

UTILIZACION DE LA ARENISCA CUARCÍTICA EMBOSCADA COMO AGREGADO EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGONES, MEZCLAS ASFÁLTICAS Y SUB BASES GRANULARES EN EL PARAGUAY

Autores: Juan C. Díaz Benza*; Romeo Benítez**; Jaime Ortiz***
edb construcciones, Herrera N° c/ Pai Pérez.; e-mail: juancadb@edbconstrucciones.com.py

Palabras claves: Arenisca-Basalto- Agregados.

Resumen

Se realiza un estudio comparativo entre la Roca Arenisca Cuarcítica de Emboscada y la Roca Basáltica, en su utilización como agregados en las construcciones, tanto en la parte técnica (ensayos de las propiedades de los agregados) como en la práctica (experiencia en obras), con el fin de introducir un nuevo material en el mercado de las construcciones en el Paraguay.

Se realizaron Ensayos de Agregados para Hormigones, mezclas Asfálticas y Sub Bases en Laboratorio para la Arenisca Cuarcítica Emboscada y agregados de Rocas basálticas. Se dosificaron Hormigones de 15 Mpa, 18 Mpa y 21 Mpa para mismas cantidades de cemento por metro cúbico y se moldearon probetas, tanto para agregados de arenisca como para agregados basálticos, y se los comparó entre si en cuanto a rotura a la compresión simple a los 7, 14 y 28 días, y se encontró que los hormigones dosificados con las areniscas presentaron mayor resistencia a la compresión.

De los ensayos realizados en concretos asfálticos se tiene que los dosificados con agregados de arenisca cuarcítica emboscada presentan mayor estabilidad que los dosificados con agregados basálticos, además presentan relativamente mayor fluencia y cumplen con los porcentajes de vacíos establecidos por el manual del Asfalto del Instituto del Asfalto.

En cuanto a la utilización del agregado en sub bases granulares, se obtuvieron valores de CBR superiores a 150%, y de las experiencias en obras realizadas utilizando dicho agregado en hormigones, concretos asfálticos y sub bases podemos decir que el comportamiento estructural del material siempre fue óptimo alcanzándose resultados satisfactorios en todas las obras.

Por todo lo analizado, estudiado y realizado en este trabajo podemos concluir que la utilización de la Arenisca Cuarcítica Emboscada como agregado, es una alternativa válida a ser utilizada en las construcciones civiles y viales.

***Ing. Civil, Gerente de Producción; **Ing. Civil, Asist. Técnico; ***Ing. Civil, Asist. Técnico**

DESARROLLO

1. DEFINICIONES

1.1. Roca Arenisca: Pertenece al grupo de Rocas Sedimentarias, formada por la compactación y cementación de Arenas (tipo silícea) con un cemento de tipo Calizo o Arcilloso.

1.1.1. Arenisca Silícea o Cuarcitica: Es de color Gris o Blanca, dura y resistente a los agentes atmosféricos, pudiéndose emplear en toda clase de construcciones. La piedra molar, que se emplea para fabricar las muelas de los molinos, pertenece a éste grupo. Es de textura rugosa y áspera, es porosa y absorbente, duradera, tiene buena resistencia al fuego, y a este respecto, es superior a la mayor parte de las rocas empleadas para construcción.

1.1.2. Estudio Geológico en Cantera de Cuarcita Emboscada, Departamento de La Cordillera: La cantera se localiza a lo largo de la escarpa de la falla principal del valle del Río Salado, donde el callamiento dejó al descubierto todo el perfil estratigráfico de la meseta. La fricción originada por el movimiento de bloques, produjo la transformación de las rocas originales (areniscas) en cuarcitas y areniscas cuarcíticas, blancas, muy duras, de grano y sana, por fusión y recristalización de los minerales componentes de aquellas (metamorfismo dinámico), razón por la cual, estas rocas adquirieron propiedades que las hacen aptas para uso ingenieril.

