

Losetas para espacio público, una nueva tipología
para el piso peatonal de Bogotá.

David Esteban Ramírez Martín

Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Bogotá, Colombia

2016

Índice General

Índice General	2
Índice de tablas	4
Índice de gráficas	5
Índice de figuras	6
Resumen	8
Abstract	9
Palabras clave	9
Introducción	10
Objetivos	12
1.1 General	12
1.2 Específicos.....	12
Marco referencial	1
1.1 Características del espacio público de Bogotá.....	1
1.2 Producción y Características de los residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá.....	20
1.3 Clasificación de los RCD.....	24
1.4 Aspecto ambiental en la utilización del ladrillo y cemento, principales materiales del espacio público de Bogotá.	28
1.5 La tierra como material constructivo	34
1.6 Insumos a utilizar en la fabricación del prototipo.....	36
1.7 Aspecto normativo	40
1.7.1 Documentos públicos.....	40
Metodología y desarrollo del proyecto	42
1.8 Diseño de mezcla.....	42
1.9 Pruebas de laboratorio	46
1.9.1 Compresión.	46
1.9.2 Absorción de agua.	48
1.9.3 Módulo de rotura.	50
1.10 Aspecto formal del Prototipo	51
1.11 Algunas posibilidades de instalación.....	54
1.12 Aproximación a la realidad.....	56
1.13 Análisis de Precios Unitarios.....	57
Análisis y discusión de resultados	60
Conclusiones y recomendaciones	62

Bibliografía..... 64
Anexos..... 68

Índice de tablas

Tabla 1 Emisiones de CO2 en la producción de ladrillo y bloques de concreto / unidad producida	31
Tabla 2 Diseño de mezcla	43
Tabla 3 APU Loseta mezcla 1	58
Tabla 4 APU Loseta mezcla 2	58
Tabla 5 APU Loseta mezcla 3	58

Índice de gráficas

Gráfica 1 Tipos de materiales en plazas.....	15
Gráfica 2 Adoquín cocido en plazas.....	16
Gráfica 3 Prefabricado en concreto gris.....	17
Gráfica 4 Productores de RCD en Bogotá.....	22
Gráfica 5 Porcentaje de producción de RCD en Bogotá.....	22
Gráfica 6 Suelo excavado Vs RCD en Bogotá.....	23
Gráfica 7 Disposición de residuos sólidos en Bogotá.....	24
Gráfica 8 Impacto generado por la producción de ladrillo y bloques de concreto KgCo2/unidad	31
Gráfica 9 Relación gráfica de mezclas - Autor.....	43
Gráfica 10 Resistencia a la compresión. Autor.....	46
Gráfica 11 Porcentaje absorción del materia Vs NTC 4992. Autor.....	49
Gráfica 12 Resultado Modulo de rotura - Mpa Vs NTC 4992. Autor.....	51
Gráfica 13 Precio M2 loseta tradicional Vs Losetas propuestas.....	59

Índice de figuras

Figura 1 Espacio público de Bogotá.....	6
Figura 2. Aparejos tradicionales en el espacio público	7
Figura 3 Universidad Nacional de Colombia.....	9
Figura 4 CC. Gran Estación	9
Figura 5 Renovación Carrea 7	9
Figura 6 Planteamiento renovación Chapinero	9
Figura 7 Sao Pablo - Brasil	10
Figura 8 Sao Pablo - Brasil	10
Figura 9 Av Jiménez - Cra 13.....	11
Figura 10 Av Jiménez - Cra 13.....	11
Figura 11 Renovación las Aguas	12
Figura 12 Renovación Parque. Los periodistas	12
Figura 13 Tipos de Losetas	13
Figura 14 Barrio Ed. Santos	14
Figura 15 Barrios Unidos.....	14
Figura 16 Barrio Marly.....	14
Figura 17 Barrio Quinta Paredes.....	14
Figura 18 Barrio Gaitán Cortes.....	14
Figura 19 Barrio El Tabor.....	14
Figura 20 Barrio Santa Bárbara	15
Figura 21 Barrio San Pablo	15
Figura 22 Incorrecta disposición de residuos en el espacio público.....	18
Figura 23 Tipos de RCD.....	21
Figura 24 Clasificación de los RCD	25
Figura 25 Gestión eficiente del RCD.....	26
Figura 26 Modelo para una adecuada gestión de RCD	27
Figura 27 Modelo de producción de losetas tradicional - Ciclo abierto. Graficación propia.....	32
Figura 28 Modelo de producción planteado para el prototipo - Ciclo cerrado. Graficación propia	33

Figura 29 Escombros generados en obra - Autor	36
Figura 30 Concreto, de escombro de obra a materia prima - Autor	37
Figura 31 Ladrillo, escombro de obra a materia prima	38
Figura 32 Toma de muestra de excavación – Barrio Galerías y Barrio El Recuerdo. Autor	39
Figura 33 Toma de muestra de excavación – Barrio San Antonio. Autor.....	39
Figura 34 Tamizado del material	43
Figura 35 Textura de material de excavación	44
Figura 36 Procedimiento en laboratorio. Autor.....	45
Figura 37 Procedimiento prueba a compresión. Autor	47
Figura 38 Procedimiento Absorción de agua. Autor.....	48
Figura 39 Procedimiento prueba de flexión del material. Autor.....	50
Figura 40 Exploración de la forma modelo 1. Autor	52
Figura 41 Exploración de la forma, modelo 2. Autor.....	52
Figura 42 Resultado final de la forma y dimensiones. Autor	53
Figura 43 Tipo de aparejo 1	54
Figura 44 Tipo de aparejo 2	54
Figura 45 Tipo de aparejo 3	55
Figura 46 Tipo de aparejo 4	55
Figura 47 Collage de aparejos	56
Figura 48 Acercamiento a la realidad modelo 1 y 2. Autor	56
Figura 49 Acercamiento a la realidad modelo 3. Autor.....	57

Resumen

El espacio público de una ciudad es uno de los indicadores que mide a la calidad de ciudad, la calidad de vida y la calidad de ciudadano, por este motivo este espacio debe ser agradable, seguro, permitir de forma eficaz el desarrollo de los ciudadanos mediante su interacción con el medio y con su prójimo. Bogotá se encuentra en una etapa importante para su futuro y desarrollo, y en materia de espacio público su característica principal es que es bicromático, falta de vida, apagado y de acuerdo a la psicología, el color de las cosas influye en el comportamiento de las personas, de otro momento el diseño del espacio público que actualmente se encuentra en la ciudad es de carácter rígido, ortogonal lo que lo hace monótono, son pocos los espacios que presentan en su diseño de piso áreas con diseños más amables para el peatón.

Por otro lado es claro que toda obra constructiva genera unos residuos de construcción y demolición (RCD) que pueden ser aprovechados para su reutilización y generar un ciclo óptimo para el medio ambiente, pero para el caso de las arcillas de excavación pocos son los estudios que se han desarrollado para su aprovechamiento y en materia de cantidad son ellas aproximadamente el 70 % de los RCD producidos en Bogotá. Ahora bien, este estudio se basa en el aprovechamiento de este tipo de residuos para reducir el tema de costos de fabricación y generar nuevos ambientes, con una nueva estética que comprenda las necesidades de la ciudadanía y ayudar al desarrollo competitivo, sostenible y sustentable de la ciudad.

Abstract

The public space of a city is one indicator that measures the quality of city, quality of life and quality of citizen, for this reason this space should be pleasant, safe, allow effectively the development of citizens through their interaction with the environment and with his neighbor. Bogota is an important stage for their future and development and on public space its main feature is that it is bichromatic, lifeless, dull and according to psychology, the color of things influences the behavior of the persons, other time the design of public space which is currently in the city is rigid character, orthogonal making it monotonous, few spaces having in the design of floor areas with more friendly for pedestrians designs.

On the other hand it is clear that any constructive work generates waste from construction and demolition (RCD) that can be leveraged for reuse and generate an optimal cycle for the environment, but for the case of clays excavation few studies that they have been developed for their use and in terms of quantity are they about 70% of the RCD produced in Bogotá. However, this study is based on the use of this type of waste to reduce the issue of manufacturing costs and generate new environments, a new aesthetic that understands the needs of citizens and help the competitive, sustainable and sustainable development city.

Palabras clave

Espacio público en Bogotá, reutilización, losetas, residuos de construcción y demolición.

Introducción

Uno de los indicadores para medir la calidad de ciudad es el espacio público, porque indica la calidad de vida y calidad de ciudadanos (Borja & Zaida, 2000), por tal razón es de suma importancia fijar la mirada en ello, ya que actualmente la ciudad de Bogotá, presenta bastantes inconvenientes en este aspecto, deficiencias de conservación que afectan la estética, preservación del medio ambiente y ecosistemas existentes.

La situación actual que tiene Bogotá frente a la inadecuada disposición de los residuos de construcción y demolición (RCD) y la degradación de los recursos naturales no renovables han generado que día a día se dirijan los esfuerzos de la investigación por la preservación a los ecosistemas y medio ambiente e impulsen nuevos métodos, procesos, materiales y demás que ayuden a que nuestro medio sea más sostenible. Por tal motivo el presente tema de investigación está enfocado a contribuir con la reutilización de los recursos sin comprometer las características mecánicas de los productos y de paso contribuir mediante un nuevo modelo de producción en fábrica de prototipos de losetas para el piso peatonal del espacio público de la ciudad con la reducción de emisión de dióxido de carbono emitida a la atmosfera a causa de la extracción de materia prima, materiales de fabricación y transportes utilizados.

Por otro lado en Bogotá existe una problemática asociada a ello, el crecimiento constante del sector de la construcción produce grandes cantidades de residuos de construcción y demolición que en su mayoría son poco aprovechados y en conformidad con la resolución 1115 de la Secretaria Distrital de Ambiente cada proyecto constructivo debe aprovechar este tipo de residuos de obra dentro de la misma para mitigar las problemáticas medioambientales tales como la inadecuada disposición de los mismos en vías, zonas verdes, en sitios no autorizados que impiden el tránsito normal peatonal y vehicular, la contaminación de las aguas superficiales del suelo, pérdida del espejo de agua en sumideros y humedales, son criaderos de roedores y mosquitos, enfermedades respiratorias, entre otros.

Según la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) de los 18 sitios vigentes y registrados como escombreras en Bogotá y municipios aledaños, el 70% están fuera de la ciudad, lo que aumenta el costo del viaje y el tiempo de recorrido desde la ciudad. A este

hecho se añade que la capacidad de los sitios es de aprox. 20 millones de m³, la cual contrasta con la generación de escombros en la ciudad ya que para el 2008 alcanzó un total de 10.6 millones de m³ y teniendo como supuesto una tasa de incremento del 4% anual, se estima que la ciudad requiere de escombreras tengan una capacidad igual o superior a 215 millones de m³ para el año de 2020.

Este proyecto de investigación plantea por un lado la mitigación y reutilización de algunos materiales de RCD, adecuados para la labor, el nuevo modelo de losetas es un complemento funcional y estético a lo ya existente y por otro lado esboza un nuevo modelo de producción de que permite la reducción de CO₂ al medio ambiente y reduce sustancialmente la extracción de materia prima de montaña.

De igual forma, alcanzando el diseño de mezcla adecuado con los materiales mencionados anteriormente, se lograría que ya no fuese el suelo de excavación y los RCD un problema, sino una oportunidad, una oportunidad para la ciudad y ciudadanía que gozaría de un espacio público adecuado, no como el que actualmente se está acostumbrado, sino que con una nueva calidad arquitectónica transmita al ciudadano sensaciones positivas y a su vez alimente el bienestar y la calidad de ciudad, lugar en el cual se desarrolla y evoluciona nuestra vida.

Para terminar, es necesario recordar que una de las funciones del Arquitecto es diseñar y planificar la ciudad, por lo tanto es uno de los responsables de lograr que los ciudadanos se identifiquen con el lugar donde viven, para que lo cuiden y lo quieran, situación que en algunas zonas de la ciudad se evidencia lo contrario, algunos dañan el espacio público y sus elementos complementarios.

Objetivos

1.1 General

Desarrollar un prototipo de loseta complementario para el piso peatonal del espacio público de Bogotá, a partir de la reutilización de residuos de construcción y demolición (RCD).

1.2 Específicos

- Identificar las necesidades existentes en el piso peatonal del espacio público de Bogotá, en cuanto a materiales, formas y acabados.
- Reconocer los diferentes tipos de residuos de construcción y demolición (RCD), para definir los más apropiados en el desarrollo del prototipo.
- Realizar diseño de mezcla y definir si el material cumple con la normativa vigente en materia de losetas de piso para el espacio público de Bogotá.
- Diseñar el prototipo de loseta en su componente arquitectónico.

Marco referencial

Para entender la idea y el problema de investigación que se presenta en este trabajo de investigación, es necesario identificar y analizar toda una serie de conceptos y teorías sobre las cuales se fundamenta el mismo, las cuales son expuestas a continuación, las cuales responderán a una serie de preguntas tales como ¿Por qué para el piso del espacio público?, ¿Por qué en Bogotá? ¿Por qué con materiales de residuos de construcción y demolición? ¿Qué beneficios trae su reutilización?, ¿Por qué con suelo excavado en obra, producto del mantenimiento y revitalización de la malla vial?

1.1 Características del espacio público de Bogotá

En primer lugar el espacio público denota la calidad de ciudad, la calidad de vida del habitante y la calidad de ciudadano (Borja & Zaida, 2000). Según la Defensoría Distrital del Espacio Público (DADEP) la importancia de este radica en que determina la competitividad y el desarrollo de las ciudades, es el lugar donde se construye la sociedad, donde se da la relación e intercambio entre las personas, está dado para el uso, goce y disfrute de los ciudadanos, constituyen el espacio público de la ciudad las áreas requeridas para la circulación tanto peatonal como vehicular, las áreas para la recreación pública, activa o pasiva, para la seguridad y tranquilidad ciudadana, las franjas de retiro de las edificaciones sobre las vías, las fuentes de agua, los parques, plazas, zonas verdes y similares.

Colombia desde hace más de cuarenta años en un país eminentemente urbano, más del 60% de su población habita en las urbes, realidad que pone en alto la necesidad de la recuperación del espacio público ya que su importancia radica en su buen estado, calidad arquitectónica, continuidad, accesibilidad, adecuado aprovechamiento y uso, incide de manera directa sobre los comportamientos de y el nivel de bienestar de los ciudadanos.

