

AGREGADOS PARA CONCRETO PROVENIENTES DE LA TRITURACIÓN DE RESIDUOS PÉTREOS DE DEMOLICIONES. CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA

Ing. Reyes Báez ¹, Dr. Ing. Idalberto Águila ²

¹ Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, e-mail: ing.rbaez@gmail.com

² Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, e-mail: idalbertoaguila@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo se enmarca en el reciclaje de residuos pétreos de la construcción como agregados para la elaboración de concreto. Esto como una forma de contribuir a la sostenibilidad del planeta mitigando el impacto ambiental generado, no solo por la extracción de materias primas naturales para agregados, sino por la colocación de desechos de manera improvisada en vertederos informales en sitios inadecuados. Se pretende caracterizar desde el punto de vista físico y químico agregados obtenidos a partir de la trituración de residuos pétreos provenientes de la demolición de edificaciones. Además, se busca estudiar los procesos tecnológicos para la producción de los mismos, con miras a potenciar su uso en mezclas de concreto. El estudio se inicia con una revisión documental previa que permite definir los parámetros a medir o monitorear en el proceso de experimentación, así como los procedimientos a emplear en el desarrollo de la misma. Luego se desarrolla la investigación aplicando técnicas de recolección de datos y toma de muestras en campo, mediante el empleo de la experimentación directa y a partir de ensayos de laboratorio normalizados. Como resultado se obtiene una caracterización de las diferentes tipologías de agregados según su origen, así como los parámetros de interés a considerar tanto en el empleo de estos en mezclas de concreto como en su proceso productivo.

Palabras clave: Concreto, agregados, residuos de demolición, reciclaje, sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios, el rol que ha jugado la industria de la construcción en el desarrollo de los asentamientos humanos, ha estado vinculado al hecho de generar obras y acciones tendentes a contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de los seres humanos; en este sentido, “la necesidad de atender e intentar resolver los problemas que afectan la calidad de vida de los actuales habitantes del planeta, sin comprometer la posibilidad de que las futuras generaciones puedan disponer de recursos para enfrentar los suyos” (Acosta, 2009) ha representado un reto importante, dado que este hecho generalmente está vinculado con la modificación del medio ambiente natural, directa o indirectamente. Las diferentes actividades que tienen lugar en este contexto, bien sea en la generación de nuevas obras, modificaciones de las mismas, hasta su demolición total al final su vida útil, generan una importante cantidad de residuos y escombros, los cuales es frecuente observar

dispuestos “al borde de las vías, en terrenos baldíos y en vertederos ilegales” (Acosta, 2002) constituyendo un hecho de gran impacto ambiental y visual. Por otro lado el efecto sobre el ambiente mismo, que genera la extracción en grandes volúmenes de material pétreo a ser usado como materia prima en elementos constructivos en concreto y mampostería en nuevas obras hace que surja la necesidad de buscar alternativas que permitan mitigar el impacto ambiental de los aspectos antes mencionados, mediante el estudio y comprensión del ciclo de vida de los materiales a los fines de promover “la producción y utilización de nuevos materiales y productos de construcción bajo parámetros de sostenibilidad” (Cilento y Acosta 2005)

El uso de agregados provenientes de la trituración de desechos de demolición ha sido abordado en un gran número de oportunidades desde varias vertientes, al respecto, Lauritzen y Hahn (1992) realizan en su artículo “Producción de residuos de construcción y reciclaje” un análisis del problema de los residuos de construcción y demolición en algunos países de Europa, cuantificando un orden de magnitud de la producción de los mismos y planteando un conjunto de estrategias tales como la demolición selectiva y separación de materiales para su posterior reciclaje. Así mismo plantean una serie de aplicaciones para los reciclados pétreos y un modelo de control y gestión de los sistemas de reciclaje.