1.2. Basalto: Es una Roca Ígnea (de origen volcánico) de colores oscuros, granos finos y con alto contenido de hierro, de textura lisa y poco absorbente. Es ampliamente utilizada en las construcciones (agregados en hormigones, en concretos asfálticos, bases y sub bases estabilizadas, pedraplenes, etc.).

2. ENSAYOS REALIZADOS

El objetivo principal de este trabajo, y por el cual se realizaron todos los ensayos a continuación descritos, es demostrar que la Roca Arenisca Cuarcitica de Emboscada, cumple con todas las Normas y especificaciones para ser utilizada en las construcciones, como agregado en hormigones, concretos asfálticos y sub bases granulares.

2.1. Ensayos de Hormigón:

Se realizaron ensayos de ambos agregados (arenisca cuarcítica y roca basáltica) para dosificación de hormigones de 15 Mpa, 18 Mpa y 21 Mpa.

2.1.1. Ensayos realizados en agregados:

- Densidad Real seca.
- Peso Unitario Seco Suelto y compactado.
- Granulometría.
- Coeficiente de Desgaste (Ensayo de Los Ángeles).
- Coeficiente de Absorción.
- Ataques por sulfatos.

2.1.2. Resultados Obtenidos:

	AGREGADOS		
	Arenisca	Basalto	
Densidad real seca	2,39	2,67	gr/cm ³
P.U. comp. Seco	1417	1496	kg/m ³
Capacidad. Absor.	2,65	0,77	%
Coef. De Desgaste	28,7	17	%
Ataque por sulfatos	2,06	0,919	%

NORMAS UTILIZADAS	ENSAYO
UNE 83- 134/90	Densidad
Norma IRAM 1548/71	P.U.
UNE 83- 134/90	Capac. Absor. Coef.
Abrasión ASTM C 131	Desgaste
Norma IRAM 1525M	Ataque sulfatos

2.1.3 Dosificaciones de Hormigón.

Se utilizó el manual de "PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS, Concreto normal, pesado y masivo ACI 211.1", y se dosificaron hormigones de resistencia característica 15 Mpa, 18 Mpa y 21 Mpa, y se diferencian dos tipos de hormigones para cada resistencia característica, el primero con agregados tipo 4^a y 5^a de arenisca cuarcítica de Emboscada, 6^a basáltica y arena del Río Paraguay, el segundo con agregados tipo 4^a, 5^a y 6^a basáltica y arena del Río Paraguay.

Al realizar la dosificación se utilizó la misma cantidad de kilos de cemento por metro cúbico de hormigón para hormigones de igual Resistencia Característica; es decir, para ambos hormigones de 15 Mpa se utilizó el

mismo consumo de cemento por metro cúbico, ídem para 18 y 21 Mpa.

2.1.3.1 Resultados Obtenidos

Se presentan a continuación los asentamientos obtenidos para cada dosificación, así como también las diferencias en % de las resistencias alcanzadas en el *Ensayo de Rotura a la Compresión Simple en Probetas Cilíndricas de Hormigón* para cada tipo de hormigón, a los 7, 14 y 28 días.

HORMIGON fck	AGREGADOS	ASENT. (cm)	(*)ADICION AGUA %litros/m ³ de H ^o	RELAC. A/C
15 Mpa	Arenisca	7	9,7	0,79
15 Mpa	Basáltica	9	0	0,72
18 Mpa	Arenisca	5	13,8	0,70
18 Mpa	Basáltica	9	0	0,62
21 Mpa	Arenisca	5	10,4	0,64
21 Mpa	Basáltica	8	0	0,58

(*) Se refiere al porcentaje de agua que se adicionó sobre el contenido normal teórico del agua recomendado por *ACI 211.1*, con lo cual se aumentó el asentamiento del hormigón, mejorando su trabajabilidad, y se modifica la relación Agua/Cemento (inicialmente igual para ambos hormigones de misma fck), manteniéndose igual el consumo de kilos de cemento por m³ de hormigón.