El espacio público es, en esencia, la materialización espacial de las relaciones sociales y, por ende, la principal expresión de la calidad de vida de las comunidades urbanas. (Ministerio de

Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2005). Técnicamente, el espacio público se define como el “conjunto de inmuebles públicos y los elementos arquitectónicos y naturales de los inmuebles privados, destinados por su naturaleza, por su uso o afectación a la satisfacción de necesidades urbanas colectivas que trascienden, por tanto, los límites de los intereses individuales de los habitantes... (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2005), el espacio público es uno de los elementos más importantes de una ciudad ya que en él se desarrollan los habitantes, se ve el progreso o la ruina de una ciudad. Es el elemento que teje una ciudad, la estructura y la modela por la cual determina su morfología, de forma directa, cada día de nuestra vida tenemos directo con él, de allí la importancia de su preservación y el fundamento cuantitativo y cualitativo del tema de investigación. De tal forma que si el ciudadano interactúa con los elementos del espacio público ellos deben responder a una serie de características de estética y función que aporten nuevas experiencias a los ciudadanos.

Cuando hablamos de espacio público y no delimitamos este conjunto, nos referimos a todos los elementos que se encuentran en él, por tal razón el estudio de investigación y el desarrollo de un nuevo concepto visual y funcional de las losetas para el piso del espacio público de la ciudad, está enfocado en el piso, donde cada ciudadano interviene, sin importar su limitación física, condición social, religión, etc. De allí la importancia que este tipo de espacios se mantengan en perfectas condiciones, no solo las áreas de recreación pasiva, como los parques, sino también los andenes que son los que articulan lo público de lo privado, lo peatonal de lo vial.

Lo público es precisamente un ámbito compartido de experiencias urbanas que se desarrollan en espacios propicios o propiciadores (Saldarriaga, 2002). Así como los animales necesitan que se protejan las selvas y otros entornos silvestres para sobrevivir, los seres humanos necesitamos espacios que propicien nuestra salud física y espiritual. En las ciudades, esto significa disponer de espacios públicos peatonales abundantes, amplios y de calidad, en otras palabras, andenes y parques abundantes, amplios y bien mantenidos (Peñalosa, 1998). Ya en tiempos del imperio griego era el ágora (Plaza) punto de encuentro donde se llevaban a cabo todo tipo de reuniones, filósofos de la época impartían sus conocimientos, se hacían negocios y todo tipo de actividades giraban en torno a él.

De igual forma el espacio público define la calidad de la ciudad, porque indica la calidad de vida de la gente y la calidad de la ciudadanía de sus habitantes. La ciudad entendida como sistema, de redes o de conjunto de elementos – tanto si son calles y plazas como si son infraestructuras de comunicación (estaciones de trenes y autobuses), áreas comerciales, equipamientos culturales es decir espacios de uso colectivos debido a la apropiación progresiva de la gente – que permiten el paseo y el encuentro, que ordenan cada zona de la ciudad y le dan sentido, que son el ámbito físico de la expresión colectiva y de la diversidad social y cultural. (Borja & Zaida, 2000) El espacio público es a un tiempo el espacio principal del urbanismo, de la cultura urbana y de la ciudadanía.

Cuando el diseño del espacio público logra establecer una comunicación armónica con quienes lo habitan, favorece acciones de apropiación sobre él como manifestación del vínculo que desarrollan las personas con el territorio, otorga el ambiente adecuado para el establecimiento de dinámicas sociales colectivas. Dada la importancia de esta relación entre habitante y territorio, resulta casi "natural" asumir un punto de vista que integre espacio físico y percepción, materia y significado. (Instituto de la vivienda. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile, 2008)

Por otro lado el espacio público debe representar la continuidad, ello depende en gran medida de la naturaleza del espacio urbano, y por lo tanto de su configuración, articulación y vertebración, dada fundamentalmente por los componentes físicos que la integran (Facultad de Arquitectura. Universidad Católica de Santa Fe, 2011). En este contexto la continuidad se representa físicamente mediante el tejido urbano, la misión de la profesión es dar forma y hacer de esos espacios agradables para el hombre, de tal manera que se conecten las calles con la plazas, equipamientos, centralidades, medios de transporte, entre otros.

La continuidad en el tejido urbano es de gran importancia ya que aporta seguridad a la ciudad porque facilita el movimiento y por lo tanto la vida en la urbe, si los flujos se interrumpen se reducen los desplazamientos cotidianos, se disfruta y conoce menos de la ciudad contribuyendo a engendrar un sentimiento de inseguridad (Politecnico di Milano, 2007). Tener un espacio urbano continuo, no solo contribuye a la mejora de la seguridad, sino que ayuda a los ciudadanos a que se orienten hacia donde se deben dirigir, es por ello que el espacio urbano se

piensa y se diseña como un todo, como ente organizador, articulador y mediador entre los espacios urbanos y el habitante.

Si la continuidad en el espacio público es representada mediante la conexión entre parques, plazas, alamedas, calles, etc. El elemento principal de articulación entre ellos es el piso, de tal manera que este elemento debe ser manifestar y garantizarle al peatón una unión correcta entre los espacios, ello se logra mediante el diseño del piso, que se relacionen las características físicas de un lugar a otro, no obstante el concepto de continuidad genera inclusión, la integración de todos y cada uno de los ciudadanos, por tal razón el prototipo a desarrollar debe representar este tipo de conceptos mediante su aspecto físico, por ejemplo, incluye a las personas de limitación visual, mediante texturas de las losetas, para que cuando estén caminando por la calle se orienten de manera fácil y concreta.

Retomando lo anterior, en la ciudad de Bogotá, el concepto de continuidad no se manifiesta en todas sus elementos, en algunas plazas encontramos un piso que se integra adecuadamente con su entorno y a pocas cuadras andenes en pésimas condiciones, una de las causas de este fenómeno es que Bogotá al ser una ciudad de gran magnitud, para las entidades estatales encargadas de mantener en perfectas condiciones cada una de las calles de la ciudad es muy complejo controlar y garantizar un espacio público en buen estado.

Por otro lado la continuidad, en algunos casos, se ve truncada por elementos sobrantes de obra (escombros) que son vertidos en las calles, lo cual genera una contaminación visual y ambiental que afecta de gran manera a los ciudadanos. En muchos casos los elementos que se encuentran obstruyendo la continuidad en el espacio público son adoquines y ladrillos cocidos que ya cumplieron su vida útil, se plantea el trabajo en la implementación y reutilización de este material poco aprovechado a la fecha, para que mediante un proceso constructivo desarrollado en planta se puedan aprovechar como agregado a la mezcla y de esta manera se contribuye a la protección del área.

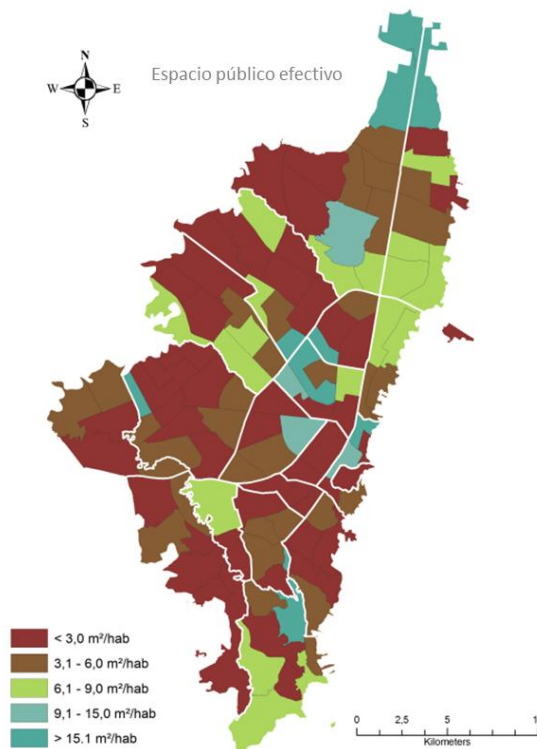
Otro aspecto importante que debe tener el espacio público es la accesibilidad, esta debe ser pensada en orden de todos los habitantes de una ciudad, debe ser planeada y diseñada para personas con limitaciones físicas, para el deportista, para el trabajador y para el transeúnte. Debe

funcionar como un sistema que integre todas las posibles variables que se encuentran en el espacio público, de tal manera que gocen de igualdad de interacción y uso tanto el que va en bicicleta como el que está en una silla de ruedas, el ciego como el peatón, el niño y el viejo, etc.

Accesibilidad, densidad, mezcla funcional de usos, integración y vitalidad son elementos clave para la prevención de la criminalidad mediante la planificación urbana. Esta puede por lo tanto ocuparse también de seguridad además de disciplinar la distribución de funciones y actividades, la disposición de las infraestructuras, la ubicación y el aspecto de los barrios comerciales una buena accesibilidad y una red viaria extendida son elementos básicos para favorecer los flujos de movimiento que produzcan vitalidad, vigilancia espontánea y por lo tanto mayor seguridad. (Politecnico di Milano, 2007).

En consecuencia con ello la ex directora del DADEP, la Doctora Blanca Inés duran expuso: *“Bogotá se encuentra en uno de los momentos más interesantes para la definición de su futuro, el modelo de ciudad que se estaba planteando no es sostenible y ha generado profundos daños ambientales e incluso sociales. La ciudad extendida que crece a pesar del medio ambiente y no en armonía con él. Es necesario replantear nuestro modelo de ciudad, la forma de relacionarse con el entorno al establecer como ejes fundamentales: Reducir la Segregación Social, Enfrentar el Cambio Climático y Defender lo Público”*. (Defensoría Distrital del Espacio Público, 2015). Objetivo a partir de los cuales se espera construir una ciudad sostenible, armónica con el ambiente y en la cual lo público prevalezca sobre los intereses privados, conceptos que se desarrollan a lo largo del documento, ya que las losetas planteadas para el piso de andenes, plazoletas, alamedas y parques están en plena comunión con el aspecto ambiental, sin dejar de lado lo funcional, lo estético, lo durable y resistente.

Infortunadamente la proporción de Bogotá construida de manera informal o ilegal supera la construida de manera formal, dando como resultado una ciudad con un espacio público fragmentado e insuficiente, ver gráfica 1.



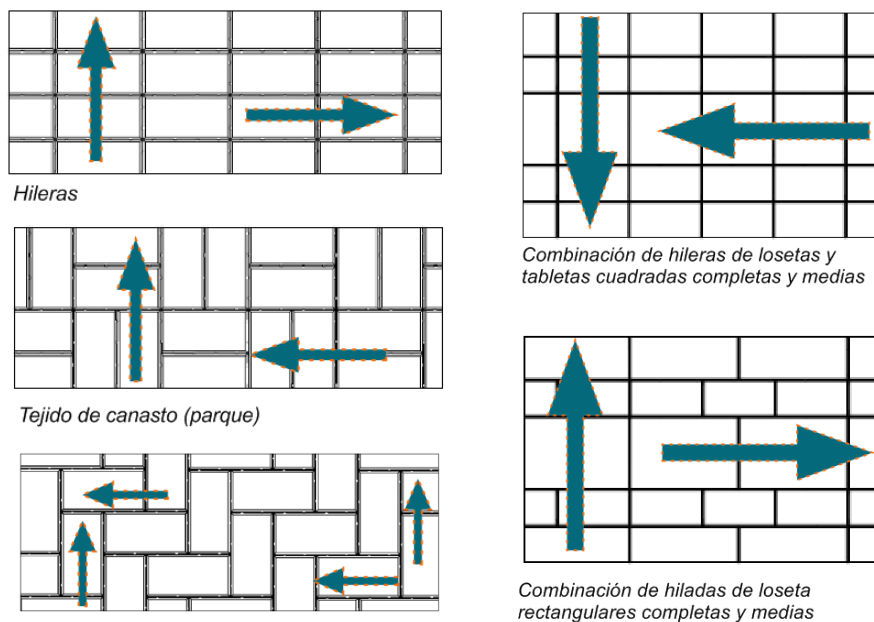
[Figura 1 Espacio público de Bogotá](#)

Fuente: Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público (DADEP)

Actualmente, el espacio público efectivo por habitante con carácter permanente es de 3.93 m²; ahora bien, si tomáramos como meta de ciudad el índice mínimo de espacio público efectivo por habitante 15 m² definido en la normatividad, se concluye que hasta el momento, la ciudad ha alcanzado apenas un 26% de la meta de espacio público de acuerdo a su población. (Defensoría Distrital del Espacio Público, 2015),

En la gráfica anterior se evidencia que en Bogotá, el déficit de espacio público es bastante alto en comparación con el ideal por habitante, lo cual indica que el impacto social que puede traer el proyecto es a gran escala, de igual forma si evidenciamos que los materiales que actualmente se utilizan son altamente contaminantes, acareará entonces un impacto ambiental positivo para la ciudad, ya que la materia prima base del prototipo está enfocada en la reutilización de insumos poco aprovechados al día de hoy.

Retomando lo anterior es importante hacer énfasis en que los elementos que en su mayoría hacen parte del piso del espacio público de Bogotá son prefabricados de arcilla cocida (adoquines) y elementos de concreto (losetas), esta característica se presenta en gran parte de la ciudad y ha generado que prácticamente la importancia del espacio público se delimite a un nivel meramente funcional, claro está, con características que se acentúan en la normativa vigente logrando la accesibilidad, la continuidad y demás, pero ¿por qué se da este fenómeno de limitante estética en cuanto al diseño bicromático del espacio público?, posiblemente una de las causas es que en el mercado actual los costos de producción de losetas de colores son elevados pero en la mayoría de los casos su aspecto formal continua siendo la misma, cuadrada o en su defecto rectangular, lo cual implica que el elemento se instale de forma que solo posibilite configurar ángulos rectos.



[Figura 2. Aparejos tradicionales en el espacio público](#)

Fuente: (Secretaria Distrital de Planeación. , 2007)

El prototipo a desarrollar, si bien tiene la posibilidad de seguir creando ángulos a 90 grados, también debe otorgar la facultad de crear diagonales, semicírculos y líneas rectas, para

que no sea meramente funcional si no adquiriera personalidad estética los lugares intervenidos de forma rápida y económica.

El utilizar casi que como exclusiva estos dos materiales constructivos en el piso del espacio público, ha originado que la importancia de los tres componentes fundamentales que según el histórico Arquitecto Vitrubio cada proyecto constructivo debe tener para alcanzar exitosamente los objetivos trazados por el cual ha sido erguido, utilitas (utilidad), firmitas (firmeza) y venustas (belleza) se pierdan dentro de un contexto de ciudad. De la misma manera que pasa con el objeto arquitectónico el espacio público también debe tener en cuenta estos tres ejes, no obstante la característica principal del espacio público que se encuentra en Bogotá es de característica bicromático, en su mayoría rojo y gris a excepción de algunos proyectos como el caso de la Universidad Nacional de Colombia (Figura 3), el Centro comercial gran estación (Figura 4), la renovación de la carrera 7 (Figura 5), la futura renovación urbanística de una zona de chapinero (Figura 6), entre otros, son algunas muestras de la ruptura al paradigma mental que se tiene ante el uso de los colores en el espacio público.

