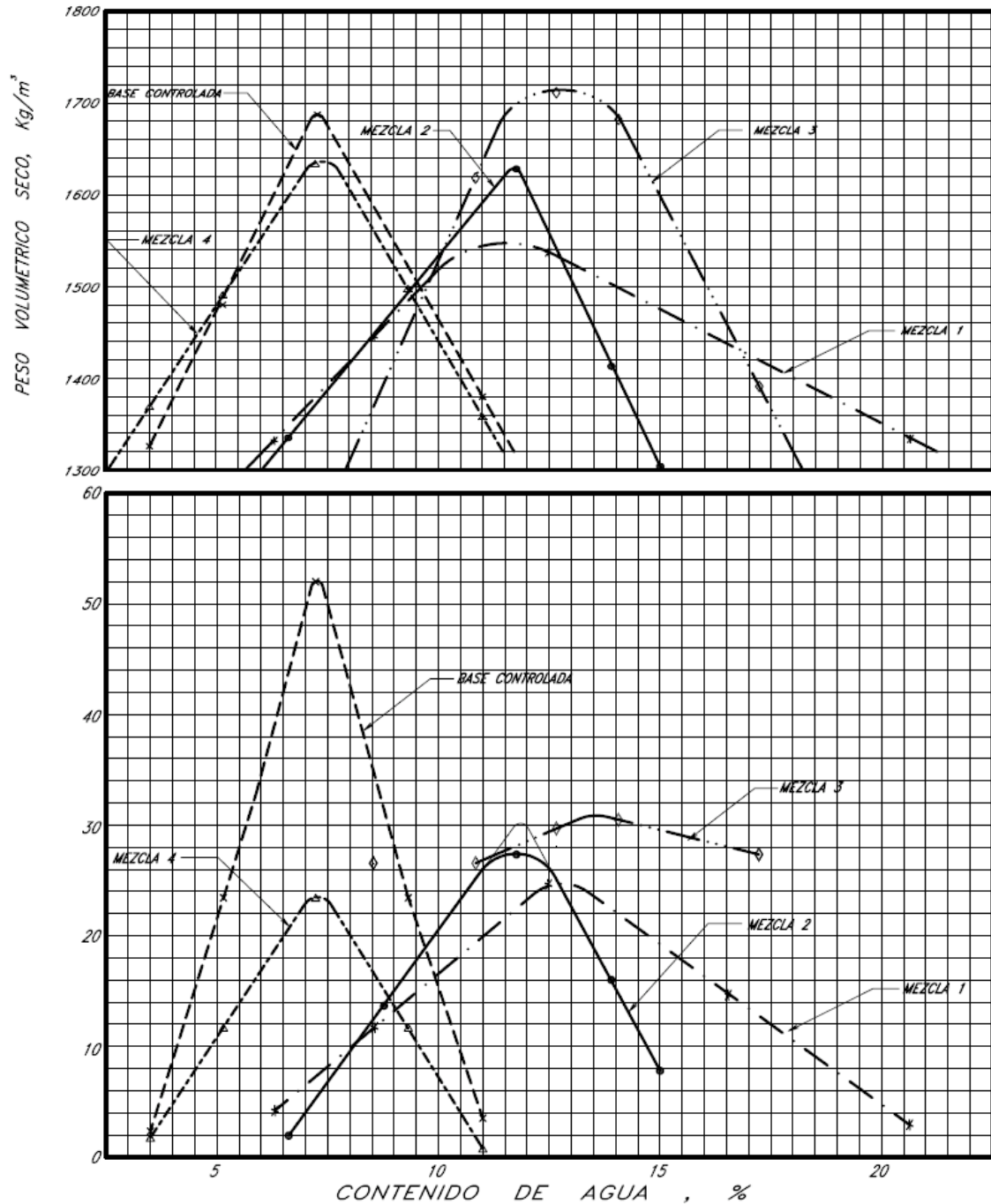


Figura 9. Resultados prueba CBR

## V. DISCUSIÓN

### Primera Etapa

Mediante el análisis granulométrico de la primera etapa, en los dos muestreos se observó que el porcentaje de material que pasa la malla N° 200 (0.075 mm) al que pasa la malla N° 40

(0.425 mm) en ninguno de los casos es mayor de 0.65, como lo marca la norma N CMT-4-02-001/04 del IMT.

El material muestreado se encuentra dentro de la zona recomendable, la zona II, a excepción del material virgen, cuya curva estuvo clasificada desde el banco en 1/2" a 1/4". En la tabla 5 se muestra la clasificación SUCS para cada material en cada muestreo.

**Tabla 5. Clasificación SUCS del material muestreado**

MATERIAL	CLASIFICACIÓN SUCS	
	Muestreo 1	Muestreo 2
Base controlada	GC	GP-GC
3" a finos	GC	GP-GC
1/2" a finos	GC	GC
Material virgen, 1/2" a 1/4"	GW	GW



En cuanto al porcentaje de finos, en ambos muestreos fue menor al 25%, lo que sitúa al material dentro de las calidades “deseable” y “adecuada” de acuerdo a la norma.

Los valores obtenidos de límite líquido y de índice de plasticidad; indican que en general se trata de un material de baja plasticidad, esto se debe a que la fracción fina corresponde a un material arenoso. Lo anterior ubica al material muestreado, dentro de las calidades “adecuada” en el caso de la base controlada y “revestimiento” en los demás casos.

En los dos primeros muestreos, las compactaciones fueron efectuadas al 95%, por lo que desafortunadamente se cae en una calidad para “revestimiento”.