Por su parte Silva (2007), en su trabajo titulado, “Albañilería reciclada para la fabricación de hormigón.” Realiza una caracterización de los agregados provenientes de la demolición de muros de mampostería previamente triturados, en la cual, los residuos se someten a un proceso de trituración previa seguido del tamizado a los fines de obtener fragmentos cerámicos más limpios y una granulometría más estable. La caracterización de este tipo de material alternativo así como la metodología empleada para ello también ha tomado un auge importante con miras a incorporar la racionalidad en su uso, en este sentido, Ferreira (2009), en su trabajo especial de grado titulado, “Aprovechamiento de escombros como agregados no convencionales en mezclas de concreto”, estudia experimentalmente el comportamiento de mezclas de concreto elaboradas con el empleo de escombros triturados proveniente de una planta procesadora de este tipo de material, como agregado tanto grueso como fino. En la misma investigación se aborda la determinación de las propiedades físicas del agregado reciclado, en lo concerniente a su composición granulométrica, porcentaje de vacíos y pesos volumétricos. El autor realiza una serie de probetas con diferentes dosificaciones según el tipo de agregado, así como una mezcla considerada como patrón en la que se emplean materiales convencionales. Contextualizando de manera más formal el empleo de agregados reciclados producto de la demolición de residuos pétreos provenientes de demoliciones desde el paradigma de la sostenibilidad, Miñan (2012), denota en su trabajo titulado “Materiales sostenibles en la edificación” algunas consideraciones sobre la producción de agregados provenientes de la trituración de residuos de demolición de concreto y residuos cerámicos o de mampostería, con referencia a la normativa española a fin de ajustar los parámetros de producción actuales a los establecidos en dicho marco normativo.

El presente trabajo aborda de manera sistemática el estudio de los procesos tecnológicos vinculados a la generación de agregados para mezclas de concreto mediante la trituración

de residuos pétreos provenientes de demoliciones bajo un enfoque cualitativo apoyado en datos cuantitativos obtenidos de la experimentación, todo enmarcado en una postura epistémica positivista. El mismo forma parte de un trabajo completo actualmente en ejecución destinado obtener los aspectos técnicos y teóricos como contribución tecnológica que fundamente el uso racional y eficiente de estos agregados en la construcción, por lo que lo mostrado en la ponencia constituye solo un avance del trabajo en proceso. El estudio, comprende una etapa de exploración inicial y contacto directo con el material para lo cual, se toma como estudio de caso un espacio de 1.0 Ha de extensión aproximadamente ubicado en la carretera nacional Troncal 9. Km 4 del tramo Guanta – Cumana en el estado Anzoátegui, en el que actualmente se depositan de manera informal escombros y residuos de diversa índole, en particular de naturaleza pétreo, del cual se extraen las muestras a procesar y caracterizar experimentalmente. De igual manera se hace énfasis en la comprensión del proceso de producción básico de este tipo de agregados partiendo de la revisión de experiencias relacionadas, las cuales permiten realizar planteamientos para el manejo de los residuos de manera simplificada con miras a la simulación a menor escala del proceso productivo mismo. Finalmente se presenta la caracterización de diferentes tipologías de agregados según su origen desde el punto de vista físico y químico la cual servirá de basamento para de definición técnica de sus usos, así como para el estudio posterior del comportamiento estructural de dichos agregados como parte constitutiva de mezclas de concreto.

1. EL MATERIAL Y SU PROCESO PRODUCTIVO

Zega (2008) define a los agregados reciclados como aquellas fracciones pétreas inertes que pueden provenir de diversos orígenes, desde desperdicios de obras en construcción hasta de la demolición parcial o total de estructuras, ya sea que se originen en reconstrucciones como así también por catástrofes naturales. A simple vista, los agregados reciclados presentan una serie de características diferentes a las de los agregados naturales. En el caso particular de los agregados reciclados obtenidos de la trituración de concretos de desecho, poseen una superficie más porosa debido al mortero y/o pasta de cemento proveniente del concreto original que forma parte de los mismos. Dicho mortero de cemento no siempre se encuentra adherido a las partículas de agregado natural, hecho que da lugar a la existencia de tres tipos diferentes de partículas que pueden formar parte de los mismos. Así, este tipo de agregados, podrán estar constituidos por partículas formadas enteramente de roca original, otras en las cuales el mortero se encuentra adherido a la roca o bien constituyendo partículas por sí solas.

