

# boletín ambiental

Junio de 2016

Instituto de Estudios Ambientales IDEA **131**

## Concreto Ecológico a Partir de Material PET, Vidrio y Tapas de Bebidas Refrescantes y Alcohólicas

Resumen del Proyecto Ganador del Segundo Premio del Concurso ODEBRECHT Colombia 2015 por un estudiante de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA  
SEDE MANIZALES



**Premio Odebrecht**  
para el Desarrollo Sostenible  
Colombia | 2015

# Concreto Ecológico a Partir de Material PET, Vidrio y Tapas de Bebidas Refrescantes y Alcohólicas

Resumen del Proyecto Ganador del Segundo Premio del Concurso ODEBRECHT Colombia 2015 por un estudiante de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

Autor  
WBEIMAR FABIÁN MORA CHACÓN

Orientadora  
LUCÍA SALAZAR ESTRADA  
Ingeniera Civil Especialista en Ingeniería Geológica  
Docente Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales



## RESUMEN DEL PROYECTO

Hoy en día el planeta Tierra sufre quizá los niveles más altos de contaminación de todos los tiempos, la ecología es azotada a diario por un sin fin de factores contaminantes que son producidos sin medida por el hombre.

La idea de un concreto ecológico surge principalmente de la necesidad de controlar la contaminación que generamos a diario, se propone básicamente la utilización de envases plásticos, vidrios y metálicos en la fabricación de este concreto que deposite en su interior una parte de estos y mitigue el impacto que tienen sobre el ecosistema.

La intención de fabricar un concreto al cual se le adicione una porción de material reciclable (PET, tapas de bebidas refrescantes y alcohólicas, vidrio) se fundamenta en que en el mundo son fundidos a diario miles de metros cúbicos de concreto, el cual permanece fijo y en funcionamiento por largos periodos de tiempo. Si se pudiera incorporar dentro de estos miles de metros cúbicos de concreto un porcentaje de metros cúbicos de envases y material desechable se estaría generando un impacto ambiental muy favorable para el ecosistema, puesto que miles de botellas y latas pasarían a confinarse en una matriz de concreto donde no afectarían la ecología.

El proyecto desarrolló varias etapas, reciclaje del material a utilizar, cortado del material en trozos (para el caso de los PET), doblaje de las tapas de cervezas, y triturado del vidrio, para la posterior fabricación de concretos con dosificaciones 1:2:2 y 1:2:3 al volumen.

Se realizaron muestras de cilindros de 3"(d) x 6"(h) y de 2"(d) x 10"(h) (d=diámetro y h=altura) para realizar pruebas específicamente a compresión de cada uno de los concretos con el ánimo de verificar su resistencia a la compresión a los 7 y 28 días.

## INTRODUCCIÓN

Muchos de los envases de botellas de gaseosas, entre otros productos, están hechos principalmente por Tereftalato de Polietileno o PET, como es llamado comúnmente. La composición del PET consta principalmente de petróleo crudo, gas y aire en las siguientes composiciones porcentuales por kilogramo:

- 65 % de petróleo crudo
- 25 % de derivados del gas natural en forma líquida
- 10 % de aire

Otros polímeros usados en la fabricación de envases son los Polietilenos (PE) y los polipropilenos (PP).



Imagen 1. Envases PET



Imagen 2. Tapas de bebidas refrescantes y alcohólicas

Para tales efectos debemos hacer mención de otro producto que abunda en nuestro entorno y son las tapas de las bebidas alcohólicas y refrescantes, (cervezas, gaseosas). Están hechas de hojalata, un producto compuesto de acero, carbono y una capa de estaño. A diario estas tapas son arrojadas a la basura y desechadas en basureros municipales sin reparo alguno. La forma de la tapa, tipo corona, por sus estrías alrededor hace que se piense que en el momento de incorporar dichas tapas en una matriz de concreto rígido la adherencia entre la tapa y el conglomerado de cemento, arena y gravas sea alto y resistente, generando así una trabajabilidad mecánica entre dichas tapas y el concreto a utilizar.

