

# "PROPUESTA DE APROPIACIÓN TECNOLÓGICA DEL USO DE CHAMOTAS DE UNA ALFARERÍA ARTESANAL, COMO SUSTITUTO DE LA ARENA DEL CONCRETO PARA LOSAS DE PISOS EN VIVIENDAS POPULARES "

A.J. Giménez, R.E. Malave y G. López  
Departamento de Ingeniería de Construcción. Decanato de Ingeniería Civil.  
Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto Venezuela

agimenez@ucla.edu.ve  
rmaalave@ucla.edu.ve  
lopezg@ucla.edu.ve

## RESUMEN

*Este trabajo tiene por objeto optimizar el aprovechamiento de los desechos de una alfarería artesanal (chamotas) con el fin de obtener agregado fino como sustituto de la arena del concreto, usado en losas de pisos de viviendas populares y producir una apropiación tecnológica del proceso en las comunidades vecinas más desposeídas. Para ello, se adoptó como metodología un modelo propio resultado de la combinación de los fundamentos empleados por Vanegas J.A. (2003), Pesci, R. (1994) y López, G. (1994) en este tipo de proyectos. Dos comunidades semirurales del Estado Lara - Venezuela (El Coyon y Los Arangues), fueron escogidas para llevar a cabo la investigación. Se evaluaron dos grandes grupos de aspectos: sociales - culturales políticos y técnicos - económicos- financieros. El análisis del primer grupo reportó como aspectos más relevantes la participación, la organización y los actores involucrados, el segundo grupo arrojó que el agregado reciclado se puede considerar de buena calidad, produciendo en el peor de los casos una pérdida del 15% en la resistencia a compresión del concreto. Los costos de producción de este tipo de agregado resultaron favorables solo cuando se realizan a nivel comunitario, con trituradoras pequeña y orientados a producir una apropiación de la técnica con la conformación de un comité de aprovechamiento de desechos (CAD).*

Palabras Claves: Apropiación tecnológica, desechos, chamotas, agregados

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha difundido a nivel mundial el concepto de Desarrollo Sustentable, el cual integra un conjunto de principios orientadores que hacen frente al desafío de diseñar un futuro más racional, estable y equitativo, que permita satisfacer las necesidades y aspiraciones de la sociedad, así como mantener el equilibrio biofísico indispensable para el propio desarrollo (1).

En ese sentido, una de las necesidades sociales más demandadas en los últimos años es la adquisición de viviendas con condiciones dignas para las clases más desposeídas. La carencia de una vivienda digna, entre otros problemas, es símbolo de la calidad de vida de la familia que en ella habita y a su vez es un factor desencadenante de múltiples problemas, originados esencialmente por la escasez de servicios sanitarios, hacinamiento y deterioro de las construcciones, que conducen a problemas en la conducta del ser humano.

En ese sentido, Vanegas, J.A.(2) ha desarrollado investigaciones orientadas al cambio de paradigmas para desarrollar proyectos que faciliten la sustentabilidad del ambiente construido. Estas investigaciones buscan desarrollar una serie de cambios graduales que involucren factores, sociales, culturales, políticos,

legales, económicos, financieros, ecológicos y ambientales, que puedan producir los cambios que el mundo necesita para su sustentabilidad. Plantea que la base fundamental para que la sociedad exista, se desarrolle y sobreviva, es el llamado ambiente construido, el cual está compuesto por edificaciones y sistemas de infraestructuras de obras civiles y en su carácter de proveedor de la industria de la construcción, juega un papel importantísimo en la calidad y longevidad de esta cimentación.

En ese mismo sentido, Pesci, R.(1), establece que el cambio epistemológico fundamental se debe producir al definir el proyecto como herramienta del conocimiento de la realidad. Según su opinión el proyecto no es la salida final de un proceso del conocimiento, que se analizó o se estudió clásicamente, el proyecto es en cambio la herramienta más holística de conocimiento de la realidad. Es por ello que, históricamente en la expresión tecnológica latinoamericana, el desarrollo del conocimiento y el manejo apropiado de las técnicas han ido de la mano con la interacción entre las organizaciones sociales y el ambiente en el cual se desenvuelven

Por otra parte, López, G.(3), expresa que se deben desarrollar modelos alternativos para propiciar el cambio social, que a partir

del uso de tecnologías apropiadas establezcan modos de producción autogestionarias de organización participativa, gestadas desde el mismo seno de la comunidad y con la participación de los diferentes actores involucrados.