Según la teoría de la semiótica el hombre se comunica con su entorno a partir de códigos, bien sea por medio de los colores, formas y espacios, de la misma manera cuando usamos códigos de movilidad vial, las señales de tránsito y hacemos un alto en nuestro andar cuando encontramos una franja amarilla en el piso que indica zona de riesgo, también se pueden generar códigos de colores para el piso del espacio público, que indiquen que se aproxima zonas de precaución, de tránsito libre por el espacio, de zona reservada y demás lo cual alimenta al prototipo de loseta no solo a nivel estético, sino que realza el carácter funcional y estético en cuanto al piso del espacio público se trata.



[Figura 3 Universidad Nacional de Colombia](#)

Fuente:

https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Entradas_Universidad_Nacional_de_Colombia,_Bogot%C3%A1



[Figura 4 CC. Gran Estación](#)

Fuente:

http://www.zonabogotadc.com/2014_08_01_archivo.html



[Figura 5 Renovación Carrea 7](#)

Autor



[Figura 6 Planteamiento renovación Chapinero](#)

Fuente. <http://www.minuto30.com/presentan-estudios-y-disenos-de-proyecto-de-intervencion-integral-de-zona-g-de-chapinero/282285/>

Por otro lado el aspecto estético bicromático y pesado del espacio público actual, se han desarrollado y consolidado nuevos conceptos urbanísticos que potencializan la vital importancia que debe tener el piso de la ciudad. Partiendo de esta idea se puede decir que así como todo en la vida tiende a superarse y a evolucionar, de la misma manera funciona con el piso del espacio público y trayendo a colación la psicología del color, desarrollada por la socióloga y psicóloga Alemana Eva Heller en su libro “psicología del color” donde relata que la relación del color con nuestros sentimientos no es de forma accidental, antes bien actúa sobre la razón, ellos muchas veces son responsables de nuestro actuar dependiendo del contexto en que se encuentren, un

buen ejemplo de ello, es un callejón en Sao Pablo, Brasil, que paso de ser un sitio donde se expedían drogas y violencia a por doquier en un museo a cielo abierto (Figura 7 y 8). Este callejón era conocido por los habitantes del sector como un punto de tráfico y consumo de drogas pero, en 2002, gracias al trabajo de la ONG Ciudad Escuela Aprendiz, el callejón se transformó en un espacio donde más de 50 grafiteros y muralistas resolvieron pintar sus obras. (Amanda Marton, 2015)



[Figura 7 Sao Pablo - Brasil](#)



[Figura 8 Sao Pablo - Brasil](#)

<http://www.plataformaurbana.cl/archive/2015/11/30/beco-do-aprendiz-de-callejon-de-drogas-a-museo-a-cielo-abierto-en-sao-paulo/>

Pasar de ser un punto de encuentro de traficantes a ser un lugar donde, además de ser un museo a cielo abierto, se practican artes como la danza, grabación de videoclips, aumento de turismo, transformar lo negativo en acciones sencillas pero positivas ya que es una intervención de ciudad planeada y consiente (Amanda Marton, 2015). De igual forma se proyecta que las losetas para el espacio público tengan un impacto emocional y psicológico en los habitantes de la ciudad de Bogotá, donde se logre la apropiación por parte del peatón con los lugares intervenidos.

En consecuencia de ello y comparándolo con la parte estética que presenta la ciudad, es importante traer como fundamento académico la explicación científica que se da sobre el color que prima en el espacio público de la ciudad, el gris, Heller lo describe en su libro como un color sin carácter, el color de la vejez, de la experiencia, la respetabilidad y la sabiduría pero también de lo anticuado, del pasado y lo olvidado, de la pobreza, de la modestia, de lo sucio y lo

desagradable, de lo barato y basto, no hay lujo gris, pues el objeto parece más barato. Solo puede ser elegante en el vestir por el material, pues en un material barato parece más pobre. (Heller, 2008).

Por otro lado para contrastar este fenómeno, la Alcaldía Mayor de Bogotá en cabeza del Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público (DADEP) realizó un proyecto denominado “Humanizando espacios para la gente” comprende una serie de acciones de seguridad, administrativas y de ejecución de obra pública como son la restitución de andenes y las zonas peatonales, reubicación de vendedores informales, revegetalización de andenes y fachadas y la creación de espacios de permanencia donde los ciudadanos puedan desarrollar actividades sociales y culturales. Lo anterior con el objeto de mejorar la calidad ambiental, habitabilidad y seguridad de las zonas intervenidas para su apropiación social por parte de la ciudadanía. (Defensoría Distrital del Espacio Público, 2015)

Esquina de la carrera 10ª con Avenida Jiménez costado suroccidental



[Figura 10 Av Jiménez - Cra 13](#)

Fuente: <http://www.dadep.gov.co/index.php/sala-de-prensa/noticias>

Esquina de la carrera 10ª con Avenida Jiménez costado suroriental



[Figura 9 Av Jiménez - Cra 13](#)

Fuente: <http://www.dadep.gov.co/index.php/sala-de-prensa/noticias>

Bogotá al igual que muchas otras ciudades merece tener una imagen propia que la caracterice y defina, una imagen digna y acorde con el contexto. (Secretaría Distrital de planeación, 2007), ya que en materia de andenes son muy pocos los lugares donde se interviene el lugar de forma diferente, en la mayoría de los casos se retira adoquín cocido rojo y se instala adoquín cocido rojo, se reemplazan losetas prefabricadas de concreto gris y de igual forma se instalan el mismo tipo de piezas de concreto gris.



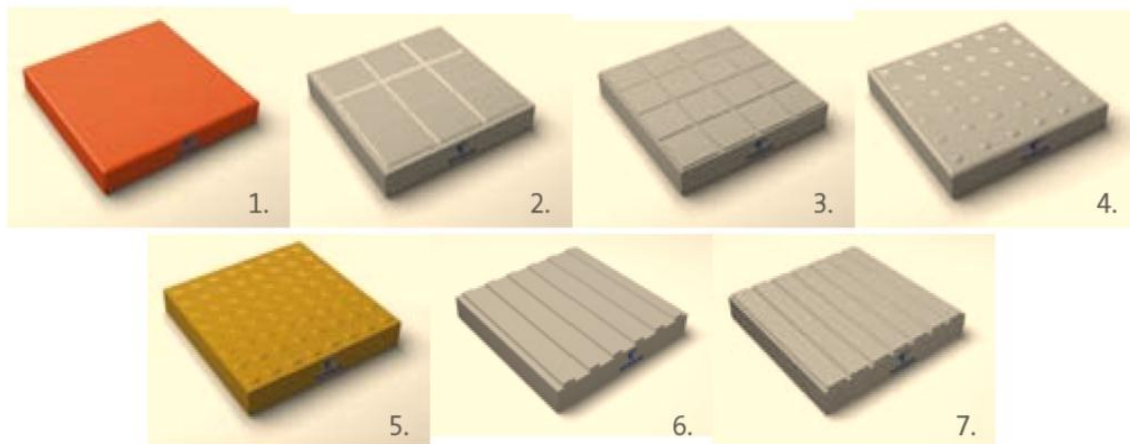
[Figura 12 Renovación Parque. Los periodistas](#)



[Figura 11 Renovación las Aguas](#)

Los anteriores referentes alimentan de forma directa el diseño y concepto que deben tener el prototipo de losetas para el espacio público planteado, es decir, el elemento debe contar con una gama de colores llamativa dentro del campo visual y que a su vez se conviertan en estilos y funciones.

Por otro lado para entrar en el análisis de los andenes hay que decir que ellos son la franja paralela a la vía de uso vehicular, destinada a la permanencia o tránsito de peatones, con ocasional cruce de vehículos para acceso a los predios. Su superficie debe ser dura para su circulación, no obstante dependiendo de la tipología que se defina, pueden generarse composiciones con superficies blandas. En acceso a predios, parqueaderos, estaciones de servicio y similares, los vehículos deberán subir al nivel del andén para que prime la circulación peatonal. (Secretaría Distrital de Planeación. , 2007). Una de las principales causas de tener texturas en los andenes es evitar el deslizamiento del peatón, evitar al máximo que a causa del material en ocasiones de lluvia los transeúntes se puedan resbalar, por tal motivo existen varios tipos de losetas con textura, de igual forma como el espacio público debe permitir la inclusión y accesibilidad de todos los peatones sin importar sus condiciones y limitaciones físicas están diseñadas diferentes tipos de losetas que generan texturas de alerta y de guía para las personas de visión limitada de tal forma que cuando este grupo de peatones camine por las calles su puedan guiar generando una constante comunicación entre piso y peatón.



- 1. Loseta Tipo A50
- 2. Loseta triática
- 3. Loseta cuadrática
- 4. Loseta táctil alerta A56
- 5. Loseta táctil guía A55
- 6. Loseta 6 franjas
- 7. Loseta 7 franjas

REFERENCIA	DIMENSIONES cmxcm	ESPESOR cm	PESO kg
A50	40x40	6	20
A55	40x40	6	20
A56	40x40	6	20
A60	40x20	6	10

[Figura 13 Tipos de Losetas](#)

Fuente (TITAN , 2013)

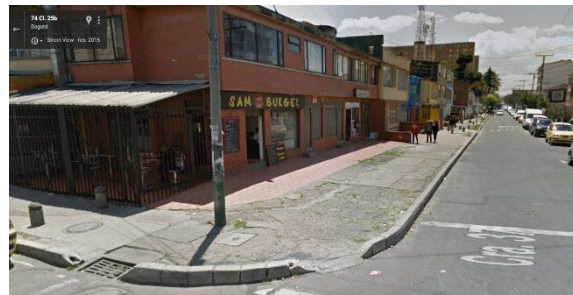
Por consiguiente al hablar de una loseta para espacio público es necesario primero definirla dentro de un concepto técnico, una loseta es un elemento no aligerado en su masa, de concreto, prefabricado, con forma de prisma recto, cuyas bases son polígonos tales (por lo general rectángulos) que, en conjunto, permiten conformar una superficie que se utiliza como capa de rodadura y en algunos casos, en los pisos recubiertos con losetas de concreto. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, 2004). Según la definición expuesta anteriormente se puede decir que el organismo de certificaciones solo cuenta con que la forma de una loseta sea cuadrada o rectangular, no obstante ante la situación la cartilla de andenes permite que se generen nuevas formas, materiales, acabados siempre y cuando los

prototipos interactúen con las mismas especificaciones técnicas de la misma forma y mejor con el sistema existente.

Retomando lo anterior cabe anotar que la situación actual de los andenes de las calles de Bogotá en muchos casos es lamentable, los andenes analizados presentan actividades patológicas como el desgaste de la superficie a causa de la actividad mecánica, falta de mantenimiento, la presencia de los materiales es en su mayoría adoquín cocido rojo, prefabricados en concreto gris y fundido in situ cosa que genera que al intervenir los espacios sean grandes volúmenes de residuos de obra que irían a parar en escombreras y se conviertan en una problemática a nivel de costos para el contratista y el estado.



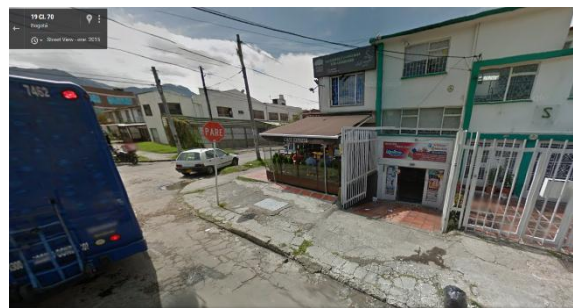
[Figura 14 Barrio Ed. Santos](#)



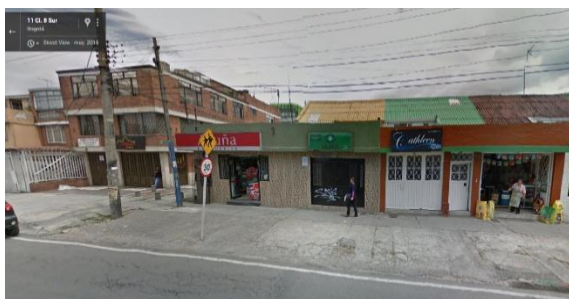
[Figura 17 Barrio Quinta Paredes](#)



[Figura 16 Barrio Marly](#)



[Figura 15 Barrios Unidos](#)



[Figura 19 Barrio El Tabor](#)



[Figura 18 Barrio Gaitán Cortes](#)



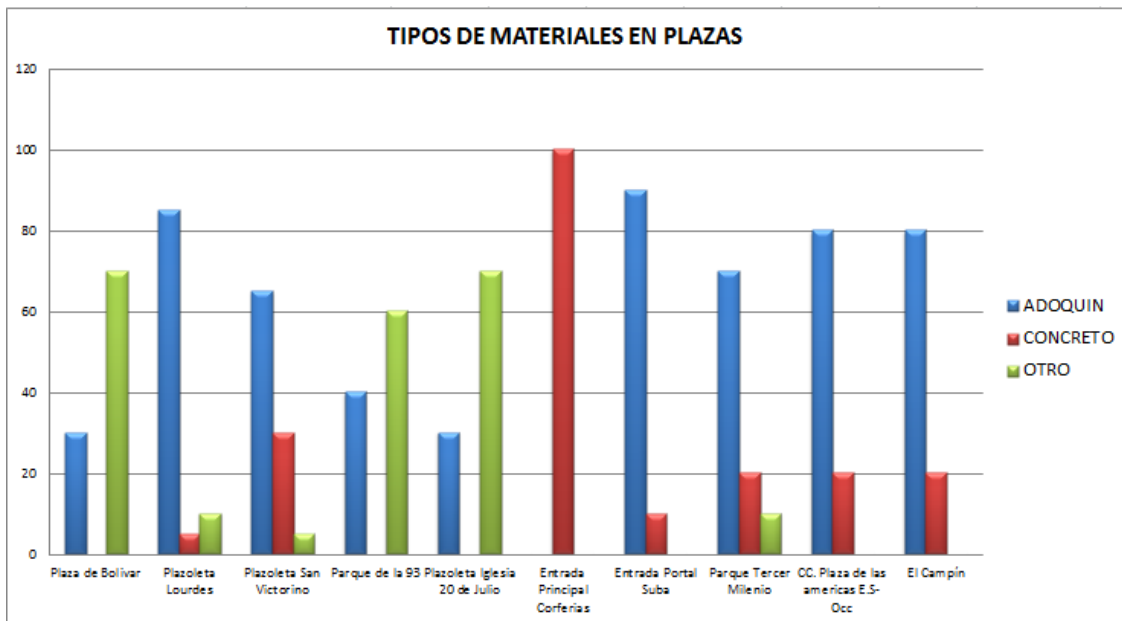
[Figura 21 Barrio San Pablo](#)



[Figura 20 Barrio Santa Bárbara](#)

Imágenes tomadas de: google maps.