Resist. Caract. fck	agregados	Diferencia en % de resist. alcanzada arenisca/basalto		
		7 días	14 días	28 días
15 Mpa	arenisca	12,3% >	7,6% >	11,6% >
15 Mpa	basalto			
18 Mpa	arenisca	12,6% >	9,3% >	12,7% >
18 Mpa	basalto			
21 Mpa	arenisca	14,9% >	17,4% >	18,4% >
21 Mpa	basalto			

2.2. Ensayos de Concreto Asfáltico

Se realizaron ensayos de Agregados para dosificar mezclas de concreto asfáltico, buscando el porcentaje óptimo de consumo de cemento asfáltico por tonelada de concreto. Análogamente a lo realizado en los ensayos de Hormigón, se obtuvieron dos mezclas de concreto asfáltico, la primera con agregados de tamaño tipo 5^a arenisca de Emboscada, tipo 6^a basáltica, arena de yacimiento y filler; la segunda mezcla, compuesta por agregados del tipo 5^a y 6^a basálticas, arena de yacimiento y filler.

2.2.1. Ensayos realizados en Agregados

Los valores de densidad real seca de los agregados ya se obtuvieron en los análisis de agregados en hormigones. La compensación de agregados para curvas granulométricas se realizó utilizando la “**faja IV b para CAPAS DE SUPERFICIE de MEZCLAS RECOMENDADAS de la Tabla IV-7 del Manual del Asfalto del Instituto del Asfalto**” la cual admite porcentajes de Asfalto comprendidos entre 3,5 – 7,0 %.

2.2.1.1. Resultados Obtenidos

Mezcla 1

COMPENSACION DE AGREGADOS		
Agregado	Tipo	% optimo en la mezcla
Arenisca	5 ^a	34
Basalto	6 ^a	53
Arena Yacimiento		12
Filler	Cal Hid.	2

Mezcla 2

COMPENSACION DE AGREGADOS		
Agregado	Tipo	% optimo en la mezcla
Basalto	5 ^a	31
Basalto	6 ^a	58
Arena Yacimiento		10
Filler	Cal Hid.	1

2.2.2. Ensayos de Mezclas Asfálticas

Se utilizó el Método Marshall para realizar los ensayos en probetas de concreto asfáltico, utilizando porcentajes de asfalto de 3,5; 4; 4,5; 5 y 5,5%, siguiendo la “**Tabla IV-9 del Manual del Asfalto del Instituto del Asfalto**, en donde se tienen los **Límites Sugeridos para los Resultados de los Ensayos**”. En donde para tráfico pesado por el método Marshall para realizar el ensayo se tienen 75 golpes por cara, la estabilidad mínima debe ser de 750 libras, la fluencia expresada en 0,01 pulg. debe estar entre 8 y 16; el porcentaje de vacíos para capas de superficie o nivelación debe estar comprendido entre 3 y 5%.

2.2.2.1. Resultados Obtenidos

	% opt. Cap	Esta-bilidad	Fluencia mm	% Vacíos
mezcla 1	4,7	1300	8,5	3,3
mezcla 2	4,7	905	8,05	2,9

Se utilizó CAP 50/60. Como se puede observar, la mezcla 1, alcanzó una mayor estabilidad, con mayor porcentaje de vacíos y mayor fluencia, valores comprendidos entre los rangos establecidos más arriba, al realizar las probetas de concreto asfáltico ambas mezclas se moldearon a la misma temperatura y bajo las condiciones de laboratorio.

2.2.2.2. Otros Ensayos Realizados

Se presentan también los resultados de otros ensayos realizados a la mezcla 1, necesarios para analizar el correcto funcionamiento de la misma e indispensable para que sea aprobada su uso en obras.