En Venezuela, el empleo de tecnologías apropiadas a través del uso de materiales autóctonos como el adobe ha permitido desarrollar una alternativa económica para la construcción de viviendas populares, sin embargo dicha tecnología se ha visto encarecida principalmente por el uso de concreto convencional para la elaboración de las losa de piso, morteros de pega y frisos (3). Nace allí la necesidad de buscar alternativas para la reducir los costos que se han visto incrementados día a día.

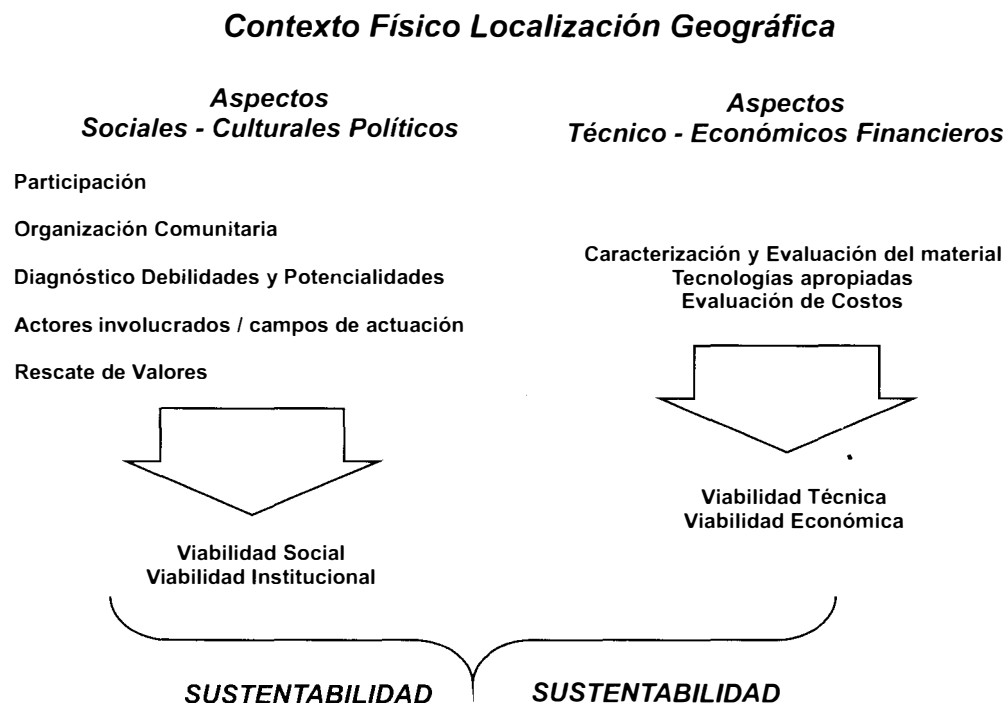
Finalmente cabe destacar que la tendencia actual en el mundo es emplear productos obtenidos de material reciclado. Sin embargo, en Venezuela no existe una cultura de aprovechamiento de desperdicios provenientes de obras civiles y alfarerías, lo cual sin duda alguna puede representar una gran oportunidad para la reducción de costos, para la obtención de agregados y el reuso de material en la construcción, además de una estrategia para la recuperación ambiental. En tal sentido, se propone en este trabajo la utilización del material de desecho de alfarería artesanal (chamota) como un recurso renovable(4), sustituto de la arena con la intención de reducir los costos en la tecnología del adobe y de otras, fomentar el empleo de nuevas tendencias sustentables para la construcción y reducir la contaminación ambiental de la zona.

### PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" desarrolla una propuesta con la participación e intervención de las comunidades y de entes gubernamentales Nacionales y Regionales con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes de las comunidades más desposeídas, desarrollar las potencialidades de la zona y fomentar el uso de tecnologías propias de la región.

Como aporte a la mencionada propuesta a través de éste trabajo, se desarrollo un proyecto para determinar la aplicación del agregado reciclado en las losas de piso, utilizando la estrategia de desarrollo sustentable local y lograr apropiar la técnica en la zona.

En tal sentido, se aplicó un modelo propio, resultado de la combinación de los principios planteados por Vanegas J.A.(2). (2003), Pesci, R.(1) (s/f), y López, G.(3) (1994), el cual se muestra en la figura 1, donde se integra la investigación experimental de campo con el modelo de proyecto factible.