De igual forma para ampliar la información correspondiente en cuanto al piso del espacio público peatonal de Bogotá, se tomaron en consideración una muestra de 10 casos de estudio de plazas públicas ubicadas en diferentes puntos de la ciudad, las cuales son centralidades y presentan alto índice de tráfico peatonal, las presentes fueron analizadas en lo correspondiente a los materiales, formas y acabados e inferir de acuerdo a los resultados obtenidos las deficiencias del piso y sus limitaciones actuales.

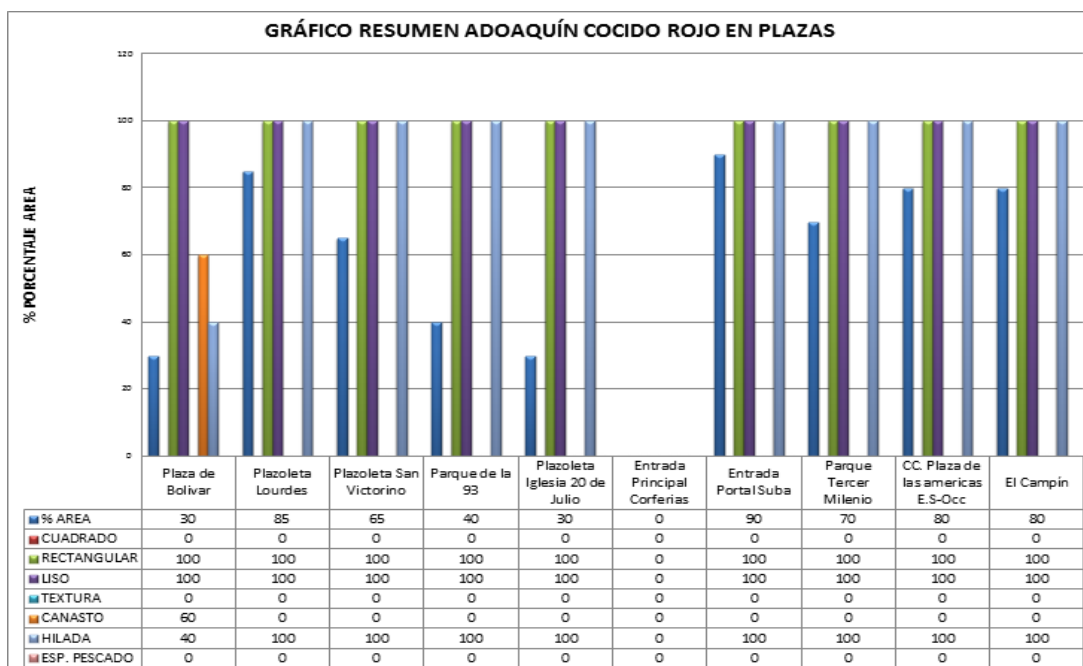


[Gráfica 1 Tipos de materiales en plazas.](#)

Graficación propia, resumen fichas. Ver anexo 1

Para la mayoría de los casos el material predominante es el adoquín cocido rojo y losetas prefabricadas de concreto gris, para algunos casos en los resultados obtenidos se encontró que la piedra natural toma protagonismo para la capa de rodadura del piso, pero a raíz de ser este tipo de materiales los más utilizados y cruzando la información con la vida útil de los elementos y con la poca reutilización que actualmente se tiene de los mismos, se obtiene como resultado que en el momento en el que se haga el mantenimiento toda esta materia prima deba ser desechada en escombreras autorizadas por el estado, pero teniendo en cuenta que Bogotá tan solo cuenta con espacios limitados para la labor durante corto tiempo es debido pensar en que todos estos materiales se puedan reutilizar y generen un ciclo cerrado de producción. Fundamento sobre el cual este proyecto experimenta busca dar pie para aportar una nueva forma de hacer las cosas procurar que día a día se extraigan menos materiales vírgenes de cantera y de paso a su vez con la conservación de nuestro medio. Este tema será analizado a fondo más adelante.

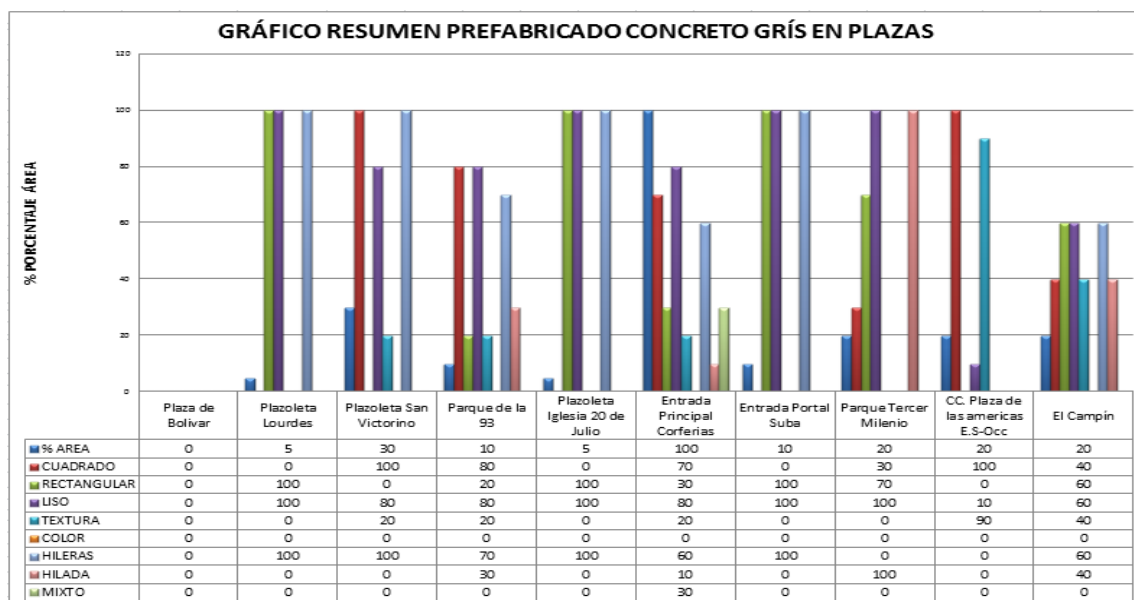
Por otro lado y continuando con lo anterior, a continuación se expone un gráfico resumen de las formas y tipos de aparejos que más se encuentran instaladas en la muestra de estudio, correspondientes a su forma y tipo de aparejo instalado.



Gráfica 2 Adoquín cocido en plazas

Graticación propia, resumen fichas. Ver anexo 1

El estudio analizado denota la hipótesis expuesta con anterioridad, para las áreas de estudio el adoquín instalado es de carácter rectangular, sin textura y generalmente puesto en forma de hilada, lo cual hace que el piso peatonal del espacio público, de las plazoletas analizadas sea el común denominador del piso y al ser lo usual se encuentra dentro de la monotonía, de lo tradicional, de lo lúgubre, de lo apagado. Este tipo de formas rectangulares y cuadradas en su mayoría permiten que el diseño de los pisos gire en torno a lo ortogonal a lo lineal y deja de lado las formas curvas, las diagonales, las líneas que delimitan e interactúan con los espacios.



[Gráfica 3 Prefabricado en concreto gris](#)

Graficación propia, resumen fichas. Ver anexo 1

Por otro lado, los residuos de construcción y demolición (RCD) son materiales de desecho inertes no peligrosos, generados en obras de ingeniería, remodelación, construcción, reforma y demás actividades que demanden tareas de este tipo, tienen la característica de ser transformados y nuevamente reutilizados como agregados pétreos en las mezclas de concreto y para la fabricación de nuevos productos, con un debido proceso y tratamiento (Castaño, Misle, Lasso, Gómez, & Ocampo, 2013). Gracias a que el sector de la construcción en Colombia ha crecido de forma constante durante los últimos años, alcanzando una cifra del 20 a 30% del total

de las obras de construcción, lo cual ha llevado no solo a inversiones de tipo extranjera y privada y por lo tal motivo el incremento de los RCD se incrementan han incrementado de igual forma.

Anteriormente este tipo de residuos, en su totalidad, eran desechados y no reutilizados, lo cual llevaba a que fueran dispuestos en los rellenos sanitarios y sitios de acopio. Al pasar el tiempo este tipo de residuos se convirtieron en una problemática, ya que en muchos casos, los escombros, producto de la actividad de demolición, no son aprovechados ni reutilizados y deben ser dispuestos en sitios de acopio y escombreras autorizadas legalmente.

Es común encontrar en la calles de la ciudad que la disposición final de los residuos y escombros de obra son colocados en las calles de forma ilegal e irresponsable, ya que este tipo de acciones no solo afean la ciudad sino que pueden crear focos de infección y colonias de epidemias que pueden ocasionar enfermedades al ciudadano. De la misma manera son dispuestos ilegalmente en sitios no autorizados, en las calles de la ciudad, las cuencas de los ríos, en caños o en cualquier lugar no autorizado, logrando con ello, que nadie se haga responsable por el acopio ilegal y creando una problemática medioambiental, ya que allí anidad agentes patógenos que degradan la salud.



[Figura 22 Incorrecta disposición de residuos en el espacio público](#)

Fuente. (Secretaria Distrital de Ambiente, 2015)

Gracias a ello se genera una problemática ambiental que impacta negativamente los recursos naturales, debido a la mala disposición de los RCD que invaden y dañan las zonas verdes, vías públicas, dificultad para el tránsito peatonal, contaminan las aguas superficiales y subterráneas, generan la pérdida del espejo de agua en sumideros y humedales, inundaciones en canales de desagüe de aguas lluvias y afectaciones de salubridad como las afecciones respiratorias y la gestación de roedores y mosquitos (Gaitán, Maria, 2013)

En Colombia, la responsabilidad con el medio ambiente en pro de una construcción sostenible es un concepto relativamente nuevo que se ha implantado en el sector, por tal razón, empresas forman el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCDS), con el objeto de que los métodos constructivos y la industria sea transformada y lograr una adecuada y amigable utilización de los recursos naturales y el bienestar de los colombianos (Escandon, Juan, 2011).

De lo anterior es posible concluir que a medida de que mientras el campo de la construcción avanza considerablemente en la ciudad, no solo a nivel de intervención pública, también a privada, lo cual conlleva a que día tras día se necesiten lugares de acopio cada vez más grandes y según el Departamento de Ambiente, Bogotá está en déficit de lugares autorizados para escombros y si se llegase a presentar un movimiento de tierras de gran magnitud, la ciudad colapsaría drásticamente en cuanto a este tema lo cual conlleva a que afectemos no solo nuestro territorio, también el de los municipios cercanos, por tal razón, este proyecto se encamina de forma responsable, pensando en el aspecto sostenible y hacer partícipes los recursos que actualmente se desaprovechan en las obras.

De otro lado y según lineamientos de la cartilla de andenes realizada por la secretaria distrital de planeación y cuya última revisión se efectuó en el año 2007, se enuncia en el capítulo B los tramos típicos de andenes, alamedas y separadores que cubren la mayoría de los casos.

Esta cartilla direcciona los parámetros de diseño y normativa para la fabricación de los elementos pertenecientes a los pisos peatonales del espacio público de la ciudad, aunque en la norma no se menciona otro material de fabricación más que el concreto y adoquín de arcilla cocido, sin embargo la norma está abierta a nuevos tipos de materiales y parámetros de diseño, siempre y cuando se aprovechen las características del sistema. Materiales o procesos

constructivos con iguales o mejores niveles de especificaciones en estructuras y superficies, siempre que encuentren soporte técnico en una norma técnica colombiana (NTC), una norma internacional, o en su defecto un estudio específico avalado por el instituto de desarrollo urbano (IDU), las piezas deberán en cualquier caso interactuar con las modulaciones y características básicas del sistema prefabricado en concreto. De igual forma los diseños deben ser consecuentes con las personas de movilidad motriz y visual reducida. (Secretaria Distrital de Planeación, , 2007).

Por tal razón se decidió acoger los materiales que actualmente se desechan en la ciudad y que de acuerdo a estudios realizados a nivel mundial tienen un gran potencial para su reutilización, los cuales se explicaran más adelante.

1.2 Producción y Características de los residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá

Debido a que el sector de la construcción en Colombia ha crecido de forma constante durante la última década y ello representa en Bogotá una producción per-cápita de 2 toneladas, los residuos de construcción y demolición son altísimos, se producen cerca de 15 millones de ton/año de RCD (Castaño, Misle, Lasso, Gómez, & Ocampo, 2013) Cifra altamente preocupante ya que en la mayoría de los casos los RCD no son reutilizados, ahora bien, son dispuestos en lugares de acopio, logrando que los rellenos sanitarios de la ciudad de Bogotá presenten un alto índice de colapso en cuanto a la recepción del mismo.

