



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

DEL RESIDUO AL MATERIAL

“De los escombros al concreto reciclado”

Carlos Mauricio Bedoya Montoya

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Humanas y Económicas
Medellín, Colombia

2023

DEL RESIDUO AL MATERIAL

“De los escombros al concreto reciclado”

Carlos Mauricio Bedoya Montoya

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Doctor en Ciencias Humanas y Sociales

Director:

Doctor, Juan Felipe Gutiérrez Flórez

Línea de Investigación:

Materias y Materialismos

Grupos de Investigación:

Producción, circulación y apropiación de saberes (PROCIRCAS)

Grupo de Investigación en Construcción (GICONS)

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Humanas y Económicas

Medellín, Colombia

2023

Dedicado a Carolina, nuestra hija. A Miryam Montoya, mi mamá. Y a Paola; ella, más que mi compañera de camino, siempre ha sido el camino.

Agradecimientos

Quiero agradecer a los profesores Jhon Muñoz y Juan Felipe Gutiérrez porque siempre han creído en mi trabajo. El primero desde el año 1999 me mostró el camino de la integralidad académica, animándome a conocer otras vetas del conocimiento que complementan mi formación base de arquitecto constructor. Y el segundo desde el año 2001, y hasta el presente, ha persistido en alimentar mi línea de trabajo en la construcción sostenible, especialmente en los ecomateriales, con interesantes y magníficos textos filosóficos y científicos. Gracias igualmente a Alejandro Salazar Jaramillo (Q.E.P.D.), quien como científico y amigo “continúa” animando mi trabajo y “apoyando” mis innovaciones.

También quiero agradecer al cuerpo docente y al personal administrativo del Doctorado de esta Facultad de Ciencias Humanas y Económicas. Son personas muy importantes para el ejercicio académico e investigativo del país. A cada uno de los profesores con quienes vi clases les agradezco por su pasión y por el apoyo a nuestro proceso como estudiantes de este posgrado, son ellos Óscar Calvo, Juan Felipe Gutiérrez, Jorge William Montoya, Juan Pablo Duque, Carlos Mejía y Edgar Cano.

Agradezco a los integrantes del grupo de estudio voluntario que, si bien surge alrededor de la temática simondoniana liderada por el profesor Jorge William Montoya, se convirtió en un espacio para el rigor y el disfrute del quehacer académico. Especialmente quiero agradecerles a las compañeras Xiomara Orrego e Isabella Builes Roldán por las lecturas de mis textos y sus comentarios, pues siendo ellas expertas en temas de Simondon, tuvieron la paciencia y el tacto para ayudarme a permearme, a cualificarme.

Gracias a mi familia, a quien nunca sacrifiqué en tiempo y compañía durante este Doctorado, al contrario, mi hija y mi esposa fueron partícipes y alentadoras permanentes de esta experiencia rigurosa, alegre y formativa. En mi familia incluyo a mamá y papá, a mis hermanos y a mis amigos que acompañaron con reflexiones, lecturas y críticas mis apuestas temáticas, como Raúl Martínez, también estudiante de este Doctorado.

Gracias a la Universidad Nacional de Colombia como proyecto Cultural y Científico de la nación, espacio en el cual me siento permanentemente realizado como profesor, estudiante y ciudadano.

Resumen

La presente Tesis da a conocer una mirada distinta sobre un objeto ya trabajado en el ámbito académico y profesional, como lo es la confección de un concreto u hormigón reciclado por medio del reciclaje de escombros. La diferencia radica en que esta vez no se aborda desde un posgrado en Ciencia de Materiales o en Construcción, sino desde las Ciencias Humanas y Sociales, pues se quiere dar relevancia a la importancia de la transición del residuo hacia un nuevo material desde lo cultural, social y político, como esferas inherentes al devenir del ser humano. Por ello, en el texto los aspectos físico-químicos y mecánicos del material, los que hablan de su óptimo desempeño matérico y normativo abren, fortalecen y dan pertinencia al análisis, de los propiamente filosófico objetuales, estético culturales y político administrativos. El desarrollo del tema, si bien tiene afincos principal en el contexto de Medellín y el valle de Aburrá, se relaciona con experiencias de otras localidades en otros países, que, como imágenes en espejo, contribuyen a la discusión. En él, en una vía de apropiación social del conocimiento, el entramado de discusiones, correlaciones y conceptualizaciones es alimentado a la vez por un ejercicio de entrevista por redes sociales a distintos grupos focales, orientado a recopilar percepciones en torno al objeto de investigación; y, finalmente, se desarrollan reflexiones en cuanto a la semicircularidad del sistema y se exponen experiencias a escala real de aplicación del hormigón reciclado como acto político administrativo y cultural.

Palabras clave: cultura material; escombros; detritus; concreto/hormigón; construcción sostenible; hábitat.

Abstract

From waste to material. From rubble to recycled concrete

This thesis offers a different view of an object that has already been worked on in the academic and professional fields, such as the manufacture of recycled concrete or concrete by recycling rubbles. The difference lies in the fact that this time it is not approached from a postgraduate degree in Materials Science or Construction, but from the Human and Social Sciences, since we want to give relevance to the importance of the transition from waste to a new material from the cultural, social and political spheres, as spheres inherent to the evolution of the human being. Therefore, in the text, the physical-chemical and mechanical aspects of the material, which speak of its optimal material and normative performance, open, strengthen and give relevance to the analysis of the philosophical objectual, cultural aesthetic and political-administrative aspects. The development of the theme, although it has its main focus in the context of Medellín and the Aburrá Valley, is related to experiences in other localities in other countries, which, as mirror images, contribute to the discussion. In it, in a way of social appropriation of knowledge, the framework of discussions, correlations and conceptualizations is fed at the same time by an interview exercise through social networks to different focus groups, aimed at gathering perceptions around the research object; and finally, reflections are developed regarding the semicircularity of the system and real scale experiences of application of recycled concrete as a political, administrative and cultural act are presented.

Keywords: material culture; rubble; detritus; concrete; sustainable construction; habitat.

Contenido

DEL RESIDUO AL MATERIAL	I
“De los escombros al concreto reciclado”	I
DEL RESIDUO AL MATERIAL	III
“De los escombros al concreto reciclado”	III
Introducción	1
1. La “materfanía”	7
1.1 El asombro y la convicción	7
1.2 La crisis y la ética medioambiental	15
1.3 La contemplación del escombro (detritus) como un potencial para elaborar (devenir) un nuevo material	20
1.4 Conclusión capitular	21
2. El concreto y los escombros	23
2.1 Materias y materiales: pastosidad, dispersión y endurecimiento	24
2.2 Roca artificial-dureza-eternidad	29
2.3 Residuo-detritus-fin	31
2.4 Conclusión capitular	34
3. Hormigón reciclado. Hacia un habitar desde el material	35
3.1 Transformación: observando diferente	40
3.2 La circularidad como una utopía ambiental y técnica (cultural)	48
3.3 Materias y materiales como representación del habitar reflexivo (naturaleza) ...	53
3.4 Conclusión capitular	72
4. Construcción, naturaleza y cultura	75
4.1 El equilibrio dinámico o la metaestabilidad del sistema	75
4.2 La valoración del escombro y del concreto reciclado como un acto político- administrativo (cultural)	80
4.3 De la Política Pública al proyecto piloto: un acto de paciencia y reciprocidad ...	94
4.4 Conclusión capitular	109
5. Conclusiones y recomendaciones	110
5.1 Conclusiones	110
5.2 Recomendaciones (o líneas futuras de investigación)	112
5.3 Productos académicos	112
Bibliografía	115

Introducción

La presente Tesis es el resultado de un proceso que empezó en el año 2016, cuando los profesores Jhon Muñoz y Juan Felipe Gutiérrez me insinuaron que sería interesante que, un tema como el “concreto reciclado” en el que venía trabajando hace tiempo, se enfrentara desde un ámbito sociocultural y filosófico, y que el Doctorado en Ciencias Humanas y Sociales (DCHS), era un espacio académico adecuado para ello. Ambos me recomendaban lecturas y me facilitaban textos escritos desde campos diferentes a los habituales para un tema como el implicado: la filosofía, la historia, las ciencias naturales, entre otros. Dagognet, Bachelard, Fals Borda, Arturo Escobar, Adela Cortina y Bettini fueron algunos de los autores que comencé a leer y a releer. En ese año, yo había defendido con éxito mi Tesis Doctoral en “Proyectos”, en el tema del concreto reciclado, tratado desde la ciencia de materiales, la ecología y la política pública.

¿Un nuevo doctorado? Y, ¿en Ciencias Humanas y Sociales? Pero a pesar de estos interrogantes surgidos en mí, no descartaba esa idea, pues en mi primer año de pregrado, 1990, una clase muy extraña para un estudiante de Construcción me dejó una huella alegre: *Epistemología*, dictada por el profesor Hermes Padilla. Y luego quise ver más asignaturas en esa misma facultad de Ciencias Humanas y Económicas, afortunadamente la modalidad de elegibles lo permitió, y tomé *Historia de la tecnología en Antioquia* y *El cuento y su estructura*. Creo que desde esos años tempranos de la década de los noventa quedó abierta la puerta para un regreso.

Acercándose el final de la segunda década del siglo XXI aparecieron nuevos colegas que anunciaban una interacción cada vez más interesante entre las facultades de Arquitectura y de Ciencias Humanas y Económicas. Alberto Castrillón con sus charlas sobre Ecología y Ecologismos con ejemplos sencillos y aprehensibles como las rutas entre Medellín y El Retiro; Jorge William Montoya con sus exposiciones sobre Filosofía, Técnica y Tecnología; Felipe Gutiérrez con su trabajo sobre Cultura Material; y Jhon Muñoz con su propuesta de Estudios Sociales de la Construcción nos mostraban que era necesario y muy posible el nexo entre ambas facultades. Allí ingresaron nuevos autores a mi proceso informal doctoral, entre otros Gilbert Simondon con sus textos y conferencias sobre Filosofía de la Técnica y de la Individuación.

Las interacciones continuaron y ya no sólo entre profesores, sino también con los estudiantes de pregrado de nuestro semillero en Construcción y Ciencia, organizando coloquios y seminarios del Hábitat Construido en cuyas sesiones participaron profesores y estudiantes de ambas facultades. El contexto estaba maduro para un nuevo camino. Así que, en el año 2020, en medio de una cuarentena inédita para nosotros, tomé la decisión de hacerles caso a mis colegas y amigos y me inscribí al DCHS, contando con el aval académico del profesor Felipe Gutiérrez. Lo hice con alegría, nervios y compromiso. Fui admitido y en el año 2021 comencé ese nuevo proceso de cualificación que hoy se materializa, se cristaliza, en esta Tesis.

El camino a recorrer se abrió con las asignaturas sugeridas por el programa, tales como Teorías 1 y Teorías 2; las de Investigación, y las elegibles. Teorías 1 fue dirigida por el profesor Óscar Calvo; Teorías 2 por Juan Felipe Gutiérrez; y con este último continué el proceso de Investigación, como quiera que luego de ser mi tutor pasó a ser mi director de Tesis. Las asignaturas elegibles fueron revisadas y seleccionadas analizando en qué medida tributaban al proceso de investigación y a mi formación integral. Estas fueron:

- El azar y la crisis del manifiesto en la obra de arte; prof. Juan Pablo Duque.

- Filosofía de la técnica y de la individuación; prof. Jorge William Montoya.
- Lo sagrado como argumento de jurisdicción territorial; prof. Juan Pablo Duque.
- Metabolismo urbano y normatividad para la construcción sostenible; prof. Edgar Cano y Carlos Mejía.

Disfruté cada una de estas asignaturas y aprendí mucho. También entendí por qué Jhon Muñoz y Felipe Gutiérrez me recomendaban hacer este Doctorado: allí tuve la oportunidad de conocer a otras personas, en su mayoría más jóvenes que yo, quienes desde sus conocimientos en las áreas de las ciencias sociales me ayudaron a discernir las narrativas filosóficas, históricas, estéticas, permitiéndome así el “permearme” críticamente de ellas. Cualificando con ello mis conocimientos a cuestas, y también complementando con creces el camino que desde hace más de una década venimos recorriendo en pro de un ejercicio académico y profesional que dé por hecho la coexistencia entre Construcción, Naturaleza y Cultura.

En esta tesis, los escombros y el hormigón reciclado son el objeto de estudio; y es la reciprocidad entre ellos lo que genera la posibilidad de análisis sobre ese tránsito del residuo al material. En tal sentido se abordaron investigaciones y experiencias en el ámbito local e internacional, que permitieron identificar miradas distintas hacia el residuo y el hormigón, tanto desde la transformación en nuevos materiales como desde la apreciación simbólica, siendo en ambos casos lo ambiental, lo estético y lo cultural, aspectos inherentes a su desarrollo o concepción.

Referentes europeos de países como Suiza y España alientan a creer en que es posible la reivindicación del escombro como nueva materia prima para la confección de hormigones de alto desempeño físico-mecánico y, al mismo tiempo, investidos de un valor estético que anteriormente no se le reconocía al material pétreo, cuya finalidad era estrictamente la función. En Latinoamérica también se identificaron experiencias que presentan el escombro como elemento simbólico para preservar la memoria, tales son los casos de Concepción, en Chile, y de Medellín, en Colombia. Igualmente se encontraron experiencias en el contexto

metropolitano del valle de Aburrá que exponen la valoración del residuo proveniente de construcciones y demoliciones como nuevo material, dando paso a una nueva vida pétreo representada en el hormigón reciclado: edificaciones como un hotel y un parque biblioteca público, o una cancha de barrio, conducen a la reflexión acerca de una cultura menos lineal de producción y consumo, más reflexiva en cuanto a los metabolismos de energía y materiales.

Se trabajaron referentes conceptuales desde la ecología, la filosofía del desecho, la filosofía de la técnica, la individuación, y la ciencia de materiales. Por eso aparecen Adela Cortina, Dagognet, Simondon, Miodownik, entre otros, y reaparecen Bettini, Odum y Silvestrini con el ánimo de complejizar la mirada y la discusión acerca de la nueva posibilidad que subyace en el desecho, en lo descartado.

Para llevar a cabo la tesis se hicieron búsquedas bibliográficas de libros, memorias de ponencias y artículos. Se referenciaron investigaciones atinentes a la validación técnico científica del material objeto de estudio, y se visitaron proyectos concebidos mediante la implementación de sistemas semicirculares para el aprovechamiento de escombros en pro de confeccionar un nuevo hormigón reciclado. También se entrevistó a un grupo de personas de distintos contextos sociales en torno a la percepción del residuo, encontrando allí un interesante acervo de prejuicios y oportunidades susceptibles de ser aplicados en la reflexión de esta tesis. Por último, se exponen importantes hitos locales y regionales como decisiones político administrativas conducentes a generar Políticas Públicas de Construcción Sostenible, apoyadas en gran parte, en las posibilidades de implementar el hormigón reciclado como material de primera opción para proyectos públicos y privados de construcción y remodelación.

El texto está conformado por cuatro capítulos. El primero expresa el aspecto motivacional del tesista que lo lleva a indagarse por el presente y futuro del escombros y del hormigón reciclado. De ahí que su título sea *La "materfanía"*. El

segundo capítulo aborda la materialidad, mostrando las características intrínsecas de detritus y mezcla, y sus potencialidades de interacción con nuevas condiciones físico-químicas y socio-culturales tendientes a una semicircularidad; se titula *“El concreto y los escombros”*. En el tercer capítulo se da la reflexión acerca de la pertinencia ambiental, técnica y cultural de la transformación del residuo en nuevo material, se reflexiona sobre la belleza que hay en esa transición energética y matérica; por título lleva *“Hacia un habitar desde el material”*. Y, el cuarto, es tal vez el resumen del aprendizaje que tuve como tesista en mi paso por el DCHS, ya que allí se expresa la viabilidad a escala real del concreto u hormigón reciclado como actor en las decisiones político-administrativas, que tienden a su implementación en el medio ambiente construido; el título es *“Construcción, naturaleza y cultura”*.

Cada capítulo tiene conclusión capitular, pero, luego del cuarto y último capítulo, se presentan unas conclusiones generales, productos académicos y posibles líneas de investigación.

1. La “materfanía”

Este capítulo ubica el contexto en el cual se da la presente tesis doctoral, es decir, aquellas motivaciones inherentes a la observación, a la pregunta y la acción que derivan en un tema de investigación holístico. La presencia de la memoria, del pensamiento técnico-objetual, y de la crisis ética acaecida por un deterioro ambiental ligado al acto mismo de construir, es la puerta de entrada a lo que será una ruta trazada y seguida en pro de concebir como un acto habitual, o como un hábito, el diálogo entre naturaleza y cultura.

1.1 El asombro y la convicción

A comienzos del siglo XX los materiales predominantes en las edificaciones en Medellín eran la tierra, la madera y la cal. El cemento era considerado un artículo de lujo y se vendía por porciones muy pequeñas, ya que era importado desde Dinamarca y eso implicaba el transporte en barco hasta Barranquilla, luego por el río Magdalena aguas arriba hasta Puerto Berrío, para finalmente ser transportado por tren hasta Medellín (González, L., 2013). Técnicas constructivas como la tapia, el bahareque y los muros en adobe caracterizaban el paisaje urbano con edificios que se deslindaban muy poco del nivel del suelo, a saber, entre dos o tres pisos o niveles de altura, aunque ya en los sectores apartados del centro de la ciudad, para los años 20 y 30, las urbanizaciones en serie hacían uso de materiales y técnicas constructivas “más modernas” (González, L., 2007), o por lo menos más identificadas con la materialidad y las formas arquitectónicas que hoy se conocen.

Sin embargo, la población había aumentado desmesuradamente en tan solo 60 años, desde 1870 hasta 1932 pasó de 29 725 a casi 140 000 habitantes, creciendo

en casi cinco veces (Ramírez, S., 2011). Al mismo tiempo el cemento comenzó a producirse en Antioquia, el *León Danés* daba paso al cemento criollo conocido desde ese entonces y en la actualidad como *El Cairo*, de tal manera que la producción de morteros, concretos y prefabricados tuvo un crecimiento significativo. De hecho, tal como lo demuestran los diarios y revistas de ese tiempo, se implementó una campaña agresiva por posicionar lo relacionado con el cemento Portland en desmedro de materiales ya muy conocidos como la tierra, la cal, la madera y la guadua. El cemento entonces dejó de ser un artículo de lujo y pasó a producirse localmente y a venderse a precios asequibles que ayudaron a su masificación. Junto con esas modificaciones, una narrativa de progreso, instaurada ya en la sociedad medellinense, concibió una ciudad de edificios en altura, puentes y vías basados en el concreto reforzado u hormigón armado (González, L., 2013).

En el Valle de Aburrá, centro de atención en esta tesis, este fenómeno se vio favorecido por el hecho de que los terrenos de sus faldas o laderas, desde el norte hasta el sur, desde Barbosa hasta el centro-occidente de Medellín, son geológicamente aptos para la extracción de algunas de las materias primas óptimas para interaccionar con el cemento. Allí hay areneras y canteras en las que reviran las arcillas con su potencial para ser sinterizadas en hornos que van pariendo ladrillos y tabletas de terracota en serie, que le fueron dando en gran medida el color a las lomas construidas y petrificadas.

Así, la interacción entre materiales asociada a un ritmo creciente de la población, entre la que se encontraba la migrante del campo, para abastecer de mano de obra, entre otras, las industrias textiles de Bello, Medellín, Envigado e Itagüí, presionó el auge de la construcción y la urbanización. Hacia mediados de los años setenta la población de Medellín era de 1 077 252 habitantes (DANE, 2023). Y en Bello, municipio limítrofe por el norte, los últimos lotes del barrio Santa Ana eran construidos por parte de familias y empresas como PANTEX y FABRICATO, al lado de escuelas y colegios católicos, canchas de fútbol y cerca de los charcos que las quebradas del Hato y La García fueron moldeando para el disfrute en medio de un

clima templado y agradable. En una de esas calles bellanitas, estrecha, dos hombres, maestro y ayudante de construcción, voltean con dos palas que se alzan, bajan y giran por la fuerza de sus brazos un montículo de piedras, arena y cemento que con los minutos y los volteos se torna homogéneamente gris. Curiosamente esos brazos fuertes y bruscos, minutos antes, se comportaban precisos y hasta delicados para hacer del montículo una especie de volcán en cuya cima moldeaban un cráter. Al frente, un niño que se dispone a ir a la escuela, observa a través de la ventana aquella operación, y ve que el ayudante suelta la pala y la recuesta sobre una de las paredes ya erigidas de lo que será una casa, luego se agacha para tomar una manguera plástica que será el camino del agua, la arrima al montículo y con precisión y paciencia comienza a verter el líquido en el cráter.

El niño no ha dejado de mirar a través de la ventana, pero el tiempo le avisa que es hora de irse para la escuela y apurado toma su maleta, se despide de su hermana, abre la puerta y cuando la cierra, sus oídos perciben con mayor fuerza los sonidos que el rastrillar de las palas metálicas genera al chocar con los agregados y el pavimento sobre el cual se lleva a cabo esa transformación de la tierra. Pero el color de la mezcla ahora es oscuro, ya no es un cuerpo de enlaces ásperos y débiles entre cristales, sino que es una colada que brilla; lúbrica y pastosa. El niño se detiene ante esta maravilla material y ve que los hombres vierten la colada en dos “galones” metálicos que antes fueron contenedores de grasas vegetales. Clavado a uno de los bordes de cada galón hay una barra de madera que sirve de agarradera, y en ella maestro y ayudante disponen sus dedos para asir el cubo, lo alzan hasta sus rodillas, lo llevan hacia atrás por entre sus piernas y lo vuelven hacia adelante en un movimiento pendular que impulsa la masa hasta uno de sus hombros que segundos antes fue acolchado con dos trapos rojos, en ellos recae el peso de esa masa que es más densa que el agua y que empuja hacia los lados y hacia el suelo.

Los dos hombres, en medio de su esfuerzo y dedicación, saludan al niño. Dan unos cuantos pasos hacia unos moldes hechos con tabloncillos de madera que sugieren

unas escaleras invisibles de acceso a la casa. En el fondo hay varillas que se cruzan y forman una especie de canasta de alambres que parece urdida por un gigante. En el interior de esos moldes, que minutos antes fueron engrasados por los dos hombres, se vierte la mezcla gris oscura, brillante y pastosa. El niño abre sus ojos y con ello su mente y su alma a la materialidad.

El tiempo vuelve a avisarle y ahora con desespero, el portón que da ingreso a la escuela lo cierran en punto. Se despide y corre para llegar a tiempo. Es mediodía. Al atardecer, el niño sale de su jornada y se dirige con ánimos cálidos para su cuadra; ha pensado durante la tarde en lo que vio hacer en frente de su casa antes de ir a estudiar. Con dos de sus compañeritos que también son sus vecinos hace su pequeño trayecto de regreso, siempre al abrigo de las miradas de vecinos que los cuidan, aunque ellos, los niños, no lo sepan. Uno de ellos se queda en su casa, el segundo también se despide y el tercer niño que vive a mitad de la cuadra, justo en frente de la nueva construcción, observa que encima de los moldes de madera, donde se vació el concreto al mediodía, hay unos plásticos que cubren todo. ¿Por qué? El misterio, muy grande para el niño, plantea la espera hasta el día siguiente en que regresen el maestro y su ayudante.

Amanece y el niño está despierto más temprano de lo que acostumbra. Su mamá lo acompaña a la mesa donde aún no es tiempo del desayuno. Él le dice a ella lo que vio el día anterior y le señala los plásticos que están encima de lo que él quiere ver. Ella sonríe, lo contempla, más que mirarlo, y le pasa la mano por el cabello en un gesto que significa amor. Cuando el maestro y su ayudante aparecen el niño se pega a la ventana. Ellos se entran para cambiarse de ropa y luego de unos minutos salen cada uno con un tinto –que es un café– en la mano. Hablan y sonríen. El niño sigue observando, atento a los movimientos, a lo que harán. Cuando se han tomado los tintos el ayudante le recibe el pocillo al maestro y se va hacia el interior, con el fin de dejarlos en la cocineta improvisada de la obra. Y, mientras eso sucede, el maestro se dirige hacia los plásticos, el niño mira con ojos desorbitados a su mamá, quiere saber qué pasará. Ella se pone de pie, se dirige hacia la puerta, la

abre y sonriendo le dice *salga mijo, vaya y vea a ver qué pasa que ellos lo dejan mirar, y yo lo atisbo desde aquí.*

Cuando el niño llega hasta donde están los plásticos el ayudante ya ha regresado, y los dos hombres lo saludan. Se percatan que la mamá del niño está en la puerta y la saludan, y ella les devuelve una sonrisa hermosa que los alegra y que es la solitud del permiso para que su hijo pueda acompañarlos un rato. El maestro le sacude el cabello al niño y esa es la señal de que está aprobada su presencia en todo el proceso que está por comenzar. Se agachan y primero retiran dos ladrillos y unas piedras que pisaban los plásticos; los ladrillos al ser depositados en el piso suenan como una especie de campana; las piedras son grandes, de cantos rodados, y al dejarlas sobre el piso su voz es grave, como un trueno en miniatura; ahora comienzan a levantar los plásticos con pausa, sin afán, pareciera que con cariño, y aparece entre los tablones una masa gris cuya superficie es mate, opaca. Ya no hay fluidez en ella, como sí la hubo el día anterior cuando al verterla en los moldes luego era chuzada con una varilla y recorrida con palustres y llanas que dejaban la superficie plana y brillante. Pero con todo y la pérdida del brillo, de la humedad superficial y del movimiento perezoso de la mezcla, lo que aparecía ante los ojos del niño era bello. Había cambiado tanto de un día para otro aquel material, como tanto la mente del niño: el asombro, como el cemento en la mezcla, cubrió el espíritu inquieto del niño y fraguó en él la inquietud hermosa y permanente de la ciencia. Apareció allí la *materfanía*.