Fuente Vanegas J.A. (2003) , Pesci, R. (s/f), con modificaciones del autor

Figura 1. Modelo de Evaluación de Proyectos Sustentables

La evaluación de los aspectos Sociales- Culturales- Políticos se realizó a través de visitas periódicas efectuadas a dos comunidades en estudio, la de El Coyón y la de Los Arangues, con la asistencia y participación en reuniones con miembros y líderes de las mencionadas comunidades, autoridades de la Alcaldía y de otros entes gubernamentales y personal de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado".

Adicionalmente se recabó información básica de las comunidades y de la zona por medio de intercambios y encuestas con líderes de la comunidad, así como por revisión bibliográfica

Los aspectos técnicos- económicos – financieros se evaluaron a través del aprovechamiento de los desechos de alfarería (chamotas) mediante un procedimiento mecánico de trituración, con mira a su reutilización y su caracterización para ser empleado como sustituto de la arena en concreto usado en losas de piso para viviendas populares de adobe. Par ello se procedió a realizar la caracterización de los agregados mediante los procedimientos y comparaciones para agregados de concretos establecidos en las Normas Venezolanas COVENIN destacándose los ensayos de: granulométrica de los agregados, peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino, peso unitario del agregado, determinación por lavado del contenido de materiales más fino que el tamiz #200. Ultrafinos, ensayo para determinación de impurezas orgánicas en arenas para concretos y ensayo para determinar cloruros y sulfatos solubles en las arenas, los dos últimos parámetros fueron determinados en forma cualitativa y comparada según los parámetros establecidos en la norma.

Se diseñaron las mezclas de concreto por el método del manual del concreto(5) para los criterios de resistencia y durabilidad, se evaluaron las propiedades del concreto fresco y endurecido través de los ensayos de trabajabilidad, y resistencia a compresión.

Los costos por metro cúbico del agregado natural y reciclado se determinaron de la siguiente manera: el costo del agregado natural por metro cúbico se obtuvo directamente de las empresas productoras de agregados, a través de las entrevistas y visitas realizadas a las empresas del ramo en la región. El costo por metro cúbico de agregado natural puesto en obra fue calculado adicionando el valor de transporte según asociación de volqueteros, empresa encargada del transporte de los agregados.

El costo por metro cúbico de agregado reciclado se determinó aplicando un análisis de precio unitario. Los parámetros que se tomaron en cuenta para dicho análisis fueron: costo de adquisición de la máquina trituradora, los costos de operación de dicha máquina, el costo de mano de obra para la selección, trituración y el costo por transporte para la obtención de la materia prima (chamotas).

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

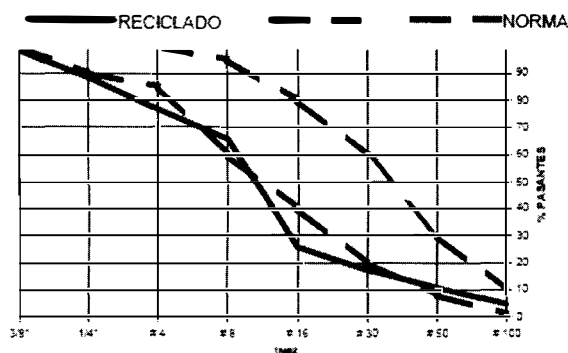
**Contexto Físico. Localización Geográfica de las Comunidades en Estudio:** El Municipio Torres posee una población de 165.443 habitantes, que representa un 11.66% de la población total del Estado Lara. El 41.42% de la población de este Municipio es menor a 15 años y el 59% vive en pobreza. La población de Los Arangues se tomó como piloto para iniciar la apropiación tecnológica, cuenta con 1800 habitantes y una población mayoritariamente de niños y jóvenes que viven en 370 viviendas construidas con bloques de cemento, adobe y bahareque, cercas de alambres, techos de zinc, tejas y calles de tierra. Por otra parte, el caserío el Coyón, a 5 Km de la ciudad de Carora y 25 Km de Los Arangues, es una zona cuya actividad comercial principal es la alfarería artesanal con aproximadamente 20 familias dedicadas a esta actividad, que generan una gran cantidades de desechos sin un uso actual.