De acuerdo con la investigación realizada por la Sociedad Colombiana de Ingenieros y la unidad administrativa especial de servicios públicos (UAESP), el 70% de los de las 18 escombreras legales están registradas fuera de la ciudad, lo cual incrementa sus costos de transporte y el tiempo de recorrido desde la obra. A este hecho se añade que la capacidad de los sitios es de aprox. 20 millones de m³, la cual contrasta con la generación de escombros en la ciudad ya que para el 2008 alcanzó un total de 10.6 millones de m³ y teniendo como supuesto una tasa de incremento del 4% anual, se estima que la ciudad requiere de escombreras tengan

una capacidad igual o superior a 215 millones de m³ para el año de 2020. (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, 2012)

Si bien, en la producción anual estimada de los RCD en Bogotá, es aproximadamente el 27% concentra materiales inertes pétreos no asfálticos y asfálticos, residuos no peligrosos, Asbestos, y material orgánico y el otro 73% es el resultado de residuos inertes arcillosos (Guarín, Gustavo, 2012) a razón de las obras publicas que se ejecutan en la ciudad, revitalización de la malla vial, construcción y mantenimiento de parques, instalación de redes sanitarias y de acueducto, entre otros



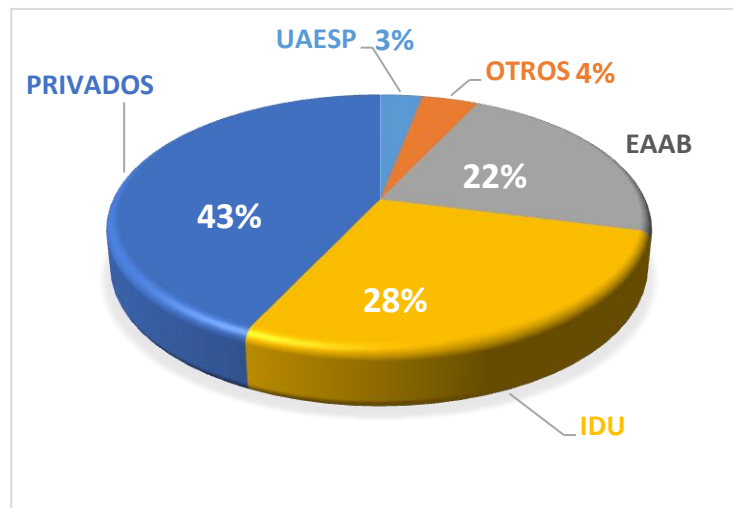
[Figura 23 Tipos de RCD](#)

Fuente: (Salvany, Jorge, 2012)

Residuos que terminan en rellenos sanitarios autorizados e ilegales, sin que se realicen prácticas para la reutilización de los mismos y mitigar la magnitud del problema, en países como Dinamarca, Finlandia, Alemania, Irlanda y Luxemburgo la reutilización de los RCD es de más del 50%, en Colombia hace algún tiempo no se pensaba en la reutilización de este tipo de materiales, ya que la demanda de materia prima de cantera en Bogotá era bastante grande, sin embargo, gran cantidad de investigadores de diferentes lugares del mundo han realizado estudios significativos donde demuestran que la reutilización de este tipo de materiales pueden sustituir de forma satisfactoria los agregados naturales como una manera de transformar la industria de la construcción en una actividad sostenible. (Castaño, Misle, Lasso, Gómez, & Ocampo, 2013),

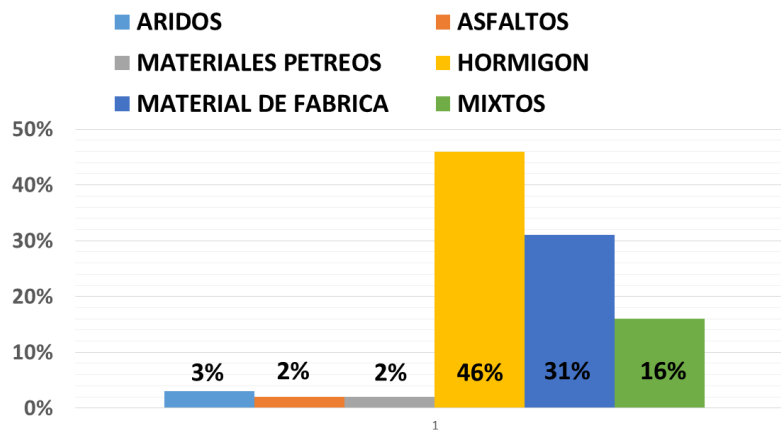
práctica que resulta ser una buena alternativa tanto económicamente satisfactoria y amigable con una actividad sostenible y sustentable.

Continuando con lo anterior, los mayores productores de RCD en Bogotá son el IDU y construcciones privadas, seguido de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) y la Unidad Administrativa de Servicios Públicos (UAESP).



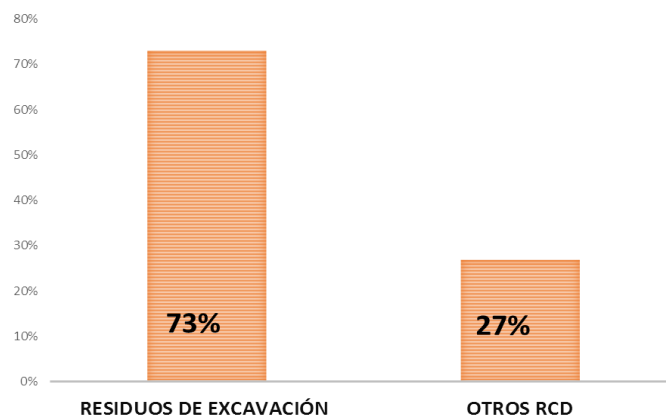
Gráfica 4 Productores de RCD en Bogotá

Fuente. (Castaño, Misle, Lasso, Gómez, & Ocampo, 2013).



Gráfica 5 Porcentaje de producción de RCD en Bogotá

Fuente. (Guarín, Gustavo, 2012), graficación propia.

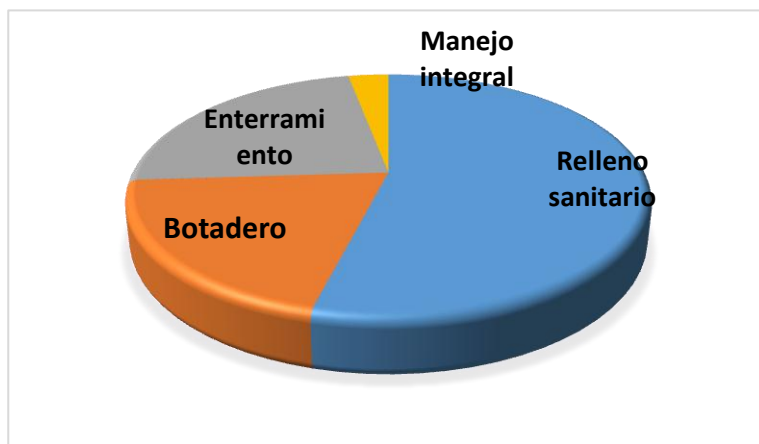


[Gráfica 6 Suelo excavado Vs RCD en Bogotá](#)

Fuente. (Guarín, Gustavo, 2012), graficación propia

De acuerdo a la gráfica 4 según la Secretaria Distrital de Ambiente las arcillas o material d excavación es el 73% del volumen total de la clasificación de los RCD, lo cual indica que la problemática medio ambiental y de saneamiento de los rellenos es a raíz del producto de las excavaciones, resultado que indica que el volumen mayor que actualmente es desaprovechado para su reutilización es el resultante de la actividad de excavar en el terreno lo cual da un primer parámetro de aprovechamiento del material, sin embargo este conjunto de tierras excavadas en obra es bastante grande por lo que es necesario delimitarlo y tomar un solo tipo de suelo excavado para hacerle el tratamiento apropiado y fabricar el prototipo.

Por otro lado según las investigaciones realizadas por la SDA, el hormigón y los áridos son los elementos que más se producen en los residuos de construcción y demolición, lo cual es de gran importancia para delimitar el proyecto, ya que esta cantidad de residuos al día de hoy, en su mayoría, son desechados, poco aprovechados y reutilizados, por lo tanto se convierten en una oportunidad potencial como materia prima en el desarrollo del proyecto, en el caso específico el tema de investigación está enfocado en la reutilización de la tierra de excavación y como agregado para la mezcla la reutilización de ladrillos y partículas de concreto.



Gráfica 7 Disposición de residuos sólidos en Bogotá

Fuente. (Universidad Nacional de Colombia., 2015), graficación propia.

1.3 Clasificación de los RCD

De acuerdo al decreto 2981 de 2013 los define como residuos no peligrosos, los cuales se clasifican en dos grandes grupos, los aprovechables y los no aprovechables, los RCD son los que resultan de las actividades de excavación, demolición, construcción y/o reparación de obras civiles (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015), tema por el cual la manipulación y fabricación de las losetas no resulta ser peligrosa ni radioactiva para el operario.

Categoría	Grupo	Clase	Componentes
A. RCD APROVECHABLES	I- Residuos mezclados	1. Residuos pétreos	Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosin, mortero y materiales inertes que no sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría ⁽¹⁾ .
	II-Residuos de material fino	1. Residuos finos no expansivos	Arcillas (caolín), limos y residuos inertes, poco o no plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría ⁽¹⁾ .
		2. Residuos finos expansivos	Arcillas (montmorillonitas) y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría ⁽¹⁾⁽²⁾ .
	III- Otros Residuos	1. Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios, cauchos.
		2. Residuos de carácter metálico	Aceró, hierro, cobre, aluminio, estaño y zinc.
		3. Residuos orgánicos de pedones	Residuos de tierra negra.
		4. Residuos orgánicos de cespedones	Residuos vegetales y otras especies bióticas.
B. RCD NO APROVECHABLES	IV-Residuos peligrosos	1. Residuos corrosivos, reactivos, radioactivos, explosivos, tóxicos, patógenos (biológicos)	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, resinas, plastificantes, tintas, betunes, barnices, tejas de asbesto, escorias, plomo, cenizas volantes, luminarias, desechos explosivos, y los residuos o desechos incluidos en el Anexo I y Anexo II o que presenten las características de peligrosidad descritas en el Anexo III del Decreto 4741 de 2005.
B. RCD NO APROVECHABLES	V-Residuos especiales	No definida	Poliestireno - Icopor, cartón-yeso (drywall), llantas entre otros
	VI- Residuos contaminados con otros residuos	1. Residuos contaminados con residuos peligrosos	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos. Estos deben ser dispuestos como residuos peligrosos.
No definida		Residuos contaminados con otros residuos, que hayan perdido las características propias para su aprovechamiento.	
	VII- Otros residuos	No definido	Residuos que por requisitos técnicos no es permitido su reuso en las obras.

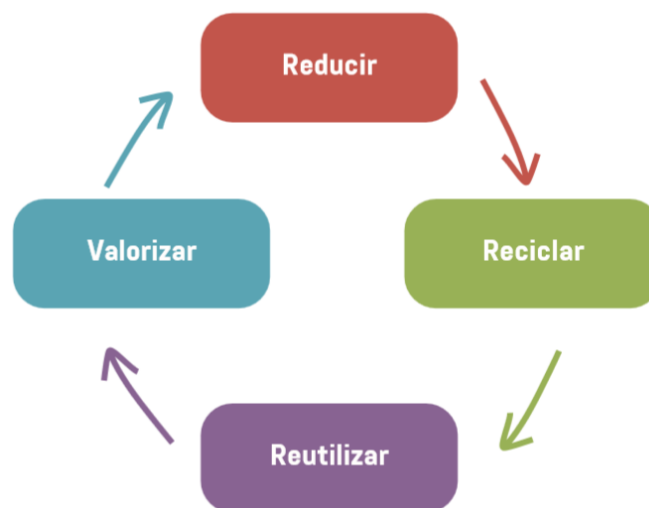
Figura 24 Clasificación de los RCD

Fuente. (Secretaria Distrital de Ambiente, 2015)

Debido a que en la capital el problema de producción de escombros y residuos de obra es bastante alta y los mayores productores de los mismos son las entidades estatales generando residuos de obra como adoquines, losetas de concreto, tierra de excavación y de acuerdo con la

tabla 1 de clasificación de los residuos aprovechables, están catalogados como materiales pétreos que se pueden aprovechar, se decide entonces tomar a consideración este tipo de materia prima para la fabricación del prototipo de losetas para el espacio público, tema que se amplía en capítulos posteriores.

El manejo que se le da a los RCD en Bogotá para su aprovechamiento como materia prima, es prácticamente nulo por parte de las mismas empresas constructoras bien sean públicas o privadas, ello no solo lleva implícito impactos ambientales ya que es necesario desbastar la montaña para hacer las nivelaciones necesarias y la disposición de los mismos en los rellenos, por otro lado también trae impactos económicos, ya que los RCD son una oportunidad de materia prima potencial despreciada hasta entonces, y el incremento del costo y consumo de materias primas para el sector de la construcción en la ciudad es constante (Escandon, Juan, 2011)

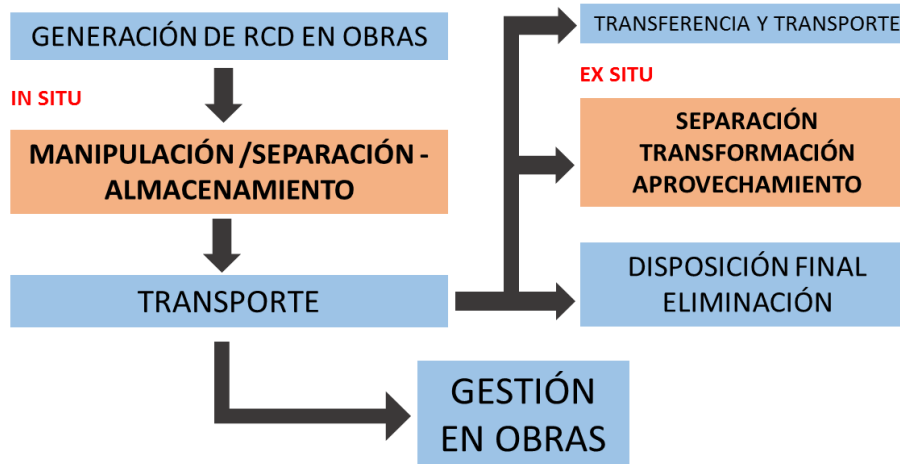


[Figura 25 Gestión eficiente del RCD](#)

Fuente. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015)

Los RCD, son materiales que tienen las propiedades necesarias para ser reutilizados, para el caso específico de la investigación se trabajará con recuérdese que el tema de investigación está enfocado hacia la reutilización de las losetas de concreto y tierra de excavación, ya que estos son los de más demanda dentro del conjunto. Por otro lado, el no aprovechamiento de estos residuos causa problemáticas ambientales como la inadecuada disposición, impactos negativos

paisajísticos, contaminación de fuentes hídricas, entre otros. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015)



[Figura 26 Modelo para una adecuada gestión de RCD](#)

Fuente. (Gaitán, María, 2013), graficación propia

Es oportuno ahora distinguir el concepto de las 3 erres, Reducir, reutilizar y reciclar, se creó como una propuesta para fomentar hábitos de consumo más sustentables (Guerrero, 2012), teoría en la cual está enfocado el proyecto, debido a que las losetas para el espacio público serán desarrolladas con tierra de excavación y residuos de obra, concreto viejo y adoquines de arcilla desechados. Esta selección de los materiales como se mencionó anteriormente no es de forma caprichosa o autoritaria, se debe por un lado a que son los que más se producen dentro del conjunto de los RCD y por otro lado como base importante en cuanto a la parte de resistencia del prototipo es que serán de concreto reciclado.

Por otro lado se sabe que con el concreto no pasa como suele suceder con la naturaleza, que a mayor edad más débil y frágil se vuelven las cosas, a mayor edad del concreto, más resistente es, esto lo vemos representado en las grandes construcciones que se generaron en la edad antigua, el coliseo romano, los templo griegos, el acueducto romano, etc.