Por otra parte, el vidrio es un material que está presente en nuestro ambiente cotidiano y que contamina diariamente. Son muchas las toneladas de este material generadas al día y que van a parar a basureros, sitios públicos, calles y fuentes hídricas. La composición del vidrio es básicamente de silicio en un 72 %, sodio en un 14 %, calcio en un 9 % y magnesio alúmina y potasio en menores cantidades.



Imagen 3. Envases de vidrio de diversos productos

## OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto es la constitución de un concreto ecológico que se pueda usar en proyectos de construcción y que aporte al constructor seguridad en cuanto a sus propiedades mecánicas, sea amigable con el ecosistema y contribuya a mejorar el medio ambiente, este tipo de concreto se podría utilizar en:

- Viviendas de uno y dos pisos.
- Construcción de prefabricados: sardineles de confinamiento, baldosas para tráfico medio, adoquines, sillas para parques y sitios públicos, tapas para alcantarillado.
- Postes de luz y luminarias.
- Placas y láminas de concretos livianos para la construcción de casas prefabricadas o preensambladas.

- Placas para la construcción de cielos rasos o cielos falsos.
- Ladrillos para mampostería liviana.
- Columnas para la conformación de cercas en potreros y campos.
- Tanques para bebederos de animales en las fincas.
- Bolardos, entre otros.

Otro de los objetivos del proyecto es determinar si la mezcla de los materiales con el concreto genera una resistencia considerable capaz de soportar esfuerzos y condiciones de intemperismo, abrasión, humedad, etc. De ser así, estaríamos frente a la posibilidad de considerar la utilización de material reciclable en mediana escala en nuestras construcciones.

El desarrollo de nuevas tecnologías constructivas es de suma importancia para la ingeniería, y uno de sus objetivos debe ser la búsqueda de mecanismos y materias primas alternativas para la

construcción, considerando el efecto y el impacto que causa sobre los ecosistemas la explotación de minas y canteras para la utilización de los agregados del concreto (cemento, arena, triturado y agua).

## DESARROLLO

Una vez definidos e identificados los objetivos se dio inicio a las actividades y a el desarrollo del proyecto, se contempló una serie de pasos sistemáticos para su realización, enumerados a continuación:

1. Obtención del material reciclable (PET, tapas bebidas alcohólicas, vidrio).
2. Corte y preparación del material a utilizar.
3. Fabricación de los concretos.
4. Pruebas de compresión de los cilindros a los 7 y 28 días.
5. Conclusiones de las pruebas.

### 1.OBTENCIÓN DEL MATERIAL RECICLABLE

Teniendo en cuenta que los materiales a usar son de carácter reciclable, la obtención de los mismos no tuvo mucho trabajo ni dificultad, pues estos se obtienen fácilmente en la basura, en las calles, en las bebidas o productos que a diario se consumen en las viviendas, etc.

Las tapas de cervezas y bebidas alcohólicas fueron suministradas por discotecas, bares, tabernas y cantinas locales y cercanas, previa comunicación informativa con los propietarios de los establecimientos, quienes comentaron que tales tapas eran arrojadas a la basura y que, para efectos del proyecto, las recogerían y suministrarían de forma gratuita.

Para el vidrio se realizó la trituración de botellas de forma manual con el cuidado de no dejar partículas de tamaños nominales muy pequeños ni muy grandes que infirieran con los resultados esperados en la pruebas.

### 2. CORTE Y PREPARACIÓN DEL MATERIAL A UTILIZAR

En el caso del material PET, cada botella fue cortada y seccionada en trozos de aproximadamente  $1\text{ cm}^2$ , se cortaron en forma rectangular y triangular teniendo en cuenta que el triángulo es la figura geométrica más estable. Se lijaron previamente las superficies lisas del material PET para mejorar la adherencia y cohesión del plástico con el concreto.