Medellín y los municipios vecinos crecieron tanto en población y obras que, en el año de 1968, en la Universidad Nacional de Colombia con sede en esta ciudad, se creó la carrera de Construcción, nacida en el seno de la Facultad de Arquitectura (Ochoa, J.C., 2019). Argumentan sus creadores que era tan fuerte el ritmo urbanizador, que se vio necesario formar un nuevo profesional que gestionara la ejecución de las obras, especialmente las del tipo edilicio; de hecho, el primer título otorgado fue *Arquitecto Constructor de Edificios*, el cual fue modificado por el de *Arquitecto Constructor*, y así se mantiene en la actualidad. El programa a pesar de

que ya ha sido desarrollado por más de 50 años no goza de fama en la sociedad, pero sí en cambio entre el sector de la construcción; es uno de los de mayor empleabilidad en el país. A nivel académico y científico ha mostrado un repunte significativo, si bien ingresó a la formación posgradual a comienzos de los años 2000, sus especializaciones, la maestría y la línea de investigación en el doctorado de la Facultad gozan de una alta demanda. Conforme las empresas constructoras identificaron el valor de tener arquitectos constructores en sus proyectos y cargos directivos, la comunidad académica y científica ha hecho lo mismo en cuanto a reconocer el aporte de esta disciplina integradora en los avances de nuevas técnicas de construcción, materiales, sostenibilidad, gestión, innovación e invención.

Volviendo al anonimato de la carrera de Construcción entre la sociedad en general, no es entonces común que entre los grados décimo y once de los colegios esta sea una opción popular para escoger al momento de presentarse a una universidad. A diferencia de arquitectura, medicina, ingeniería civil, derecho o ingeniería de sistemas, que se presenta un número muy alto de bachilleres para la admisión, tanto en universidades públicas como privadas, a Construcción se presentan menos personas, pero tampoco muy pocas, pues ya el medio se ha encargado de difundir la aceptabilidad de esta profesión y se cuenta con algunos colegios que han decidido implementar su Media Técnica vocacional en esta temática, caso INEM José Félix De Restrepo.

Para el año de 1988, la carrera está cumpliendo 20 años de fundada y ha graduado las primeras cohortes de profesionales. Y en 1988 también el niño que vio hacer unas escaleras de concreto en frente de su casa, en Santa Ana, es un adolescente de quince años de edad que cursa grado décimo en el colegio de los hermanos De La Salle. En ese grado entre sus muchas asignaturas hay dos nuevas: Estética y Vocacionales. Ambas son dictadas por estudiantes de la facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia: Estética es dictada por Gerardo, estudiante del programa de Arquitectura, y Vocacionales por Hugo Londoño,

estudiante de Construcción de la misma Facultad. El joven disfruta de ambas asignaturas y en ambas le va muy bien, sin embargo, encuentra que hay algunas diferencias entre una y otra. Por ejemplo, que en Estética hay más generalidad en lo que se dibuja y se hace: el color, el círculo cromático, formas, etc. En tanto que en Vocacionales hay una línea de trabajo y estudio más definida, teleológica tal vez: línea de horizonte, punto de fuga, perspectiva, volúmenes, maqueta, materialidad. ¡En las dos hay mucha belleza!

En 1989 llega el momento de aspirar a la universidad y es donde un diálogo corto entre el profesor de Vocacionales y el joven estudiante marca la ruta para los próximos años de estudio, trabajo y vida. La recomendación del profesor, luego de haberle preguntado al muchacho qué quería estudiar, y que este le respondiera que Arquitectura en la Nacional, fue: *a usted también le podría ir muy bien estudiando Construcción. ¿Construcción? Sí, así se llama la carrera y también está en la misma Facultad de Arquitectura de la Nacional, yo estoy estudiando esa carrera.* Y entonces el hombre le dedica unos minutos a explicarle la diferencia entre ambas carreras, también a aclararle que es una carrera profesional y que está más relacionada con los materiales y los procesos que con la forma y el dibujo. Y eso, que para muchos podría haber sonado desalentador, para el chico fue una noticia alentadora, pues al escuchar a su profesor hablar de la materialidad y de los procesos vino a su mente los momentos de la confección del concreto que luego fue vaciado en las formaletas de madera para construir unas escaleras de la casa vecina; también aquella tarde en la que le pidió a su mamá que fuera con él al barrio Pérez para reparar en una esquina en la cual se construía una casa inmensa de tres pisos de altura. Era una construcción muy grande en Bello, para esa época de comienzos de los ochenta.

Al momento de diligenciar el formulario para el examen de admisión en la Universidad Nacional, escoge como primera opción Construcción y Arquitectura de segunda opción, lo cual es ilógico, pues se necesita más puntaje para pasar a la segunda que a la primera, pero ello es señal de la convicción del estudiante, quien

luego de despejar dudas con su profesor tomó aquella decisión. El examen de admisión fue más difícil que el del ICFES que había presentado semanas antes. El resultado salía publicado para aquel entonces en un periódico de la ciudad de Bogotá, el día domingo. En el listado de número de credenciales apareció el suyo, admitido a la primera opción que fue, como ya consta en reglones anteriores, la carrera de Construcción.

En 1990 el valle de Aburrá atravesaba una situación social dramática. Medellín era la ciudad más violenta del mundo según el número de muertes violentas por cada cien mil habitantes (Salazar, A, 2018), y Bello era cuna de bandas sicariales que hasta el día de hoy mantienen el control en sus calles y lo han extendido a otros lugares del departamento de Antioquia y del país. Pero también comenzaba a experimentarse un auge de construcción de vivienda importante. Agotadas ya varias áreas de las pocas planas que a este valle le van quedando, la mirada se dirigió hacia las laderas y las edificaciones en altura: donde antes se construía una casa, luego fueron dos (bifamiliares de dos pisos), más tarde tres, hasta que llegaron los edificios de cinco pisos sin ascensor que se mantuvieron en Medellín hasta mediados de la primera década de los 2000 y hasta comienzos de la segunda en Bello.

Los estudiantes de Construcción de la Universidad Nacional eran contratados por las empresas constructoras aún sin terminar sus estudios, tanta era la demanda de estas profesiones debido al proceso urbanizador. Los primíparos y los de semestres siguientes veían con gran entusiasmo esa empleabilidad tan alta, lo que le daba a su vez credibilidad a su proceso de formación y a su pregrado. Y en aquel primer lustro de la década de los noventa, el joven al cual este capítulo ha hecho referencia permanentemente va por la mitad de su pregrado de Construcción. Sus profesores y profesoras no solo tienen un alto nivel de conocimiento académico, sino que también –la mayoría– ejercen la profesión. Contento con sus clases de construcción y con el laboratorio de materiales, en el cual se sintió pleno cuando entendió lo que pasaba en esas mezclas que vio confeccionar en la niñez,

esperanzado cuando veía a sus compañeros y compañeras mayores llegar a clase con botas y bluyines untados de cemento y polvo de ladrillo, cascos de color blanco puestos en sus mesas de dibujo y pupitres, hallaba plenitud en su vida de estudiante.

1.2 La crisis y la ética medioambiental

En su obra *El contrato natural*, el filósofo francés Michel Serres, realiza una reflexión sobre la obra “Duelo a garrotazos” de Francisco de Goya. Dice que aquellos dos hombres que se dan garrotazos han hecho un contrato entre ellos para desafiarse, pero en ningún momento tuvieron en cuenta la superficie o porción del terreno sobre el cual se llevaría a cabo dicho combate, por lo que, avanzada la pelea con los regates y los golpes fieros, se dan cuenta de que el suelo sobre el cual están parados es de arenas movedizas, y sus piernas ya se han enterrado hasta las rodillas. Es tarde para ambos, ya no hay punto de retorno, señala Serres (Serres, M., 1991).



Figura 1. Duelo a garrotazos, de Francisco de Goya.
Fuente: <https://www.pinterest.ca/pin/99431104252177266/>

Seguidamente hace una analogía con la situación ambiental del momento (1989), y critica el modelo económico de desarrollo imperante a nivel mundial, el cual se

basa en un crecimiento constante –infinito– pero cuyos recursos son finitos. La tensión allí exhibida, pone en claro que, el ser humano no hizo un contrato con la naturaleza, y desconoció las capacidades de la superficie sobre la cual se llevarían a cabo los procesos económicos de producción de alimentos, materiales, urbanización, disposición de desechos, etc., por lo tanto, permite reconocer que hay un deterioro ambiental dramático en el planeta: tierra, atmósfera y cuerpos de agua están visiblemente afectados por residuos, emisiones y vertimientos de fuentes móviles y estáticas. La presencia del dióxido de carbono (CO₂) es preocupante y los clorofluorocarbonos (CFC) ya han hecho mella en la capa de ozono.

Tres años después de que esta obra apareciera publicada en francés, y uno luego de que apareciera en español, la Cumbre de Río 92 proclamó a través de la Agenda 21 los lineamientos del Desarrollo Sostenible que debían seguirse para no llegar al “punto de no retorno” del planeta (ONU, 1987). Pero, como lo vienen presentando las reflexiones en torno al concepto de “Antropoceno”, en realidad, este panorama de no retorno lo era y sigue siendo más para la humanidad que para el planeta y las demás especies.

Para 1993, si bien los lineamientos de la Cumbre de Río 92 están bastante frescos y su difusión no era amplia en países como Colombia, máxime que la Internet aún no llegaba, había personas que tenían conocimientos en economía ambiental y ya comprendían, cuando menos, la relación de causa y efecto en los procesos de producción. Una de ellas era, en ese momento, la profesora Luz Elena López, de la Facultad de Ciencias Humanas y Económicas de la Universidad Nacional de Colombia en su sede en Medellín. Ella dictaba para la época la asignatura de Economía para estudiantes del pregrado de Construcción. Si bien, era nueva en esa asignatura y los estudiantes de ese semestre de 1993 llegaban con las expectativas de aprender aspectos tales como costos, rentabilidad, producción, etc., la profesora tenía enfocada la enseñanza de la economía desde una mirada ambientalista, que no fundamentalista; lo que produjo sorpresa mayúscula en el

grupo de estudiantes de Construcción. Y el joven que de niño había experimentado aquella materfanía con el concreto, que de adolescente supo que quería estudiar Construcción, y que cursaba la mitad de aquella carrera a la que había ingresado por convicción, experimentó, además de aquella sorpresa, una crisis.

Hasta ese momento el grupo de estudiantes solo había conocido los aspectos positivos de la construcción de edificios y obras civiles: generación de empleo directo para personas sin estudios académicos, oportunidades para técnicos, tecnólogos y profesionales universitarios; producción y consumo de materiales, electrodomésticos y muebles merced a los nuevos complejos habitacionales construidos; en resumen, un crecimiento de la economía. ¡Qué más podría pedírsele a una profesión!

En una clase la profesora preguntó al grupo que si podían definir el flujo de un material de construcción. Claro que podían, y con seguridad lo hicieron. Al escribir y graficar el flujo de un agregado para confeccionar el concreto, la profesora explicó los impactos en cada una de las etapas: desde la extracción hasta el edificio construido. En la primera etapa, describió que allí había un ejercicio de minería a cielo abierto; en la segunda, estaba el transporte y con ello el uso de combustibles fósiles y las emisiones de CO₂ que, para ese momento, nulo, era el conocimiento o preocupación por parte de los estudiantes; y, al final, donde estaba el edificio, primero hubo un espacio superficial de capa vegetal o árida que filtraba el agua (anticipa allí las inundaciones cada vez más frecuentes en el valle de Aburrá). No se mencionó en aquel momento el efecto de isla urbana de calor, que apareció casi tres lustros después en la reflexión de la arquitectura y la construcción.

Sucedió que, en medio de ese semestre, o mejor, en paralelo a esa clase de Economía, el estudiante al que se ha hecho referencia a lo largo de este primer capítulo tuvo que hacer una visita a obra o proyecto de construcción como requisito de una de sus asignaturas de carrera. Viviendo en Bello, escogió ir a una urbanización que crecía detrás del colegio De La Salle. La urbanización estaba

emplazada justo en el lugar donde antes se iba a nadar en el charco; a coger mangos; a secarse el agua con el viento; a pescar corronchos. La quebrada estaba desviada y el charco estaba casi colmatado por los escombros que se generaban en la obra y se depositaban allí. Todo aquello parecía normal para los profesionales que dirigían el proyecto, pero, tal vez si el estudiante no hubiera conocido antes el lugar, también a él le hubiera parecido normal el cambio de aquella pequeña porción de naturaleza que, antropizada años antes por el jugar y el nadar de muchachos bellanitas, se mantenía distante de la artificialidad de los materiales pétreos.

Los puntos se conectaron. El claro de bosque con los rayos del sol pegando fuerte en la piel y en los ojos, el agua de la quebrada que luego de su paso por el sitio se volvía más café, y un charco infantil que daba grima al quedar paradójicamente ahogado por escombros, trajeron a la mente del estudiante las reflexiones hechas en clase por la profesora López. Pero esta vez había algo más, pues hubo un contacto directo con la afectación de las corrientes de agua y con las ingentes cantidades de escombros generadas en los procesos constructivos (Jobs, S.; 2005). Al final de la visita, el estudiante mira hacia lo que queda del charco y, en medio de una mirada que refleja nostalgia y pérdida, también concentra el foco de su observación en los escombros y se pregunta por qué están allí.

El curso de Economía tenía como evaluación de final de semestre un trabajo en el cual se analizaría un aspecto de la construcción y su relación con el medio ambiente, es decir, posibles impactos; pero también se debía presentar una posible alternativa para mitigar o superar la situación negativa, en caso de serlo. Varias fueron las propuestas de los estudiantes del curso, y la del estudiante y su compañero de equipo fue analizar la actividad de la extracción de arenas para la construcción en la vereda Potrerito de Bello y la generación de escombros en obra. Dicho ejercicio, en vez de representar un alivio a la preocupación que ya estaba presente en la mente de los estudiantes, la acrecentó. Las visitas a las areneras para ver el proceso de minería extractiva y a la obra para ver el asunto de los

escombros mostró una magnitud aún mayor a la intuida durante el semestre. Ahora la preocupación se volvió una ‘crisis’ no solo académica sino también de vida.¹

La crisis consistió en saber que se estaba cursando un programa universitario de alta empleabilidad y reconocimiento en el medio, que movía la economía a nivel mundial de un modo tremendamente importante, pero que al mismo tiempo era tal vez el que más impactos ambientales negativos causaba al planeta. ¿Qué hacer? ¿Qué opciones había? ¿Era ético continuar por aquel camino? Vaya tensión entre ciencia y vida (Kuhn, T.; 1982). Renunciar a continuar con aquella carrera era una opción; optar por otro programa basado en el estudio del cuidado del ambiente era otra. Pero la crisis iba más allá de mirar hacia otro lado, porque la construcción seguiría muy a pesar de sus beneficios e impactos. Por lo tanto, la crisis, se resolvió desde adentro (Kuhn, T.; 2004): la construcción es un acto ineludible para la humanidad dado su crecimiento demográfico, pero se puede eludir el flujo lineal y poco reflexivo de su desarrollo (Bedoya, C.; 2011).

Ya conocida parte de la afectación que la construcción genera sobre los hábitats tanto prístinos como antropizados, había una tensión ética inaplazable, inherente a plantearse otros caminos posibles para llevar a cabo una actividad tan importante como gesto técnico y cultural de la humanidad, y, obvio, definir los alcances sobre los cuales se pudiese tener gobernabilidad para actuar (Cortina, A.; 2000). De nuevo, conectando los puntos, las clases con la profesora Luz Elena López, las visitas a la obra y a las areneras, y los conocimientos adquiridos en las asignaturas de construcción y laboratorio de materiales con el profesor Guillermo Arango marcaron la ruta a seguir para el estudiante de ahí en adelante. En un principio, resolver, en la medida de lo posible, la linealidad persistente en la extracción de las

¹ La idea de crisis que aquí se sigue, es la elaborada por Thomas Kuhn para referir que los ‘paradigmas’ siempre encuentran dificultades a lo largo de su existencia. El momento en el que una empresa científica no hace avances, ya sea porque no logra empatar las observaciones o no le es posible incrementar el entendimiento.

materias primas para confeccionar el concreto y en la generación de escombros en obra (Salazar, A.; 2005).

Estaba claro que para esa época de comienzos y mediados de los noventa ya se daba por hecho una crisis ecológica mundial (Ferrete, C.; 2005), y también que la actividad constructora era protagonista de dicha crisis al manejar varios de los productos más consumidos por la humanidad en sus procesos de urbanización creciente tales como el cemento, las arenas y gravas (agregados), agua, energía, maderas, cerámicos y metales; y, al mismo tiempo, era la generadora de cantidades dramáticas de residuos de construcción y demolición (RCD), entre los cuales se encuentran los escombros. No se trataba de decir *“el problema no es conmigo, yo solo soy constructor”*, al contrario, el conocimiento sobre algo, en este caso sobre la construcción y sus procesos e imbricaciones, acarreaban una responsabilidad que trascendía al individuo y lo ponía en la esfera de ciudadano, en una condición de desempeñarse bajo los preceptos de una ética civil (Cortina, A., 2010).

1.3 La contemplación del escombro (detritus) como un potencial para elaborar (devenir) un nuevo material

Así pues, cuando al terminar la visita a la obra la mirada se concentró en los escombros que estaban colmatando el charco, surgió la pregunta “por qué están allí”, y de ahí se pasó a realizar el ejercicio de fin de semestre para la asignatura de Economía, y a su vez, se trazó la ruta de continuar en la carrera de Construcción, solo que con una mirada distinta acerca de esta importante actividad de la humanidad. Era interesante, extraño, ver cómo las paredes, columnas y losas de las nuevas viviendas tenían la misma composición de los escombros: las primeras eran un producto nuevo y los segundos un residuo. La diferencia estaba en su forma, más no en su contenido.

¿Por qué el escombros que tiene la misma composición del concreto de la columna se tira, se echa a perder, se sepulta? (Lynch, K., 2005). ¿Por qué el trozo de ladrillo cerámico que es idéntico en estructura química, textura y color a aquel mampuesto naranja que entre hilada e hilada conforma la pared se prejuicia como detritus? ¿Por qué el cuesco ya “no es un material”? Si la esencia matérica permanece, entonces la esperanza también; el cuesco de irregulares tamaños y formas no es atractivo para una materialización inédita, pero es tal vez en esos dos aspectos que subyace su oportunidad de transición hacia un nuevo ciclo.

1.4 Conclusión capitular

La construcción es un acto ineludible para la humanidad, pero lo que sí se puede eludir es la manera poco reflexiva con la cual esta actividad se ha llevado a cabo en cuanto a preguntarse por sus beneficios de un modo inherente a sus pasivos ambientales y sociales. Ya soñaban los alquimistas con transformar el plomo en oro, pero, ¿tendría lógica transformar el oro en plomo? Es un mal negocio, como lo es el de convertir un material pétreo laboriosamente confeccionado a través de la sinterización o de la hidrólisis, en escombros. Según esto, tendría entonces lógica devolver el escombros a su connotación de material.

2.El concreto y los escombros

En el ámbito de conocimiento de la Construcción como campo de saber, suele diferenciarse la materia del material. La primera se concibe como materia prima y, el segundo, como el resultado de la interacción entre la primera con la energía, el agua y la manufactura; como en el caso del concreto u hormigón, que es el producto de la transformación de un conjunto de materias primas (cemento, grava, arena y agua), y que es definido como material compuesto.² Aunque esto no es una verdad a rajatabla, ya que, para hablar de otros materiales como la madera, –en Construcción–, la materia prima es, sin necesidad de la manufactura, el material.

En cuanto a los escombros, se trata de un término mundialmente aceptado, para designar el conjunto de residuos de construcción y demolición (RCD); es decir, todo lo residual generado en los procesos que atañen a la construcción (Aldana, J. y Serpell, A, 2012). Dichos RCD se dividen en tres grandes grupos: I, la tierra y el material aluvial; II, los escombros o piezas pétreas; y III, otros, entre los que se encuentran los plásticos como el PVC, las maderas, el acero, entre otros. (Zhao et al, 2009). Es importante hacer esta aclaración, ya que, en la presente tesis, cuando se hace alusión al concreto y al concreto reciclado, se reconoce, como se verá adelante, el papel central que juegan los residuos pétreos y los cantos rodados

² En ciencia de materiales, materiales compuestos son aquellos que “se forman cuando dos o más materiales o fases se utilizan juntas para obtener una combinación de propiedades que no se puede lograr de otra manera. Los compuestos se pueden seleccionar para alcanzar combinaciones no usuales de rigidez, peso, densidad, desempeño a altas temperaturas, resistencia a la corrosión, dureza o conductividad”. Ver, Donald R. Askeland y Wendelin J. Wright, Ciencia e ingeniería de los Materiales, México, Cengage Learning Editores, S.A. 2017, p. 617.

aluviales; por tanto, este capítulo, si bien no es de Ciencia e Ingeniería de Materiales, sí es un texto que delimita el campo de observación y reflexión alrededor de los componentes del material denominado hormigón y del escombro.

2.1 Materias y materiales: pastosidad, dispersión y endurecimiento

Las materias primas empleadas para la confección de un material compuesto como el hormigón provienen en su mayoría de la minería extractiva, bien por explotación de canteras o bien por dragado y lavado de material de ríos, quebradas o lagos, lo que se conoce en el campo de la construcción como material de playa. En zonas como el valle de Aburrá predomina la primera de estas dos modalidades de extracción: la cantera. De la cantera se pueden extraer arenas y gravas que van desde tamaños milimétricos hasta trozos de varios centímetros de diámetro, en tanto que, de las areneras, producto del dragado y lavado, solo se obtienen piezas minúsculas que van desde algunos micrómetros hasta los dos milímetros. Ambas, las arenas y las gravas, se conocen con el nombre de agregados finos y gruesos respectivamente (ICONTEC, 2000).



Fotografía 1. Agregado fino (arena) para producir hormigón.
Fuente: Bedoya, C. M. 2020.



Fotografía 2. Agregado grueso (grava) para producir hormigón.
Fuente: Bedoya, C. M. 2020.

Pero a un nuevo material o a una nueva técnica constructiva no se llega en un solo día o de manera espontánea, sino que son el resultado de una sucesión de experiencias, ensayos y apariciones de nuevos elementos. Es así como la humanidad conoció entonces primero la piedra que el cemento y el concreto, como también llegó primero a la arcilla que al mampuesto cerámico. Conocido también el fuego, y luego dominado, el humano descubrió la transformación de las materias originarias en nuevos materiales: con la aplicación del calor –de brasas y llamas– la masa arcillosa conoció la sinterización, y pudo ver cómo ese pedazo de arcillas y lodos pasaba de la pastosidad casi informe a la dureza musical de la cerámica; de los rebotes graves sonoros de los moldeos entregados a la masa pastosa, a los timbres de una campana producto de una microestructura endurecida y aglutinada. Por esta vía de exploración, llegó a la generación de los cementos y concretos posteriores, pues una arcilla sinterizada por el calor es un compuesto de granos inertes de relleno aglutinados por un cemento cerámico que endurece (Zuluaga, D., 2020).

Procurando la protección a través de la guarida, que luego sería pesebrera y hogar, el humano sedentario utilizó la piedra unida con argamasas arcillosas crudas para erigir paredes: los muros. Ese es el inicio del mampuesto, que la Real Academia

Española define como “Piedra sin labrar que se puede colocar en obra con la mano”. (RAE, 2023). La mampostería se convirtió en la partición vertical, con algo de resistencia mecánica al viento y durabilidad, que delimita el espacio interior habitado.

Pero el ser humano también produjo trozos o piezas de mayor tamaño que el mampuesto. De la roca extrajo el trozo y con las herramientas modeló los cantos hasta lograr pedestales, bloques y tabletas que aún hoy se admiran en los vestigios de culturas del pasado, por su ortogonalidad y pulimiento en sus superficies: con ellos, y sin el acero, construyó templos soportados en columnas. Los soportes horizontales que hoy conocemos como vigas tenían espacios limitados entre apoyos –pues la roca es dura, pero al mismo tiempo inflexible–, para evitar deformaciones en dinteles de puertas y ventanas, lo que representaba la fractura del material, y, por ende, el posible colapso de la obra. Esta relación con la piedra y los espacios ‘naturales’ en las juntas, cambió con los romanos, quienes, en los siglos II y I a. C., lograron el arco de medio punto y fabricaron cemento a base de las puzolanas de las faldas del Vesubio (Valencia, A., 2010). Moldear un arco de medio punto gigante, nacido de una roca, era casi que imposible para la técnica material disponible hace más de dos mil años, por eso se fragmentaba la veta; el cantero hacía su labor, para formar con pequeños bloques una hilera curva que, con una pieza trapezoidal central, transmitía empujes hacia los lados, encontrando en sus extremos reacciones iguales en fuerza, pero contrarias en dirección: es el esfuerzo de compresión.