**Análisis de los aspectos Sociales – Culturales – Políticos:** De todos los aspectos analizados cabe destacar la constante y creciente participación de los miembros de las comunidades en procura y con la esperanza de mejorar la calidad de vida, otro aspecto importante fue la capacidad de organización y la claridad para la distribución de tareas con miras a producir la apropiación tecnológica. En cuanto al diagnóstico de debilidades y potencialidades se determinaron como debilidades: ausencia o carencia de recursos económicos por parte de los miembros de la comunidad, dependencia económica de la comunidad en relación a la participación del Estado y como Potencialidades: existencia de una buena estructura de organización comunitaria, alto nivel de colaboración entre los miembros y alto deseo de participación en planes que benefician a la comunidad, existencia de una cultura constructiva tradicional, apertura hacia las innovaciones tecnológicas. Es importante identificar tres grandes grupos de actores: el primero conformado por los miembros de las comunidades del El Coyón y Los Arangues, comprometidos con el proyecto y con la firme idea de mejorar su calidad de vida. En segundo lugar se identifican los actores técnicos que desarrollan las nuevas tecnologías y prestan toda su ayuda y experiencia para el desarrollo de la comunidad, como es el caso de los profesionales del DIC-UCLA. Por último, se deben identificar los actores Gubernamentales involucrados.

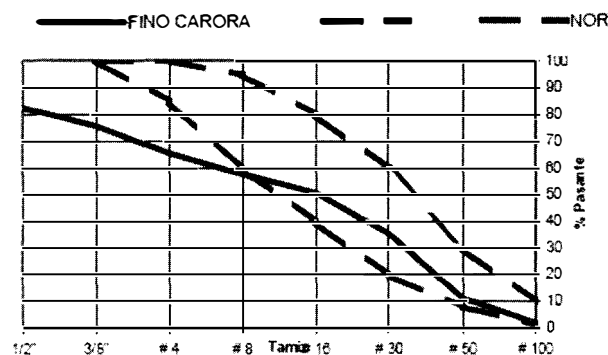
**Análisis de Aspectos Técnicos -Económicos – Financieros:** Para la obtención del agregado reciclado se trituraron los desechos de alfarería conocidos como chamotas en una trituradora de mandíbula. El proceso de trituración es muy sencillo y se basa en la alimentación de la trituradora por la parte superior y seguidamente es obtenido el agregado reciclado por la parte inferior de la máquina trituradora. La abertura de la trituradora puede ser modificada por el operario de la misma, para de esta forma variar el tamaño del agregado a obtener.

**Caracterización de los agregados:** Esta investigación contempló el estudio de las principales propiedades de los agregados, con el propósito de realizar un análisis comparativo entre el agregado reciclado y el agregado natural que permita conocer su la calidad.

**Composición granulométrica:** La grafica del agregado fino reciclado muestra en algunos de sus puntos que esta fuera del rango de valores recomendados por la Norma. Sin embargo, en ninguno de los casos la diferencia es considerable, aun cuando se presentan oscilaciones iniciales y finales fuera del intervalo normativo el agregado se puede considerar de granulometría aceptable. La curva granulométrica del agregado fino de la ciudad de Carora, de la misma se desprende que existe una gran diferencia en los valores límites de los primeros 4 tamices que se ve reflejado en una mayor cantidad de gruesos presentes en esta arena.



Granulometría agregado fino reciclado (chamota)



Curva granulométrica agregado fino natural de Carora

En la Tabla 1 se muestra un resumen de las características obtenidas en el laboratorio para el agregado fino reciclado, el cual se empleó en la elaboración de las mezclas de concreto.

De los resultados se observa que los más distantes a los exigidos por la norma son el porcentaje de absorción y el porcentaje de ultrafinos, propiedades o características cuya incidencia debe tomarse en cuenta al momento de realizar los diseños de mezclas de concreto de manera de evitar cualquier anomalía que pueda afectar al concreto.

	Valor obtenido experimentalmente	Valores normativos o referenciales
<b>Modulo de Finura</b>	3,91±0,22	2,8 - 4,00
<b>Absorción</b>	15,66 %±0,22	< 5%
<b>Peso Específico</b>	2,20± 0,32	2,60 - 2,65
<b>Peso unitario suelto</b>	1073 Kg/m <sup>3</sup> ±14	1450 - 1650
<b>Peso unitario compacto</b>	1265 Kg/m <sup>3</sup> ±55	1650 - 1850
<b>Ultrafinos</b>	11,09 %	< 7%
<b>Impurezas orgánicas</b>	No	No
<b>Cloruros</b>	No	No
<b>Sulfatos</b>	No	No

Fuente propia

Tabla 1 Características del agregado fino reciclado.