Imagen 4.  
Plástico cortado y picado en trozos



Imagen 5.  
Vidrio en trozos

Tapas de bebidas refrescantes y alcohólicas



Imagen 6.  
Tapas dobladas Totalmente



Imagen 7.  
Tapas dobladas parcialmente



Imagen 8.  
Tapas sin doblar

Para el vidrio se realizó la trituración de botellas de forma manual con el cuidado de no dejar partículas de tamaños nominales muy pequeños ni muy grandes que infirieran con los resultados esperados en la pruebas.

En el caso de las tapas de bebidas alcohólicas y refrescantes se trabajaron tres tipos de muestras, la primera con las tapas dobladas en su totalidad, la segunda con las tapas semidobladas y la última con las tapas sin doblar, como se muestra en las gráficas.

### Características de los agregados de la mezcla

Los agregados tanto el grueso como el fino son producidos en la región y pertenecen a canteras cercanas, a continuación se presenta una tabla en que se relacionan características físicas de los materiales usados como agregados en los concretos.

MATERIAL	TAMAÑO	TAMIZ	TEXTURA	TIPO
Grava	6,35	3/4	Angular	-
Arena	0,10	100,00	-	-
Cemento	-	-	-	Portland 1
Agua	-	-	-	Acueducto

Tabla 1. Características de los agregados

### 3. FABRICACIÓN DE LOS CONCRETOS

**Concreto PET:** Se procedió a realizar el concreto con materiales PET y se procedió así: la dosificación del concreto se realizó al volumen y se tomó como referencia la dosificación 1:2:3 con una adición de 2 porciones de material PET. Ya modificada la dosificación quedó de la siguiente forma: 1:2:3:2. En donde 1 = 1 porción de cemento; 2 = 2 porciones de arena; 3 = 3 porciones de triturado; y 2 = 2 porciones de material PET cortado en trozos de 1 cm<sup>2</sup>. (La relación de agua-cemento fue de 0.5). Para mejorar las propiedades de adherencia y cohesión del plástico se lijó la superficie para aumentar la rugosidad del material y optimizar su textura.

**Concreto con Vidrio:** La dosificación del concreto con vidrio se realizó al volumen y se tomó como referencia la dosificación 1:2:3 con una adición de 1,5 porciones de vidrio. Ya modificada la dosificación quedó así: 1:2:3:1,5. En donde 1 = 1 porción de cemento; 2 = 2 porciones de arena; 3 = 3 porciones de triturado; 1,5 = 1,5 porciones de vidrio (la relación de agua-cemento fue de 0.5, la razón de ser

1,5 porciones de vidrio se debe a que este material es un poco más complejo de obtener).

**Concreto con Tapas de Bebidas Alcohólicas y Refrescantes:** Se procedió a realizar el concreto con tapas. Por las características y forma de las tapas se suspendió la utilización de agregado grueso, (piedra) siendo este remplazado por las tapas en mención. La dosificación del concreto se realizó al volumen y se tomó como referencia la dosificación 1:2:3 y la dosificación 1:2:2. Ya modificadas, las dosificaciones quedaron así: 1:2:3: En donde 1 = 1 porción de cemento; 2 = 2 porciones de arena; 3 = 3 porciones de tapas, reemplazando el triturado de la mezcla y de igual forma para la dosificación 1:2:2.

**Nota importante:** El remplazo del triturado por tapas se hizo teniendo en cuenta el tamaño de cada una de las tapas, el cual es similar e infiere directamente con el tamaño del triturado, de no ser así, el rendimiento del mortero en la mezcla de concreto disminuiría notoriamente afectando directamente la resistencia del con-

creto pues tendríamos gran cantidad de partículas gruesas contra poca cantidad de finas y no existiría material cementante entre las partículas que lo conforman.

Sin embargo, se pretende continuar con la experimentación de los concretos, se tiene en cuenta la preparación de un concreto en el que se adicionen triturado y tapas al mismo tiempo a un mortero de pega para analizar el comportamiento de dicho concreto.