1.1 Estudio del contexto del material

Considerando los lineamientos planteados para el desarrollo del presente trabajo, se parte del estudio del contexto del material, ello implica la ubicación de un entorno que pueda ser estudiado como un caso del universo que implica la generalidad del estudio de los residuos provenientes de las demoliciones como agregados en mezclas de concreto. En este particular se cuenta con un espacio de 1.0 Ha de extensión aproximadamente ubicado en la carretera nacional Troncal 9. Km 4 del tramo Guanta – Cumana en el Estado Anzoátegui,

en el que actualmente se depositan de manera informal escombros y residuos de diversa índole, en particular de naturaleza pétreo, al cual se efectuó una inspección visual a fin de identificar y cuantificar preliminarmente los residuos que pueden ser empleado como insumos en la investigación.

En el sitio se observa la presencia de entre otras, las siguientes tipologías de residuos:

- Mampostería de arcilla con junta y friso de mortero,
- Mampostería de concreto con junta y friso
- Mampostería de arcilla, solo bloques
- Concreto
- Otros residuos orgánicos, metales etc.

En función de la extensión del vertedero (10000 m²) y las características de las pilas dispuestas, se estima que la capacidad de teórica de almacenamiento de desechos, este en el orden de 35000 m³ distribuidos según se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 1: Distribución volumétrica y porcentual de las tipologías de desechos dispuestas en el vertedero

| Tipo de Residuo | Volumen Aprox. (m3) | % del Total |
|--|---------------------|-----------------|
| Mampostería de Arcilla | 5600,00 | 16,00% |
| Mampostería de Concreto | 4200,00 | 12,00% |
| Bloque de Arcilla | 175,00 | 0,50% |
| Concreto | 5250,00 | 15,00% |
| Sub Total Pétreos | 15225,00 | 43,50% |
| Otros Residuos | 19775,00 | 56,50% |
| Total aproximado de Residuos (m3) | 35000,00 | 100,00 % |



Figura 1 Distribución porcentual de residuos en vertedero
Fuente: Elaboración Propia

Luego de identificados los residuos en el sitio de estudio se procedió a efectuar un muestreo de las tipologías de naturaleza pétreo a fin de iniciar los ensayos básicos que permitieran obtener datos desde el punto de vista de su manipulación y caracterización fundamental, en este particular se denotan las siguientes muestras:

Tabla 2: Identificación de las muestras de residuos pétreos para ensayos preliminares

| Muestra | Descripción de muestra |
|---------|-----------------------------------|
| M1 | Concreto triturado |
| M2 | Mampostería de concreto triturada |
| M3 | Mampostería de arcilla triturada |

Proceso de producción

Como parte de las estrategias planteadas para el desarrollo de la presente investigación, se llevó a cabo, paralelo a la revisión bibliográfica, la respectiva indagación sobre el proceso de producción de agregados provenientes de residuos de demoliciones a fin de identificar diferentes aspectos vinculados con la naturaleza de las actividades tendentes a generar el producto final según los requerimientos normativos de calidad que garanticen su uso eficiente en mezclas de concreto con fin determinado. En este particular, se efectuó una visita técnica a la planta de procesamientos de agregados convencionales para la concreto ubicada en el Complejo Cementero Pertigalete, Estado Anzoátegui, con el objeto de identificar no solo el proceso de producción si no también la naturaleza y funcionamiento de las maquinarias y demás sistemas mecanizados que conforman una planta productora de agregados y de esta manera plantear la configuración básica de una planta para el procesamientos de los residuos pétreos provenientes de demoliciones. En este particular, se presenta de manera esquemática y una secuencia de procesos para el fin anteriormente mencionado.