Las cenizas volcánicas casi impalpables las mezclaron con la cal y con el agua y formaron una masa aglutinante, cuyos enlaces entre partículas, antes débiles y efímeros, se mostraron fuertes y estables. Pero debió llamar la atención de los romanos que fueran los granos minúsculos puzolánicos los que proporcionaran el ímpetu de querer permanecer con una forma definida. El polvo, millones de veces menor en tamaño que el mampuesto, adhería este último con los otros de “su especie” como queriendo formar una roca más grande: se usaba el mampuesto y

el cemento para proyectar una nueva roca y, sin embargo, idéntica a la pequeña piedra inicial.

Pero, en el sentido del movimiento molecular, los cuerpos no solo reaccionan y permanecen unidos por la física, sino también por la química. Es decir, a medida que se iban fragmentando las rocas para llevarlas a formas menos redondeadas, logrando los bloques paralelepípedos que imitaban el mampuesto no labrado, los pegamentos y argamasas se hicieron más necesarios en cantidad y en calidad. Las técnicas constructivas se complejizaron, y con ellas se pasó del muro que actuaba por gravedad merced a los cantos rodados y trozos grandes de roca unidos con argamasas y cementos que, por su peso y amarre físico-químico garantizaban la estabilidad de la pared y brindaban la capacidad de soporte de los techos, a los muros basados en hiladas con “plomo y nivel” más controlables, y con trabas entre línea y línea que amarraban las piezas.

Los impalpables polvos de las faldas del Vesubio, en la población de Pozzuoli, de donde viene el nombre de puzolanas, al mezclarse con la cal y el agua reaccionaron químicamente, fueron producto del devenir de la roca volcánica enfriada rápidamente en cemento (Coppiano. I., 2016), y crearon enlaces fuertes y superficies duras, resistentes. Tal como llamó la atención de los romanos, aquello sucedía por la finura de su tamaño micrométrico, pues hay arcillas y suelos que, aunque teniendo un potencial de activación química innegable, el tamaño y las formas de sus partículas no se lo permiten, pues se requiere de una geometría esférica que brinde mayor superficie específica de contacto y de un tamaño que abarque la mayor área del agregado o relleno inerte (Preston, C., 2021). En otras palabras, se requiere de la conminución física para llevar el grano al punto de activación química, y, además, a un tamaño con el cual pueda esparcirse tanto como le sea posible sobre las superficies que luego abrazará: se nombra acá el principio de la dispersión (Salazar, A., 2004).

Pero igualmente, si bien la conminución proporciona la obtención de minerales en tamaños diminutos que pueden llegar hasta la medida nanométrica, esto no es suficiente para lograr la unión fuerte y duradera entre granos de mayor tamaño, pues puede suceder que aunque ya triturados y disminuidos hasta los pocos micrómetros de tamaño, su inserción en el nuevo compuesto o mezcla sea desaprovechada por una ineficaz separación de las esferas y cristales sobre las superficies, y peor aún, en el caso de las argamasas, morteros y hormigones, que el contacto con el agua en vez de activarlas las encuentre reunidas por grupos numerosos de partículas y las convierta en grumos, una triste manera de no llegar a ser, de no devenir en aglutinante. Su potencial de eternidad, por el momento, ha desaparecido.

Pero persiste la paciencia para dirigir las partículas minúsculas hacia una distribución que evite que el grumo se forme cuando el agua llegue a saciar su sed de activación. Las cenoesferas y cristales de las puzolanas y del cemento moderno una vez dispersadas, cubren la mayor área posible de arenas y gravas. Unas al lado de las otras, agrupadas eficientemente, reciben el agua que lleva a la hidrólisis a cada partícula, a la activación multiplicada por millones. Así, la ‘dispersión’ ha logrado que cada grano de arena y cada trozo de grava sea rodeado por el cemento –se ha aprovechado su presencia en la mayor área posible–; en la ciencia e ingeniería de materiales, a este fenómeno se le da el nombre de superficie específica o *Blaine*; es decir, que un gramo es capaz de cubrir varios centímetros cuadrados (Izaguirre, J. R., 1972).

Resumiendo el proceso: la mezcla seca está dispuesta para recibir el agua que mojará y activará las partículas cementantes, aumentará la temperatura y hará que, luego de unos minutos, aquella reunión de materias y materiales se abracen con fuerza (Bedoya, C., 2022). El fraguado conducirá al endurecimiento del fluido denso de agua y cemento formando la pasta que ahora aglutina a los agregados, de un color uniforme en todo el compuesto. Ahora es difícil distinguir los componentes, pues ese nuevo material de color homogéneo, que generó en un niño la ensoñación

y lo condujo a una *materfanía*, vive de la cooperación cristalina de las partículas micrométricas con las piedras y las arenas, donde el agua refleja la convergencia entre esfuerzo, descubrimiento e invención.

2.2 Roca artificial-dureza-eternidad

Luego de experimentar la fiebre inicial de la hidrólisis, la mezcla recupera su temperatura ambiente y veinticuatro horas después es una roca artificial ¡Ha endurecido! (Bedoya, C., 2015; Miodownik, M., 2017). Lo que unas horas antes parecía una arena movediza, se ha convertido en un material sobre el cual ya se puede caminar sin el menor riesgo a hundirse; el golpe de la mano, asestado con fuerza, ya no conmueve a la masa; si un elemento metálico cayera en esa superficie de color gris mate, lanzaría chillidos cada día más agudos que molestarían cualquier tímpano. Revive el mito de Medusa: los ojos, pero también las manos y el esfuerzo, petrifican.

En pleno imperio romano (Siglo I a. C.), el ser humano creó un cuerpo artificioso rígido y también durable, de prolongación indefinida, tanto como la roca atestiguada durante siglos como sobreviviente por mucho. En esa época, (Britannica, 2023), contemplar aquella roca gris, quizás los hizo reflexionar sobre el conocimiento de la eternidad. Dos mil años después de aquel acontecimiento, el Anfiteatro Flavio (Coliseo Romano), el acueducto de Segovia y la cúpula del Panteón romano aún están en pie, atestiguando la durabilidad tanto de la piedra natural (toba) como de la roca artificial puzolánica (hormigón).

El material compuesto confeccionado por los romanos dejó de producirse una vez cayó su imperio hacia el siglo V d. C. (Bueno, J., 1970). Y si bien la construcción de edificios y puentes continuó, pasaron alrededor de catorce siglos para llegar al concepto de la confección del cemento y del hormigón moderno –tal como se le conoce hoy–; por tanto, ya no se trataba de las puzolanas y cales romanas sino del cemento “artificial” obtenido a través de la calcinación de la caliza arcillosa y el

carbón (Vidaud, E., 2013). Fue en el siglo XIX, el momento en el que un reverendo y un albañil, James Parker y Joseph Aspdin respectivamente, patentaron el cemento Portland en Inglaterra.

Allí, la analogía con la roca aparece de nuevo. Aspdin decide nombrar al nuevo cemento artificial con el nombre de Portland, ya que al confeccionarlo su color es gris, muy similar al de la piedra de la isla británica de Portland.



Fotografía 3. Bloques de piedra de Portland, en Dorset, Inglaterra.

Fuente: https://www.pinterest.es/pin/528469337493881045/?amp_client_id=CLIENT_ID%28_%29&mweb_unauth_id=&simplified=true



Fotografía 4. Bloques (bordillos) prefabricados de hormigón, en Marinilla, Colombia.

Fuente: Bedoya, C. M. 2020.

La hidratación del cemento al contacto con el agua hace que se generen estructuras cristalinas muy ordenadas y enlaces que le dan la capacidad de cohesionar o aglutinar. La roca artificial, gris, al igual que la natural, es opaca y no deja pasar la luz a través de su estructura, porque es un cuerpo cristalino.

Equivocadamente solemos entender por cristalino aquello transparente que nos permite observar y mirar sin dificultad, como el vidrio de las ventanas o incluso el agua de una quebrada, que nos regala la vista nítida de su lecho; pero el vidrio es amorfo.

Bajo los criterios de compuesto y cristalino, se entiende el hormigón como un objeto técnico, tal como está definido en los ejemplos enunciados por Gilbert Simondon. No cabe duda de que hay en la confección de este material artificial algo que bellamente describe el filósofo como el resultado de esfuerzos y descubrimiento:

“Ahora bien, aunque no estén vivos, contienen sin embargo la cristalización de algo viviente; las horas de trabajo humano consumidas en producirlos, y el esfuerzo de invención que permitió concebirlos.”

(Simondon, G., 2017).

2.3 Residuo-detritus-fin

Tanto desde la etimología como desde la técnica y la economía, el escombros supone la sobra o el subproducto que ha perdido la calidad que tenía el material al inicio de la cadena de producción. Y si bien el hormigón ha dejado de ser visto como algo bello (Miodownik, M., 2017), entonces qué decir del escombros, anticipadamente ocultado, el que, a pesar de que la segunda ley de la termodinámica señala que todo tiende a degradarse, se le sepulta muy rápido. No es que se quiera afirmar que el escombros es feo o bello por sí mismo, como tampoco que un material como el hormigón, tan versátil y fundamental para la sociedad actual, supera al escombros en belleza, pues existe la posibilidad de confeccionar con el hormigón piezas de una pésima factura estética.

Aun así, el escombros es tratado prejuiciosamente como algo feo, sin valor; de hecho, se debe pagar para que en algún sitio se permita deshacerse de él. Se asiste de nuevo a un triunfo del signo sobre el símbolo, con el agravante de que, sepultando el escombros, el signo mismo es derrotado por un prejuicio positivizado,

destruyendo así la posibilidad de un nuevo ciclo de vida para la materia a la cual le sería inherente un posible reconocimiento estético, ya que se invisibiliza su potencial perceptual.



Fotografía 5. Escombros, en Medellín, Colombia.
Fuente: Bedoya, C. M. 2009.

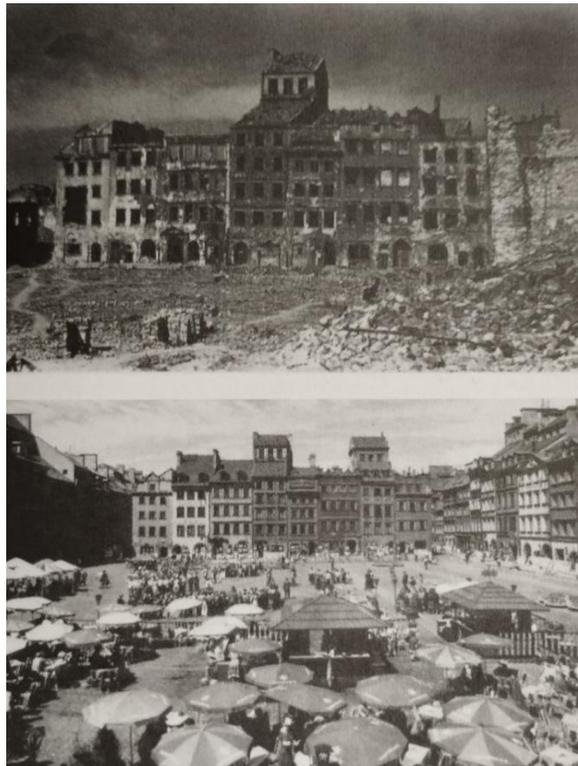
Los humanos tenemos un trato con él de amor y odio. Filosóficamente Dagognet muestra que esta relación truncada emerge en el mundo griego con los planteamientos de Platón, a través de la escisión entre el mundo de las ideas y el de la materia. De allí, en la cultura en Occidente, la relación con lo producido, con lo artificial, con algunas sustancias, con los objetos, con lo ínfimo, se hace adversa. Sin embargo, es igualmente con ellos, con los residuos, con lo precario, con los muladares... que se desanda un camino que conduce a las riquezas de los más modestos fragmentos. Recuerda Dagognet:

“[...] No perdamos de vista que la putridez que comienza nos ha provisto de nuestros antibióticos (gracias a los mohos), ella trabaja en las carnes que consumimos; como los quesos (la podredumbre) que degustamos.”

(Dagognet, F., 2002).

El residuo = el detritus = el escombros, si bien le concierne también el sinónimo de ruina, difiere de esta en simbolismo, pues a la ruina generalmente se le atribuye un

significado histórico de muchos años atrás si se toma como referente la época actual; por ejemplo, cabría preguntarse si, así como se dota de significado la imagen de un Partenón en Grecia construido en el siglo V a. C., o las ruinas romanas de Sbeitla en Túnez, en la medida en que producen admiración, aún a sabiendas de que se trata de edificios y obras que van en decadencia, ¿se puede dotar de igual percepción a las ruinas de una Varsovia bombardeada y casi demolida en la II Guerra Mundial? Todo indica que no, pues mientras los paquetes turísticos incluyen en sus agendas la visita a las ruinas griegas y romanas como atractivo del paseo, la Plaza Mayor de Varsovia fue reconstruida con empeño veinte años después de que en 1945 esta guerra terminara (Lynch, K., 2005).



Fotografía 6. Arriba, ruinas de la Plaza Mayor de Varsovia en 1945. Abajo, la misma plaza reconstruida en 1965.

Fuente: Tomado de Lynch, K. (2005).

Estas ruinas modernas que lo son más por el ataque o el abandono tienen una connotación más negativa que cultural, y por ello, acudiendo al escritor Fernando Paz, se identifican más con escombros (Paz, F., 2008).

Esta reflexión nos la entrega el mismo Kevin Lynch cuando en su obra ya citada recorre lugares cuyas ruinas hoy son motivo de visita y de culto. Al igual que Dagognet, se regocija en la degradación temporal de sus superficies que le conceden dignidad en vez de decadencia, pero, al trasladarse a la época actual y visitar construcciones abandonadas y en proceso de colapso estético y estructural, como por ejemplo las otrora fábricas y silos de grano de Buffalo, se cuestiona: “¿llamarán la atención de los turistas como las ruinas romanas?” (Lynch, K., 2005). En este orden de ideas, en esta tesis se fomenta un cambio en la mirada hacia el escombros como residuo inerte de condición pétreo, hacia su valorización como materia prima de óptimo desempeño técnico y estético. Dotar de una belleza subjetiva al tránsito experimentado del residuo a material, y promover el aumento del porcentaje de recuperación de su producción como medida de mitigación del problema ambiental y social que representa para las comunidades.

2.4 Conclusión capitular

Este capítulo nos muestra hacia dónde se dirige la mirada de esta tesis en cuanto a los escombros y al hormigón. Si bien hay contemplación en ambos, en los primeros se insinúa una rebeldía o una sublevación ante su apresurado deceso, en tanto que en el segundo se asoma, contenido en millones de cristales, piedras y poros, la belleza de un cuerpo perenne que ha sido artificiosamente creado por el esfuerzo y la invención de la humanidad en colaboración con la naturaleza. Pero uno no es antagónico del otro, por el contrario, ese tránsito de lo prejuiciado como detritus hacia una roca artificial bella y durable, funcional, es a lo que se dedicarán los dos capítulos siguientes. Un tránsito que además de dialéctico es material, y, por lo mismo, susceptible de ser connotado como una resurrección técnica y espiritual.

3.Hormigón reciclado. Hacia un habitar desde el material

La mirada que se muestra en el presente capítulo ubica la inserción del escombro en un nuevo ciclo de vida. Tomando como referencia la imagen cultural que se ha construido con respecto a los desechos, reflejada en el espejo de lo que un ejercicio etnográfico permite, contrasta las visiones y se proyecta en una vía de revalorización de un material (el hormigón reciclado) y de ontologización de un objeto (el escombro), de acuerdo con los planteamientos de François Dagognet. Por esa vía, se reconoce que una nueva idea, si bien depende intrínsecamente de las que la precedieron, reconfigura su devenir cargándola de nuevas connotaciones. En otras palabras, “[...] sin el concepto de basura no podemos tener el concepto de reciclaje, pero una vez que lo adquirimos vemos la basura con otros ojos” (Hofstadter, D. y Sander, E., 2018, p.95).

Dando continuidad al acto de sublevación ante la aceptación de la muerte del cuesco, y a la esperanza de la resurrección de éste en un nuevo material como el hormigón reciclado, se presenta la recuperación del detritus, no como un acto mesiánico, salvador de la ineludible degradación de la energía y de la materia, pero sí, en todo caso, como un escenario de ralentización de la muerte térmica, un proceso alcanzable de permanencia material. *“La vida es como una fiesta a la cual*

*se asiste y que uno sabe se acabará en algún momento, pero lo importante es que sea agradable mientras dure*³.

En tal sentido, se podría ampliar esa analogía del profesor Jiménez señalando que, al llegar a la fiesta existe la posibilidad de comenzar a ingerir licor y comida desmedida y rápidamente, sin control, para estar al cabo de unas pocas horas perdido como sujeto consciente y ameno, y, aunque nuestro corazón siguiera latiendo y nuestros pulmones obteniendo el oxígeno del aire y eliminando el dióxido de carbono, seríamos inertes y hasta un estorbo para los demás. La fiesta, en ese caso, acabaría muy rápido y muy mal. Pero existe la posibilidad contraria de permanecer en buenas condiciones hasta el final de la fiesta, no haciendo otra cosa distinta que beber y comer lo necesario para estar conscientes y alegres y, al despedirnos de los anfitriones, experimentar la sensación de haber vivido un momento agradable y la añoranza del descanso que nos proveerá el sueño. Entender la recuperación del escombros para sacarlo del olvido y de la sepultación prejuiciada y anticipada, permite que las materias primas no renovables –por lo menos– dejen de ser consumidas por el sistema de manera desmedida e irreflexiva.

Muchas de las actividades que se realizan actualmente se dan dentro o alrededor de una edificación. Bien sea que estemos laborando, disfrutando de una obra de teatro, hospitalizados o llevando a cabo un seminario de construcción sostenible, las estructuras que nos albergan o rodean, o ambas cosas, son construcciones, trátase de un colegio, una casa, un estadio o un teatro. Y, a su vez, la mayoría de estas estructuras tienen como material mayoritario al hormigón; de hecho, en la actualidad, este es el material más consumido por la humanidad después del agua (Sakai, K.; 2012). Esta afirmación se hace partiendo de un contexto que contempla

³ Lo dice el profesor José Fernando Jiménez, de la Facultad de Minas de la UNAL, cuando se refiere a la entropía de los sistemas y específicamente a la duración de la especie sobre el planeta Tierra.

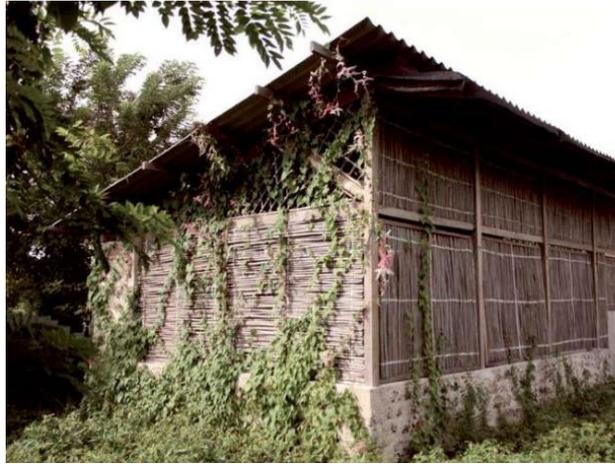
los ciento veinte años recientes de la historia, pues si se hace alusión a un inventario más amplio en tiempo, la realidad es distinta para este material, y se encuentra que la tierra funge como el más popular.

“La tierra es el material de construcción más abundante en el mundo (Guillaud, H.; 2010), pero esto no obedece a que sea el más empleado en las décadas recientes, sino a que es un material milenario, y por ello, con ciudades y villas construidas desde 5 000 años a.C., supera al concreto y al acero en cantidad.”.

(Bedoya, C., 2015).

El hormigón, esa roca artificial, como material más producido y consumido por la humanidad en tiempos actuales, está en todas partes. Si hasta comienzos del siglo XIX su calidad estaba ligada a la composición geológica de las minas –tanto para la cal como para el cemento y los agregados–, lo que limitaba su producción en masa y en domicilios distantes del lugar de extracción de estas materias primas, para mitad de este mismo siglo, inventores que también eran productores como Françoise Coignet, descubrieron que no había que limitarse a la composición química de la materia prima, sino que, con métodos de diseño de materiales compuestos como el de la distribución granulométrica de los componentes o la producción de cales artificiales, era posible corregir las limitaciones o debilidades congénitas. Coignet y su dinamismo empresarial le darán al hormigón el “valor inédito” de la universalidad (Simonnet, C.; 2009, p. 45).

Esto se va a traducir en que el hormigón pueda producirse casi en cualquier lugar del mundo, y estandarizarse también en cuanto a sus cualidades físico-mecánicas. Su masificación ha sido tal, que su presencia convive con otros materiales endémicos, tanto en el trópico como en países estacionarios al norte y al sur del planeta (Fotografías 7 y 8).



Fotografía 7. Aula de escuela en Isla Fuerte, Colombia.
Fuente: Bedoya, S. (2014).

En la imagen anterior puede notarse cómo conviven el Yotojoro y la Macana con el hormigón.



Fotografía 8. a) Pedestal de hormigón; b) columna de madera apoyada en el hormigón.
Fuente: Bedoya, S. (2014).

Y también, la madera que se apoya en el pedestal pétreo, nos remite al árbol que pelecha en la fisura de la pared de un risco, o brota por la grieta de una roca.



Fotografía 9. Maloca en Nazareth, Alta Guajira, Colombia.
Fuente: Bedoya, S. (2014).



Fotografía 10. Árbol Sabal Palmetto sobre una roca Boulder.
https://www.freepik.es/foto-gratis/hermosa-foto-zona-desierta-roca-boulder-arbol-sabal-palmetto-aislado_17245588.htm#page=4&query=%C3%A1rbol%20sobre%20la%20roca&position=17&from_view=search&track=ais.

Académicos y empresarios del cemento y del hormigón como Alejandro Salazar Jaramillo (Q.E.P.D.), profesor emérito de la Universidad del Valle y creador de la empresa de cementos ecológicos Ecoingeniería, en Cali, Colombia, solía decir en

sus clases y conferencias que, así como hay épocas conocidas por el material predominante, tales como la Edad de Piedra, de Hierro, entre otras, la actual bien podría ser nombrada como la *Edad del Hormigón*. Al igual que Coignet, Salazar esgrime la ventaja de la universalidad y estandarización de este material en cuanto a su confección y uso.

Podría decirse que, así como la especie humana puede estar presente en cualquier parte del planeta, con ella aparece, también en cualquier parte del planeta, el hormigón. Como humanos habitamos con y desde el material producto de la hidrólisis y del fraguado del cemento pulverulento, la roca artificial nos identifica, pero también nos delata.

3.1 Transformación: observando diferente

Este subcapítulo contrasta la imagen con respecto a los residuos pétreos, los escombros, obtenida de un ejercicio etnográfico, en el que los participantes se alinean en una perspectiva que los presenta como algo abyecto; una imagen especular que confirma la idea cultural planetaria construida, como se deduce del ejercicio realizado por Kevin Lynch en la misma vía. Dicha visión se contrasta por tanto con la apuesta que se hace en esta tesis, y que se ha venido bosquejando y que hace parte de un ejercicio práctico de producción de ese nuevo material, el hormigón a partir del reciclado de los escombros.

- ***Los desechos (detritus) en el espejo cultural***

Retomando a Kevin Lynch (Lynch, K., 2005), en 1981 una entrevista con un grupo de habitantes del Beacon Hill, en Boston, en la cual conversó en torno a dos temas. El primero, derivado de la pregunta “qué es lo primero que les viene a la mente cuando se menciona la palabra *desechos*”. Y el segundo, obtenido de la solicitud de que enumeraran una lista corta de desechos. Esta experiencia motivó la realización de un ejercicio similar para nuestro contexto local (Valle de Aburrá), el cual, se expone en el presente aparte. Como se podrá apreciar del resultado de dicho ejercicio, en el contexto estadounidense y en la traducción al español del libro

de Kevin Lynch, se aborda la palabra desecho como sinónimo de residuo, esta última es más empleada en nuestro medio colombiano.

En cuanto a la pregunta del primer tema dice Lynch que “[...] Casi todos responden con algún material personal y del que se deshacen frecuentemente: basura y desperdicios, para la mayor parte, pero también conejos de laboratorio muertos o, con una risa de disculpa, la mierda y la evacuación del vientre.” Al pasar a la lista de enumeración, en la cual debían relacionar tipos de desechos, encontró que “[...] enumeran una lista larga de cosas que se tiran; en primer lugar, cosas que ellos deben manejar, tales como basura, mierda, pañales, papeles, botellas y latas, desperdicios o sustancias que pueden conocer sólo indirectamente, pero que parecen amenazarles, como productos químicos tóxicos o residuos nucleares.” Concluye el urbanista que, el desecho para los entrevistados, significa “un material cuyo valor se ha extinguido para siempre y que debe ponerse fuera de la circulación definitivamente.” Esto último es lapidario, sin embargo, hay que tener en cuenta que este ejercicio se realizó en 1981 cuando los temas ambientales no se abordaban masivamente, y las prácticas de reciclaje, reutilización y uso racional de recursos no aparecían ni en las pantallas de los televisores ni en las academias.