Los moldes que se usaron para la fabricación de los cilindros son de hierro y garantizan la uniformidad de las muestras, además brindan un excelente acabado a los concretos; las dimensiones y características son las siguientes:

ALTURA 6 pulgadas = 15,24 centímetros  
DIÁMETRO 3 pulgadas = 7,62 centímetros

### 4. PRUEBAS DE COMPRESIÓN DE LOS CILINDROS A LOS 7 Y 28 DÍAS

Posterior a su fundición, y pasados 7 y 28 días de elaborados los cilindros, se procedió a la falla en la prensa hidráulica para determinar las resistencias de cada uno de los tres concretos. Antes del fallaje se procedió a realizar el pesaje de cada cilindro para determinar su peso y establecer la densidad del concreto en consideración.



Imagen N° 9.  
Moldes de cilindros de hierro

TIPO DE CONCRETO	VOLUMEN Cm <sup>3</sup>	PESO GRAMOS	DENSIDAD Gr/Cm <sup>3</sup>	DENSIDAD Gr/Cm <sup>3</sup>
Concreto PET	695,00	1245	1,79	1791,37
Concreto vidrio	695,00	1396	2,01	-
Concreto tapas dobladadas	695,00	1223	1,76	Portland 1
Concreto tapas semidobladadas	695,00	1309	1,88	Acueducto
Concreto tapas sin doblar	695,00	1372	1,97	1974,10

Tabla 2. Pesos y densidades de los concretos



Imagen Nº 10. Fallados de cilindros de concreto

Imagen Nº 12.  
Fallado de cilindros con tapas  
totalmente dobladas

Imagen Nº 13.  
Fallado de cilindros con tapas  
semidobladas



Imagen Nº 11. Fallados de cilindros con vidrio

Para el caso del concreto con vidrio, se realizaron las pruebas de cada uno de los diseños antes mencionados, es decir, las tapas semidobladas, las tapas dobladas y las tapas lisas. Los ensayos se realizaron a los 7 y a los 28 días desde que fueron fundidos los cilindros.

### Análisis de los resultados obtenidos en las pruebas de compresión de los cilindros

Luego de ser fallados los cilindros, se obtuvo cada uno de los valores soportados por las muestras de concreto, se elaboró una tabla donde se relacionan cada uno de los valores y el concreto al cual corresponde cada valor.

Podemos ver que los concretos donde se adicionó agregado grueso, piedra de caras fracturadas, obtuvieron resistencias altas en comparación con los concretos a los que no se les adicionó este tipo de material, vemos que la mayor resistencia la obtuvo el concreto con vidrio, seguido por el concreto con material plástico y por último los concretos con tapas que obtuvieron resistencias bajas.



Imagen Nº 14.  
Fallado de cilindros con tapas sin  
doblar

Es importante anotar que estos resultados fueron producto de pruebas de ensayos de cilindros en el laboratorio y de diseños de mezcla obtenidos de tablas y de documentos técnicos científicos.

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se pueden sacar varias conclusiones con el ánimo de continuar con el proceso de desarrollar un concreto ecológico de alta resistencia y de calidad.

- La presencia de material granular grueso es indispensable en los concretos que se quieran obtener a partir de material reciclable, ya que le proporciona gran adherencia entre partículas al concreto.

- La presencia de plástico en los concretos PET hace de este uno de los más viables teniendo en cuenta la facilidad de obtención del plástico, además, se haría un gran aporte ecológico teniendo en cuenta las cantidades de productos PET generados a diario.

- Si se desarrollan más tecnologías de adherencia entre el plástico y el concreto es posible aumentar su resistencia debido a que este factor es uno de los relevantes al momento de la falla de este tipo de concreto, bien sea por tracción o compresión; se propone continuar con los trabajos en que el plástico no sea solo cortado en cuadros y triángulos, se pretende experimentar con modelos cortados en forma de asterisco en 3D, es decir, generarle salientes al plástico en las direcciones x, y, z. Otra opción en consideración es hacerle agujeros de tamaños máximos de 2 mm con el propósito de que la mezcla tenga mayor adherencia sobre las caras del material, también se

estudia la elaboración de vigas con este material adicionando acero de refuerzo para examinar su comportamiento.