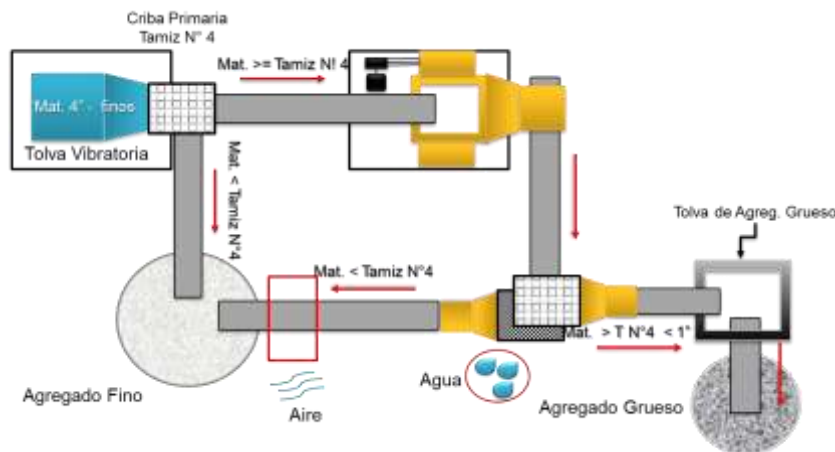


Figura 2 Proceso de producción simplificado de agregados provenientes de residuos pétreos de demoliciones Fuente: Elaboración Propia

La figura 2 muestra una aproximación a las fases previas a las cuales se somete el residuo antes de ser incorporado en mezclas de concreto, ya sea producto de la demolición de

concreto, mampostería de concreto y mampostería de arcilla. En tal sentido, los residuos al llegar al centro de acopio debidamente acondicionado, se separan preliminarmente en patios, de los cuales serán recuperados para ser sometidos a un proceso de cribado previo a fin de extraer el material fino pasante de la criba o Tamiz N° 4 y de esta forma reducir el porcentaje de finos por trituración, para luego someter a las partículas de mayor tamaño a un proceso de trituración primaria en seco por mandíbulas antes ser tamizados en medio húmedo, momento en el cual se lleva a cabo el primer control granulométrico en función de los parámetros establecidos de manera separada similar al control efectuado al agregado fino y al agregado grueso convencional; el agua empleada en el proceso se recupera así como la fracción fina, la cual puede ser aprovechada como arena o puzolanas mediante activación alcalina. (SÁNCHEZ de ROJAS et Al. 2000)

2. PRODUCCION EXPERIMENTAL DE AGREGADOS

2.1 Toma de muestras

Para el análisis experimental, se procedió a la toma de muestras en el sitio vinculado al estudio de caso en porciones de 100 kg aproximadamente, de manera selectiva para cada una de las tipologías consideradas en el mismo, estas se trasladan al patio experimental para su debido proceso.



Figura 3 Toma de muestras selectiva en sitio. Fuente: Elaboración Propia

2.2 Tratamiento previo

Previo al proceso de trituración, se efectúa en este caso una trituración y homogenización manual, a fin de uniformizar las partículas de residuos a un tamaño no mayor a 4” coincidiendo de esta manera con el tamaño de la abertura de la tolva de entrada de material a la trituradora de mandíbulas empleada en este caso.



Figura 4 Tratamiento Previo. Pre- trituración y homogenización manual.

Fuente: Elaboración Propia

2.3 Trituración

La trituración de los residuos se hace mediante el empleo de una trituradora de mandíbulas, proceso tecnológico escogido luego del análisis de los criterios presentados por Chávez y Otros (2013) y en función de los datos recabados en la visita técnica a la planta de producción de agregados convencionales referida anteriormente. En el proceso se generaron alrededor de 90 kg de agregados mezclados (fracción fina y fracción gruesa) para cada tipología los cuales fueron ensacados y enviados al siguiente proceso.