#### Análisis y evaluación de las propiedades de los concretos elaborados con agregado reciclado.

Se realizaron 6 diseños de mezclas, siguiendo los criterios de durabilidad y resistencia establecidos en el Manual del Concreto (6).

En la tabla 2 se muestran las dosificaciones para los diseños de mezclas propuestos donde se observó mayor demanda de cemento en los diseños con agregado reciclado.

Resistencia de Diseño Kg/cm <sup>2</sup>	Criterio	T (cms) Asentamiento	Agregado Fino	Relación ac	Kg/m <sup>3</sup> de Concreto			
					Grueso	Fino	Cemento	Agua (lts)
180	Resistencia	8	Natural	0,61	1025	872	288	198
			Reciclado	0,69	853	617	325	224
180	Durabilidad	8	Natural	0,60	949	760	350	238
			Reciclado	0,60	836	587	391	344

Fuente propia

Tabla 2 Diseño de mezclas

**Propiedades del concreto en estado fresco.** En la tabla 3 se muestran las principales características de la mezcla en estado fresco, para todos los casos las mezclas elaboradas con el agregado reciclado resultaron con una mayor trabajabilidad, esta particularidad se puede atribuir a que posee una mayor absorción lo que implica que al momento de realizar la corrección higroscópica requiere que se le adicione una mayor cantidad de agua que es absorbida por el agregado de forma lenta y trae como consecuencia una mayor trabajabilidad.

Diseño	Criterio	Relación a/c	P.U. (Kg/m <sup>3</sup> )	T (cms)	Rendimiento	β
Natural	Resistencia	0,61	2.288 ± 18	10	95,25 ± 0,63%	0,45
Reciclado		0,69	2.149 ± 22	15	97,03 ± 0,38%	
Natural	Durabilidad	0,60	2.400 ± 10	17	96,54 ± 0,20%	
Reciclado			2.121 ± 11	20	94,73 ± 0,68%	

Fuente propia

Tabla 3 Propiedades de las mezclas en estado fresco

El agregado reciclado es un poco más liviano que el natural, ya que como se observó en la caracterización del agregado, posee un menor peso específico, lo cual trae como consecuencia la reducción del peso unitario de las mezclas con este tipo de agregado. La disminución de peso que presentan por las mezclas elaboradas con agregado reciclado estuvo por el orden del 10 %, lo cual mejora las condiciones para la colocación del mismo.

Otra propiedad que se midió en el estado fresco de la mezcla fue el rendimiento, en este caso todas las mezclas están prácticamente iguales, por el orden del 96 %, esta paridad puede ser de gran beneficio ya que en lo que concierne al consumo de cemento por tipo de mezcla es similar.

**Propiedades del concreto en estado endurecido:** En la tabla 4 se muestra la resistencia a compresión, tracción indirecta y flexión de las mezclas elaboradas.

Diseño	Criterio	α	Rcc 14 días (Kg/m <sup>2</sup> )	Rcc 28 días (Kg/m <sup>2</sup> )	R Tracción (Kg/m <sup>2</sup> )	R Flexo-tracción (Kg/m <sup>2</sup> )
Natural	Resistencia	0,61	225,66 ± 19	240,68 ± 6	17,58 ± 2	38,00
Reciclado		0,69	175,89 ± 1	204,50 ± 11	15,44 ± 1	37,00
Natural	Durabilidad	0,60	264,67 ± 12	312,28 ± 8	26,38 ± 1	52,00
Reciclado			225,33 ± 5	317,62 ± 5	21,93 ± 1	37,00

Fuente propia

Tabla 4 Propiedades del concreto en estado endurecido

En los valores de resistencia obtenidos experimentalmente se observa la influencia del agregado reciclado sobre esta propiedad. Para el caso de las mezclas diseñadas por el criterio de resistencia, que emplea una menor cantidad de cemento, el concreto presentó una disminución en promedio del 15% de su resistencia a compresión en comparación con la mezcla de concreto convencional o patrón. La resistencia a tracción y a flexo – tracción se vio menos afectada ya que en el primero de los casos la disminución estuvo por el orden del 12 % y en el segundo la disminución apenas fue del 3%. Las comparaciones se hicieron con la mezcla patrón o convencional. En ambos casos reciclado y patrón, no se obtuvieron a los 28 días valores menores a la resistencia de proyecto o de plano, la cual se fijó en 180 Kg/cm<sup>2</sup> al momento de diseñar las mezclas.