Por otro lado el concreto u hormigón es el material de construcción de los más utilizados en la construcción y el sector público con respecto a su característica principal como la buena resistencia a la compresión. Esto permitió la construcción de estructuras de concreto más esbeltas y robustas que responden a los requisitos de las medidas de seguridad, durabilidad y economía. El uso de este material implica un gran consumo de sus constituyentes, en particular los agregados que representan aproximadamente el 70% del volumen total de la mezcla y participan en parte en la resistencia mecánica del producto, sin embargo la demanda del uso de esta materia prima genera el agotamiento de los recursos naturales, ya que la materia prima es extraído de las canteras y se constituyes como materiales no renovables. (Civil Engineering Department, LMMS Laboratory, Mohamed Boudiaf -M'sila University,M'sila (28.000) Algeria, 2015).

1.4 Aspecto ambiental en la utilización del ladrillo y cemento, principales materiales del espacio público de Bogotá

Desde el principio de la arquitectura en su etapa constructiva y hasta prácticamente el siglo 20, el hombre ha utilizado la tierra como material predilecto de construcción, debido a su alta presencia en todo el mundo. Sin embrago esta práctica constructiva se vio truncada por el surgimiento y masificación del cemento, principal conglomerante del hormigón, ya que la humanidad entraba en la era de la modernidad y este material permitía nuevas formas, dimensiones jamás antes alcanzadas, nuevos alcances y practicas constructivas más rápidas y eficientes, por tal razón, el hombre dejo de lado cualquier tipo de construcción con tierra y se dedicó a la utilización desmedida del hormigón.

Tras el paso del tiempo, el hormigón se ha convertido en el material predilecto de las obras civiles y arquitectónicas, logrando con ello una dependencia al cemento tal, que prácticamente no se ejecuta una obra, sin la utilización de esta materia prima. Pero esta práctica no ha traído consigo solo el modernismo de nuestras ciudades, sino por el contrario, ha llegado con la degradación al medio ambiente, con el consumo desmedido de materiales no renovables

que satisfacen las necesidades constructivas del mundo actual, generando las problemáticas medioambientales conocidas recientemente, como son el calentamiento global y los desechos generados a causa del consumismo, entre otros.

Si bien, la problemática del calentamiento global es generada a causa de la producción de CO₂ emitida a la atmosfera, que provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento, Colombia produce 1.6 Ton CO₂/ per cápita (Banco Mundial, 2015). En cuanto a la parte Arquitectónica, para la fabricación de los materiales predilectos en la construcción actual del espacio público, ladrillo y cemento, se generan grandes cantidades de emisiones de dióxido de carbono, información que según estudios realizados por la Pontificia Universidad Católica del Perú se evidencia en la tabla 1-3.

Se estima que para la producción de 1 kg de ladrillo se necesita 2 Lts/agua y 525 gr. de co₂ (Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012), lo cual resulta un costo ambiental bastante alto. Desde el año de 2006 la Secretaria del medio ambiente, en Bogotá, ha venido cerrando fábricas de ladrillo debido a que no cumplen con los estándares y su contaminación ambiental es bastante alta, ahora bien si comparamos los materiales de construcción que actualmente se utilizan para la construcción, encontramos que es el ladrillo cocido, uno de los más utilizados, sin dejar de lado el cemento y su excesiva contaminación debido a las altas temperaturas que se requiere para su fabricación.

La producción de cemento portland contribuye 5% de las emisiones globales de CO₂ y el 3,8% del consumo mundial de energía. Por cada tonelada de cemento producido, hay 0,8-1,0 Ton de CO₂ producido (dependiendo de la operación del horno), 1.700 kWh / Ton de energía consumida, y 1,5 Ton de materia prima necesaria. La cantidad total estimada de cemento producido en 2010 fue de 3,3 millones de Ton. (Department of Civil and Environmental Engineering, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, 2014). Pero cemento portland es sólo un componente del hormigón. Sin embargo, aproximadamente el 90% de la huella de carbono del hormigón es de cemento portland (suponiendo que el cemento portland se utiliza como único aglutinante) para reducir el componente de Clinker de cemento portland tendrá un impacto en la reducción de emisiones de CO₂, las fabricas cementeras del mundo son las responsables por las emisiones en un porcentaje del 8 – 10% del total que recibe la atmosfera, el

gas es liberado cuando la piedra caliza y arcillas se trituran y se calientan a altas temperaturas. (Department of Civil and Environmental Engineering, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, 2014)

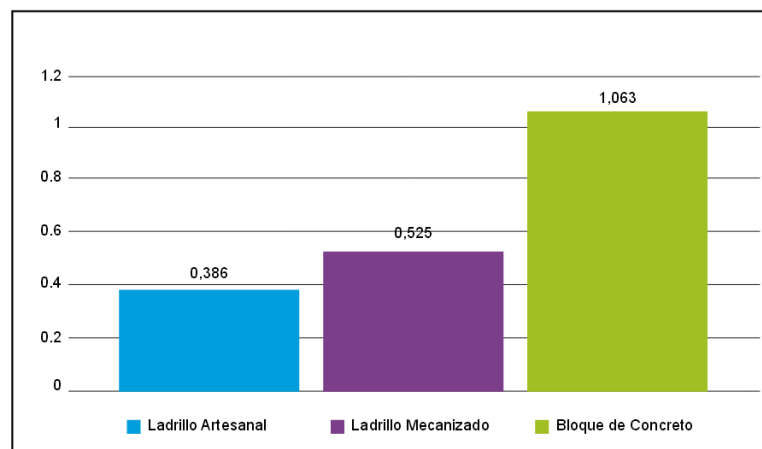
El CO₂ y energía implementada por tonelada asociado con la producción de hormigón es relativamente pequeño en comparación con otros materiales de construcción, pero el hormigón es el material de construcción más utilizado, por lo que las emisiones totales de CO₂ y la energía utilizadas son grandes. (Department of Civil Engineering, University of Toronto., 2014), por tal razón es necesario para lograr del mundo un lugar sostenible es necesario dirigir la mirada hacia nuevas posibilidades, nuevos materiales que presten un servicio óptimo y eficaz con las responsabilidades asignadas, es decir, no por la razón que los nuevos materiales sean ecológicos o sostenibles significa que sean de menor calidad o que su costo de producción y comercialización tenga que incrementarse sustancialmente para lograr el objetivo, a este tipo de materiales que en al menos en uno de sus componentes es reutilizado o bien en su proceso de producción no conduce a la destrucción del medio ambiente, se les denomina materiales verdes.

En China, se producen 2500 millones de toneladas de cemento, que es al rededor del 60% de la producción mundial de cemento con una tasa de crecimiento anual de 2.3%, en el 2014 se exportaron 10.2 millones de toneladas. Sin embargo la producción masiva de cemento no solo conduce al consumo sustancial de los recursos naturales, sino que también causa problemas ambientales debido a la importante liberación de CO₂ y el polvo, el ruido y otros gases peligrosos. (Department of Transportation Engineering, School of Civil Engineering, Shandong University, China, 2015), para el 2012 aproximadamente 1890 millones de toneladas de cemento, componente principal del hormigón, se produjeron en todo el mundo, y cerca de 20.000 millones de toneladas métricas de concreto se consumen mundialmente cada año, lo cual implica que el impacto ambiental sea bastante alto. (Department of Civil and Environmental Engineering, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, 2014). Por tal razón la sustitución parcial del cemento sin comprometer las propiedades del concreto es una de las formas de hacer el concreto más sostenible, fundamento por el cual toma en consideración para el diseño de mezcla a desarrollar en el prototipo, menos cemento implica un menor costo de fabricación y un menos impacto ambiental.

Tabla 1 Emisiones de CO2 en la producción de ladrillo y bloques de concreto / unidad producida

Etapa	Ladrillos Artesanales		Ladrillos Mecanizados		Bloques de Concreto	
	Emisión (kg CO ₂ -eq)	%	Emisión (kg CO ₂ -eq)	%	Emisión (kg CO ₂ -eq)	%
Extracción y Obtención de materiales	0	0%	0	0%	0,583	54,8%
Traslado 1	0,029	7,5%	0,152	29%	0,467	43,9%
Producción	0,357	92,5%	0,373	71%	0,013	1,3%
Total	0,386	100%	0,525	100%	1,063	100%

Fuente. (Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012)



Gráfica 8 Impacto generado por la producción de ladrillo y bloques de concreto KgCo2/unidad

Fuente. (Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012)

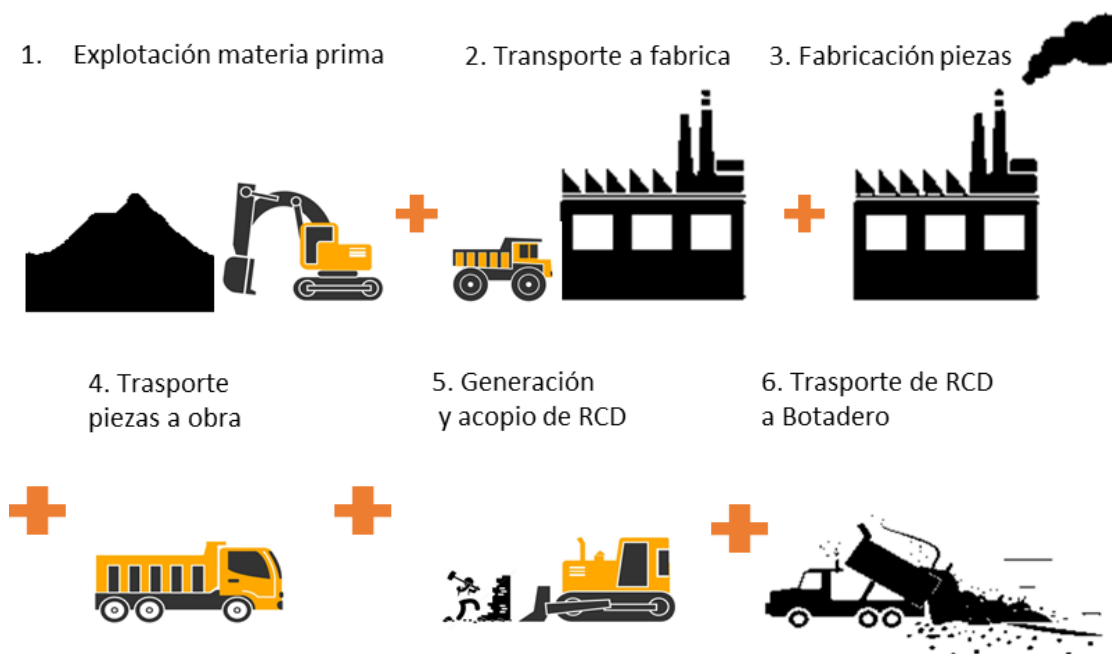
Continuando lo anterior una de las principales causas del efecto invernadero en la atmosfera que se ve representada en el calentamiento global, es la emisión de Dióxido de Carbono (CO₂) al medio ambiente, principalmente por los gases tóxicos del parque automotriz mundial, las fabricas industriales (cemento y ladrillo), entre otros.

Así como la fabricación del cemento resulta altamente contaminante al medio ambiente, de igual forma lo es la fabricación del ladrillo cocido, ya que en su proceso de fabricación se requiere la utilización de altas temperaturas para que adquiera la resistencia esperada. A partir de allí se pretende como consecuencia del alcance de los objetivos del proyecto, reducir el consumo del ladrillo cocido, gracias al alto impacto y consumo energético que posee.

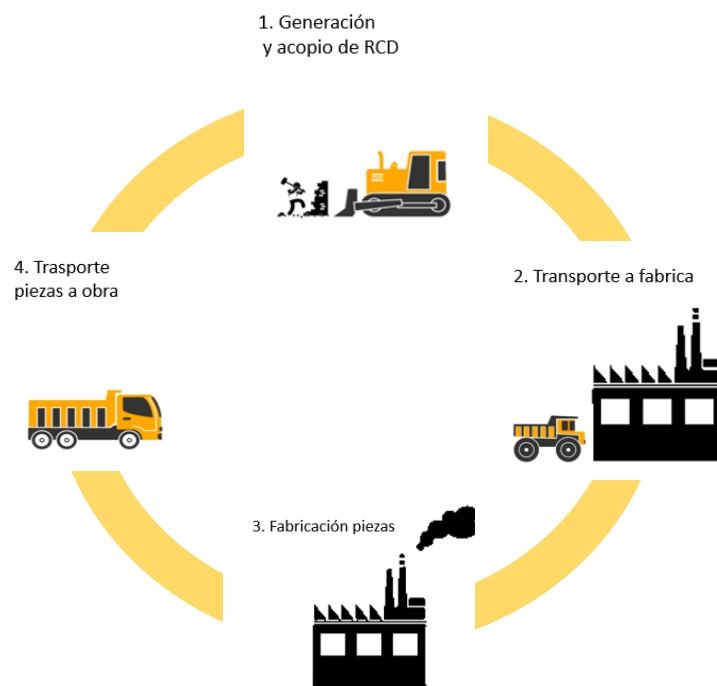
Si se toma en consideración que las emisiones de CO2 emitidas al medio ambiente a razón de todo el proceso de fabricación que lleva una loseta de concreto y de arcilla 1,63 Kg/co2 y de adoquín 0,52 Kg/co2, con el nuevo prototipo de losetas esta situación contaminante disminuye sustancialmente a causa de la minimización de los procesos constructivos que tiene cada material.

1 tonelada de cemento = 1 tonelada de CO2

A continuación se presenta un análisis comparativo entre los procesos constructivos actuales en la fabricación de las losetas y adoquines y el impacto ambiental positivo que tendría hacer las losetas como se plante en el proyecto.



[Figura 27 Modelo de producción de losetas tradicional - Ciclo abierto. Graficación propia](#)



[Figura 28 Modelo de producción planteado para el prototipo - Ciclo cerrado. Graficación propia](#)

Si tomamos en consideración las 6 actividades que trae la fabricación de una loseta para el espacio público como se plantea actualmente y agregándole a ello que también se instalan piezas prefabricadas de arcilla cocida y de acuerdo a la pontificia universidad católica del Perú, donde especifica que la emisión de CO₂ emitida a la atmosfera producto de la fabricación de estas dos piezas es de 1.63Kg/co₂ y 0,25 Kg/co₂ da un total de 1,88Kg/co₂ por unidad de fabricación. Ahora bien, si dividimos este resultado en las 6 tareas da como resultado 0.31Kg/co₂ por cada actividad. Si comparamos este resultado con las 4 actividades resultantes del nuevo proceso constructivo que se plantea para las nuevas losetas del espacio público nos da como resultado 1,24 Kg/co₂, es decir, llevando a la práctica estos procesos constructivos estamos dejando de emitir 0.64KG/co₂ a la atmosfera.