Figura 5. Trituradora empleada, proceso de trituración y material triturado según su tipología. Pre- trituración y homogenización manual. Fuente: Elaboración Propia

2.4 Cribado

Para ajustar el proceso experimental de producción de los agregados, al proceso planteado en la figura 2, el material resultante de la trituración, se tamiza a través de una criba N° 4 a fin de separar la fracción fina de la fracción gruesa y de esta forma efectuar la caracterización por separado de manera comparativa a con los requerimientos para el agregado fino y el agregado grueso para concreto respectivamente

3. CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA

La caracterización física parte de una identificación visual de la morfología de los agregados y sus posibles efectos sobre el concreto la cual se presenta a continuación:

| Muestra | Identificación | Morfología | Textura | Observaciones | |  |
|---------|-------------------------|--|---------------------|--|---|---|
| | | | | Concreto Fresco | Concreto Endurecido | |
| M1 | Concreto Triturado | Predominio de partículas poliédricas con aristas vivas y angulosas | Rugosa | Menor superficie específica, requiere menor cantidad de cementante para lograr la trabajabilidad deseada | Tendencia a Mayor Resistencia y densidad, menor relación de vacíos | |
| Muestra | Identificación | Morfología | Textura | Observaciones | |  |
| M2 | Mampostería de Concreto | Predominio de partículas poliédricas con aristas redondeadas | Rugosa | Mayor porosidad, mayor absorción, trabajabilidad sujeta a la cantidad de agua de mezcla | Tendencia a resistencias moderadas, mayor relación de vacíos menor peso volumétrico | |
| Muestra | Identificación | Morfología | Textura | Observaciones | |  |
| M3 | Mampostería de Arcilla | Partículas poliédricas con aristas redondeadas y partículas planas - laminares | Entre rugosa y lisa | Mayor superficie específica, requiere mayor cantidad de cementante para lograr la trabajabilidad deseada | Tendencia a resistencias moderadas, mayor relación de vacíos menor peso volumétrico | |

Figura 6. Aspectos morfológicos de los agregados según inspección visual y su influencia sobre el concreto fresco y endurecido Fuente: Elaboración Propia

3.1 Análisis granulométrico por tamizado

El Análisis granulométrico se efectuó a partir de la Norma COVENIN 255:1998. *Agregados. Determinación de la composición granulométrica* y los límites establecidos en la Norma COVENIN 277-2000 *Concreto. Agregados Requisitos*. De lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

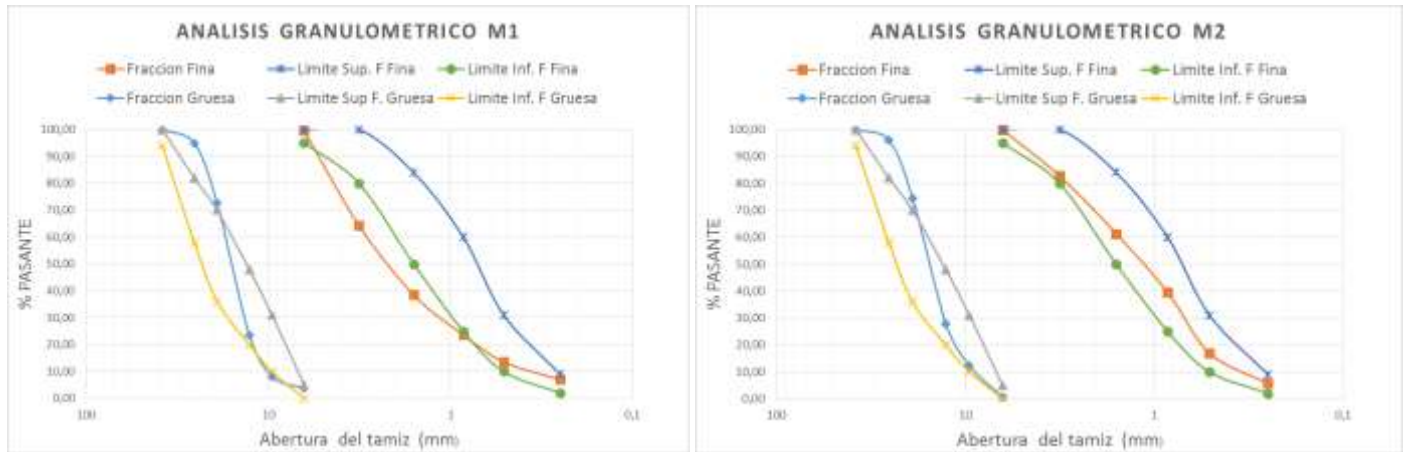


Figura 7. Análisis Granulométrico para la fracción fina y gruesa de la muestra M1. Concreto Triturado y M2 Mampostería de Concreto Triturada Fuente: Elaboración Propia