En el ejercicio realizado para esta tesis, al igual que en el de Lynch, no se siguió un diseño experimental estadístico para una muestra representativa, sino que se recurrió a un ejercicio descriptivo y de reconocimiento de categorías a través de entrevistas semi-estructuradas y semi-cerradas a un grupo de 21 personas con actividades y edades diversas, a saber:

- a) Grupo de amigos del tesista. Exalumnos de La Salle de Bello de la promoción de 1989, cuyo promedio de edad es de cincuenta años. De muy diversos niveles de formación y de actividades de la vida cotidiana, que van desde el perfil de bachiller hasta el de profesional con formación doctoral, como también comerciantes, empresarios de la comida y el turismo, enfermeras, médicos,

arquitectos, taxistas, profesores de primaria, secundaria y universidad, entre otros.

- b) Grupo de personas de un diplomado en *Herramientas Territoriales para la Ciudadanía*, llevado a cabo por profesionales y líderes barriales de la ciudad de Medellín y ofertado por la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- c) Grupo de estudiantes de pregrado y profesores del semillero de investigación Construcción y Ciencia de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- d) Grupo de vecinos y amigos del tesista, del barrio Carlos E. Restrepo de Medellín.

Así, el perfil del grupo consultado estuvo “conformado por adultos jóvenes, hombres y mujeres, en su mayor parte de clase media y con hijos pequeños.” Es importante tener en cuenta que a la fecha de esta encuesta que es el año 2023, ya los temas ambientales son transmitidos masivamente en casi todos los medios de difusión audiovisual y en las academias. Incluso en las Juntas de Acción Comunal y en las Administraciones de Propiedad Horizontal son frecuentes las capacitaciones y comunicaciones relacionadas con la generación, adecuada disposición controlada y posibilidades de aprovechamiento de los residuos.

Como en las entrevistas semi-estructuradas, el ejercicio se realizó sin intención de inducir a la respuesta y, al igual que en el de Lynch, las dos temáticas tuvieron la misma construcción narrativa. Para complementar la dinámica semi-cerrada, el medio escogido fue la red social *WhatsApp*, ya que su ambiente permite respuestas naturales, tipo conversación, y la familiaridad de sus usuarios con ella, posibilita que puedan manifestar alguna duda con respecto al ejercicio o incluso responder con mensajes de voz complementando o aclarando las respuestas escritas. No se siguió el tipo de encuesta académica en formato de Google, ya que hubiera inducido a dar respuestas más elaboradas, toda vez que debe aclararse a los

encuestados que se trata de una investigación asociada a una tesis de doctorado. Ahora bien, las preguntas realizadas fueron las siguientes.

Pregunta 1: ¿Qué es lo primero que le viene a la mente cuando se menciona la palabra residuo? Pregunta 2: Enumere una lista de cuatro residuos. Como podrá notarse, se cambió la palabra desecho por residuo, dado el contexto explicado.

Siguiendo el modelo usado por el urbanista para presentar las respuestas a sus preguntas, a continuación, se mostrará un resumen de las respuestas obtenidas en el ejercicio realizado para el contexto local y algunas de las correlaciones y coincidencias entre ambos ejercicios, acorde a los grupos ya descritos. En total se obtuvo un número de 25 respuestas.

A la primera pregunta, casi todas las personas respondieron con una frase común: *“es lo que sobra de...”*, indistintamente del grupo focal, edad, sexo y ocupación. Sin embargo, algunas de estas personas aclararon un poco aquel alcance de su respuesta, con frases como: *“Por lo general se descarta y en algunos casos se puede reutilizar.”*; *“Cosas que ya no sirven pero que se pueden reutilizar.”*; *“Lo que sobra y se le puede dar un nuevo uso.”*; *“Lo primero que se me viene a la cabeza Mauro es un elemento que ya utilicé y que puedo desechar sea para recuperarlo o sea para no volverlo a usar.”* Nótese en esta última respuesta que hay un grado de familiaridad y un tono de confianza para contestar, como también de naturalidad al reconocer que eso que responde es lo primero que se le viene a la mente.

Si bien permanece el concepto de sobrante, la posibilidad de ser recuperado es transversal o inherente para un buen número de las personas que respondieron. Y llama especialmente la atención dos cosas: una, que los escombros aparecen en las respuestas de los cuatro grupos; dos, que en los estudiantes de pregrado del semillero de investigación en el caso de la pregunta 1, aparecen varias respuestas como *“Valor. Recurso. Oportunidad.”*, o *“Parte de un “algo”.”* Y esto puede tener relación con el asunto de que en dicho semillero una de las líneas de trabajo es

Construcción Sostenible y Ecomateriales, mediante la cual se trabaja el aspecto de la valorización de RCD. Lo que explica que para algunos de ellos la mirada ya no es de sobrante o desecho, sino de potencialidad, de esperanza en una nueva materialidad de óptimo desempeño.

Salvo estos estudiantes que ya perciben de otra forma los residuos pétreos, para los demás, los escombros son algo abyecto, que ha terminado su ciclo o ha dejado de ser, como algunos contestaron. A diferencia de Dagognet o de Lynch, no hay una mirada de contemplación sobre el cuesco de cemento, y menos una de sublevación como la que se propone en esta tesis. Algo similar describe el urbanista estadounidense al respecto citando comentarios de los entrevistados:

“La basura es basura para siempre: “todo ese asco”. Unos pocos responden que los desechos son ineficiencia, una innecesaria pérdida o despilfarro, una pérdida de oportunidades. Son un acontecimiento, más que una cosa. (...) En ambos casos se trata de un material o de una acción producida por seres humanos: no es natural.”

(Lynch, K., 2005, p. 211).

La apuesta

Por mucho que se socialicen nuevas prácticas, seguir con las mismas costumbres de producción y construcción es la regla en la actualidad; la inercia del modelo *extracción-producción-disposición* sigue dominando el mercado de corte neoliberal (Bedoya, C., 2015 p. 20). La concepción de un modelo de desarrollo que tiene que crecer diariamente, apoyado sobre una base planetaria de recursos finitos, va en contradicción con la sostenibilidad ecológica de los territorios y, a la larga, de la economía misma. Ya no somos ignorantes y tampoco ingenuos en cuanto a las consecuencias ambientales que trae consigo el ejercicio de la construcción de edificios, puentes, túneles y caminos; ahora tenemos evidencias físicas, verificables en tiempo y magnitud, como también más y mejor información para tomar decisiones. Sin embargo, actuamos como si no hubiera alternativa posible

para optar por otro modelo más reflexivo en cuanto a los impactos negativos generados sobre la naturaleza (Cortina, A., 2010, p. 53), como si la sociedad actual después de caminar por largo tiempo se encontrara de repente ante un “callejón sin salida” (Guzmán, R., 2013 p. 404).

La corresponsabilidad debe ser inherente al ejercicio de la actividad constructora. No necesariamente hay que parar en seco y devolvernos a tiempos sin tecnología, sin vacunas y sin materiales para el resguardo ante el clima, se trata de intentar otros caminos posibles que no vean en la naturaleza un enemigo a combatir, sino un actor con el cual convivir y entender.

En palabras de Michel Serres:

“Si consideramos que nuestras acciones son inocentes y ganamos, en realidad no ganamos nada, la historia sigue como antes; pero si perdemos, lo perdemos todo, no estamos preparados para una posible catástrofe. Y, a la inversa, si elegimos ser responsables, si perdemos, no perdemos nada; pero si ganamos, lo ganamos todo, sin dejar de ser los actores de la historia. Nada o pérdida en un caso, ganancia o nada en otro: toda duda queda despejada.”

(Serres, M., 1991; p. 15-16).

Sin embargo, este es el momento y lugar para recordar la visión del estudiante universitario que, en su última mirada al charco colmatado de escombros, ve una posibilidad de redención material, como quiera que entre la pasta del mortero de cemento de los cuescos grisáceos se asoman las caras lisas de las gravas de canto rodado, y también las superficies angulosas de los agregados triturados obtenidos en las canteras. Y que se pregunta: ¿Por qué enterrar la piedra que aún ofrece su dureza y color? Llevarla al olvido, y despreciarla como material, se le hace extraño al muchacho que ha entendido ya la creación de una roca artificial. Así reflexiona hipotéticamente que, el abrazo del cemento hidráulico una vez ha entrado en

contacto con el agua debiera tener la misma fuerza e intención con cada roca. Gracias a ese evento ya no mirará igual a cada cuesco o escombro que encuentre en su camino. Una visión, que siguiendo la lectura atenta de Dagognet, se robustece con la idea de que una mirada orientada hacia el residuo pétreo, propone otro camino:

“(…) Reconocemos sin dificultad que es preciso admitir grados en nuestro proyecto de restauración, aunque algunos restos que no son reutilizables sin embargo están llamados todos a un posible reciclaje, la recuperación resurreccionista.

No siempre podemos “defender” o valorizar los escombros, los pecios, los despojos; sin embargo, la mayor parte merecen atención debido a su fragilidad, al desgaste y por tanto a los traumatismos que han sufrido, lo que les confiere una singularidad y les da derecho a una nueva existencia (las mónadas de Leibniz “no podrían comenzar sin terminar”).”

(Dagognet, F., 2002).

Salvar del olvido al escombro, un acto de resurrección, ¿por qué no? La dureza del material petrificado es también su fragilidad, y su abandono debiera dolernos, conmovernos.



Fotografía 11. Escombros de hormigón demolido dispuestos sobre el asfalto.
Fuente: Bedoya, C. (2020).



Fotografía 12. Contraste entre dureza y fragilidad del material pétreo.
Fuente: Bedoya, C. (2020).



Fotografía 13. Esperanzadoras caras de la piedra asoman sobre la pasta de mortero.
Fuente: Bedoya, C. (2020).

Por tanto, a su vez, en los trabajos de Dagognet aquí citados, se reconocen los planteamientos en torno a las tensiones que ponen en evidencia los ciudadanos en las entrevistas:

“Reconocemos el espíritu cada vez que el conjunto se impone a las partes (...) y sobre todo cuando el pasado esculpió el presente y se adhiere aún a él (...). Pero no es posible vivir en medio de escombros y de detritos; ¿no es necesario eliminarlos? El filósofo querría persuadirnos de su ser (así como de su valor) - dirá el opositor- mientras que conviene destruirlos y protegerse de ellos.”

(Dagognet, F., 2002, p. 50).

Ante el panorama de lo expuesto, se hace visible que, la mirada hacia el escombro debe ser diferente, que pudiera ser que el cuesco responde a ese acto de manera ¿recíproca?, ¿esperanzada y esperanzadora?, ¿agradecida?, ¿rebelde? Todas ellas o cualquiera de ellas, el caso es que entre el observador y el escombro ha nacido una complicidad. La tristeza tiene dos caras: una, la del desecamiento del charco que era la infancia; otra, la del abandono y la sepultación de los cuerpos pétreos que yacen débiles a pesar de la dureza alcanzada tiempo atrás. Salvar al escombro de un olvido anticipado es salvarnos también a nosotros mismos.

3.2 La circularidad como una utopía ambiental y técnica (cultural)

Como se logra inferir de los planteamientos de esta tesis, muchos son los conceptos que gravitan entorno a las discusiones que se derivan del proceso transformacional de la materia a materiales durables para la intervención (“mejora”) del hábitat humano. Por ejemplo, y clave en la discusión, que “[...] los organismos vivos, los ecosistemas y la biosfera en su conjunto poseen la característica termodinámica esencial de ser capaces de crear y mantener un elevado orden o de baja entropía” (Odum, E. and Barret, G., 1971).

Al respecto, a mediados del siglo XX, Eugene P. Odum, conocido ornitólogo y ecólogo, junto con su hermano Howard, mostraron que los ecosistemas se comportan, termodinámicamente hablando, como los seres vivos. Bajo esa perspectiva, un bosque, una ciudad, una vivienda, deben ser analizados como flujos energéticos para determinar el movimiento energético y la transformación de materiales en sus procesos. (Odum, H., 1980). Abel Wolman, llama a este proceso metabolismo urbano, tal como lo nombró en su artículo *The metabolism of cities* (Wolman, A., 1965). Según él, son tres los flujos comunes que entran y salen de la ciudad: *Inputs*: agua, alimentos y combustibles; *Outputs*: aguas residuales, residuos sólidos y contaminantes atmosféricos.

La ciudad como ecosistema artificial presenta una producción muy alta de gases contaminantes y desechos, en su mayoría mucho más tóxicos que sus materias primas de origen: “Por tanto, los ambientes de salida y de entrada son relativamente más importantes en el sistema urbano que en un sistema autótrofo como, por ejemplo, un bosque” (Bettini, V., 1998; p. 77). Bajo esta característica, que la ciudad no solo es un ecosistema para alimentarse, para ofrecer servicios o transformar materiales, sino también un espacio para habitar, y se habita en el espacio delimitado por la materialización de paredes y techos, a los inputs expuestos por Wolman, se debe agregar el de los materiales para la construcción con su respectivo output que sería el de los residuos provenientes de la construcción, como los escombros, entre otros.

Con el crecimiento poblacional sostenido, la construcción de edificios e infraestructura ha mostrado un aumento proporcional a dicho fenómeno demográfico; a tal punto que hoy es la segunda actividad económica más importante a nivel mundial, después de las telecomunicaciones y el comercio de aparatos electrónicos (Statista, 2022). Así mismo, la generación de escombros es tan alta que supera en proporción de 3 a 1 a los residuos sólidos ordinarios. En tal sentido, el hormigón sigue siendo el material más empleado para construir en la actualidad.

Pese a ello, o precisamente por ello, esta tesis privilegia una mirada que propone, sin apelar a fundamentalismos, que más que realizar “cruzadas” en contra de la confección del concreto u hormigón, se debería, en principio, implementar unas prácticas más reflexivas para que la producción de este material tenga mucho menos impacto ambiental. Con las experiencias que se analiza y propone, se aporta en el fomento de una actitud de admiración, reconciliadora, entre la humanidad y el elemento pétreo obtenido de la resurrección del detritus, así como en la promoción de una actitud socio-política adecuada a la realidad de los procesos de intervención, que las cifras presentadas respaldan.

- ***Construcción sostenible. Ambientes contruidos mediante flujos circulares ritualizados***

Para un contexto europeo, Roel Lanting expone que la “[...] Construcción Sostenible se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales causados por los procesos de construcción, uso y derribo de los edificios y por el ambiente urbanizado” (Alavedra, P., 1997). Esta publicación es un referente internacional para la reflexión del construir, pues se ocupa de hacer una recopilación de las primeras experiencias teóricas y prácticas de una construcción adjetivada como “sostenible”⁴.

En Latinoamérica, en el contexto tropical, el arquitecto costarricense de origen chileno, Bruno Stagno, presenta importantes proyectos y, desde estos, reflexiones encaminadas a implementar la arquitectura y la construcción sostenible desde una mirada del contexto regional y local. Por ejemplo, indica que la “arquitectura sostenible de inspiración bioclimática demanda entornos con características apropiadas para poder aprovechar la luz natural, la brisa, la sombra, la vegetación, la lluvia para lograr el bienestar en edificios porosos y no herméticos” (Stagno, B., 2006). Y más adelante expone que la materialidad y las condiciones del lugar son relevantes, y no se pueden estandarizar: “la geografía importa” (Dejtjar, F., 2019).

Para el mismo contexto, se viene trabajando en aspectos teóricos y prácticos para mostrar que la “construcción sostenible es aquella que busca la implementación de flujos no lineales en cuanto a energía y materiales, como también una política de valoración ambiental de los recursos por encima de los costos económicos” (Bedoya, C., 2007). En el texto *Construcción sostenible. Para volver al camino*,

⁴ El uso de este adjetivo se hace común luego de la Cumbre de Río 92, como quiera que desde allí se emite la directriz conocida como Agenda 21, mediante la cual se traza una ruta que pone en el contexto mundial la sostenibilidad como algo inherente a cualquier actividad económica y productiva. En esta publicación, el aspecto de la escasez de materias primas para concretos y la creciente generación de escombros, ya es preocupante y demanda acciones en tal sentido.

producto del trabajo en mención en el contexto colombiano, conectado con el internacional, se expone una mirada de la actividad constructora que integra clima, confort, agua y energía, y, con mayores fundamentos técnicos y políticos, aborda la necesidad imperante de concebir la materialidad de los proyectos desde un modelo no lineal, reflexivo, en el cual la valorización de los residuos es fundamental.

- **Los escombros**

Como material más confeccionado en la actualidad, el hormigón tiene una consideración importante en la reflexión que esta tesis sigue. De un lado, concreta la inferencia de que, dado que los agregados representan entre un 75 % y 85 % de la composición total, es posible inferir la posibilidad de recuperar dichos materiales pétreos; de otro, lo localiza en un lugar más allá del impacto ambiental que le endosa el modelo lineal mencionado, por cierto, poco reflexivo y bastante negativo; una perspectiva que lo valora como roca artificial susceptible de propiciar resguardo, confort y alegría. ¿Cuántas de nuestras mejores conversaciones, clases o celebraciones no ocurren bajo el abrigo de una construcción basada en el soporte de estructuras y muros de hormigón? Material pétreo reconciliador, que deviene en resurrección del escombro, del agua lluvia vista como generadora de vida –la hidrólisis del cemento– (Medina, C., y Bedoya, C., 2016a) y de la textura parda de su piel porosa. En palabras de Dagognet,

“Y en efecto, el guijarro más tosco o el mineral bruto remiten claramente al hombre; es más: es el hombre el que los aísla, los trabaja y ayuda a reconocerlos; les da forma y haciéndolo se confecciona a sí mismo (homo Faber)”.

(Dagognet, F., 2002).

Los escombros son residuos resultantes de procesos de construcción y demolición, tanto de edificios como de infraestructura. “(...) están constituidos, principalmente,

por residuos de concreto, asfaltos, bloques, arenas, gravas, ladrillo, tierra y barro, representando estos hasta un 50% o más. (...) Como se verá a continuación, en la actualidad lo que se recupera de estos es un porcentaje sumamente bajo” (UICN, 2011), lo que representa un problema ambiental y social para las comunidades, que afecta o desafía el comportamiento político-administrativo en aras de esta discusión. Los resultados de las encuestas relacionadas están en consonancia con los problemas centrales enunciados en esta tesis, particularmente, en el capítulo 2, donde se señaló que el escombro es tratado con prejuicio, que se considera como algo sin valor, que se le sepulta anticipadamente y que se le niega la posibilidad de ser tratado como una nueva materia prima, susceptible de reconocimiento estético. Es decir, que el detritus continúa siendo algo material que, desde Platón, está en un nivel inferior a las ideas:

“en la sociedad contemporánea, hiper-higienista, las mayorías se lanzan a la guerra contra los residuos de toda naturaleza, (...) Pero, ¿no es volver a ese platonismo que hemos combatido (el que rechaza el barro, la mugre, la escoria)?”

(Dagognet, F., 2002, p. 52).

Llevar al detritus pétreo al vertedero es muy barato en ciudades como Medellín y Cali. Olvidarse de él es más sencillo que ocuparse de él. Por lo que hay dos situaciones que actúan en contra de la re-significación del escombro: los bajos costos tanto de la adquisición del agregado natural como de la disposición de los RCD. Dura competencia, porque nuestras laderas y valles tienen vetas de rocas y escombreras de fácil acceso y distancias cortas, por lo que la dificultad y la carestía en ambos casos no son algo crítico. Si se compara con el caso de Suiza se entenderá por qué a nuestro escombro y a nuestro hormigón reciclado les queda tan difícil abrirse camino, que no imposible. En su tesis de ingeniería y maestría ambiental, titulada “*Oferta y demanda de recursos minerales secundarios en Medellín, Colombia. Un modelo dinámico*”, el ingeniero Daniel Ott, expone las dificultades a las que se enfrenta la Comunidad Helvética para obtener materias

primas nuevas, como agregados finos y gruesos para producir hormigón, y también para disponer los RCD (Ott, D., 2006).

Las opciones para las empresas constructoras suizas son: importar agregados desde otros países y disponer los RCD también en otros países, lo que implica que el metro cúbico de uno y otro llegue a su destino final con los costos incorporados del transporte internacional. También es de aclarar que las leyes ambientales helvéticas son estrictas y regulan tanto la extracción de materias primas no renovables como la disposición de residuos, por lo que el metro cúbico de arenas y gravas se eleva considerablemente, y con él, el costo final del hormigón; así mismo, el costo de disposición del metro cúbico de RCD se vuelve oneroso. Al final de la ecuación se tiene, un material muy consumido en edificaciones e infraestructura (el hormigón) con un costo poco o nada competitivo en el medio, pero culturalmente difícil de reemplazar. Este panorama que combina la necesidad y una institucionalidad que hace cumplir la normatividad ambiental, hacen que el detritus adquiera un valor potencial en la sociedad suiza, que el escombro y la roca artificial reciclada sean altamente atractivos y demandados.

3.3 Materias y materiales como representación del habitar reflexivo (naturaleza)

El escombro que yace vertido en el lecho del charco desecado proyecta texturas y colores que, junto a la dureza percibida por los sonidos emitidos al chocarse entre sí las piedras, los morteros y los cerámicos, dejan ver que todavía permanecen allí las características de resistencia y fragilidad de la roca inicial. Los polvos minúsculos, micrométricos, anuncian la capacidad de activación cementante posible de lograrse por medio de la física y la química. Y el agua que no conoce espacios entre sus moléculas, incompresible, se muestra dispuesta para la vida, aunque irónicamente la hayan expulsado del recipiente natural que la contenía en un equilibrio dinámico de profundidad y renovación permanente.

- **Las arenas y las gravas**

Consideradas inertes, las arenas y las gravas son empleadas en el hormigón como relleno, y como ya se dijo, suelen ocupar entre el 75 % y 85 % del volumen total. Claro, si toda la mezcla se hiciera solo con cemento, su costo sería 4,2 veces más alto, convirtiendo al material compuesto en un producto problemático para la construcción, pues está presente desde los cimientos hasta la última losa, entonces su ponderación en el costo total de la obra sería dramática. Sin embargo, tratarles de relleno porque su costo es del orden de quince veces menos que el del cemento hidráulico tipo Portland supone ya un trato peyorativo, en tanto que no se conoce la posibilidad que tienen de comportarse químicamente como un cuerpo que microscópicamente es inquieto. Pero en el caso de las arenas y las gravas recicladas su prejuicio es aún mayor, ya han perdido la gracia de la novedad y competir en costo con sus homólogas naturales provenientes de la extracción primaria es una pelea con gran desventaja.

Y nuestras arenas y gravas recicladas, ¿son diferentes?, ¿están menos preparadas para saltar a la vida de un nuevo hormigón? Para nada, son iguales en cuanto a su valor intrínseco y microestructura, pues las materias primas para la confección de una mezcla son casi idénticas en cualquier parte del mundo (Ver fotos 14 y 15).



Fotografía 14. Arena reciclada obtenida de escombros en Sabaneta, Colombia.
Fuente: Valderrama, N. (2023).



Fotografía 15. Grava reciclada obtenida de escombros en Sabaneta, Colombia.
Fuente: Valderrama, N. (2023).

Pero no todo es favorable para las materias primas recicladas, pues, de un lado, las quijadas de tungsteno de las trituradoras machacan, golpean a los cuescos, pero como estos ya no son sólo roca de cantera o de canto rodado, muy duras, resistentes, sino que también son pedazos de ladrillo y mortero fracturados por la demolición, experimentan mayor número de fracturas microscópicas que se vuelven espacios lineales y profundos; de otro, presentan mayor porosidad en su masa. No en vano, además de agregados, también suele llamárseles áridos. Ambos fenómenos conducen a que el consumo de agua sea mayor para la nueva preparación, cuatro o cinco veces más que las naturales, para poder llenar el espacio de sus poros y vacíos, con el fin de no afectar la hidratación del cemento al momento de confeccionar la mezcla. Pero esta condición desfavorable pasa a ser menor si se le compara con los beneficios ambientales positivos de minimizar la extracción de la roca inicial y la disposición y olvido del cuesco.