Ensayo de Adhesividad Asfalto Agregado

Se realizaron 2 ensayos de Adhesividad al agregado tipo triturada cuarcítica de Emboscada utilizando CAP 50/60 según los métodos de Ensayo DNER – DPT M78 – 63 y AASHTO T 182-70. Obteniéndose resultados satisfactorios en ambos ensayos, alcanzando un 100% de porcentaje del área de las partículas del agregado cubiertas con películas de Asfalto. Esto demuestra la alta adhesividad que se tiene al realizar mezclas de concreto asfáltico utilizando agregados del tipo arenisca cuarcítica de Emboscada.

Ensayo de Abrasión de Los Ángeles

Se realizó también el ensayo de Abrasión de los Ángeles a la combinación porcentual de agregados de la mezcla 1, arenisca color blanco de procedencia Emboscada y Basalto color negro (tamaño y tipo detallado en el cuadro de Compensación de Agregados de la mezcla 1). Y como resultado, se obtuvo, una pérdida por Abrasión igual a 24,9%. Norma Utilizada: UNE 83 – 116 – 90. El porcentaje de desgaste de los áridos gruesos, de la combinación de áridos para capas de nivelación no debe ser superior al 40%, según lo establecido en el Manual del Asfalto del Instituto del Asfalto.

2.3. Ensayos de Sub Bases Granulares

Se utilizó también el agregado de roca arenisca de Emboscada en sub bases granulares, y presentamos a continuación los resultados alcanzados en dichos ensayos.

El análisis granulométrico se realizó según la faja **B** de la *Tabla 29 – Granulometría para*

Base Granular para tráfico pesado del *Manual de Pavimentação*.

Resultados

Densidad de la mezcla: 2,162 gr/cm³
Humedad Óptima: 8,2 %
Obtenidos del el ensayo de Proctor Modificado.

También se obtuvo un índice de Plasticidad del 4%.

CBR: se obtuvieron valores de CBR largamente superiores a 150%. Ideales a ser utilizados en pavimentos flexibles para tráfico pesado.

3. EXPERIENCIA EN OBRAS REALIZADAS UTILIZANDO ROCA ARENISCA CUARCITICA DE EMBOSCADA EN FORMA DE AGREGADO.

Se presentan a continuación algunas obras viales en la cuales se utilizó agregado de arenisca cuarcítica de Emboscada en la elaboración de hormigones, mezclas asfálticas y sub bases. En todas las obras, el material (luego de realizarse en ellos los ensayos de laboratorio para verificar que cumplan con las exigencias establecidas en Normas y Especificaciones Técnicas) utilizado tuvo el comportamiento estructural exigido en el proyecto para cada ítem.

Hormigón con Agregado de Arenisca Cuarcítica de Emboscada: entre otras, se utilizó en las siguientes obras:

- Pavimentación de la Ruta N° 3, Gral. Elizardo Aquino Acceso Norte a Asunción, Tramo Limpio Emboscada: 1998-2001
2155 ml en cordón cuneta.
1787 ml de cuneta revestida
- Obras de Bacheo y Señalización Ruta N° 3, Tramo Desvío Punte Remanso-Limpio: 2006
531 m³ entre cuneta revestida y badenes.
- Regularización Asfáltica de las Avenidas Antequera y Japón (Asunción): 2006
588,5 m³ entre cunetas revestidas y badenes
- Asfaltado de la Calle Tte. Molas (San Lorenzo) 2006
4900 m² entre cunetas revestidas y badenes
144 m² de Pavimento Rígido.

- Ensanche y Construcción de Dársenas en la Avda. Choferes del Chaco, entre las Avdas. Mca. López y E. Ayala. (Asunción):2005
1200 m² de Pavimento Rígido.

- Repavimentación de la Avda. Fernando de la Mora.(Asunción): 2005
4365 m² de Pavimento Rígido.
1510 m² entre cunetas revestidas y badenes.

- Entre el 2006 y en lo que va del año se tienen 1800 m³ en elementos prefabricados (caños celulares), también gran porcentaje de las obras de arte de la Avenida Madame Lynch se realizó utilizando hormigones con agregados de Arenisca Cuarctica de Emboscada.