- El vidrio resultó ser el material que mejor se comportó con el concreto, esto se debe a la forma angular de la partícula posterior a la trituración y a su peso, el cual aumenta la densidad de los concretos utilizados, además, de que a cada muestra de ese concreto solo se le adicionó 1.5 porción de vidrio.

- Uno de los puntos más importantes del proyecto es que, como cada uno de los anteriores materiales no tiene niveles de absorción de agua, las mezclas preparadas con ellos no consumirían más agua por la presencia de dichos materiales, ahorrándola así en la elaboración de las mezclas.

- Si se hace una comparación entre la densidad del concreto PET y el concreto normal, el cual tiene una densidad aproximada de 2.400 kg/m<sup>3</sup>, se puede ver que el concreto PET pesa 1.791 kg/m<sup>3</sup>, generando una reducción en peso de 609 kg/m<sup>3</sup>. Es decir, del 25 % del peso. Esto sería ideal para la construcción de concretos aligerados y condiciones donde el peso sea factor clave a la hora de construir.

- Si hablamos del concreto con material de tapas, podemos decir que el principal problema de este fue la superficie lisa de la

tapa, la cual no generó ninguna adherencia con el mortero cementante, sin embargo, se pretende hacer bien sea un lijado de dicha tapa o perforaciones sobre la superficie lisa con la intención de cambiar dicha textura y mejorar sus condiciones, además, se pretende realizar un concreto en que se le adicionen partículas de agregado grueso, pues en los experimentos anteriores no se contempló la utilización de tal material por la forma y tamaño de las tapas, tanto dobladas, semidobladas y sin doblar, y es importante conocer la interacción de estas

partículas en una matriz de concreto.

- Por último, y como conclusión general, se puede decir que del desarrollo de actividades como la anterior se adquieren conocimientos de gran valor tanto teórico como experimental, importantes para la formación profesional de un ingeniero. El proponer una idea y llevarla a cabo independientemente de los resultados es el primer paso hacia la constitución de un gran proyecto, empresa o idea innovadora.

## UTILIZACIÓN DE LOS CONCRETOS ECOLÓGICOS EN OBRAS INGENIERILES

A continuación se presenta una serie de elementos que podrían ser fundidos y contruidos aprovechando materiales de reciclado como los anteriormente relacionados, cabe aclarar que cada uno de estos elementos no son de características

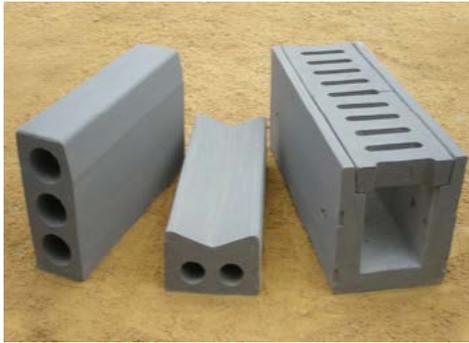
netamente estructurales, es decir, que no soportan grandes cantidades de peso; sin embargo, son elementos urbanísticos que vemos a diario en nuestras ciudades y que día a día son instalados y puestos en uso.