Las normas técnicas mundiales nos dicen que a los agregados hay que verterlos en un recipiente saturado de agua, para que por un lapso de 24 horas sacien su sed. El porcentaje de agua absorbida en ese tiempo es el que hay que sumar con el requerido por el cemento para hidratarse y formar el gel y la pasta que abrazarán

a todos los miembros de ese nuevo cuerpo. Pero, ¡vaya sorpresa nos asesta el cuesco valorizado!, pues al momento de mezclar los componentes obtenemos una mezcla gris casi líquida, que nos asusta y nos defrauda, ya que de entrada nos damos cuenta de que no hay coherencia entre su comportamiento en el ensayo y su desempeño en el acto de crear la roca artificial de hormigón. No se ha dado un material pastoso, lento en su desplazamiento, sino casi un líquido, que, si bien se dejará colocar en el molde con facilidad, vaporizará con el calor de la hidratación el agua sobrante, llenando de burbujitas la matriz de la roca, que una vez endurecida, se reconoce altamente porosa. A mayor cantidad de espacios vacíos, menor es su resistencia a la compresión y también su durabilidad, pues el dióxido de carbono encuentra en esos poros la oportunidad para alojarse y caminar por conductos microscópicos hacia el interior de la roca artificial, despasivando al acero. Esta patología se resuelve, tanto en el hormigón reciclado como en el convencional, con diseños de mezclas que generen mayor compacidad de los componentes, y empleando algunas veces aditivos que mejoran la reología.

Los escombros, una vez reciclados, se rebelan como si no quisieran cooperar con su propia resurrección por la que tanto se hemos apostado. Pero en realidad nos hablan, nos reclaman que los hemos observado de la manera equivocada, o, cuando menos, que no les reconocemos la capacidad de asombrarnos. Se ha calificado al cuesco como ser inerte, pero se comporta muy diferente a lo que ese prejuicio sugiere. Nos invita a re-conocerlo diferente. El escombros particulado es sumergido de nuevo en el recipiente con agua, pero hemos decidido acompañarlo durante las 24 horas del ensayo. En las primeras horas se comporta igual que el agregado natural, pero luego de superar la mitad del tiempo total comenzamos a notar su particularidad, que nos asombra. El escombros ya en su proceso de valorización sigue calmando su sed de agua; y lo descubrimos cuando al compararlo con la muestra de agregado natural que está a su lado, vemos que del reciclado emanan de vez en cuando burbujas de aire que llegan hasta la superficie. Sus fisuras y sus poros producto del machaqueo de las trituradoras son ocupados persistentemente por el agua que, ayudada por su delgadez y la columna de

presión a causa de la fuerza de la gravedad, ingresa eficazmente y se aloja en el espacio que antes ocupaba el aire.

Así que hemos descubierto esa diferencia de comportamiento entre las mezclas naturales y las recicladas de hormigón, en cuanto a su fluidez y exceso de agua en su superficie se refiere, como una especie de escorrentía provocada por la lluvia sobre el asfalto o el concreto. En efecto, las partículas naturales y las recicladas calman su sed, pero las primeras lo hacen en poco tiempo, por eso al momento de confeccionar la mezcla el agua calculada no sobra, es apenas la ideal para saciar a las arenas y gravas y para hidratar al cemento portland; en cambio las segundas calman su sed inicial, desesperante, en pocos minutos, y luego requieren de la lentitud para llevar el líquido hasta sus zonas más profundas, por eso el agua calculada en el ensayo de absorción para los pétreos reciclados es tan alta, pero exagerada para un tiempo de pocos minutos que es lo que dura la confección del nuevo hormigón. Es lo que en 1998 denominamos “incoherencia entre el agua del ensayo de absorción y el agua de mezclado” (Bedoya, C., 1998).



Fotografía 16. Agregado grueso natural (izq.); agregado grueso reciclado (der.).
Fuente: Bedoya, C., (2021); Valderrama, N., (2023).

En la fotografía 16, se muestra una comparación entre las gravas naturales y las recicladas. En las primeras, se mezclan las formas de aquellas obtenidas de lagos (cantos rodados) con las que se extraen de las canteras (angulosas), en tanto que,

en las segundas, prima la forma angulosa. También se diferencian en su textura, las naturales presentan caras más lisas y las segundas más porosas.

En otras palabras, la relación entre la forma y el interior del agregado reciclado es la que permite explicar la coherencia entre el agua de absorción y de mezclado. Cuando la grava reciclada se satura de agua, simulando un proceso de mezclado real en cuanto a la duración, calma su sed inicial. Aunque todavía mayor que la absorbida por los agregados naturales, esta nueva cantidad de agua, menor que la del primer ensayo, no generó esa escorrentía tan dañina para la resistencia y la durabilidad de la nueva mezcla. Su comportamiento estuvo acorde a la consistencia exigida por las normas en cuanto a su trabajabilidad (Bedoya, C., Santa, C. and Mejía, C., 2023). Así, la colocación en los moldes para los ensayos posteriores de resistencia y durabilidad se presentó idónea.



Fotografía 17. Ensayo de trabajabilidad del hormigón fresco, usando cono de Bedoya (izq.) y cono de Abrams (der.). Fuente: Unimedios (2019).

Luego de encontrar la cantidad coherente de agua para el mezclado, y que los límites de presencia de materia orgánica fueron halagüeños, los agregados reciclados estuvieron dispuestos para una nueva mezcla de hormigón.

- **Los escombros cerámicos y las cenizas residuales**

Los escombros cerámicos y las cenizas residuales de la combustión del carbón, aparentemente inertes y aburridas, guardan un potencial de vida e inestabilidad.

Los primeros de color naranja intenso y las segundas iguales en apariencia al cemento portland, llevan consigo el potencial de un nuevo material más vivo y valioso, pero necesitan de la física para lograrlo, deben ser reducidos porque, en palabras de Christopher Preston:

“el simple acto de encoger los materiales crea una realidad completamente nueva y apasionante. Hay una serie de verdades físicas elementales que sustentan esta especie de brujería y que son muy iluminadoras, sin que sea necesario tener un doctorado en física teórica para entenderlo.”

(Preston, C., 2021, p. 37).

Miremos, antes de darle paso a la “brujería de los materiales”, unas imágenes de la apariencia externa de estos dos detritus.



Fotografía 19. Escombros de ladrillo cerámico.

Fuente: https://es.123rf.com/photo_30452163_pila-de-escombros-de-ladrillos-despu%C3%A9s-de-la-demolici%C3%B3n-de-una-casa.html (2023).

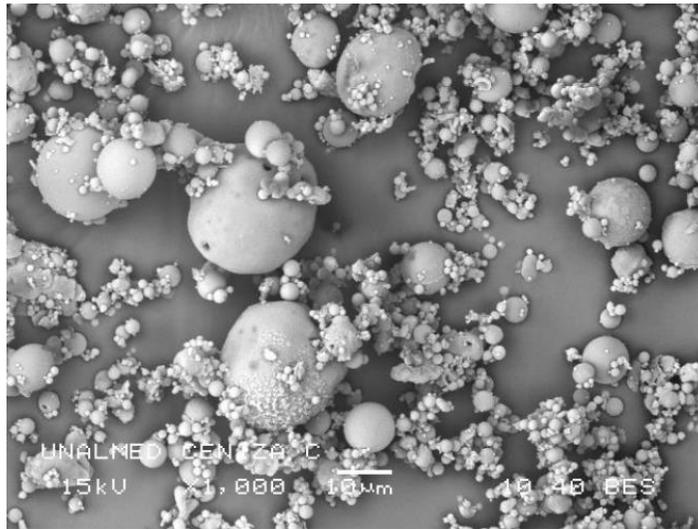


Fotografía 20. Cenizas volantes (Fly Ash) de carbón.
Fuente: <https://www.civilengineeringforum.me/production-fly-ash/> (2023).

El tono naranja del ladrillo pareciera emitir el color de la llama para la cocción de la arcilla pastosa; mientras que el gris de las cenizas nos remite al cemento portland, idéntico en textura y tamaño a escala del ojo humano. Sin embargo, vamos a encogerlos, a llevarlos a tamaños inimaginables para la mente y el ojo humano, para descubrir las formas, texturas y potenciales que esconden tras su apariencia visible (Fotos 19 y 20).



Fotografía 21. Polvo de escombros de ladrillos molidos.
Fuente: Mejía, C. (2017).



Fotografía 22. Cenizas volantes (Fly Ash) de carbón.
Fuente: Tobón, J. I. en Yepes, O., Bedoya, C., Gómez, J. (2012).

Los escombros y las cenizas han cambiado de forma, tamaño y textura, por eso, tal como lo podemos ver en las fotografías 21 y 22, los cuescos naranjas y los granos grises han migrado al tamaño del grano y del polvillo respectivamente; ambos han mermado significativamente su diámetro, pero al mismo tiempo han aumentado la relación entre su superficie y su volumen. Ello quiere decir que al disminuir sus tamaños estos materiales tienden a presentar su mayor proporción en la superficie, y es en esta zona donde las reacciones entre sustancias químicas tienen lugar o se producen. Preston nuevamente nos lo explica didáctica y magistralmente:

“Así, con toda el área superficial expuesta, una porción mayor del material en cuestión está a mano para participar en una serie de reacciones. Y son estas reacciones las que posibilitan la aparición de cosas realmente interesantes.”

(Preston, C., 2021, p. 37).

Y dentro de las cosas interesantes que aparecen en nuestro caso, está el potencial de activación del cerámico y de las cenizas como un cementante. Mientras que al cemento portland, su tamaño de 50 micras le es favorable para reaccionar con el agua, a las cenizas, como las de la fotografía 22, con tamaños de diez micras se les alborota su hiperactividad superficial y, ayudadas por uno que otro hidróxido sódico, se activan alcalinamente hasta generar cadenas poliméricas que podrán abrazar a los agregados y petrificar la mezcla inicialmente pastosa (Yepes, O., Bedoya, C., y Gómez, J.; 2012). De esta manera, se aprovecha la inestabilidad microscópica que el material, aparentemente inerte y aburrido, tiene dentro de sí como potencia matérica. En la caracterización por medio de difracción de rayos X (DRX) se puede identificar la inestabilidad o posibilidad de estabilización de una materia prima. Los picos anuncian una “brujería” físico química (Figura 2).

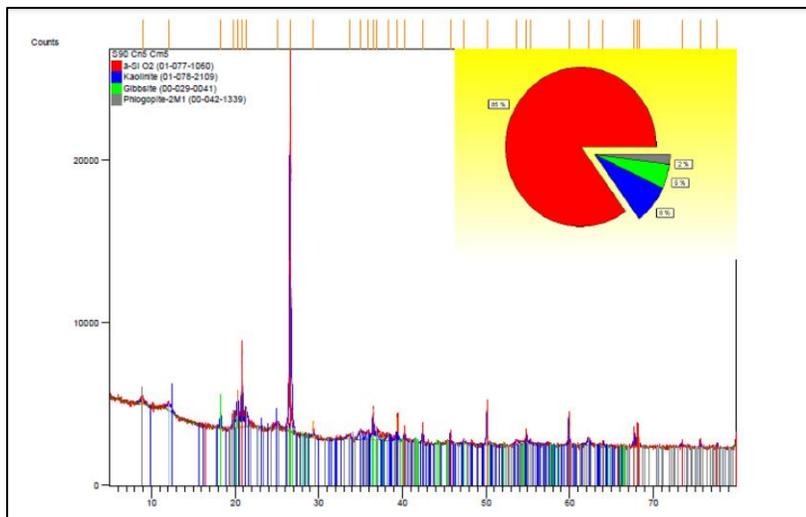


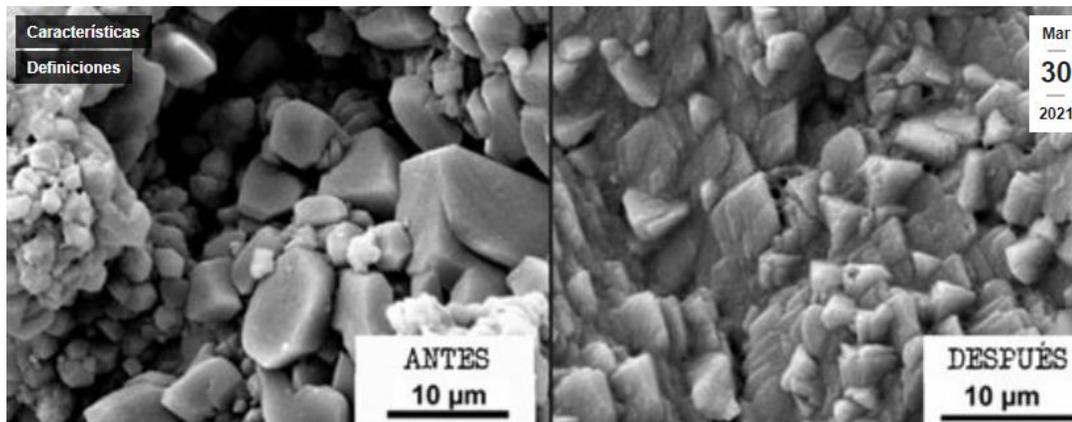
Figura 2. DRX de un RCD limo-arcilloso con caolinita.
Fuente: Yepes, O., Bedoya, C., Gómez, J. (2012).

- **El cemento**

El cemento hidráulico “es un material inorgánico finamente pulverizado, que, al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava, asbesto u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso bajo el agua, en virtud de sus reacciones químicas durante la hidratación, y que, una vez

endurecido, conserva su resistencia y su estabilidad” (CIMYC, 2009). Cabe decir que el nombre genérico y comúnmente aceptado por los usuarios es “cemento”.

Increíble que un material que parece un polvillo inerte e impalpable al tacto de nuestras manos pueda brindarnos tanta actividad. Así es el cemento portland, con el que hemos recorrido algunas de estas páginas. Ese mineral “mágico” que endurece ante la mirada del niño que va hacia la escuela, y que se vuelve roca artificial, es paradójicamente producto de la conminución de una roca natural. La caliza y la arcilla calcinadas son molidas hasta tamaños diminutos, en promedio, de unas 50 micras. Con este tamaño se logra que, en su superficie, una vez entra en contacto con el agua, se genere un gel que es “el responsable de la armazón interna de la pasta de cemento, de la adherencia de ésta con los áridos en los morteros y hormigones y, en definitiva, de la resistencia mecánica (...)” (Giraldo, M. y Tobón, J., 2006, p. 70). ¡Hay vida en el grano del cemento! Celebremos el nacimiento de la portlandita que mantiene estable el pH del material, de la tobermorita gelatinosa que conglo merata como un abrazo y de la etringita cuyos cristales alargados le dan cohesión al cemento mismo.



Fotografía 18. Cristales de cemento hidratado.

Fuente: <https://cetesa.com.co/blog/propiedades-quimicas-del-cemento/> (2023).

Inicialmente los granos del cemento y los agregados parecen estar muy juntos, pero no están unidos. El material conglomerante es el que logra cubrir la mayor parte de la superficie de las arenas y las gravas, y una vez que el agua llega, se

activa su potencial gelatinoso y cristalino. Cuando el agua es recibida por tanta aridez, la fiebre de la hidratación comienza y con ella la transformación de lo junto a lo unido: la matriz cementante abraza a los agregados reciclados.

Pero este fenómeno hidratante que parece mostrarse tan bello a nuestros ojos, es, contrario a esto, muy mal visto por mucha parte de la población mundial que desde hace décadas ha declarado que es necesario disminuir la huella de carbono, entre otros problemas ambientales y sociales. No es para menos, hay que entender por qué tanta aversión hacia el cemento y hacia el hormigón, pues la realidad es que, desde una mirada de producción lineal, poco reflexiva, para producir el primero se requiere de la extracción de materias primas no renovables, y se genera una emisión de CO₂ en proporción 1 a 1; es decir que por cada parte de cemento producido se emite en promedio una parte de dióxido de carbono a la atmósfera (Pedroza, Y., Arenas, Y., 2019, p.8-9). El hormigón por su parte, no sólo se compone de cemento, sino que además adiciona a su volumen los agregados no renovables, y consume agua. La verdad, es entendible tanta animadversión de la sociedad actual hacia este material.

- ***El agua***

Ahora es el turno del líquido que entrará en acción y mojará todos los componentes, hidratando arenas, gravas y cementantes hasta lograr la mezcla pastosa que anuncia la creación de una roca artificial y antrópica. Y aunque parezca que cualquier tipo de agua es apta para humedecer la mezcla y producir un hormigón, no es así, o por lo menos no para la confección de un material de óptimo desempeño en resistencia y durabilidad. A este líquido se le exige que cumpla con ciertos parámetros físico-químicos para que luego del fraguado y del endurecimiento no se presenten reacciones químicas que afecten negativamente la estabilidad del material. Así que los sulfatos, los cloruros y el pH deben estar en los rangos admisibles por las normas técnicas para poder viabilizar el agua como un componente del hormigón.

Démosle también aquí la oportunidad a un elemento que cada vez es más perjudicado a nivel planetario: el agua lluvia. En las zonas urbanizadas se trata como escorrentía, “perjudicial”, ya que en pocos minutos forma arroyos y borrascas que son capaces de arrastrar personas y vehículos; porque donde antes hubo suelo vegetal, capaz de filtrar y contener las gotas de agua condensadas, ahora hay asfalto, tejados cerámicos, láminas metálicas y hormigón: el suelo se ha ido petrificando e impermeabilizando. La gota de agua que antes caía sobre la cresta de la serranía en Medellín, se filtraba y generaba vida vegetal y animal, ahora cae y encuentra una superficie que, aunque porosa, no tiene la capacidad filtrante del suelo vegetal, entonces satura rápidamente la superficie endurecida y rueda loma abajo para acumularse en el valle hasta inundarlo. Pero esto no es culpa del agua. Como tampoco es culpable de que se le busque tanto para los procesos de construcción en todo el mundo por su capacidad de generar reacciones exotérmicas en materiales pulverulentos, como es el caso de la hidratación del cemento. Pobre elemento tan injustamente perjudicado: causa borrascas y compite con la vida de plantas, animales y personas en pro de la confección de materiales y de la generación de procesos productivos.

Pero al igual que al escombros, dotemos al agua lluvia de una potencial utilidad y belleza, recibámosla con aprecio para que nos devuelva recíprocamente la virtud de hidratar al yeso y al cemento para generar un hormigón reflexivo, racional, que nos conmueva en resistencia y belleza. Por sus propiedades, el agua lluvia es un elemento clave en la reacción bullente de partículas minúsculas, granos y piedras que quieren estabilizarse para dar paso a la formación de nuestra roca artificial: el hormigón reciclado.



Fotografía 23. Toma de muestra de agua lluvia, I.U. Colegio Mayor de Antioquia, Medellín.
Fuente: Medina, C. (2012).



Fotografía 24. Muestra del agua lluvia para caracterización en laboratorio.
Fuente: Medina, C. (2012).

Salvo un poco de turbiedad, no hay otra cosa que nos indique que esta agua recogida de los techos de una edificación es indeseable. Su transparencia es prometedora. Los resultados arrojados por los ensayos del laboratorio muestran que los sulfatos, los cloruros y el pH están dentro de los rangos permitidos (Tabla 1). El agua que no resistió más ser nube ahora es apta para un nuevo proceso.

Parámetro	Aguas Lluvia (mg/L)	Agua Potabilizada (mg/L)	NTC 3459 (mg/L)
Sulfatos	5,00	12,00	1 000
Cloruros	16,30	19,50	1 000
pH	5,10	6,80	≥ 5

Tabla 1. Resultados de laboratorio del agua lluvia.
Fuente: Medina, C. y Bedoya, C. (2012).

• **La mezcla**

Ahora damos el paso a la mezcla de agregados reciclados sedientos, de cementos que combinan el clinker y la puzolana con el agua lluvia que entrará a hacer su hidratación bullente. Entonces confeccionamos la pasta que fraguará y endurecerá para crear un nuevo hormigón que es fruto de la sublevación del escombros. Y deberá ser tan resistente y durable, tan bello cual roca moldeada, como lo fueron los anteriores hormigones que desechados y triturados convergen en él. Por lo tanto, una vez que se ha vertido en los moldes la mezcla reciclada pastosa, queda esperar que se petrifiquen para llevarlos al tanque donde se curarán en agua con cal durante varios días, y de allí serán extraídos para luego someterlos a una fuerza de compresión inmisericorde, pero portadora tal vez de buenas noticias que anunciarán el tránsito hacia un nuevo material (Fotos 26 a 33).



Fotos 26 y 27. Escombros en el campus UNAL sede El Volador, transformados en agregados reciclados en el CIMEX.

Fuente: Bedoya, C. (2013).



Fotos 28 y 29. Confección de hormigón reciclado en el laboratorio de Construcción de la UNAL sede Medellín. Fuente: Bedoya, C. (2013).



Fotos 30 y 31. Probetas cilíndricas (fraguado y endurecido) para ensayos de resistencia y durabilidad. Fuente: Bedoya, C. (2013).



Fotos 32 y 33. Probetas en tanque de curado; ensayo de resistencia a compresión en el laboratorio del bloque M1 de la UNAL. Fuente: Bedoya, C. (2013).

El escombro, bien sea piedra natural o cuesco de la pasta de mortero triturado, al ser embebido nuevamente en una matriz cementante de hormigón reciclado, se resiste a la muerte, se opone a la sepultura en la escombrera. El cemento que recibe al agua para activarse pide con fuerza la cristalización, y en su fiebre ascendente aglutina a las arenas y a las gravas que vuelven a una nueva vida al haber sido recicladas. La pasta ha fraguado y endurecido, abrazando a los granos minúsculos y a las rocas en miniatura que ahora parecen una sola pieza: nace una nueva roca artificial devenida de la sublevación ante el olvido del detritus, y se asiste al rito de la resurrección; el hormigón reciclado simboliza la casi circularidad de la vida.

El hormigón, ahora reciclado, se presenta como una victoria, como un proto-viviente:

[...] Esta es evidentemente otra tesis, la que adoptamos, persuadida de que “lo que es” debe, tarde que temprano, buscar continuar en el ser en virtud de la tendencia del ser a preservar en el ser; se trata aquí de un principio soberano que prolonga el “principio de inercia”. Y por esto mismo, la materia anula su propia deficiencia y logra imponerse: el proto-viviente constituye sin duda el primer pilar de esta victoria, lo que le asegura una relativa autonomía o al menos nos importa como estabilidad que perdura, que solo cesará después de haber resistido (la vida, según Bichat, es el conjunto de condiciones que se oponen a la muerte”).

(Dagognet, F., 2002).

- **Las pruebas**

Llega la hora de saber si estos cilindros de roca artificial reciclada, resucitada, estarán en condiciones de brindar las capacidades físico-químicas, mecánicas y estéticas para una nueva materialización. Las gráficas y curvas de la resistencia, las imágenes microscópicas y las sondas químicas ahora tienen la palabra. Para ello, durante varios años se han confeccionado mezclas de hormigón de referencia, es decir, con agregados naturales, cemento portland y agua potabilizada, la cual

será el punto de comparación. Pruebas con reemplazos de agregados reciclados en porcentajes del 25 %, 50 % y 100 %, muestran que la oposición de las mezclas a dejarse comprimir por las prensas hidráulicas es maravillosa. Las resistencias a compresión están dentro del rango exigido por las normas técnicas y de sismo resistencia aun sustituyendo la mitad de las arenas y de las gravas por escombros reciclados. Y, a medida que avanza el tiempo, las muestras de hormigón no decrecen en su desempeño. (Ver figura 3).

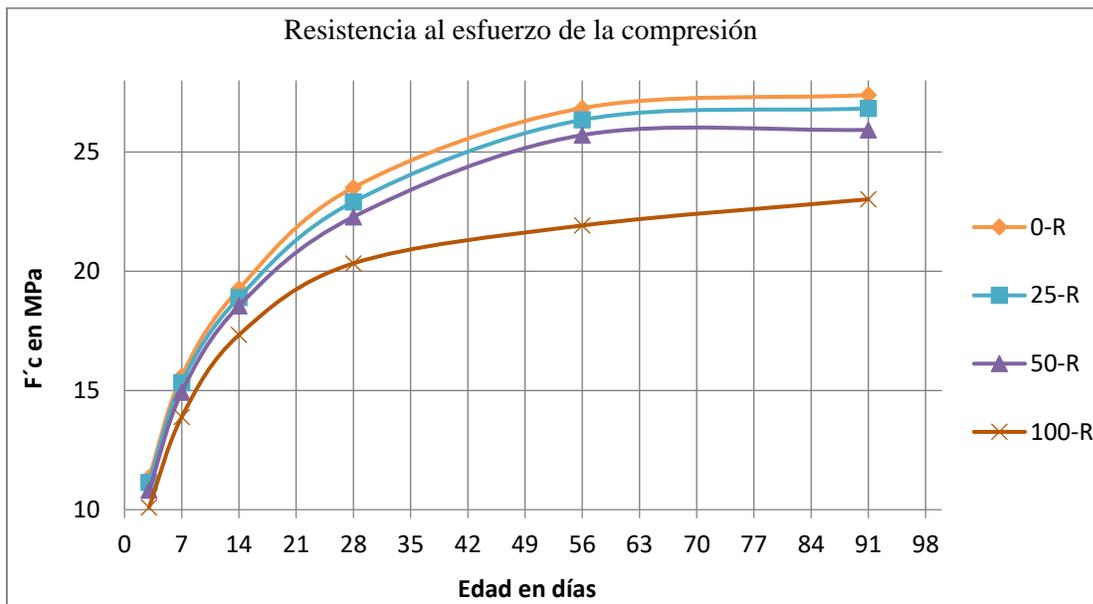
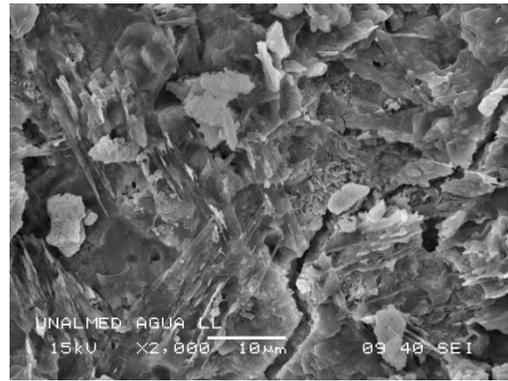
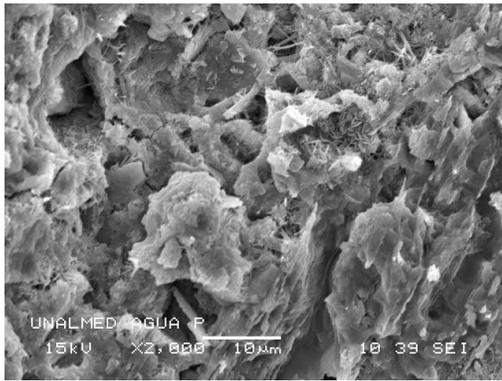


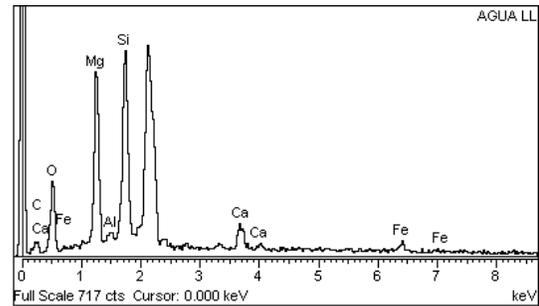
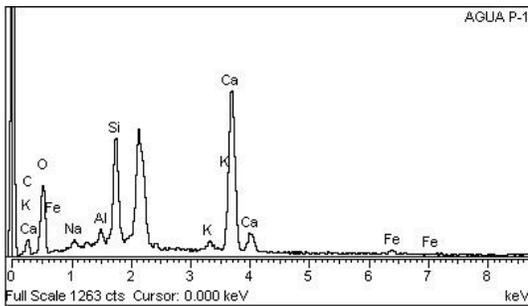
Figura 3. Resistencias y edades de mezclas de concreto.