Concreto Asfáltico

- Pista de Prueba en la calle Luis de Granada e/ Sta. Rosa y Goya de la ciudad de Asunción se utilizaron 5000 m² de este tipo de concreto Asfáltico. 2005

- Asfaltado de la Calle Tte. Molas (San Lorenzo) 2006
23250 m²

Sub Base Granular

- Pavimentación de la Ruta N° 3, Gral. Elizardo Aquino Acceso Norte a Asunción, Tramo Limpio Emboscada: 1998-2001
128592 tn.

- Obras de Bacheo y Señalización Ruta N° 3, Tramo Desvío Punte Remanso-Limpio: 2006
5824 tn

- Obras de Madame Lynch 1999-2001
45104 tn

- Obra de Recapado de la Ruta N° 9
36184,5 tn

- En distintas obras entre los años 1999 y 2005
7500 tn.

4. CONCLUSIONES GENERALES

1. De los resultados obtenidos en ensayos de hormigón, observamos que los hormigones dosificados con agregados de arenisca alcanzan mayores resistencias que los dosificados puramente con agregados

basálticos, en todas las edades y para todas las resistencias características, para la misma cantidad de cemento por metro cúbico de hormigón e inclusive aumentando la relación A/C en los que utilizan Arenisca.

2. En contrapartida se observa que los hormigones con agregados arenisca presentan menor asentamiento, lo que afecta la trabajabilidad, esto puede ser corregido incorporando al hormigón algún tipo de plastificante o superfluidificante para dar mayor trabajabilidad a la mezcla.

3. De los puntos 1 y 2 podemos afirmar que los hormigones dosificados con agregados de roca arenisca cuarcitica son ideales para ser utilizados en pavimentos rígidos, por presentar mayores resistencias y menor asentamiento.

4. Como conclusión en base a los resultados obtenidos en los ensayos de concreto asfáltico tenemos que las mezclas que contienen arenisca en forma de agregados alcanzan mayor estabilidad que las dosificadas con agregados de basalto, también presentan mayor fluencia pero con un contenido mayor de vacíos, para ambas mezclas se alcanza el mismo porcentaje óptimo de cemento asfáltico.

5. Una textura áspera, como la del agregado arenisca cuarcitica de Emboscada, aumenta la resistencia en el pavimento debido a que evita que las partículas se muevan unas respecto a otras, y a la vez provee un coeficiente alto de fricción superficial que hace que el movimiento del tránsito sea mas seguro. Adicionalmente las películas de asfalto se adhieren más fácilmente a las superficies rugosas que a las superficies lisas.

6. De las experiencias en obras realizadas, se tiene que, según constan en los libros de Obra, la utilización del agregado arenisca en elementos estructurales (hormigones, concretos asfálticos, bases granulares) presentó un comportamiento óptimo, cumpliendo con todas exigencias establecidas en Normas y Especificaciones Técnicas, teniéndose así resultados satisfactorios en cada obra.

7. Como conclusión final, podemos agregar que, en base a los resultados obtenidos en todos los ensayos realizados, y de las experiencias en obras, el Agregado de Roca Arenisca Cuarctica de Emboscada es una alternativa válida para ser utilizado en las construcciones.

5. REFERENCIAS

- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (1993) *Proporcionamiento de Mezclas Concreto normal, pesado y masivo ACI 211.2*, Ciudad de México, México, pags 21-28.
- The Asphalt Institute, *Manual del Asfalto*, Bilbao, España, pags 87-107.
- The Asphalt Institute, Serie de Manuales N° 22 (MS-22) (1992), *Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente*, Lexington, U.S.A, pags 16-19, 36-39, 45-55, 70-79.
- Ministerio Dos Transportes, DNIT (2006), *Manual de Pavimentação, Publicação IPR – 179 terceira edição*, Río de Janeiro, Brasil, pags 142-143.