Figura 8. Análisis Granulométrico para la fracción fina y gruesa de la muestra M3. Mampostería de arcilla triturada Fuente: Elaboración Propia

Para las fracciones finas de cada tipología se efectuó el cálculo del módulo de finura obteniéndose los resultados mostrados en la figura 9:



Figura 9. Módulo de finura para las muestras M1, M2, M3. Fuente: Elaboración Propia

De lo anteriormente planteado se denota que la granulometría que más se ajusta a los requerimientos para ser empleada para concreto es la muestra M2 aun cuando presenta algunas inconsistencias en la fracción gruesa en la cual se observa una discontinuidad debido a la gran cantidad de retenido en Tamiz 1/2" con relación al resto de los tamices, por su parte en lo concerniente a las muestras M1 y M3 las mismas presentan una granulometría no uniforme observándose una tendencia a tamaños finos en la fracción gruesa y tamaños grandes en la fracción fina, esto se evidencia en el valor del módulo de finura obtenido según el cual teóricamente el 50% del material estaría pasando por el tamiz n°5 para el caso más desfavorable.

3.2 Determinación del peso unitario

La determinación del peso unitario tanto compacto como suelto para ambas fracciones de cada tipología se efectuó partiendo de la Norma COVENIN 263-78 *Ensayo para la determinación del peso unitario del agregado*, obteniéndose los resultados que se muestran a continuación

Tabla 3: Peso Unitario Compacto y Suelto para las fracciones gruesas

| DESCRIPCIÓN | PU COMPACTO (TN/m ³) | PU SUELTO (TN/m ³) |
|----------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| M1 - FRACCIÓN GRUESA | 1,23 | 1,15 |
| M2- FRACCION GRUESA | 1,04 | 0,98 |
| M3- FRACCION GRUESA | 0,94 | 0,92 |

Tabla 4: Peso Unitario Compacto y Suelto para las fracciones finas

| DESCRIPCIÓN | PU COMPACTO (TN/m ³) | PU SUELTO (TN/m ³) |
|-------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| M1- FRACCIÓN FINA | 1,43 | 1,34 |
| M2- FRACCIONFINA | 1,42 | 1,34 |
| M3- FRACCION FINA | 1,31 | 1,22 |

3.3 Determinación cualitativa de impurezas orgánicas

La determinación cualitativa de impurezas orgánicas en la fracción fina del agregado se ejecutó bajo la Norma COVENIN 256 – 77 *Método para la determinación cualitativas de impurezas orgánicas para concreto (Ensayo Colorimétrico)*, del cual se obtienen los siguientes resultados al comparar el líquido sobrenadante de cada muestra con el color patrón de la escala de Gardner.

Tabla 5: Comparación de color de líquido sobrenadante con la escala de colores de Gardner

| DESCRIPCIÓN | COLOR LIQUIDO SOBRENADANTE |
|-------------------|----------------------------|
| M1- FRACCIÓN FINA | 2 |
| M2- FRACCION FINA | 2 |
| M3- FRACCION FINA | 3 |



Figura 10. Muestras en ensayo de colorimetría. Fuente: Elaboración Propia

Según los resultados obtenidos, la presencia de impurezas orgánicas en las muestras M1 y M2 es baja por lo que pudieran emplearse en concretos de resistencia estructural, no así en el caso de la muestra M3 cuyo valor está muy cerca del color patrón por lo que es necesaria la determinación cuantitativa de las impurezas incluyendo su tipo.