Fuente: Bedoya, C. (2015), en Revista RICUC <https://doi.org/10.4067/S0718-50732015000200002>

Su desempeño mecánico nos alienta a permanecer en el optimismo matérico. ¿Qué nos dicen entonces las pruebas que se meten en el interior de la estructura del nuevo material? Allí también hay tensión, pues de la microestructura dependerá la durabilidad y estabilidad de la nueva roca. (Ver figuras 4 a 7).



Figuras 4 y 5. Microscopías de barrido electrónico (SEM) a 2000X. Agua potabilizada y agua lluvia. Fuente: Medina, C. y Bedoya, C. (2013).



Figuras 6 y 7. Análisis químico por SEM. Agua potabilizada y agua lluvia. Fuente: Medina, C. y Bedoya, C. (2013).

Las imágenes de la microscopía de barrido electrónico dicen que hay un nuevo hormigón cuya estructura química no se afecta negativamente por la presencia de agregados reciclados, cenizas industriales y agua lluvia en su composición. Y tampoco decrece su calidad en cuanto a textura y color; por el contrario, los trocitos de gres, de ladrillos o pocillos coloridos descartados en la industria cerámica, que se asoman en la superficie de esta nueva roca artificial, adquieren una valoración estética que es bienvenida por arquitectos y habitantes (Foto 34).



Fotografía 34. Superficies de hormigón reciclado; EMPA, Suiza.
Fuente: Bedoya, C. (2010).

En este devenir, la roca artificial reciclada existe con nosotros. El escombro tirado en el interior de lo que antes fue un “charco” para el disfrute de infantes y adolescentes, es hoy un elemento bienvenido para la composición del hormigón. Los residuos industriales considerados especiales y peligrosos, al igual que los escombros, han encontrado una nueva aceptación en la tecnología moderna del hormigón, y las cenizas volantes, tan bellas en forma y color, responden al gesto resurreccionista con una mayor compacidad y densidad, protegiendo el interior del armazón férreo de la agresividad de los aires carbonatados que oxidan y corroen. Y las gotas que se vierten desde las nubes, en su caída libre y acelerada encuentran la oportunidad de hidratar sólidos ávidos de ella.

3.4 Conclusión capitular

Los principios físico-químicos mantuvieron su esencia, pero supieron erigir una nueva materialidad que reivindica nuestra comunión con la Tierra. La materia, las cosas, los objetos, son inherentes al ser humano y a su acervo cultural.

“Las cosas y los objetos han recorrido un largo camino junto a la especie humana, han cambiado según los tiempos, los lugares y las modalidades de elaboración y

han estado investidos de valores y sentidos; de ellos han dependido tradiciones diversas.”

(Gutiérrez, J. F., 2017, p. 50).

Parfraseando al profesor Gutiérrez, podría decirse que el hormigón ha recorrido un importante camino junto a nuestra especie, y ahora reciclado, puede ser investido de un nuevo valor y sentido: la belleza del tránsito del residuo al material.

4. Construcción, naturaleza y cultura

4.1 El equilibrio dinámico o la metaestabilidad del sistema

Equilibrio dinámico

Suele pensarse o darse por hecho que el concepto de equilibrio o de estabilidad significa ausencia de movimiento o de intercambio de masa y energía, tal vez porque esta es la parte del equilibrio o de la estabilidad que más se conoce y se difunde, en muchas ocasiones como una metáfora inadecuada del comportamiento de los sistemas cerrados. Sin embargo, la imagen se altera cuando se considera un sistema abierto como el organismo de los seres vivos, por ejemplo, el nuestro, en el cual se da un intercambio permanente de materias y energía a manera de Inputs y Outputs (Odum, H. T., 1980). A diario ingerimos alimentos y energía, pero nuestro peso, asumiendo que comemos y bebemos lo necesario para estar saludables, se mantiene igual. Aunque parece obvio, habría que explicar qué parte de esos alimentos, bebidas y energía que ingerimos se convierte en masa muscular, huesos, cabello, etc. Pero también otra parte se expulsa de nuestro sistema a manera de orines, sudor, excretas, entre otros. Al final del día la ecuación es un balance ideal de entradas y salidas, por lo que nuestra masa y peso son constantes. Esta última, es una buena perspectiva para considerar a qué se hace referencia cuando se habla de equilibrio dinámico.

Otra manera para explicarlo, puede ser considerar la combustión de un hidrocarburo para mover un vehículo automotor. El tanque que alberga el combustible fósil en estado líquido está diseñado para no ser llenado en toda su capacidad, pues debe quedar un espacio libre para que se dé la vaporización del combustible y este pueda ingresar a los inyectores para mezclarse con el oxígeno,

y poder generar una mezcla inflamable. Allí, unas moléculas líquidas con más energía pasan a la fase de vapor, mientras que otras moléculas gaseosas la pierden y se condensan. Lo importante es que la cantidad de moléculas evaporadas sea igual a la cantidad de moléculas que se condensan, permitiendo así un equilibrio dinámico (grupoblascabrera.org, 2023), que depende del volumen diseñado y construido del tanque. Por eso no se debe “requintar” cuando se hace el llenado de combustible en las estaciones de servicio, pues se estaría afectando el volumen requerido para que ese intercambio de fases del combustible sea óptimo.

Por su parte, en su texto titulado *Nonorganic Life*, publicado en el libro *Incorporations*, Manuel De Landa expone una concepción de sistema abierto, contrario a los sistemas lineales en el que los flujos de materia y energía se mueven a través de él, lo atraviesan, abriendo paso a una nueva posibilidad que denomina “*a dynamic equilibrium*.”, un equilibrio dinámico (De Landa, 1992, p. 129). En este tipo de sistemas, los flujos de materiales y energía adquieren un dinamismo potencial y un estado abierto al cambio. Si bien se ha ejemplificado estos conceptos –sistema abierto y equilibrio dinámico– con el organismo del ser humano y la vaporización/condensación del combustible fósil en el tanque de un vehículo, también es posible hacer referencia al escombros y al hormigón reciclado, ya que como se ha venido mostrando, en ellos subyace la rebeldía ante lo lineal.

Tal como lo hiciera a comienzos de los ochentas Howard Odum, De Landa se basa en la naturaleza para manifestar que en ella los sistemas son abiertos, y no cerrados, lineales y predecibles, o, en palabras de Willhelm Worringer, “estáticos”, “inexorables” y “eternos” (Boardman, 2018). Y es que estos adjetivos de De Landa y Worringer podrían confundirnos, pues, si hay algo que pareciera cumplir con ellos es el hormigón, ¿acaso no se le admira porque el Coliseo Romano, construido con cementos puzolánicos, tiene más de dos mil años de construido y sigue en pie? De hecho, lo que se busca al confeccionar un hormigón es que sea perenne, y que sus componentes sean estables, y procuren la roca artificial que nos supera en años

de vida. Pero resulta que no todas las construcciones son monumentales, por lo tanto, mucho del stock construido tiene una vida útil calculada y lo que hoy es pétreamente estable, mañana será modificado, demolido o deconstruido. Es ahí donde se da lo paradójico del sistema abierto no lineal, dispuesto al cambio, a la transformación, pero en un ambiente construido que tiende a la circularidad. El edificio demolido o deconstruido se convierte en escombros, que es materia prima para un nuevo edificio y por lo tanto no es echado a la escombrera. Las toneladas de hormigón natural pasan a ser escombros, luego este se convierte en arena y grava, para dar el paso a la confección de un nuevo hormigón reciclado y a la construcción de un nuevo edificio (Ver figura 8).

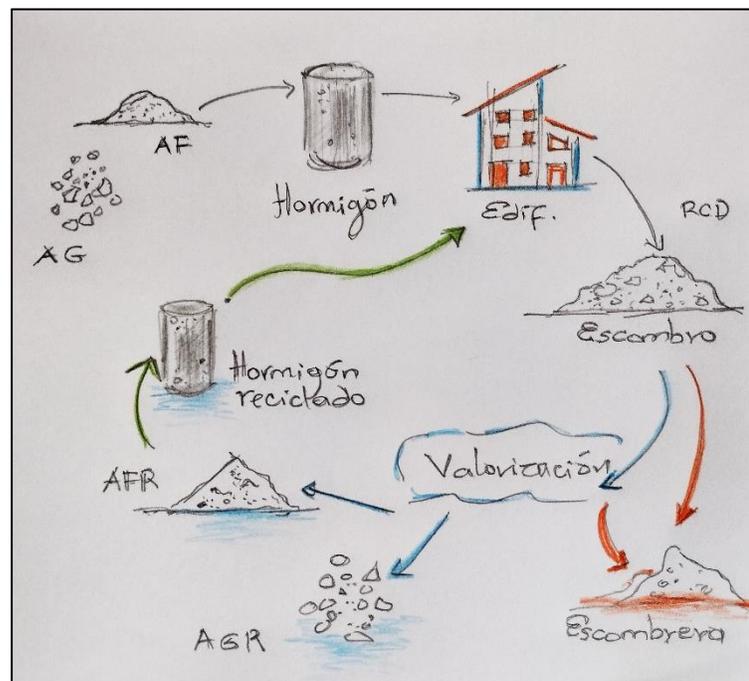


Figura 8. Esquema de equilibrio dinámico o semi-circularidad de los escombros y el hormigón.
Fuente: elaboración propia del autor, (2023).

Debemos, a pesar de la alegría que nos brinda la semi-circularidad de los materiales pétreos reciclados, ser cautelosos, pues este equilibrio dinámico tiene unos límites, o mejor, unas variables que lo condicionan, ya que algunas características intrínsecas de los agregados obtenidos del reciclaje de escombros se afectan negativamente, por ejemplo, la absorción de agua, la permeabilidad y la

micro fisuración. Estas características suelen aumentar al momento de reciclar los escombros, por lo que hay que emplear una mezcla de agregados reciclados con agregados naturales para no afectar cualidades tales como la resistencia al esfuerzo de compresión y la durabilidad. Pero esto no es una novedad en la teoría de sistemas, pues ya sabemos por medio de la entropía que los cuerpos y la energía tienden a degradarse, y que los sistemas ejemplo de reciprocidad materal y energética como los bosques, requieren del ingreso de un nuevo flujo de energía para no morir: por ejemplo, la radiación solar, que activa los metabolismos del bosque. Con cautela, puede celebrarse que se ha prescindido de un sistema de confección del hormigón lineal para darle paso a otro más reflexivo, tendiente a la no linealidad, y que con anticipación se ha denominado semi-autótrofo (Bedoya, C., 2003).

El equilibrio dinámico en nuestro caso, más que verlo representado en el intercambio de moléculas, se debe identificar en el ambiente construido. Es el caso de un edificio que deja de existir pero que una vez deconstruido y valorizados sus cuscos, da paso a un nuevo edificio; allí, las toneladas de escombros transformadas en materias primas no quisieron ser nuevas toneladas de desechos dispuestos en un vertedero, y no corresponden a las de suelo natural removido para obtener las arenas y gravas nuevas para producir el hormigón inicial. Al final, se obtiene un sistema que permite la reciprocidad entre sus componentes y está dispuesto a las modificaciones, como también al ingreso de flujos de energía y materiales nuevos que prolongan su existencia en condiciones dignas. Sin fundamentalismos, se apuesta por la rebeldía del escombros ante el olvido y por la configuración de un hormigón que recibe al cuscos sublevado; no nos negamos a recibir lo nuevo para dar continuidad al ejercicio del habitar.

La metaestabilidad del sistema

Si se observa tanto una columna de hormigón como un escombros, podría calificarse a ambos como cuerpos altamente estables: la columna porque ya es el hormigón que el molde contuvo (Simondon, 2009), y el escombros porque ha dejado de ser

roca artificial para ser detritus durable. Sin embargo, la dureza de ambos es también fragilidad, y con ello, se da la posibilidad de la activación o de la cristalización. Es decir, el proceso entrópico no ha llegado a su máximo (Montoya, J. W, 2004).

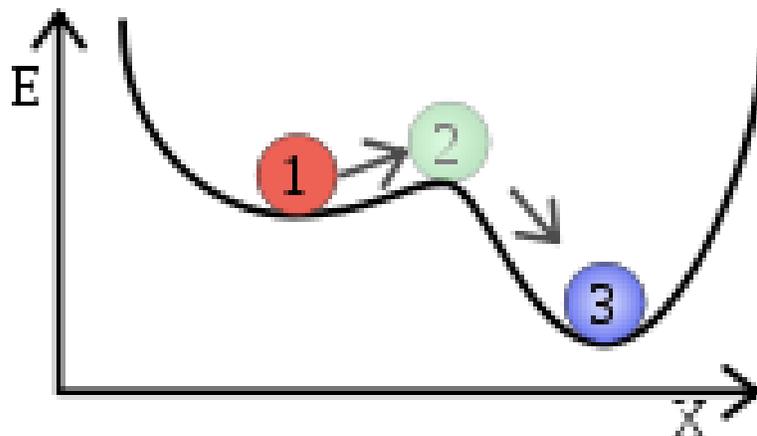


Figura 9. Evolución de un sistema metaestable.
Fuente: tomado de Montoya, J. W., notas de clase (2021-2022).

La figura 9 nos muestra tres tipos de sistema: 1) un sistema metaestable, con estado débilmente estable; 2) un sistema con un estado inestable o de transición; 3) un sistema con un estado altamente estable. Nuestro caso se ubica en el sistema 1, pues no es altamente estable como el 3, como tampoco es inestable o de transición inminente como el 2. Si se transporta el escombro a la posición de la esfera rosada número 1 de la gráfica, se entenderá que éste puede ser "movido" o "empujado" hasta llegar a un estado de transición; aunque también podría no recibir estímulo alguno y permanecer estático. Pero, ¿de cuál estímulo hablamos?: de la observación creativa y de la innovación profunda como actos de rebelión para salvar al objeto técnico. Como sugiere Simondon, en los objetos técnicos está lo humano; ellos, como señala Gutiérrez, han recorrido un largo camino junto a nuestra especie, por lo tanto, es el humano quien debe dar el paso para *mover* o desestabilizar al escombro.

Observar el cuesco de hormigón que yace es observarnos. Abandonarlo es abandonarnos. Salvarlo es salvarnos. Ahora queda *moverlo*, desestabilizarlo y acompañarlo en un nuevo proceso, pues en él, la entropía no ha llegado a su máximo, es un sistema en equilibrio. En el escombros subsiste la esperanza del desorden (Silvestrini, V., 1998). Se está ante un sistema que intercambia energía y materia con el ambiente circundante, de tal manera que observar el trozo de hormigón demolido como si fuera el inquilino incómodo de una escombrera, supone ya un primer paso; *moverlo* o sacarlo de allí es la energía circundante de intercambio que requiere la roca humanizada para ser desestabilizada en función de un nuevo ciclo; la máquina con sus quijadas de acero fundido de manganeso reversible trituran la pieza hasta llevarla a tamaños que van desde el centímetro hasta el micrómetro; y finalmente, cuando arenas y gravas recicladas se muestran dispuestas a la interacción, al movimiento, el cemento y el agua hacen su trabajo de conglomeración; las partículas del cemento se mueven y se calientan con la fiebre que la hidrólisis les genera, y en sus primeras horas y días forman cristales que abrazan a los granos y piedras que han vuelto a ser roca artificial.

¿Estable? En apariencia la nueva roca artificial es tan estable como una roca natural, como se requiere que sea para que nos procure abrigo (edificio), tránsito (puente), recorridos (camino), recreación (cancha), etc. Pero aún no ha llegado a su máximo nivel de entropía, en su interior y en su textura superficial queda la esperanza de que un nuevo ciclo puede darse en y con ella. El escombros y el hormigón reciclados han respondido a nuestra intención de sublevación, y nuestra mediación humana a través del gesto técnico del reciclaje, ha devenido en la salvación del objeto técnico mineral, pero que no inerte o carente de vida.

4.2 La valoración del escombros y del concreto reciclado como un acto político-administrativo (cultural)

La propuesta que esta tesis ofrece, privilegia el tránsito que se da *del residuo al material*, ya que es allí donde se produce el desfase tanto de los materiales como de las representaciones que los grupos humanos se hacen de residuos y

materiales. Ahora, si bien se privilegia esta mirada, el estado académico y técnico de la cuestión, ofrece un panorama a través de un conjunto de trabajos que destacan la presencia del escombros como protagonista de un nuevo espacio, y otros que identifican al hormigón reciclado como una materialidad moderna, tanto en el contexto nacional como internacional.

El escombros como nueva materia prima

La Segunda Guerra Mundial trajo consigo una visión nueva desde el cielo: los bombardeos (Paz, F., 2008). Cohetes y bombas que se dejaban caer desde las alturas apuntaban a los cascos urbanos, por lo tanto, las ciudades construidas con ladrillo y hormigón (petrificadas), se convirtieron en depósitos de escombros que recordarían la barbarie de la guerra. También aporrearían la memoria de los sobrevivientes que veían cómo sus edificios se habían convertido en ruinas. Gran parte de esos escombros, se componían de mezclas de concreto endurecido que, al quedar seccionados y explotados, dejaban ver en su estructura superficial un gran contenido de agregados gruesos. Esto llamó la atención de los investigadores y constructores, quienes vieron que podría ser factible incorporarlos como agregados en una nueva mezcla de concreto (Frondistou-Yannas, S.; 1981).

Es en la posguerra de 1945 que, ante esos millones de toneladas de residuos pétreos existentes en Alemania e Inglaterra principalmente, se emprende la línea de investigación en pro de la valorización de los escombros para confeccionar nuevas mezclas de hormigón. En la bibliografía científica se destacan países como Suiza, Bélgica, Alemania y Holanda, que han logrado llegar a tasas de reciclaje de entre el 60 % y 90 % de sus RCD. En Colombia por su parte, se presenta una creciente actividad en la confección de concretos con agregados reciclados; especialmente, en la producción de prefabricados de pequeño formato tipo ladrillos y adoquines. Las experiencias más visibles están en ciudades como Bogotá, Medellín y Cali (Ott, D., 2006).

La demolición da paso a los cuescos, pero no se mirarán como detritus o despojo insalvable, en ellos se aprecia la potencial vitalidad de una nueva materia prima que, nuevamente triturada y tamizada, da paso al material (ver fotografías 35 a 39).



Fotografía 35. RCD: escombro de concreto, mortero y ladrillo cerámico.
Fuente: Bedoya, C. (2022).



Fotografía 36. Trituración industrial de RCD.
Fuente: Bedoya, C. (2012).



Fotografía 37. Agregado grueso reciclado para hormigón; Dübendorf, Suiza.
Fuente: Bedoya, C. (2010).



Fotografía 38. Agregado fino reciclado para hormigón; Medellín, Colombia.
Fuente: Bedoya, C. (2010).



Fotografía 39. a) Bloques decorativos; b) bloques estructurales de hormigón reciclado Medellín, Colombia.
Fuente: Bedoya, C. (2012).

El escombros simbólico (memoria)

Los residuos de ladrillo y concreto provienen de materias primas que han sido confeccionadas mediante la transformación de arcillas y rocas en materiales durables y frágiles, empleando la técnica de hornos a temperaturas de 850 °C para los ladrillos y de 1450 °C para el cemento. Las investigaciones se concentraron principalmente en la trituración y clasificación de escombros para llevarlos a tamaños y formas de agregados gruesos (gravas) y finos (arenas). Pero, en el siglo XXI, se dan experiencias en el ámbito suramericano que abordan el escombros simbólico como oportunidad de preservar memoria y hallar belleza en el residuo, como el caso de Concepción, en Chile, donde los arquitectos Patricio Mora e Hilda Basoalto, luego del terremoto de 2010, desarrollaron su propuesta para recuperar los escombros de edificios patrimoniales o de alto significado para la comunidad desde una perspectiva simbólica (Basoalto, H. et al, 2010).



Figura 10. Muestra del libro sobre los escombros simbólicos en Concepción, Chile.
(Fuente: Bedoya, C.).



Figura 11. Muestra del libro sobre los escombros simbólicos en Concepción, Chile.
(Fuente: Bedoya, C.).

Otra experiencia reciente de la recuperación de escombros como elemento simbólico se da en Medellín, Colombia, en el año 2019, con la demolición del edificio Mónaco, anterior propiedad de Pablo Escobar, quien fue jefe de un cartel de narcotraficantes mundialmente conocido. Con parte de los escombros resultantes de la implosión del edificio se erigieron muros que, más que cumplir una función estructural, tienen un papel simbólico. Estos muros hacen parte del Parque Inflexión, en el cual se pueden contemplar las piezas arquitectónicas cuya técnica permite en todo momento reconocer los escombros (ver fotos 40 y 41).



Foto 40. Muro de escombros. Medellín, Colombia.
(Fuente: Bedoya, C., 2020).



Foto 41. Escombros simbólico, Parque Inflexión.
(Fuente: Bedoya, C., 2020).

El hormigón reciclado (nuevo material)

En este sentido se cuenta con muchas e importantes experiencias a nivel mundial, de ellas, aquí se hace énfasis en tres obras que tienen como material principal el hormigón confeccionado con escombros. Lo que las hace especiales para ser reseñadas en este texto es su carácter identitario, es decir, al material se llegó por una decisión política ligada a lo ambiental, lo técnico y lo estético.

- ***Biblioteca Belén, Medellín***

Este proyecto fue diseñado por el arquitecto japonés Hiroshi Naito. Fue un diseño que supo vestirse de lugar, partió de reconocer las variables climáticas y culturales del sector, y, desde el precepto de ecomateriales, optó por el uso de bloques de hormigón obtenidos a partir del reciclaje y transformación de RCD. (Fotos 42 a 47).



Foto 42. Fachada oriental de la biblioteca Belén.
Fuente: (Bedoya, C., 2022).



Foto 43. Edificios en bloques de hormigón reciclado.
Fuente: (Bedoya, C., 2022).



Foto 44. Paredes en bloques de hormigón reciclado.
Fuente: (Bedoya, C., 2022).



Foto 45. Aula para clases de música. Muro sin revoque.
Fuente: (Bedoya, C., 2022).



Foto 46. Cubierta con estructura de madera, en contraste con las paredes de hormigón reciclado.
Fuente: (Bedoya, C., 2022).



Foto 47. Homenaje al arquitecto Hiroshi Naito, y reconocimiento del trabajo de diseño participativo con la comunidad. Fuente: (Bedoya, C., 2022).

En la foto 47 se resume una iniciativa que comenzó y terminó bien. Un diseño que reconoció las variables del contexto, la concepción ambiental de la materialidad, y la participación de la comunidad con el arquitecto, con lo cual se logró una obra que desde su volumetría sobria y no faraónica invita, cual un imán, a adentrarse en ella. Como se observa en la fotografía 48, la edificación sede el protagonismo a los árboles que en pocos años superaron la altura de sus muros, estampando los “dibujos que el sol” en su ir y venir sabe delinear (Pérez, J., 2020).



Foto 48. Pared en hormigón reciclado con la sombra de los árboles.
Fuente: (Bedoya, C., 2022).