Aparentemente este ahorro en la producción de una loseta es poco, pero en la fabricación de 1562 piezas se está dejando de emitir 1Ton/co₂ a la atmosfera por otro lado hay que tener en consideración que el proyecto es a gran escala y es allí cuando los números empiezan a tomar fuerza.

1.5 La tierra como material constructivo

Desde tiempos remotos la tierra ha sido el material predilecto para la construcción, sigue siendo el principal componente de construcción en las poblaciones con recursos económicos precarios, ya que es un material de fácil acceso, ilimitado y de eficiencia altamente contrastada.

Este tipo de arquitectura es fundamental para las sociedades que levantan sus viviendas mediante la autoconstrucción. Por ello, aparte de ser un factor económico fundamental para ellos, se convierte en un importante factor social y clave a la hora de hablar de su papel en la vida de estas poblaciones. (Carcedo, 2012). La tierra es un material básico que se encuentra en casi todas las partes en abundancia y que naturalmente pertenece al lugar, por lo que su uso es prácticamente gratis (Aguilar, 2008).

Esta práctica constructiva se ha utilizado en el mundo entero, imperios enteros han levantado sus imponentes estructuras con el adobe y la tapia, sin embargo nuevos estudios han demostrado que la adición de agregados a la tierra cruda de igual forma que en el concreto y mortero y nuevos métodos de producción, bloques de tierra comprimida (BTC), mejoran sustancialmente sus condiciones físicas y mecánicas.

Los bloques de tierra comprimida (BTC) consisten en una pieza manufacturada con tierra en un molde y comprimida dentro del mismo, esta compresión implica un aumento de la densidad del bloque, lo que le confiere mejores capacidades mecánicas y físicas. Para aumentar su resistencia a la intemperie, su resistencia mecánica y su manejabilidad para facilitar su uso, se han hecho uso de fibras, como la paja, la cáscara de arroz o la hierba, o de estabilizantes naturales, como la ceniza, el estiércol o la resina de los árboles (Carcedo, 2012).

También hay que mencionar la adición de otros productos para cambiar las proporciones de los componentes de la tierra, como la arena, la arcilla, elementos a base de cenizas volantes, humo de sílice, nano sílice, cal, entre otros. (Depto. de Ingeniería Metalúrgica, Unidad Professional A. Lopez Mateos, 2007) De la misma manera que en la producción de mortero y hormigón, para mejorar sus características físicas y mecánicas se le agregan diferentes tipos de aditivos como suplemento cementante, en el caso de las arcillas principales estudios han estado

enfocados en la adición de partículas de nano sílice y estabilizantes naturales a la mezcla, mejorando de esta manera su trabajabilidad y sus capacidades portantes que si bien las comparamos con otros elementos de construcción su capacidad de durabilidad es relativamente baja, de ahí la necesidad de la adición material aglutinante y de las fibras naturales que trabajen satisfactoriamente con las arcillas.

De acuerdo a prácticas constructivas recientes, se ha desarrollado nuevos sistemas para el aprovechamiento de la tierra como material constructivo para crear una solución viable para el déficit de viviendas del mundo entero, (Medina, Medina, & Óscar, 2011) , con propiedades térmicas y confortables (Depto. de Ingeniería Metalúrgica, Unidad Professional A. Lopez Mateos, 2007). Por sí mismo el suelo de excavación no posee las características necesarias para que sea utilizado, por ejemplo, con una gran cantidad de arcillas en su composición química, en presencia de agua tiende a expandirse y posteriormente a deshacerse, es por ello que es necesario realizarle un tratamiento para estabilizarlo, tratamiento que se evidencia en el prototipo a fabricar, en la tabla e diseño de mezcla, en una proporción máxima del 30%, de acuerdo a los referentes estudiados.

Para la fabricación del prototipo se emplearon 3 técnicas de estabilización de suelos (Indian Institute of Science, 2012), la mecánica que consiste en agregarle al suelo arenas y gravas que se logra mediante la adición de polvo de ladrillo y concreto triturado, la segunda que consiste en la compactación del material mediante maquinaria especializada y la tercera es la estabilización por medio de aditivos, naturales o químicos que se logra en el prototipo adicionando a la mezcla el aglomerante adecuado.

De otro modo, en Bogotá como en todos los lugares del mundo existen diferentes tipos de suelos que de acuerdo a su composición química y lugar donde se encuentren poseen diferentes características, algunos contienen rocas, arenas, arcillas, capa vegetal, distinto grado de humedad, etc. Por tal razón es difícil manejar un tipo de formula estandarizada para todos los suelos de excavación de las obras, existen los suelos de excavación de cimentaciones superficiales, profundas, lodos, material de excavación de vías, entre otros.

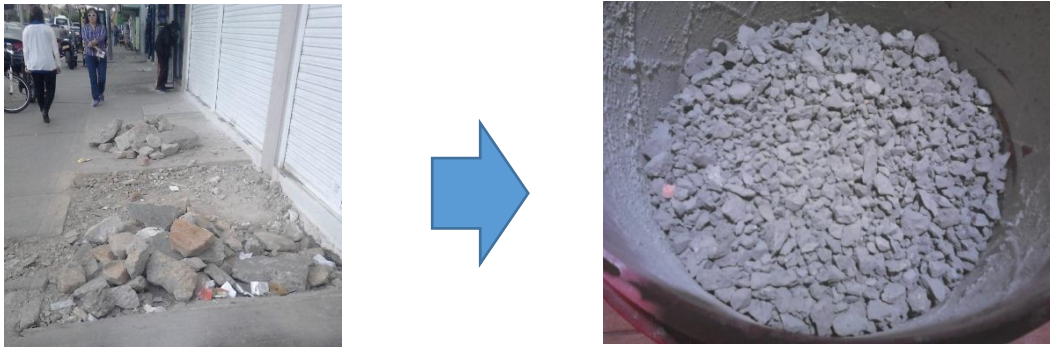
1.6 Insumos a utilizar en la fabricación del prototipo

Entrando en materia, para la fabricación del prototipo y el diseño de mezcla se tomaron en consideración 3 materiales, polvo de ladrillo, porque es uno de los materiales que más se encuentra instalado en el espacio público y debido que en su etapa de producción genera grandes emisiones de CO₂ al ambiente y degrada el medio ambiente ya que utiliza como materia prima principal arcillas y materiales pétreos vírgenes, en segundo lugar el concreto reciclado, ya que este material es un insumo apto para su reutilización y se produce en grandes cantidades en las obras, de igual forma que el ladrillo utiliza materiales de cantera vírgenes y cemento que es altamente contaminante durante su etapa de producción; en último lugar de acuerdo a la gran cantidad que se produce en Bogotá en cuanto a las arcillas de excavación y previendo que es un material sub-utilizado fue el tercer elemento para desarrollar la mezcla.



[Figura 29 Escombros generados en obra - Autor](#)

La adición de partículas molidas de concreto reciclado en obras es un tema que está en boga a nivel mundial, con adiciones de hasta un de un 100%, acompañando la mezcla con ciertos aditivos cementantes que logran la reactivación del material. (Civil Engineering Department, LMMS Laboratory, Mohamed Boudiaf -M'sila University, M'sila (28.000) Algeria, 2015), alcanzando resistencias bastante altas, para el caso específico del prototipo, debido a que es una mezcla que no se ha probado, no se utilizaran aditivos cementantes para comprobar las características mecánicas de la mezcla y su aplicación.



[Figura 30 Concreto, de escombros de obra a materia prima - Autor](#)

El concreto triturado fue obtenido por medio de una planta de reciclaje de escombros certificada, ubicada en la ciudad de Bogotá CICLOMAT SAS, la cual ofrece diferentes tipos de granulometrías, fina, semi- gruesa (3/8) y gruesa (3/4), para el caso de estudio se tomó en consideración la más fina, debido a que para el proceso de compactación del elemento mientras mayor sea el tamaño de partícula, mayor dificultad hay en el proceso, la granulometría de la arena concreto es similar a la de arena de río tradicional.

Por otro lado el departamento de ingeniería civil y ambiental de la universidad de Wisconsin-Madison en EEUU, realizó un estudio cuyo objetivo de estudio fueron: los efectos de contenido reciclado de ladrillos de arcilla en las propiedades de ingeniería, la durabilidad a la intemperie, y el módulo elástico del reciclado de concreto, donde indica que el reciclado de residuos de demolición es cada vez más importante ya que los productos procedentes de la demolición de edificios, carreteras y otras estructuras pueden ser un material alternativo para su utilización en la producción de hormigón, la mezcla de otros áridos podría mejorar aún más las propiedades del ladrillo machacado y mejorar el rendimiento de sus aplicaciones.

Sin embargo la adición del ladrillo molido a la mezcla, según estudios del departamento de ingeniería de la universidad de Wisconsin EEUU, confirman que se debe incluir hasta un 30% con respecto a la cantidad del hormigón utilizado. Esto lo demuestra satisfactoriamente el estudio desarrollado por la Universidad de Clemson EEUU, ya que la adición de ladrillo de arcilla de suelo molido es provechosa para sustituir parcialmente el cemento con una relación

hasta del 25% de su peso, gracias a una reacción química puzolánica sin que se presenten reacciones en las propiedades mecánicas de concreto. De igual forma, la Universidad de Shandong, en china (Department of Transportation Engineering, School of Civil Engineering, Shandong University, China, 2015) confirma los avances científicos en este campo, ya que en uno de sus estudios desarrollados se investigaron las influencias de la sustitución parcial del cemento con suelo de arcilla de ladrillo en las propiedades del hormigón fresco y endurecido. El estudio se desarrolló bajo tres niveles de sustitución 10%, 20% y 30% cuyo resultado condujo a que las partículas de ladrillo deben ser finas, caso parecido al de la universidad de Clemson.

En el estudio se encontró que la incursión del polvo de ladrillo reciclado, disminuye la resistencia a la compresión en edades tempranas, pero el aumento en edades posteriores después de 90 días. (Glenn Department of Civil Engineering, Clemson University, Clemson, SC 29634, USA, 2015).



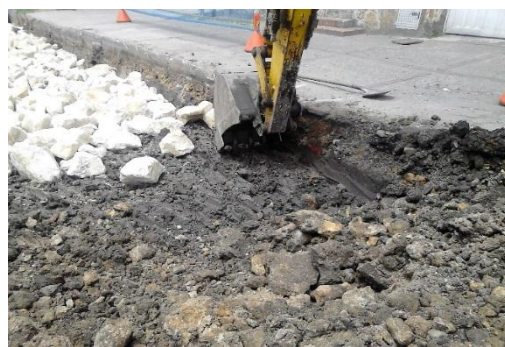
[Figura 31 Ladrillo, escombros de obra a materia prima](#)

Como último material a implementar se escogió para trabajar el suelo de excavación producto del mantenimiento y revitalización de la malla vial de la ciudad, principalmente por una razón fundamental, este tipo de suelos ya han tenido una estabilización del suelo previa, no posee capa vegetal debido a que ya fue retirada desde de la primera vía construida en el lugar, contiene materiales de cantera como recebo y arenas, ya que al ser un tipo de excavación superficial encontramos que la capa estratigráfica varía muy poco.

Es el primer estrato de superficie, también denominado "Recebo", está compuesto por materiales locales, materiales de construcción, residuos de obras antiguas o desechos agrícolas, movidos con maquinaria para nivelar el terreno. En ocasiones estos depósitos contienen algo de basura, y a veces son agregados seleccionados que conforman la base y sub-base de avenidas principales (Guerrero A. , 2013)



[Figura 32 Toma de muestra de excavación – Barrio Galerías y Barrio El Recuerdo. Autor](#)



[Figura 33 Toma de muestra de excavación – Barrio San Antonio. Autor](#)

En resumen, este tipo de investigaciones realizadas, cada día toma más fuerza y alcanza un mayor auge en nuestro medio constructivo, ello direcciona los esfuerzos y energías impuestas en la producción de los elementos del piso del espacio público, ya que en Bogotá los residuos de ladrillo cocido, concreto y arcillas de excavación, se generan en cantidades bastante altas, a partir de aquí, encontramos la respuesta para la reutilización de los materiales que dejaran entonces de ser un problema de escombros y convertirse en una oportunidad, de tal manera que el espacio de

los ciudadanos una zona altamente sostenible y sustentable, lo que se traduce en beneficios para la comunidad, para los proyectos de renovación urbana y para el medio ambiente.

1.7 Aspecto normativo

1.7.1 Documentos públicos.

En primer lugar se encuentra la cartilla Andenes es un documento en el cual se encuentran desarrolladas las especificaciones técnicas de materiales para la construcción de proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá, la información se encuentra desarrollada en tres capítulos, el primero describe los elementos prefabricados en concreto incluyendo fichas técnicas que componen el sistema de andenes. El segundo capítulo explica los lineamientos de diseño para los andenes, alamedas y separadores, establece los parámetros de ubicación del mobiliario urbano, muestra una adecuada interacción del sistema con las piezas prefabricadas buscando de esta manera servir como guía para los diseñadores y el tercer capítulo detalla los procesos constructivos, contiene fichas donde se resumen los ejemplos de procesos recomendados, así como las especificaciones de los distintos materiales a utilizarse.

La cartilla también establece que pueden proponerse diseños y despieces distintos siempre y cuando aprovechen las características del sistema. De igual forma se pueden proponer materiales como adoquines en arcilla, tramos fundidos en sitio, piedra, pavimentos asfálticos o como se menciona en la introducción de la cartilla, otros materiales o procesos constructivos que con iguales o mejores niveles de especificaciones en estructuras y superficies, siempre que encuentren soporte técnico en una norma técnica colombiana (NTC), una norma internacional o en su defecto, un estudio específico avalado por el instituto de desarrollo urbano (IDU), las piezas deberán en todo caso interactuar con las modulaciones y características básicas del sistema de prefabricados en concreto. (Secretaría Distrital de Planeación. , 2007)

- [NTC 4992.](#)

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las losetas de concreto, no reforzadas y sus piezas complementarias, aptas para construir pavimentos de losetas para tráfico peatonal y tráfico vehicular livianos sobre llanta neumática.

Cuando se deseen características particulares en las losetas, diferentes a las especificadas en la norma, en lo referente a color, textura, acabado, menor grado de eflorescencia, mayor densidad, menor absorción, mayor resistencia a la flexo tracción, etc. Estas deben ser especificadas por el comprador de manera separada, quien también debe consultar a los proveedores sobre la disponibilidad de losetas de concreto con las características deseadas, antes de iniciar los diseños con dichas losetas. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, 2004).