Asientos para espacios públicos



postes para luminarias



sardineles y tapas de alcantarillas



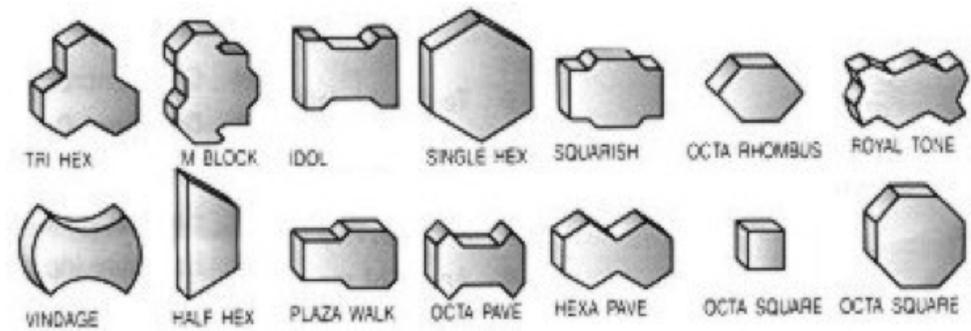
Adoquines en concreto



Postes para cercas



Bolardos en concreto



Adoquines en concreto



Placas en concreto para casas prefabricadas



## REFERENCIAS

Imágenes usadas de internet

<http://es.dreamstime.com/im%C3%A1genes-de-archivo-libres-de-regal%C3%ADas-botellas-pl%C3%A1sticas-con-agua-image25012009>

<http://www.ecointeligencia.com/2013/04/guia-de-los-simbolos-de-reciclaje-2/>

[http://www.hunterlab.com/images/content-images/PLASTIC\\_Bottles\\_Hero.png](http://www.hunterlab.com/images/content-images/PLASTIC_Bottles_Hero.png)

[http://www.foro3d.com/attachments/187348d1381942728-tapa-de-cerveza-tamp\\_skol.jpg](http://www.foro3d.com/attachments/187348d1381942728-tapa-de-cerveza-tamp_skol.jpg)

[http://comps.canstockphoto.es/can-stock-photo\\_csp6003052.jpg](http://comps.canstockphoto.es/can-stock-photo_csp6003052.jpg)

<http://www.cebrace.com.br/v2/es/vidrio/composicion-quimica>

[http://www.anfevi.com/imagenes/img\\_empresas\\_asociadas.jpg](http://www.anfevi.com/imagenes/img_empresas_asociadas.jpg)

[http://mlm-s1-p.mlstatic.com/banca-asiento-lobby-oficina-cemento-pulido-roma-3772-MLM60941798\\_3803-O.jpg](http://mlm-s1-p.mlstatic.com/banca-asiento-lobby-oficina-cemento-pulido-roma-3772-MLM60941798_3803-O.jpg)

[http://mlm-s2-p.mlstatic.com/oferta-lote-de-1000-postes-de-concreto-9mts-cfe-electrico-3435-MLM4296793226\\_052013-O.jpg](http://mlm-s2-p.mlstatic.com/oferta-lote-de-1000-postes-de-concreto-9mts-cfe-electrico-3435-MLM4296793226_052013-O.jpg)

<http://www.clikeveja.com/wp-content/uploads/2013/09/Antena-celular-em-poste-de-luz2.jpg>

<http://107.23.132.196/~elpr6529/wp-content/uploads/2013/12/slider-home-05.jpg>

<http://www.publitell.com/system/fotos/28343/sardineles-de-alta-calidad-3000-psi-813977z3.jpg>

<http://www.mallacasco.com/wp-content/gallery/postes-de-concreto/postes-de-concreto.jpg>

[http://mlm-s2-p.mlstatic.com/postes-de-concreto-reforzado-capufe-15x15x200-2952-MLM3748805923\\_012013-F.jpg](http://mlm-s2-p.mlstatic.com/postes-de-concreto-reforzado-capufe-15x15x200-2952-MLM3748805923_012013-F.jpg)

<http://www.maneklalexports.com/Photos/Const/PaveBlocks.jpg>

<http://www.aconstructoras.com/images/Articulado.JPG>

<http://www.aconstructoras.com/images/Adoquincolonial.JPG>

<http://www.postesmedina.com/img/bolardos/4.png>

<http://www.hormypol.com/userfiles/image/PANELES/FERIA.jpg>

**Instituto de Estudios Ambientales - IDEA -**  
*Teléfono: 8879300 Ext. 50190 / Fax 8879383*  
*Cra 27 #64-60 / Manizales - Caldas*  
*<http://idea.manizales.unal.edu.co>*  
*idea\_man@unal.edu.co*