- *Terra Biohotel*

Ubicado en el barrio Los Conquistadores de Medellín, es resultado de la aplicación del principio *del residuo al material* como lineamiento para la gestión integral del proyecto. En él, se reciclaron los escombros resultantes de la demolición de las construcciones existentes. Los residuos pétreos se enviaban a una planta recicladora, donde los transformaban en nuevas materias primas para la elaboración de prefabricados de concreto de óptimo desempeño físico-mecánico y alto valor estético. Todos los muros del hotel están a la vista; la superficie de los bloques reciclados es el acabado e imagen del edificio de once pisos de altura, que refleja la honestidad de su color y textura de confección y fraguado (Sennett, R., 2010, p. 172).

A continuación, las fotografías nos muestran la secuencia de una pared en ladrillos de hormigón reciclado blanco que se instala húmeda, se seca, endurecen sus juntas de mortero y, al encontrarse con otras paredes de su misma naturaleza, dan paso al edificio (Fotos 49 a 52).



Foto 49. Pared en mampostería con bloques de hormigón reciclado blanco.
Fuente: (Bedoya, C., 2012).



Foto 50. Habitación con paredes de hormigón reciclado blanco.
Fuente: (Bedoya, C., 2013).



Foto 51. Paredes en concreto reciclado. Habitación con luz solar difusa.
Fuente: (Bedoya, C., 2019).

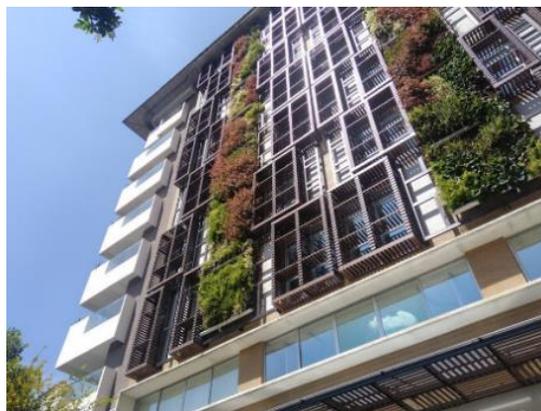


Foto 52. Fachada del Biohotel. Hormigón reciclado, vidrio y vegetación.
Fuente: (Bedoya, C., 2019).

- *Puente sobre el río Turia*

Esta imponente estructura ubicada en Valencia, España, es una atirantada de concreto reforzado, que, para su construcción, se emplearon los escombros generados al demoler el anterior puente (Fotos 10 y 11). Es uno de los casos más relevantes en España y se convirtió en un referente mundial dado que demostró la viabilidad técnica, económica, política y estética de un nuevo material producido a partir de la valorización de RCD (Alaejos, P., 2011).



Foto 53. Puente en concreto reciclado.
Fuente: (Bedoya, C., 2010).



Foto 54. Tablero-vía en ecomaterial.
Fuente: (Bedoya, C., 2010).

El proceso de demolición, reciclaje y confección de este puente significa un punto de quiebre no solo para la ingeniería española, sino también para la construcción a nivel mundial. El proyecto es concebido por sus realizadores ambiental, técnica y económicamente viable, como también un referente atractivo, bello para las poblaciones de Manises y Paterna que en cada extremo reciben y entregan a caminantes y máquinas que buscan vencer la dificultad ofrecida por el río Turia (Domingo, A., 2010). En él convergen las miradas de la técnica, de la naturaleza y de la estética.



Foto 55. El profesor e ingeniero Alberto Domingo posando al lado de la maqueta del puente, en su oficina de Valencia, España. Fuente: (Bedoya, C., 2010).



Foto 56. En la foto aparecen de izquierda a derecha la arquitecta, los ingenieros y el economista del proyecto. Fuente: (Bedoya, C., 2010).

“El puente más que construido fue peleado día a día, la gente quiere construir siempre con lo mismo, y eso era una dificultad para convencer al ayuntamiento de que el hormigón reciclado era un material idóneo. Al ingeniero Antonio le correspondió esa batalla, él fue el residente de la obra, el que estuvo todo el tiempo defendiendo que se hicieran las cosas de acuerdo a como se había diseñado el proceso de reciclaje de la demolición del puente viejo y la producción de los agregados reciclados para el nuevo” (Domingo, A., comunicación personal, 2010).



Foto 57. El ingeniero Antonio, siempre sonriente, en el puente sobre el río Turia.
Fuente: (Bedoya, C., 2010).

Las fotografías son un homenaje para quienes fueron capaces de confrontar inercias de pensamiento establecidas hace muchos años. El puente sobre el río Turia nos lleva a las palabras de Miguel Aguiló cuando en su maravilloso libro titulado *Qué significa construir*, nos recuerda lo que representaba una construcción para la sociedad:

“En los relatos de viajeros antiguos, el paso de un río o la coronación de un puerto de montaña eran celebrados como momentos de comunión con la Tierra”.

(Aguiló, M., 2013, p. 50).

4.3 De la Política Pública al proyecto piloto: un acto de paciencia y reciprocidad

En este subcapítulo se muestra una ventana de tiempo que comprende desde el año 2004 hasta el 2023, periodo durante el cual se puede identificar un proceso de apertura para una nueva mirada hacia los escombros en Medellín y el área metropolitana del valle de Aburrá. Y es que la urbanización creciente arrojó para el comienzo del siglo XXI una nueva problemática: la colmatación anticipada de

rellenos sanitarios y escombreras debido a las altas cantidades generadas de RCD. Se hizo necesario entonces abordar este aspecto desde la investigación y la gestión, pues la idea no era sólo la disposición final controlada de los escombros, ya que a raíz de trabajos anteriores se había abierto la posibilidad de ir más allá y transformarlos en nuevas materias primas (FUNDEMOS, 1991; Bedoya, 1998). Fue así que se hicieron estudios para explorar las posibles soluciones a esta problemática. A continuación, una breve descripción con sus alcances y resultados.

- ***“Estudio para el diseño de valorización de residuos de escombros, mediante un sistema de gestión integral de los mismos para la Producción Más Limpia en la ciudad de Medellín”***

Este estudio fue contratado en el año 2004 por la recién creada Secretaría de Medio Ambiente de Medellín (SMA), y se culminó en el año 2005. Fue desarrollado por la División de Estudios Técnicos e Investigación de ASOP. Con él se buscaba identificar las cantidades de RCD generadas, como también las tipologías y, derivado de esas variables, las posibilidades de aprovechamiento como nuevos materiales, haciendo énfasis en el uso de estos por parte de las dependencias municipales. Este trabajo aportó información real sobre las cantidades y tipos de RCD, como también acerca de los potenciales usos por parte de dependencias del mismo municipio de Medellín. Las dependencias identificadas fueron la Secretaría de Obras Públicas (OOPP) y el Instituto de Deporte y Recreación (INDER). De acuerdo a la naturaleza de estas dependencias, la propuesta fue reciclar escombros para obtener agregados reciclados, y con estos producir elementos no estructurales de consumo masivo de concreto y placas polideportivas de la ciudad.

“La demanda de material granular por parte del municipio de Medellín es importante, en lo que tiene que ver con obras de mejoramiento de espacio público. Aquí se incluyen andenes, bordillos y llenos. También placas polideportivas que son construidas con participación de la comunidad”.

(SMA; 2005, p. 94).

- ***“Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de Aburrá. 2005-2020. Convenio número 325 de 2004”***

La autoridad ambiental metropolitana contrató a la Universidad de Antioquia para dicha actividad. Si bien este estudio abarcó una mayor variedad de residuos, también incluyó los RCD para su análisis en una línea de tiempo que comprendió proyecciones de cantidades generadas hasta el año 2020. Este plan fue entregado en el año 2006, y ratificó los lineamientos arrojados por el estudio de la SMA del año 2005 acerca de los RCD.

El aporte de este plan regional radica en que propuso una mirada de mediano plazo y no de inmediatez para abordar los escombros, y, al igual que en el estudio de la SMA del 2005, *“se reitera la necesidad de emprender líneas de investigación con las cuales se pueda pasar del modelo lineal de recoger-disponer a uno más reflexivo de recoger-valorizar.”* (Bedoya, 2016b). Esto implica de nuevo mirar hacia la posibilidad de confeccionar hormigones para andenes, elementos prefabricados y placas polideportivas.

- ***“Formulación e implementación de un programa de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá. Convenio número 253 de 2009”***

Este estudio, también encargado por el AMVA a la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia (IUCMA), fue entregado en el año 2010. Este trabajo marca un punto de inflexión en la región, como quiera que recoge las intenciones de lo hecho hasta el momento en el tema de la construcción sostenible, para dar paso a lineamientos de alcance normativo y vinculante. Entre los avances o lineamientos que arrojó este estudio se destacan:

- Incentivar la producción y comercialización de ecomateriales producidos con base en el aprovechamiento de RCD y otro tipo de residuos.
- Declarar la construcción sostenible como un Hecho Metropolitano.
- Incluir la construcción de edificios públicos en el proyecto piloto de Compras Públicas Sostenibles del valle de Aburrá.

- Aplicar los productos obtenidos mediante el reciclaje de escombros en obras ejecutadas o gestionadas por los municipios metropolitanos, como es el caso de obras públicas tipo andenes, placas polideportivas, etc.
- Dejar un documento técnico base para la formulación e implementación de una Política Pública de Construcción Sostenible para el valle de Aburrá.

Hasta aquí los estudios realizados en pro de una implementación de buenas prácticas en la gestión integral de los RCD y la producción de ecomateriales, como también de propuestas encaminadas a trascender a las medidas de coyuntura para establecer políticas y decretos vinculantes para el sector de la construcción. Nótese que en todos los estudios aparece la propuesta de un proyecto piloto de carácter público, a saber, emprendido por OOPP o por el INDER, inicialmente. Y, en medio de esa reiteración, aparece la propuesta, entre otras, de construir andenes y placas polideportivas en las cuales se aplique el principio denominado *del residuo al material*, recuperando los RCD y confeccionando hormigones reciclados.

A continuación, se listan los decretos y políticas públicas que se derivaron de estos estudios, propiciando por lo menos la presencia o el reconocimiento de otros modelos de desarrollo de la construcción de edificios e infraestructura, a través de un método más reflexivo para la obtención de materias primas y la confección de materiales compuestos.

- ***“Decreto 1609 de 2013; Política Pública para la gestión de escombros en la ciudad de Medellín”***

Ocho años después del primer estudio sobre RCD el municipio de Medellín, a través de la Secretaría de Medio Ambiente, expide una política pública encaminada a cualificar el manejo de este tipo de residuos en la ciudad. Junto con Bogotá, son pioneras en Colombia en este tipo de decisiones político administrativas que pretenden hacer de la gestión integral de los RCD y de la producción de ecomateriales, un hecho vinculante para los distintos actores del sector de la construcción y la infraestructura. A diferencia de los estudios anteriores, en esta

política pública se establecen porcentajes graduales para el reciclaje y aprovechamiento de los escombros por parte de las empresas constructoras y proyectos; por ejemplo, alcanzar en los primeros años de la implementación de este decreto una tasa de aprovechamiento del 15 %, con lo cual se disminuiría la presión sobre las escombreras y rellenos sanitarios, como también la extracción a cielo abierto de estos materiales pétreos.

Sin embargo, esta política pública no fue vinculante, se dieron unos meses para su ejecución y poco a poco quedó como un documento con una excelente intención, pero institucionalmente no pudo dársele trámite en el medio. Las iniciativas de reciclaje de escombros y confección de hormigón reciclado continuaron siendo una iniciativa particular, ligada generalmente, al relacionamiento de los directores de obras y proyectos con las personas expertas en estos temas.

- ***“Acuerdo Metropolitano N°5 de marzo 14 de 2014. Por medio del cual se declara como Hecho Metropolitano la Construcción Sostenible y se establecen lineamientos básicos para formular una Política Pública de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá”***

Este es sin duda uno de los mayores logros que como región metropolitana se han obtenido en el contexto colombiano y latinoamericano. Pues, luego del acuerdo 253 entregado en el año 2010, se continuó trabajando entre academia y municipios en pro de una iniciativa que les diera herramientas legales a las administraciones municipales para tomar decisiones direccionadas a hacer de la actividad constructora un ejercicio ambientalmente factible y viable. Con el liderazgo de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y del Concejo de Medellín, se logró un acuerdo aprobado unánimemente por todos los alcaldes de la Junta Metropolitana del valle de Aburrá, reconociendo la construcción como una actividad económica y social que afectaba a cuatro o más de los municipios. Por consiguiente, la solución también impactaba a igual número de los miembros metropolitanos.

Este acuerdo contempla obviamente diversas estrategias a seguir, pero, para efectos de esta tesis, se resalta la contemplada en el artículo tercero, que dice:

“Promover la producción y comercialización de insumos para la construcción, resultantes de procesos de producción limpia, e incentivar las buenas prácticas constructivas (BPC) en las diferentes fases de la actividad.”

(AMVA, 2014).

Esta directriz está basada a su vez en las propuestas que arrojó el acuerdo 253 de 2009, que recomendó la práctica de producir ecomateriales e incluirlos en el ítem de Compras Sostenibles para obras públicas. Gracias a la declaración de la Construcción Sostenible como Hecho Metropolitano, se apropiaron los recursos para formular la Política Pública en el valle de Aburrá en el año 2015; la cual, si bien hasta el día de hoy tiene carácter vinculante, quedó dependiendo de la buena fe de los constructores, tal vez, debido a la falencia institucional para hacerla cumplir. Ello quiere decir que, al momento de presentar los planos y estudios estructurales de un proyecto, la empresa o persona responsable de este declara que va a cumplir con los lineamientos de sostenibilidad exigidos por la autoridad ambiental, pero la revisión o visitas al proyecto por parte de esta última no suele darse o no se da. Algunas aplicaciones quedan entonces de nuevo dependiendo del relacionamiento de quien construye con expertos en la materia.

Lo que sí queda claro es que de aplicarse el Decreto 1609 de 2013 o el Acuerdo N° 5 de 2014, la gestión integral de los escombros encaminados a generar menos problemas en el ambiente, o a la producción de hormigones de menor impacto en el ecosistema metropolitano, generaría un acto cultural que validaría la necesidad de convertir en hábito la práctica de una construcción sostenible.

Pero el panorama, a pesar de lo descrito hasta el momento, evoluciona, si bien no al ritmo esperado, por lo menos sí hacia una visibilización de la necesidad sentida de minimizar los daños ambientales ocasionados por la minería extractiva a cielo

abierto para obtener los materiales constituyentes del hormigón. Es el caso de importantes resoluciones emanadas a nivel nacional con carácter vinculante, y, esta vez sí, con la decidida intención del Estado de velar por su cumplimiento. A saber, las dos siguientes resoluciones emanadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:

- **“Resolución 0472 de 2017. Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición – RCD”**

Esta resolución es el primer paso que se da en el país para que la gestión integral no sólo sea vinculante, sino que también sea un hecho, en tanto se disponen medidas institucionales que pueden velar por el cumplimiento de los objetivos y mensurarlos. En esta resolución, se resalta que ofrece la posibilidad de identificar una madurez cultural en cuanto al sistema de los RCD, pues retoma y cualifica medidas emitidas por el mismo ministerio 23 años atrás, como la resolución 541 de 1994, la cual velaba por el “manejo integral de materiales y elementos”; en la 0472 de 2017, le denomina *Programa de manejo ambiental de RCD*. Nótese que ya hay un léxico acorde a la misma ingeniería de materiales y al contexto internacional.

Otros aspectos a resaltar de esta resolución son:

- Jerarquiza las actividades en torno a la gestión integral y eso permite identificar algunas de ellas que, aunque no tienen que ver con el tratamiento físico-mecánico de los RCD, tienen mayor eficacia en disminuir el impacto ambiental sobre los territorios, a saber, la *Prevención y reducción* (MADS, 2017, p. 18).
- Califica con puntos a los actores involucrados en la gestión, como es el caso de los transportadores y los gestores, quienes deben cumplir con estrictas normas de higiene y cuidado con respecto a la afectación de fuentes hídricas en el caso de la disposición controlada.
- Ordena la actividad conjunta entre los administradores de los sitios de disposición final controlada y los funcionarios públicos que velan por el cumplimiento del ordenamiento territorial, es así como exige que el grupo

técnico que coordina el PGIRS municipal o distrital apoye la selección del sitio ideal para ubicar los RCD.

- También prioriza la ubicación de los sitios de disposición final “en áreas cuyo paisaje se encuentre degradado, tales como minas, y canteras abandonadas, entre otros.” (MADS, 2017).

Por medio de esta resolución se van exigiendo metas cuantificables de porcentajes de aprovechamiento, que aumentan cada año. El esfuerzo es admirable, y la puesta en marcha con una perspectiva de cumplimiento o sanción pone de manifiesto el aspecto de la ignorancia por parte de gran porcentaje de los constructores en cuanto a la gestión integral de RCD, y, más aún, de la valorización de estos como nuevos materiales. Pero es un avance importante para el país, pues los gremios de la construcción y la infraestructura comienzan a hacer jornadas de capacitación en conjunto con las universidades, con el objetivo de identificar la metodología que van a abordar para dar cumplimiento a esta nueva resolución. Sin embargo, la mirada se centró específicamente en ese aspecto, en el de cumplir con los porcentajes de aprovechamiento, pero no se trascendió, en la mayoría de obras y empresas del sector, hacia la cultura de implementar una construcción sostenible basada en la confección de ecomateriales. Pero sin duda fue un gran avance cultural, porque se implementó en los proyectos un nuevo proceso de la mano de los residentes ambientales de obra: la gestión integral de los RCD, antes, “botada de escombros”.

Pero hay que destacar que, en medio de estas capacitaciones emprendidas con gremios, universidades y empresarios, se identificaron personas que entendieron que podían ir más allá del cumplimiento de los porcentajes de aprovechamiento exigidos por el MADS, para dar el paso de implementar, como hábito cultural empresarial, el principio “del residuo al material”. Esto permitió una revisión permanente de la resolución, identificando la necesidad, entre otras, de incluir nuevos procesos y actores. Por ejemplo, no todas las obras generan grandes cantidades de RCD sino pequeños volúmenes; y, no todas las plantas de

transformación de escombros deben ser de gran capacidad, por lo que una manera de aprovecharlos es la transformación *in situ*. De estos aspectos identificados, necesarios a incluir en la normatividad, se llega a la Resolución 1257 de 2021.

- **“Resolución 1257 de 2021. Por la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de Construcción y Demolición – RCD y se adoptan otras disposiciones”**

Esta nueva resolución introduce nuevos conceptos e identifica otras maneras de hacer la gestión integral, por ejemplo:

- *Simbiosis industrial*. La define como “Estrategia colaborativa para el intercambio de flujos físicos de materiales, energía o agua y el compartir de servicios entre actores, para contribuir con el uso eficiente de recursos y la reducción de impactos ambientales de sistemas industriales.” (MADS, 2021, p. 2).
- *Plantas móviles y almacenamiento de materiales procesados*. Importante avance de la gestión integral, pues brinda la posibilidad de que pequeñas obras o proyectos públicos que generen pequeñas cantidades de escombros puedan transformarlos *in situ*. También abre la posibilidad de que los receptores transformen RCD en agregados finos y gruesos para usos estructurales como nivelación de terrenos, relleno de redes de servicios públicos, reconfiguración de taludes y vías, entre otros.
- *Porcentajes de aprovechamiento*. Estableció los porcentajes obligatorios de aprovechamiento según la categoría de los territorios, a partir de enero de 2023. Estos siguen siendo (Ver tabla 2):

Categoría especial	Categoría 1, 2, 3	Categoría 4, 5, 6	Cumplimiento de meta
25 %	15 %	5 %	1° de enero de 2023

Tabla 2. Porcentajes obligatorios de aprovechamiento de RCD.
Fuente: Resolución 1257 de 2021 del MADS (2021).

Como se puede ver, hay un avance en los términos que se introducen para la discusión en el sector, pues no es común que en normas técnicas y resoluciones que atañen a la ingeniería y a la construcción se aborden conceptos de la teoría de sistemas y del pensamiento complejo, pero las discusiones y mesas de trabajo, donde miembros de la educación superior han sido invitados, han permitido la homologación entre idiomas profesionalizantes y académicos, propiciando una comunidad donde cada miembro se sabe reconocer como actor específico, pero en todo momento abierto a la posibilidad de permearse técnica y conceptualmente.

- ***El conocimiento, la técnica y la decisión: espacio y tiempo que devienen en la Experiencia Piloto – Cancha Metropolitano***

Ahora, en lo que queda por escribir de esta tesis, se mostrará una experiencia piloto que se había esperado por espacio de dieciocho años en Medellín y el Área Metropolitana del valle de Aburrá. Como ya se evidenció en este subcapítulo, es recurrente en los estudios realizados la necesidad de implementar un proyecto piloto por parte del INDER o de OOPP, haciendo énfasis en una placa polideportiva o en andenes. Pues bien, coincide con este doctorado y con el momento de la tesis, que una funcionaria del INDER, la subdirectora de Escenarios Deportivos, contacta en el mes de junio a la UNAL para analizar la posibilidad de hacer un piloto con el fin de aplicar el concepto *del residuo al material* en un escenario del Distrito de Medellín, específicamente en una placa polideportiva o cancha.

A comienzos del mes de julio se hace la reunión en la cual convergen los funcionarios del INDER, una ingeniera de la empresa Geonatural S.A.S., y la UNAL sede Medellín. Allí se expuso la información técnica, económica y científica sobre el reciclaje de escombros y la producción de hormigón reciclado; la empresa Geonatural S.A.S. a su vez mostró su capacidad y experiencia en la transformación de RCD a escala real. Una vez conocidas estas certidumbres de contexto, los funcionarios del INDER mostraron su apertura a este tipo de prácticas. Por su parte la subdirectora, la ingeniera civil Diana Ramírez, estudiante de la Maestría en Construcción de la UNAL sede Medellín, dio su visto bueno para explorar la

posibilidad de hacer una experiencia piloto en uno de los escenarios deportivos del distrito. La información referente al desempeño físico-mecánico y a la durabilidad del hormigón reciclado confeccionado con escombros fue satisfactoria, una vez más, se estaba ante la situación de una decisión que tenía que ver más con una inercia cultural que con la ciencia y la técnica.

La decisión de hacer un piloto se mantuvo y, pasadas unas semanas, se visitaron varios escenarios deportivos que requerían ser reparados, los cuales consistían en placas polideportivas de hormigón armado. Una vez identificadas, la subdirectora del INDER hizo reuniones con cada uno de los contratistas que llevarían a cabo la reparación de las placas. Aunque se transmitió la certidumbre técnica y normativa de usar los escombros generados en la demolición para elaborar el nuevo hormigón, sólo un contratista aceptó llevar a cabo la prueba piloto. Entre reuniones y conversaciones transcurrieron algunos meses y por fin en octubre se tuvo seleccionada la placa que sería el piloto. Este escenario fue la placa polideportiva Metropolitano, ubicada en la comuna 13 San Javier, la cual presentaba deterioro superficial y estructural en varios sectores, por lo que estos debían ser removidos y refaccionados (Ver figura 12 y foto 58).



Figura 12. Ubicación placa polideportiva Metropolitano, San Javier, Medellín.
Fuente: Google maps (2023).



Foto 58. Valla de señalización de obra; placa polideportiva Metropolitano.
Fuente: Bedoya, C. M. (2023).

La metodología establecida para ejecutar el piloto consistió en los siguientes pasos:

1. Demolición de las áreas señaladas.
2. Almacenamiento de los escombros generados en el sitio.
3. Transporte e instalación de la trituradora de impacto en la placa.
4. Trituración de los escombros y clasificación de los agregados reciclados en gruesos y finos.
5. Diseño de la mezcla para placas y cunetas perimetrales.
6. Confección de la mezcla para una resistencia a la compresión de 21 MPa a una edad de 28 días.
7. Vertido, colocación y recorrido de la mezcla.
8. Toma de muestras cilíndricas para ensayos de compresión y durabilidad del hormigón reciclado.
9. Curado de las muestras cilíndricas de hormigón para ensayos a 28 días.
10. Ensayos de resistencia a compresión y durabilidad.

A continuación, se presentan las imágenes de este proceso y los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión y durabilidad.



Fotos 59 y 60. Demolición placa de hormigón (izq.); trituración de los escombros (der.).
Fuente: Bedoya, C. M. (2023).



Fotos 61 y 62. Arena reciclada (izq.); Agregado grueso reciclado (der.).
Fuente: Bedoya, C. M. (2023).



Fotos 63 y 64. Confección del hormigón (izq.); Vertido y colocación del hormigón (der.).
Fuente: Bedoya, C. M. (2023).



Fotos 65 y 66. Placa vaciada y recorrida (izq.); Recorrido de cuneta de hormigón con codal.
Fuente: Bedoya, C. M. (2023).



Fotos 67 y 68. Muestras cilíndricas (izq.); Ensayo de velocidad de pulso ultrasónico – VPU.
Fuente: Valderrama, N. (izq.) y Bedoya, C. M. (2023).

Antes, durante y después de la confección del hormigón reciclado para esta placa polideportiva, se socializó a la comunidad este piloto lo que ello implicaba como experiencia pionera en la transformación de escombros, con el fin de generar un espacio para el deporte y la recreación con un alto respeto por el medio ambiente.