3.4 Determinación de la Densidad y del porcentaje de absorción

Los pesos específicos tanto para la fracción fina como para la fracción gruesa de cada tipología de material se determinaron según la Norma COVENIN 268:1998 *Agregado Fino. Determinación de la densidad y la absorción* y las norma COVENIN 269: 1998 *Agregado Grueso. Determinación de la densidad y la absorción*. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6

Tabla 6: Peso Densidad y Absorción para las fracciones finas

| DESCRIPCIÓN | DENSIDAD (TN/m ³) | % ABSORCIÓN |
|-------------------|-------------------------------|-------------|
| M1- FRACCIÓN FINA | 2,25 | 0,14 |
| M2- FRACCION FINA | 2,05 | 0,35 |
| M3- FRACCION FINA | 1,95 | 0,65 |

Tabla 7: Peso Densidad y Absorción para las fracciones gruesas

| DESCRIPCIÓN | DENSIDAD (TN/m ³) | % ABSORCIÓN |
|---------------------|-------------------------------|-------------|
| M1- FRACCIÓN GRUESA | 2,43 | 0,4 |
| M2- FRACCION GRUESA | 2,10 | 1,02 |
| M1- FRACCION GRUESA | 1,95 | 0,85 |

Las muestras M2 y M3 muestran una tendencia de agregados livianos debido a sus valores de densidad lo que contrasta ciertamente con el valor de absorción obtenido para estas muestras dando indicios de la porosidad del material lo que justifica su bajo peso por unidad de volumen en comparación con agregados convencionales.

3.5 Análisis químico

Analizar la composición química de los agregados provenientes de la trituración de residuos de demoliciones está permite inicialmente determinar la presencia de elementos que de alguna manera pudieran causar efectos adversos sobre el comportamiento tanto en estado fresco como endurecido de las mezclas de concreto tales como Iones Cloruro (Cl), Oxido de Calcio (CaO) que genera la formación de carbonato de calcio (CO₃Ca), Los álcalis (de Na₂O y K₂O) y sulfatos (SO₃). Por otro lado, se pretende identificar la presencia en la fracción ultrafina que se desecha por lavado de material durante el cribado de elementos tales como Óxido de Calcio (CaO), Óxido de Silicio (SiO₂), Óxido de Aluminio (Al₂O₃) y Óxido de Hierro (Fe₂O₃) componentes básicos del cemento portland a fin de detectar una posible actividad puzolánica que pudieran ser activada químicamente aprovechándose de esta manera y evitando su vertido al ambiente. Para el caso de las muestras de agregados reciclado analizadas, se observan porcentajes muy bajos, inferiores a 1% tanto de sulfatos como de álcalis, así como la ausencia de iones cloruros, por lo que desde el punto de vista químico presentan las condiciones básicas para ser empleados en mezclas de concreto sin inconvenientes de índole químico. Por su parte, en la fracción ultrafina que se desecha por lavado de material durante el cribado se observan importantes porcentajes de Óxido de Silicio (SiO₂) de hasta el 63% y 23% de Óxido de Calcio (CaO) en M1, el resto de los óxidos Óxido de Aluminio (Al₂O₃) y Óxido de Hierro (Fe₂O₃) se evidencian, aunque en proporciones que van del 2.5 % al 6.7 % en M1 y M2.

4. CONCLUSIONES

Es evidente que el empleo de agregados obtenidos de la trituración de residuos pétreos provenientes de demoliciones, si bien contribuye a mitigar el impacto ambiental generado por la disposición inadecuada de los mismos en vertederos informales, debe hacerse considerando usos en los cuales el concreto no este necesariamente sometido a grandes sollicitaciones que demanden grandes resistencias dado que los valores característicos obtenidos son en buena forma menores a los exigidos por la normativa correspondiente en lo que a los aspectos de calidad se refiere. Por otro lado, de las tres tipologías estudiadas, el concreto triturado muestra una serie de valores que potenciarían su uso en mezclas de concreto de resistencias no estructurales y estructurales si se emplea en combinación con

agregados convencionales en una proporción adecuada tal que se logre ajustar su composición granulométrica y su finura.