El otro criterio empleado para la elaboración de las mezclas fue el de durabilidad. En este caso la resistencia a compresión no se vio afectada para las mezclas elaboradas con material reciclado, ya que la diferencia con la mezcla con agregado natural fue prácticamente despreciable.

Al igual que en el caso anterior las resistencias a tracción y a flexo tracción, también se vieron disminuidas por el orden del 20%. Cabe destacar, que por ser este criterio más conservador, que implica un mayor contenido de cemento, todos los valores obtenidos fueron mayores que en el caso anterior.

Es importante destacar que en ninguno de los casos, de los concretos elaborado con agregado fino reciclado de las mezclas evaluadas, se obtuvieron valores menores al de la resistencia de proyecto, lo que implica una muy buena señal para el uso de los escombros en la elaboración de concretos para elementos estructurales y para ser empleado en la fabricación de otro tipo de insumos con estos materiales.

**Comparación de precios entre los agregados finos natural y reciclado y el concreto elaborado con los mismos.** En la tabla 5 se muestra los precios obtenidos para la producción de un metro cúbico de agregado reciclado y el precio del agregado natural para ser usado en Carora.

	<b>Natural (Carora)</b>	<b>Reciclado (Comunitario)</b>
<i>Bs/m<sup>3</sup> en obra</i>	15.000,00	14.000,00
<i>Bs/m<sup>3</sup> de Concreto</i>	105.164,47	101.987,96

*Fuente propia*

**Tabla 5. Precio De los agregados finos, de acuerdo al análisis de precio unitario**

Como se observa en la tabla los beneficios económicos con el uso del agregado reciclado, se obtienen cuando el mismo se realiza por miembros de las comunidades, organizados en comités de aprovechamientos de desechos (CAD) para ser usados en sus propias viviendas.

## CONCLUSIONES

Los aspectos sociales evaluados son de gran importancia, facilitan la apropiación tecnológica por parte de la comunidad. De estos aspectos los más importantes en este trabajo fueron: la participación, la organización y el compromiso entre los actores comprometidos (Comunidades, UCLA, Alcaldía y entes Gubernamentales) para llevar a cabo el proyecto. Los agregados finos reciclados obtenidos en este caso se pueden considerar de buena calidad para elaborar mezclas de concreto para losa de piso, presentando pequeñas variantes en comparación con el agregado natural. Las propiedades de absorción y de ultrafinos 15,6% y 11 % respectivamente, arrojaron las mayores diferencias, siendo este último también mayor que el contenido máximo establecido por la norma para el agregado fino natural. En estado fresco, las propiedades de trabajabilidad y rendimiento de las mezclas de concreto elaboradas con agregado reciclado, fueron mayores y su peso unitario fue menor, todo ello en comparación con las mezclas elaboradas con agregado natural. En cuanto a las propiedades en estado endurecido, la resistencia a compresión del concreto reciclado fue de aproximadamente 15% menor cuando se empleó el criterio de resistencia. Al emplear el criterio de durabilidad la resistencia no sufrió variación significativa, en comparación con las mezclas elaboradas con agregado natural. Los costos de producción de agregado reciclado a nivel comunitario resultaron competitivos en comparación con el del agregado natural en la ciudad de Carora.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**1. Pesci, R. 1994** Registros de clases magistrales y talleres de los Seminarios del Curso de Postgrado en Formación Ambiental. FLACAM. La Plata-Argentina.

**2 Vanegas, J.A.**, "Ensuring the Future: paradigm Shifts and Enablers for Built Environment Sustainability. School of Civil and Environmental Engineering", Georgia Tech. USA. 2003

**2. López, G. 1994** "La Organización Social en Unidades Comunitarias de Construcción Con Tecnología Apropriada Como

Instrumento Para el Desarrollo Local. Caso barrio la Lucha. Barquisimeto- Venezuela". Tesis de grado. Facultad Latinoamericana de Ciencias Ambientales. FLACAM

**3. R. Malavé, E. Rico+, C.E.Vieira, F. Mirabal y F.M.Soto** "Influencia de la sustitución del agregado fino por chamotas de arcilla, en las propiedades del concreto". Gaceta tecnica de ingeniería civil, vol 1, N° 1, pp 8-16 (2000).

**5. Porrero, J., Jiménez, R., Ramos, C., Graces, J. y Velazco, G. 1996.** "Manual del Concreto" Sidetur- Venezuela.