- **Los resultados que validan el piloto**

Una vez realizados la confección, la colocación y el “recorrido” del hormigón reciclado en la placa polideportiva, siguen los ensayos para determinar si la mezcla endurecida es resistente y durable. Dichos ensayos obedecen a la normativa nacional e internacional exigidas por el ICONTEC, la Norma Sismo Resistente

NSR-10 y la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM por su sigla en inglés). En este caso se hicieron las pruebas de resistencia a compresión a una edad de curado de 28 días, y el ensayo no destructivo de velocidad de pulso ultrasónico (VPU) para determinar la durabilidad. Por fortuna para los objetivos de esta tesis, coincidieron las decisiones político administrativas y la realización del proyecto piloto con el momento de la redacción final, y, justo terminando el texto, con las fechas exigidas por las normas técnicas para realizar las pruebas ya descritas. Así que, la validación técnica hecha por los maestros y oficiales de construcción en cuanto a confección, vaciado y pulido del material, se reitera con los ensayos hechos a las muestras del hormigón producido (Ver tablas 3 y 4).

Resistencia a la compresión – $F'c$

Edad de fallado (días)	$F'c$ exigido (MPa)	$F'c$ obtenido * (MPa)
28	21,0	22,1

* Promedio de tres muestras.

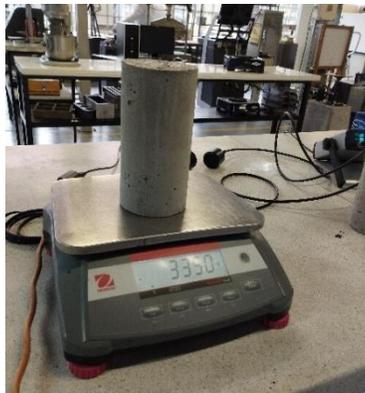
Tabla 3. Resistencia a la compresión del hormigón reciclado Piloto.
Fuente: Concrelab (2023).

Velocidad de Pulso Ultrasónico (VPU)

Edad de medición (días)	Valor hormigón bueno (m/s)	Valor obtenido * (m/s)
26	> 3 660	3 778

* Promedio de tres mediciones.

Tabla 4. VPU del hormigón reciclado Piloto.
Fuente: Laboratorio de Construcción UNAL, Medellín (2023).



Fotos 69 y 70. Peso y densidad (izq.); medición de la humedad para la VPU.
Fuente: Bedoya, C. M. (2023).

Como puede inferirse de los resultados, el hormigón reciclado, elaborado con los agregados obtenidos de los escombros de la placa Metropolitano, es ahora una roca artificial que conmueve porque en ella hay un acto de sublevación, y con las placas resucitadas donde jugarán las personas del barrio, se ha salvado al objeto técnico. Y, al contemplar una y otra vez esa roca, al habitar repetidas veces ese cuerpo petrificado, podemos ritualizar la relación con ese espacio que ha devenido en nueva materialidad, como un “lugar de pagamento” (Duque, J., 2012).

4.4 Conclusión capitular

En una perspectiva analógica con el tema que nos convoca en esta tesis, es viable enunciar que las experiencias citadas en este capítulo demolieron estructuras de pensamiento y acción para luego, sin echar al olvido lo que de ese acto surgió, reinterpretar una nueva forma de diseñar y construir. Una biblioteca, un monumento para no olvidar que sobrevivimos a una época de violencia inaudita, un hotel que espera a sus huéspedes con la textura “honesta” de sus paredes, un puente atirantado que une dos poblaciones con mucho más que vigas y cables, y una cancha que es el templo sacro del juego y la recreación para un barrio, nos ponen en una condición de humildad como seres humanos en relación con el planeta: cooperar, más que oponer; volver hábito una buena práctica matérica y ambiental; ritualizar el objeto petrificado para reconocer que en él está la humanidad.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El primer capítulo permitió identificar un nuevo término que es la “materfanía”, y que marca la ruta de un ejercicio que, con los años, se convierte en reflexión ética y ambiental, y deja una insinuación de conmoción interior entre el humano y la materia sin distinguir de jerarquía entre uno y otra. Asombro, reflexión y potencial trazan el camino.

El segundo capítulo aborda la materialidad de los dos protagonistas de la tesis, presentando los distintos estados que se dan en su tránsito de material a detritus y, luego, de detritus a material. La pastosidad, el endurecimiento, la fragilidad y la posible eternidad de la roca artificial se muestran recíprocas y no antagónicas. Aquí ya se define una actitud de sublevación ante el cuesco abandonado, pues no se conforma el humano con la contemplación de este como residuo, y tampoco lo ve como ruina histórica susceptible de ser admirada, sino que admira y percibe su presente como estado inicial de una petrificación futura.

En el capítulo tres se mantiene una reflexión que desde comienzos del siglo XX se viene haciendo en el grupo de Construcción Sostenible de la Facultad de Arquitectura en cuanto a que, por los niveles de crecimiento demográfico actuales y los proyectados, la construcción parece ser un acto ineludible de la humanidad, pero, pudiéndose eludir eso sí, la poca o a veces nula reflexión sobre cómo se lleva a cabo el ejercicio constructor. Por eso el análisis contemplativo y científico de la geometría de las partículas y de los cuescos, como de sus texturas y volúmenes,

permiten la acción apasionada de la hidrólisis para luego aglutinar, endurecer y devenir en roca, en ambiente construido.

El capítulo cuatro permite concluir que es posible otra mirada al destino de los escombros de construcción y derribo, distinta a la mera disposición controlada. El equilibrio dinámico y la metaestabilidad reclaman porque se les ignora, y, por el contrario, se ofrecen como esperanza de un nuevo ciclo que subyace en el potencial de transformación de la aparente “quietud” del alma pétreo del escombro y del hormigón. Pero esta cualidad de resurrección del residuo es posible merced a la decisión de los seres humanos, que se conmueven con la belleza que brinda ese tránsito del residuo al material para devenir en roca artificial ritualizada. En los cristales del hormigón reciclado de una placa polideportiva, renacen la dureza y la permanencia para que la comunidad habite desde y con el material.

Reflexionar desde las ciencias humanas y sociales sobre algo que ha sido abordado desde la ciencia e ingeniería de materiales, brindó la oportunidad de cualificar la mirada acerca de temas que, partiendo de experimentos científicos llevados a cabo en laboratorios y en proyectos a escala real (edificios, monumentos, puentes, canchas, etc.), son pertinentes y necesarios para un desarrollo integral de la sociedad, pues convergen allí el urbanismo, la construcción, la ecología y el habitar reflexivo.

Es clara la necesidad de implementar en el discurso y el actuar la recomendación de dar por hecho una relación directa entre las ciencias humanas y sociales con las ciencias naturales, recomendación que el profesor Jorge William Montoya hiciera en la exposición pública del Examen de Calificación de esta tesis. No en vano, el cuarto capítulo tiene por nombre *Construcción, naturaleza y cultura*, porque además de compartir dicho “reclamo”, se viene trabajando en ello con el fin de brindar a la comunidad académica de diversas carreras un espacio para un proceso de enseñanza-aprendizaje basado en la reciprocidad, y no en la fragmentación del conocimiento.

El desarrollo de esta Tesis permitió la exploración de otras líneas de acción y pensamiento alrededor de los escombros y del hormigón, desacomodando conceptos que desde la ingeniería y la gestión de los recursos se tenían como preceptos estables, pero también ratificando hallazgos que se convierten en certidumbres para la toma de decisiones en procesos de investigación y en políticas públicas que pueden impactar ciudades y regiones metropolitanas.

5.2 Recomendaciones (o líneas futuras de investigación)

Dependiendo de la formación base y especializada de quien se acerque a la lectura de este documento, se podrán dar distintas maneras de seguir abordando el tema de los escombros y el hormigón reciclado. Pueden identificarse desde ya dos líneas de posible profundización, las cuales se han comenzado a trabajar, pero que, al ser derivadas de esta investigación, no hacen parte del presente texto. Son ellas:

- “*Certidumbre ecomatérica*” y,
- “*Hacia la ausencia del escombros*”.

Cada una de ellas se puede abordar por separado, pero también de manera integral, como quiera que garantizar el consumo del detritus pétreo es ya una actividad positiva para el ambiente, pero, no generarlo o tender hacia su no generación, es aún menos demandante en flujos de materiales y energía.

5.3 Productos académicos

Artículos

- From Waste to Material “From Rubble to Recycled Concrete” - Del Residuo al Material “De Los Escombros al Concreto Reciclado”. En: *International Journal of Latest Research in Humanities and Social Science (IJLRHSS) Volume 05 - Issue 11, 2022.*

<http://www.ijlrhss.com/paper/volume-5-issue-11/24-HSS-1587.pdf>

Este artículo se deriva del Proyecto de Tesis. Se construyó en la primera etapa del Doctorado y fue tenido en cuenta para el Examen de Calificación.

- Manual concrete manufacturing by means of mechanical suspension for application in popular habitats – Confección manual de concreto mediante suspensión mecánica para aplicar en hábitats populares. En: *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 24(1), 98-105, 2022. Categoría B en PUBLINDEX.

<https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/4064/4090>

Este artículo se realizó durante el desarrollo de la Tesis y se relaciona con el capítulo 2, que expone los principios de pastosidad, dispersión y endurecimiento.

- Statistical Testing of the Bedoya Cone for Concrete Slump Tests: An Ecological Contribution from the Economy of Materials. *Civil Engineering and Architecture*, 11(3), 1454 – 1463, 2023. Categoría A2 en PUBLINDEX.

<https://doi.org/10.13189/cea.2023.110327>

Este artículo se realizó durante el desarrollo de la Tesis y se relaciona con el capítulo 3, donde se muestra la constitución y transformación de los escombros, como también la confección del hormigón reciclado a la luz de sus características físico químicas y de trabajabilidad a escala real.

Ponencia Internacional

5° Congreso Internacional de Investigación y Tesis. *Diseño, Hábitat y Territorio Sustentable*.

- Eje temático: Medio ambiente y asentamientos humanos.
- Título de la ponencia: “*Del residuo al material. De los escombros al concreto reciclado*”.
- Organizador: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; Cunduacán, México. Septiembre 21 de 2022.

Ver copia de la constancia de la ponencia en la página siguiente.

 <p>UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO "ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"</p>	 <p>División Académica de Ingeniería y Arquitectura</p>	 <p>Carlos Mauricio Bedoya Montoya</p>
--	--	---

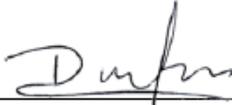
Otorga la presente

CONSTANCIA

**A: Carlos Mauricio Bedoya Montoya
Juan Felipe Gutiérrez Flórez**

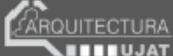
Por la presentación de la Ponencia: "Del residuo al material. De los escombros al concreto reciclado" en el 5º Congreso Internacional de Investigación y Tesis *Diseño, Hábitat y Territorio Sustentable* llevado a cabo en la División Académica de Ingeniería y Arquitectura, los días 21, 22 y 23 de septiembre del presente.

Cunduacán, Tabasco a 23 de septiembre de 2022



Dra. Dora María Frías Márquez
Directora

Folio: CDCE/2022/2678

			
---	---	---	--

Bibliografía

Aguiló, M. (2013). *Qué significa construir*. ED. ABADA, España.

Alaejos, P., Domingo, A., Lázaro, C., Monleón, S., Sánchez, M. y Palacios, F. (2011). Puente sobre el río Turia entre Manises y Paterna (Valencia). Primera experiencia internacional de empleo de hormigón reciclado estructural en un puente atirantado (Parte II). *Revista Técnica CEMENTO HORMIGÓN*, no. 946, 70-87.

https://www.ieca.es/Uploads/docs/Realizaciones_sep-oct_2011.pdf

Alavedra, P. (1997). La construcción sostenible: el estado de la cuestión. *Informes de la construcción*, 49(451), 41-47.

<https://doi.org/10.3989/ic.1997.v49.i451.936>

Aldana, J, & Serpell, A. (2012). Temas y tendencias sobre residuos de construcción y demolición: un metaanálisis. *Revista de la construcción*, 11(2), 04-16.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2012000200002>

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (Marzo 14, 2014). Acuerdo N° 5. *Por medio del cual se declara como Hecho Metropolitano la Construcción Sostenible y se establecen lineamientos básicos para formular una Política Pública de Construcción Sostenible para el valle de Aburrá.*

https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/PlandeDesarrollo_0_15/Publicaciones/Shared%20Content/GACETA%20OFICIAL/2014/Gaceta%204222/ACUERDO%20METROPOLITANO%205%20DE%202014.pdf

Basoalto, H., Cerda, C., Mora, P., Vilches, V., Bustamante, L. P. y Rivera, F. (2010). Memoria e identidad local después de un terremoto: Reciclaje de escombros simbólicos y su uso. *Arquitecturas del Sur*, 28(37), 84-95.

Bedoya, C. (2011). *Construcción sostenible. Para volver al camino*. Ed. DIKÉ, Medellín, Colombia.

Bedoya, C. (2022). Confección manual de concreto mediante suspensión mecánica para aplicar en hábitats populares. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 24(1), 98-105.
<https://doi.org/10.14718/RevArq.2022.24.1.4064>

Bedoya, C., Santa, C. and Mejía, C. (2023). Statistical Testing of the Bedoya Cone for Concrete Slump Tests: An Ecological Contribution from the Economy of Materials. *Civil Engineering and Architecture*, 11(3), 1454 - 1463.
<https://doi.org/10.13189/cea.2023.110327>

Bedoya, C. (2015). *Del residuo al material. Minería a la inversa*. Ed. Diké, Medellín.

Bedoya, C. (2007). *Construcción sostenible. Para volver al camino*. Ed. DIKÉ, Medellín, Colombia.

Bedoya, C. y Medina, C. A. (2016a). El concreto elaborado con aguas lluvia como como aporte ambiental desde la construcción. *Facultad de Ingeniería*, 25(41), 31-39.
<https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/4135/3571>

Bedoya, C. (2016b). *El concreto con agregados reciclados (CAR) como proyecto de viabilidad para el ecosistema urbano de Medellín, Colombia*. Tesis Doctoral, Universidad Internacional Iberoamericana, México.

Bedoya, C. (1998). *Confección del concreto reciclado mediante el aprovechamiento de residuos de la construcción*. TDG Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

Bedoya, C. (2003). *El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles: la ciudad como ecosistema semi-cerrado, una utopía cultural*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia.

Bettini, V. (1998). *Elementos de ecología urbana*. Editorial Trotta S.A.

Boardman, A. (2018). *Nonorganic Life*.

<https://newmaterialism.eu/almanac/n/nonorganic-life.html>

Boardman, A. (2018). *Nonorganic Life*.

<https://newmaterialism.eu/almanac/n/nonorganic-life.html>

Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (2023), February 9. *mortality*. *Encyclopedia Britannica*.

<https://www.britannica.com/science/mortality-demography>

Bueno, J. (1970). *La caída del imperio romano*. Ed. Martínez Roca S.A., Madrid, España.

<https://www.efrainorozco.edu.co/phocadownload/Jose%20Bueno%20-%20La%20Caída%20del%20Imperio%20Romano.pdf>

CIMYC. (2009). El concreto en la obra. Problemas, causas y soluciones. *Construcción y Tecnología*, junio, p. 68-71.

<https://www.imcyc.com/ct2009/jun09/PROBLEMAS.pdf>

Coppiano. I. (2016). *Uso de ceniza volcánica como puzolana natural en mezclas de hormigón*. Tesis UEES

<http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/550/1/USO%20DE%20CENIZA%20IMPRIMIR%20-%20copia.pdf>

Cortina, A. (2000). *Ética mínima*. Ed. TECNOS, Madrid.

Cortina, A. (2010). *Una ética sin moral*. Ed. TECNOS, Madrid.

Cortina, A. (2010). *Ética y responsabilidad social en un mundo globalizado*. Conferencia dictada el 4 de junio de 2010.

https://globalizacionydemocracia.udp.cl/wp-content/uploads/2014/03/ADELA_CORTINA_2010.pdf

Dagognet, F. (2002). *Detritus, desechos, lo abyecto. Una filosofía ecológica*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

DANE. (2023). *Medellín en cifras. Ciudad Tricentenaria 1675 – 1975*.

https://biblioteca.dane.gov.co/media/libros/LD_70113_1975_EJ_4.PDF

Dejtjar, F. (2019). *Bruno Stagno: una arquitectura para el trópico*.

<https://www.archdaily.co/co/920493/bruno-stagno-una-arquitectura-para-el-tropico>

De Landa, Manuel. (1992). *Nonorganic Life*. In: J. Crary, and K. Sanford, eds., *Incorporations*. New York: Zone, pp. 128 – 167.

Duque, J. P. (2012). *Territorios indígenas y Estado. A propósito de la Sierra Nevada de Santa Marta*. Ed. Universidad Nacional de Colombia.

Ferrete, C. (2005). *La ética ecológica como ética aplicada. Un enfoque desde la ética discursiva*. Tesis Doctoral, Universitat Jaume I.

Frondistou-Yannas, S. (1981). Economics of concrete recycling in the United States. In *Adhesion problems in the recycling of concrete* (pp. 163-185). Boston, MA: Springer US.

FUNDEMOS (1991). *Reutilización de subproductos de la industria de la construcción*. Municipio de Medellín.

Giraldo, M. y Tobón, J. (2006). Evolución mineralógica del cemento Portland durante el proceso de hidratación. *DYNA*, 73(148), 69-81.

<https://www.redalyc.org/pdf/496/49614807.pdf>

González, L. (2013). *Del alarife al arquitecto. Del saber hacer y el pensar la arquitectura en Colombia. 1847-1936*. Ed. OJOXOJO.

González, L. (2007). *Medellín, los orígenes y la transición a la modernidad: crecimiento y modelos urbanos 1775-1932*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Escuela del Hábitat - CEHAP.

Grupo Blas Cabrera Felipe. (27 de octubre de 2023). *Analogía: equilibrio líquido-vapor/Alumnos entrando y saliendo del aula*.

<https://www.grupoblascabrera.org/webs/ficheros/03%20Analog%C3%ADas/Equilibrio%20liquido-vapor-Alumnos%20entrando%20y%20saliendo%20del%20aula.Analogia.pdf>

Gutiérrez, J. F. (2017). "Cultura material". De las variaciones en los problemas, las referencias y los modelos, a su definición en disciplinas como historia. *Historia Cultural*, XVIII(16).

<https://asocolhistoria.org/wp-content/uploads/2020/09/MESA16.pdf#page=50>

Guzmán, R. (2013). Ética ambiental y desarrollo: participación democrática para una sociedad sostenible. *Polis, revista Latinoamericana*, 12(34).

<https://www.scielo.cl/pdf/polis/v12n34/art20.pdf>

Hofstadter, D. y Sander, E. (2018). *La analogía. El motor del pensamiento*. Tusquets Editores SA, Barcelona.

ICONTEC. (2000). Norma Técnica Colombiana - NTC 174. Concretos. Especificaciones de los agregados para concretos.

Izaguirre, J. R. (1972). Influencia de los diferentes tamaños granulométricos en la superficie específica Blaine y resistencias mecánicas del cemento portland. *Materiales de Construcción*, 22(145).

<https://core.ac.uk/download/pdf/234613883.pdf>

Jobs, S. (2005). “*Stay Hungry, stay Foolish*”. Discurso en Stanford University.

<https://singjupost.com/full-transcript-steve-jobs-stay-hungry-stay-foolish-speech-at-stanford-2005/>

Kuhn, T. (1982). *La tensión esencial*. Ed. Fonde de Cultura Económica.

Kuhn, T. (2004). *Estructura de las revoluciones científicas*. Ed. Fonde de Cultura Económica.

Lynch, K. (2005). *Echar a perder. Un análisis del deterioro*. Ed. Gustavo Gilli, Barcelona, España.

Miodownik, M. (2017). *Cosas (y) materiales. La magia de los objetos que nos rodean*. Ed. Turner Noema, Madrid.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (Febrero 28, 2017). Resolución 0472 de 2017. *Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición – RCD.*

<https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-0472-de-2017/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (Noviembre 23, 2021). Resolución 1257 de 2021. *Por la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de Construcción y Demolición – RCD y se adoptan otras disposiciones.*

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-1257-de-2021.pdf>

Montoya Santamaría, J. W. (2004). Approach to the concept of analogy in Gilbert Simondon's work. *Co-herencia*, 1(1), 31-50.

<https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/15180>

Ochoa, J. (2019). *Nacimiento y evolución del profesional de la construcción en Medellín*. Ed. Universidad Nacional de Colombia.

<https://arquitectura.medellin.unal.edu.co/images/imagenes/pdf/nacimientoyevolucion.pdf>

Odum, H. (1980). *Ambiente, energía y sociedad*. Ed. Blume S.A.

Odum, P. and Barret, G. (1971). *Fundamental of Ecology*. Vol. 3, Philadelphia Saunders.

ONU. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.

<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

Ott, D. (2006). Oferta y Demanda de Recursos Minerales Secundarios en Medellín, Colombia. Un modelo dinámico. *ETH Zürich, Tesis de grado en Ingeniería Ambiental*. Zürich

Paz, F. (2008). *Europa bajo los escombros. Los bombardeos aéreos en la Segunda Guerra Mundial*. Editorial Áltera.

Preston, C. (2021). *La era sintética. Esculpir la evolución, resucitar especies y rediseñar nuestro mundo*. Ed. Biblioteca Buridán. España.

Pedroza Pallares, Y. E., & Arenas Páez, Y. X. (2019). Análisis de la huella de carbono y alternativas de mitigación en el uso de los materiales más utilizados en la construcción.

<https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/handle/20.500.14167/596>

Pérez, J. (2020). En: jhony.perezphotogra (Instagram).

Ramírez, S. (2011). Cuando Antioquia se volvió Medellín, 1905-1950. Los perfiles de la inmigración pueblerina hacia Medellín. *Anuario colombiano de Historia Social y de la Cultura*. 38(2), 217-253.

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/achsc/article/view/28089/35987>

RAE. (2023). Definición de mampuesto.

<https://dle.rae.es/mampuesto>

Sakai, K. and T. Naguchi. (2012). *The sustainable use of concrete*. Ed. CRC Press.

Salazar, A. (2004). *Síntesis de la tecnología del concreto. Una manera de entender a los materiales compuestos*. Corporación Construir.

Salazar, A. (2005). Experiencia de reciclaje en la producción de materiales de construcción. *Sophia*, 1, 31-52.

<https://revistas.ugca.edu.co/index.php/sophia/article/view/437>

Salazar, A. (2018). *No nacimos pa´ semilla*. Ed. AGUILAR.

Sennett, R. (2010). *El artesano*. Editorial Anagrama.

Serres, M. (1991). *El contrato natural*. Ed. Pre-Textos.

Silvestrini, V. (1998). *¿Qué es la entropía?* Grupo Editorial NORMA.

Simondon, G. (2009). *La individuación a la luz de las nociones de forma y de información*. Ediciones La Cebra y Editorial Cactus.

Simondon, G. (2017). *Sobre la técnica: (1953-1983)*. Editorial Cactus.

Simonnet, C. (2009). *Hormigón. Historia de un material*. Ed. NEREA, Donostia-San Sebastián.

SMA. (2005). *Estudio para el diseño de valorización de residuos de escombros, mediante un sistema de gestión integral de los mismos para la Producción Más Limpia en la ciudad de Medellín*. Municipio de Medellín.

Stagno, B. (2006). *Ciudades tropicales sostenibles*. Instituto de Arquitectura Tropical, San José de Costa Rica.

Statista. (2022). Construction.

<https://www.statista.com/markets/941/construction/>

UICN. (2011). *Guía de manejo de escombros y otros residuos de construcción*. UICN, Costa Rica.

https://construccionsostenible.cfia.or.cr/wp-content/uploads/2018/08/guia_escombros_baja.pdf

Valencia, A. (2010). *Los diez libros de la arquitectura*. Ed. Universidad de Antioquia.

Vidaud. E. (2013). Historia del cemento. Revista CyT del IMCYC.

<http://imcyc.com/revistacyt/pdf/noviembre2013/ingenieria.pdf>

Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American*, Vol. 213, p. 179-190. DOI: 10.1038/scientificamerican0965-178

Yepes, O., Bedoya, C., & Gómez, J. (2012). Hacia un avance ambiental y tecnológico de la construcción con tierra como patrimonio futuro. Del bloque de suelo cemento (BSC) al bloque de tierra con geopolímeros (BTG). *Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural - Journal of Cultural Heritage Studies*, 25(2), 240-247.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-97632012000200007&lng=en&tlng=es

Zhao, W., Leefink, R.B., & Rotter, V.S. (2009). Evaluation of the economic feasibility for the recycling of construction and demolition waste in China - The case of Chongqing. *Resources, Conservation and Recycling*, v 54 (6), pp 377-389.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344909002055?via%3Dihub>

Zuluaga, D. (2020). *Implementación de residuos mineros en formulaciones de mezclas para elaboración de ladrillos cerámicos*. Tesis UdeA.

https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/17386/1/ZuluagaDaniel_2020_ImplementacionResiduosMineros.pdf