El agregado obtenido de la trituración de la mampostería de concreto y arcilla, muestra valores característicos de agregados livianos o porosos, no obstante, su granulometría es muy heterogénea por lo que su uso en mezclas de concreto debe hacerse necesariamente en combinación con agregados convencionales que permitan ajustar su granulometría sin alterar la aporte en ligereza en el concreto debido al uso de estos agregados.

Químicamente, las tipologías analizadas cumplen con los valores para su confiabilidad tanto en la presencia de álcalis como sulfatos y cloruros. La fracción ultra fina posee gran cantidad de óxido de sílice y óxido calcio, lo que de alguna manera pudiera ser activado y generar un material con propiedades puzolánicas previo estudio de proporciones de los demás componentes.

5. REFERENCIAS

Acosta, D. (2002). Reducción y gestión de residuos de la construcción y demolición(RCD) Edificaciones sostenibles: estrategias de Investigación y desarrollo. *Tecnología Y Construcción. Vol. 18-II, 2002*, (pp. 49-68.)

Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: Conceptos, problemas y estrategias. *Revista de arquitectura 04. 07/09* pp 14 – 23.

Acosta, D. y Cilento A. (2005). Edificaciones sostenibles: estrategias de Investigación y desarrollo. *Tecnología y Construcción. Vol. 21-I* pp 15 - 30

Chávez, A. y Otros (2013). Unidad logística de recuperación de residuos de construcción y demolición: Estudio de Caso Bogotá D.C. *RCD, Logística, Procesos, Reciclaje, Unidad Recuperadora. Volumen 23-2* pp 95 - 118

Cilento, A. (1999). *Cambio de paradigma del hábitat. Caracas*. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas - Venezuela

Ferreira, J. (2009). *Aprovechamiento de escombros como agregados no convencionales en mezclas de concreto*. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga. Extraído el 01/02/2015 de: http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/679/1/digital_18472.pdf

Miñan, M. (2012). *Materiales sostenibles en la edificación. Residuos de Construcción y demolición, hormigón reciclado*. Universitá Politécnica delle Marché. Madrid España. Extraído el 28/ 02/ 2015 de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17708/TESI-Materiales%20sostenibles%20en%20la%20edificaci%C3%B3n.%20Residuos%20de%20C.pdf?sequence=1>

Norma COVENIN 270:1998. *Agregados. Extracción de muestras para concretos y morteros*

Norma COVENIN 277-2000 *Concreto. Agregados Requisitos*

Norma COVENIN 255:1998. *Agregados. Determinación de la composición granulométrica*

Norma COVENIN 263-78 *Método de ensayo para la determinación del peso unitario del agregado*

Norma COVENIN 256 – 77 *Método para la determinación cualitativas de impurezas orgánicas para concreto (Ensayo Colorimétrico)*

Norma COVENIN 268:1998 *Agregado Fino. Determinación de la densidad y la absorción*

Norma COVENIN 269: 1998 *Agregado Grueso. Determinación de la densidad y la absorción*

Lauritzen, E. y Hahn, N. (1992) *Producción de residuos de construcción y reciclaje. Revista Residuos N°8. Pp 10-22*

Sánchez de Rojas, M. et. al. (2000). *Investigación sobre la actividad puzolánica de materiales de desecho procedentes de arcilla cocida. Revista MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, Vol. 51, N° 261, Extraído el 08/03/2015 de: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/35781/1/425.pdf>*

Silva, G. (2007). *Albañilería reciclada para la fabricación de hormigón. Tesis para optar al Título de: Ingeniero Constructor. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.*

Zega, C., Taus, V. y Di Maio, A. (2006) *Comportamiento físico- mecánico de hormigones reciclados elaborados con canto rodado. IMME [online]. 2006, vol.44, n.3 , pp. 17-26 .*

Extraído el 18/02/2015 de:

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2006000300003&lng=es&nrm=iso. ISSN 0376-723X.