En la prueba de equivalente de arena, se obtuvieron calidades “deseable” y “adecuada” por el bajo porcentaje de finos.

En esta primera parte experimental y concretamente en el primer muestreo sólo la base controlada obtuvo un buen comportamiento en la prueba de Valor de soporte de California (CBR), ya que con los valores obtenidos se sitúa en la calidad “adecuada”. No obstante, sus características varían notablemente en el segundo muestreo sin alcanzar una calidad de terracería. En el segundo muestreo el material de 1/2" a finos presentó una calidad “adecuada”.

### **Segunda Etapa**

El material muestreado en la segunda etapa también se situó en la zona II, excepto el material virgen. A continuación se muestra en la tabla 6 la clasificación SUCS obtenida en los materiales.

**Tabla 6. Clasificación SUCS. Muestreo, Etapa 2.**

MATERIAL	CLASIFICACIÓN SUCS
Base controlada	GP-GC
Mezcla 1	GP-GC
Mezcla 2	GP
Mezcla 3	GP-GC
Mezcla 4	GP-GC

El porcentaje de finos, igual que en los primeros dos muestreos, es menor al 25%, por lo que, tanto la base controlada como las mezclas se ubicaron en la calidad “deseable”.

En los resultados del límite líquido y del índice de plasticidad, la base controlada presenta una calidad “deseable” mientras que las mezclas cumplen con la calidad “adecuada”, debido a que el material es de baja plasticidad, recomendable para subbases.

Las pruebas de compactación se llevaron a cabo en todos los casos al 100% Proctor.

En el equivalente de arena, nos confirma que tanto la base controlada como las mezclas presentan un bajo contenido de arcillas, por lo que en todos los casos el material presentó una calidad “deseable”.

Finalmente, una prueba decisiva para la aceptación o rechazo de la base controlada o de las mezclas es el ensayo CBR, como podemos observar en la tabla 4, la base controlada y la mezcla 3 presentaron los mejores comportamientos, ubicándose en las calidades “deseable” y “adecuada”, respectivamente. En cuanto a las mezclas 1, 2 y 4, presentan valores cercanos al mínimo requerido para una calidad adecuada.

## VI. CONCLUSIONES

- Es posible aplicar las metodologías existentes para la identificación de impactos ambientales en sitios de disposición inadecuada de RC&D.
- Se debe evaluar el impacto ambiental por la disposición de estos materiales en distintos tipos de obras.
- Los sitios afectados deben evaluarse y priorizar su rehabilitación en términos de los que presentan los mayores impactos.
- Se superó el 25% de sustitución de los materiales vírgenes, que establece la norma ambiental, por un 100% de materiales reciclados, como es el caso de la mezcla 3 obteniendo un buen desempeño en las pruebas que establece el Instituto Mexicano del Transporte.



- De acuerdo a los resultados obtenidos en las dos etapas, es posible recomendar la base controlada y la mezcla 3 en la construcción de subbases de caminos secundarios. Sin embargo, antes de utilizar estos materiales, se deben obtener sus propiedades índice y de calidad a fin de cumplir con las normas correspondientes, teniendo en cuenta que la calidad de los materiales depende directamente del tipo de obra de que provengan los residuos.
- Es posible además recomendar estos materiales en la construcción de terraplenes, andadores o ciclopistas, lechos para tubería, bases de guarniciones y banquetas, revestimientos y rellenos y filtros para obras viales o pedraplenes.
- Es necesario el desarrollo de un sistema de manejo integral para los residuos de la construcción y demolición en México en el cual se contemple el reciclaje de éstos.

## VII. REFERENCIAS

Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal, 2006. Norma Ambiental NADF-007-RNAT-2004.

JICA, 1999. Estudio para el manejo de los residuos sólidos para la Ciudad de México. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (Vol. I) Kokusai Kogyo Co., LTD.

Vega, Ricardo E., 2001. Tesis: Reciclaje y reaprovechamiento de residuos de la construcción y demolición. Posgrado en Ingeniería Ambiental, UNAM. México.

Tchobanoglous, G., 1993. Integrated Solid Waste Management. Mc. Graw-Hill

Canter, L. Manual de evaluación de impacto ambiental. Mc. Graw-Hill

Juárez M., Miguel A., 2003. Tesis: Análisis de la base técnica de manifestaciones de impacto ambiental. Posgrado en Ingeniería Ambiental, UNAM, México.

SEDESOL, 2004. Manual Micro Regiones. Programa de caminos rurales y alimentadores, Obras a contrato.

SMA, D.F, 2002. Minimización y Manejo de Residuos de la Industria de la Construcción, Diagnóstico.

SCT, 2004. N CTR CAR-1-04-002/03. Libro CTR Construcción. Tema: carreteras. Parte: conceptos de obra. Título: Pavimentos. Capítulo: subbases y bases.

IMT, 1998. Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias.

IMT, 1990. ISSN 0188- 7114. Manual de Calidad de los Materiales en secciones estructurales de pavimentos carreteros.

N CMT-4-02-001/04. Libro: CMT Características de los materiales. Parte: materiales para pavimentos. Título: materiales para subbases y bases. Capítulo: materiales para subbases.

GEOVISA, 2006. Manual de procedimientos de laboratorio.

Juárez M., Miguel A., 2003. Tesis: Análisis de la base técnica de manifestaciones de impacto ambiental. Posgrado en Ingeniería Ambiental, UNAM, México.



Nicholas J. Garber, Lester A. Hoel, 2005. Ingeniería de tránsito y carreteras. Tercera edición. Editorial Thomson.