- [Propiedades mecánicas.](#)

a) Absorción de agua: En el momento de despacho al comprador, las losetas de concreto deben tener una absorción de agua no superior al 7% como valor promedio para los especímenes de la muestra.

b) Resistencia a la flexo tracción (módulo de rotura): Promedio de los especímenes 5Mpa, individual 4,2Mpa. El módulo de rotura se ha especificado a los 28 días, sin embargo las losetas se pueden utilizar a edades más tempranas, cuando exista un historial sobre la evolución del módulo de rotura de losetas de iguales características y este indica que las primeras pueden alcanzar dicho modulo y que poseen la resistencia necesaria para ser colocados. Lo anterior no exime de verificación directa de la calidad de las losetas mediante ensayos a los 28 días.

c) Resistencia a la abrasión: El valor promedio de la longitud de la huella de cinco especímenes sometidos al método de ensayo descrito en la NTC 5147 no podrá ser superior a 23mm.

Metodología y desarrollo del proyecto

Este proyecto de investigación es de carácter mixto, cuantitativo y cualitativo. En primer lugar se analizaron toda las características cuantitativas del material en función de alcanzar y plantear un beneficio para toda una sociedad, seguido de ello se tomaron las características cualitativas de los materiales para trabajarlos de tal forma que contribuyan al aprovechamiento de los residuos. En la estructura del documento se hacen presentes relaciones numéricas como porcentajes, pesos de material, mediciones y por otro lado se toman las estadísticas para analizar y delimitar los datos obtenidos en cuanto a las problemáticas existentes en materia del piso peatonal del espacio público de la ciudad para lograr que el receptor del documento entienda de forma lógica y ordenada las variables planteadas y comprenda fácilmente el porqué de la toma de decisiones.

Por otro lado al trabajar con tres tipos de materiales hace del proyecto que tome un tinte de carácter experimental ya que de acuerdo a los referentes consultados trabajan con dos de los materiales, bien sea ladrillo y concreto reciclado o concreto reciclado y tierra de excavación, pero no se encontró ninguno que hubiere trabajado con estas tres materiales.

1.8 Diseño de mezcla

En consecuencia con los referentes mencionados, estudiados y analizados, se decide entonces trazar los lineamientos para el diseño de mezcla del prototipo, los cuales serán bajo los siguientes parámetros, que posteriormente fueron sometidos a las correspondientes pruebas de físicas químicas y mecánicas.

Para el planteamiento de diseño y fabricación de las losetas, se delimitaron los RCD que se encuentran en las obras, utilizando como materia prima principal los residuos de ladrillos y adoquines cocidos, el concreto viejo y el material de excavación de las vías. Los agregados se obtuvieron en obra, los cuales se sometieron a trituración hasta obtener una granulometría fina que pasa por el tamiz No 40 para la fabricación de probetas en laboratorio.

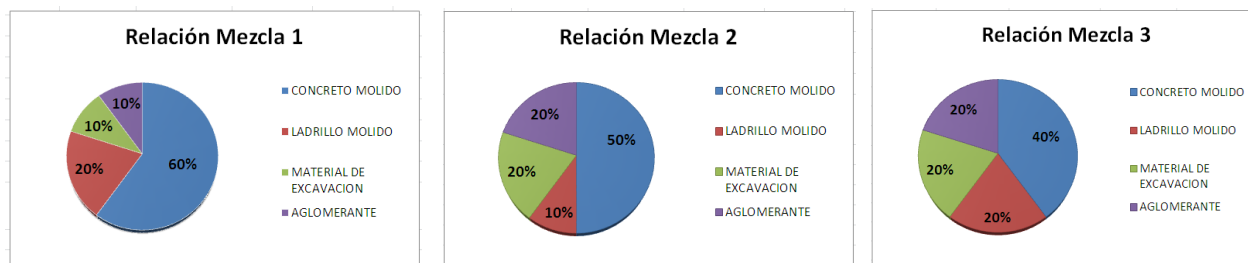


Figura 34 Tamizado del material

Tabla 2 Diseño de mezcla

DESCRIPCIÓN	Comprimido 8 Mpa			Comprimido Manualmente
	1	2	3	4
Concreto molido	60%	50%	40%	60%
Ladrillo molido	20%	10%	20%	20%
Material de excavación	10%	20%	20%	10%
Aglomerante	10%	20%	20%	10%
Agua	.70 AC	.70 AC	.70 AC	.70 AC

Elaborada por autor en razón del análisis de referentes.



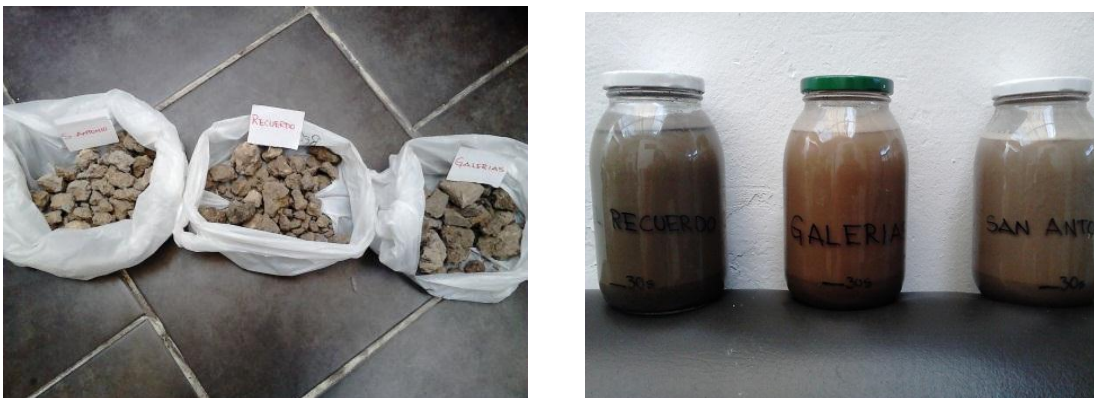
Gráfica 9 Relación gráfica de mezclas - Autor

Las mezclas se diseñaron en consecuencia con los referentes estudiados, donde exponían que el concreto molido tiene las condiciones óptimas para su reutilización, de igual forma el ladrillo cocido tiene propiedades como aditivo cementante, es decir la adición de estas partículas a la mezcla exploratoria está dada en función a la reutilización de un porcentaje menor de

cemento y analizar su comportamiento y por último se incluyó el material de excavación debido a que su producción en obra es bastante alta y su reutilización es mínima con respecto.

Es necesario mencionar que este diseño de mezcla es de tipo exploratorio y de carácter experimental para analizar su comportamiento físico químico y a su vez definir el comportamiento y compatibilidad de los materiales.

Para el caso del material de excavación las muestras obtenidas fueron de tres puntos de la ciudad, la muestra 1 se tomó del Barrio Galerías, la muestra 2 del Barrio San Antonio y la muestra 3 del Barrio El Recuerdo. (ver Imágenes 13, 14,15). Fueron llevadas a laboratorio de suelos para realizarles la prueba de análisis de textura y comprobar el grado de similitud entre sí.



[Figura 35 Textura de material de excavación](#)

Para el caso del ladrillo, se obtuvo mediante la recolección de residuos en obra que fueron llevados a laboratorio para hacerles el triturado correspondiente, hasta obtener la granulometría deseada y en cuanto al triturado fino de concreto, se obtuvo en la planta de tratamiento de CICLOMAT SAS, empresa dedicada a la recolección y reutilización de materiales pétreos de obra TC5, que proviene a partir de concretos seleccionados y según fichas y especificaciones técnicas del fabricante es un agregado que se puede utilizar para la fabricación de prefabricados, con una granulometría similar a la arena de río convencional.

Por otro lado se tuvo en cuenta que uno de los métodos de fabricación de las losetas del espacio público es aplicarle una carga de compresión y según estudios de varias universidades el

comportamiento mecánico de los bloques que se les aplican cargas superiores a 6 Mpa, adquieren mejores comportamientos estructurales que los fabricados a mano y sin compactar mecánicamente.

A continuación se muestra el procedimiento llevado a cabo en el laboratorio correspondiente a la fabricación de probetas y su carga de compactación.



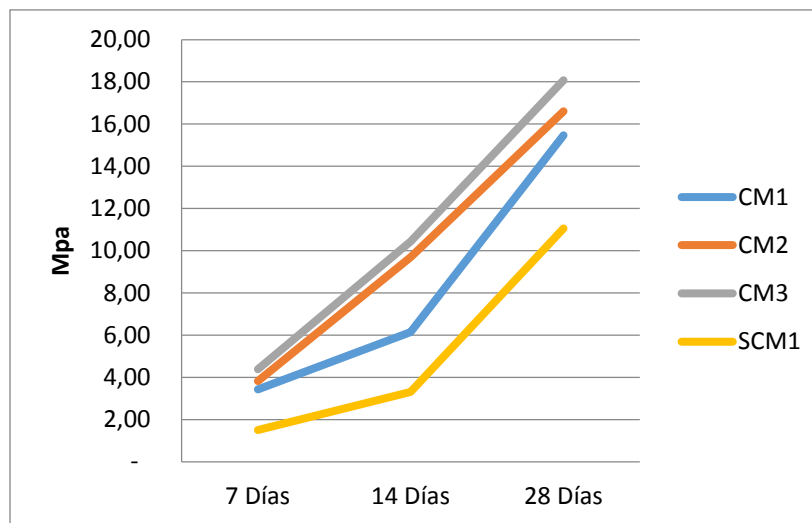
[Figura 36 Procedimiento en laboratorio. Autor](#)

La relación agua cemento (A/C), depende de la cantidad de aglomerante utilizado para cada mezcla, sin embargo la mezcla óptima para comprimir es la que al agregarle agua su masa resulta densa y haciendo una bola en la mano deja un pequeño rastro de agua en la palma.

1.9 Pruebas de laboratorio

1.9.1 Compresión.

Al material experimental se le practicaron pruebas de compresión, absorción y flexo compresión (M_r). Para la prueba de compresión se realizaron 40 probetas cúbicas de 5cm x 5cm x 5cm, las cuales fueron compactadas cada una con una carga de 20 KN en la máquina de compresión confinada y se probaron a los 7, 14, y 28 días de curado cuyos resultados se evidencian a continuación.



Gráfica 10 Resistencia a la compresión. Autor

En la gráfica se observa que la resistencia a la compresión de las mezclas adquirieron resistencias favorables superiores a 15 Mpa la mezcla CM1 ,CM2 y CM3 que fueron compactadas mecánicamente, por el lado de la mezcla que fue compactada manualmente SCM1 su resistencia a la compresión alcanzo 11 Mpa.

De lo anterior se puede inferir que el mejor comportamiento estructural en cuanto a compresión es del diseño de mezcla CM3, ya que esta tiene en sus componentes la mayor cantidad de cemento, el 30%, sin embargo comparándolo con el comportamiento estructural de la mezcla CM1 con tan solo un 10% de cemento el resultado fue óptimo y estuvo 3 Mpa por debajo del resultado de CM3 y 2 Mpa de CM2, lo cual hace pensar que con la adición del 10% de cemento más para la mezcla base de cemento se alcanzarían resistencias con un rango de 1.5 Mpa y 2 Mpa entre mezclas.



[Figura 37 Procedimiento prueba a compresión. Autor](#)

Es decir que si tuviésemos una mezcla con el 40% en sus componentes obtendríamos una resistencia a los 28 días a la compresión de 20 Mpa. Con lo anterior se puede concluir que efectivamente a mayor cantidad de cemento mayor resistencia, sin embargo los resultados obtenidos de las diferentes mezclas no presentan diferencias contundentes entre sí y la adición de cemento no es directamente proporcional con beneficios drásticos esperados, no así con la mezcla compactada manualmente ya que la resistencia final obtenida fue significativamente inferior a las compactadas mecánicamente, lo que quiere decir que el tema de la compactación mecánica adquiere un importante papel en las resistencias finales.

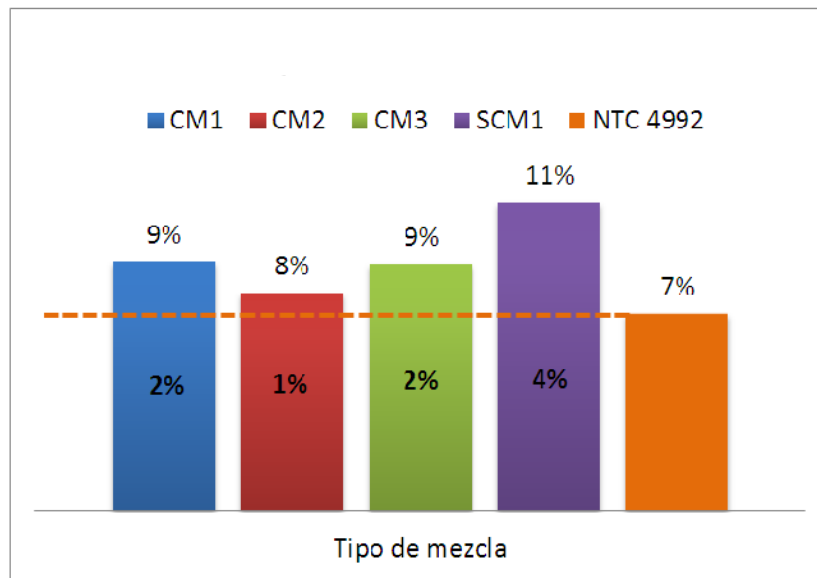
1.9.2 Absorción de agua.



Figura 38 Procedimiento Absorción de agua. Autor

El procedimiento de prueba fue llevado a cabo en las instalaciones de la facultad de ingeniería de la universidad, monitoreado por los laboratoristas del momento y cuyo procedimiento se estipula en la NTC 4992, el cual consiste en secar las probetas e prueba en horno a una temperatura de 110 – 115 grados centígrados durante aproximadamente 24h y después de secado sumergirlo en agua por el mismo tiempo de secado, haciendo los respectivos pesos en cada etapa.

Para el resultado obtenido en la absorción de agua del material se obtuvo como resultado favorable que la mezcla que logro una menor absorción de agua fue la CM2, las demás CM1 y CM3 lograron una absorción de agua igual lo que quiere decir que la absorción de agua del material no está directamente relacionado con la adición de cemento a la mezcla, sin embargo el porcentaje de absorción fue similar para todas las mezclas compactadas mecánicamente con solo el 1% de diferencia.



[Gráfica 11 Porcentaje absorción del materia Vs NTC 4992. Autor](#)

Para la mezcla que no fue compactada mecánicamente, el resultado obtenido fue menos favorable, hecho que nuevamente confirma que el tema de compactación mecánico de las mezclas juega un papel importante en la obtención de resultados favorables.

Por otro lado se compararon los resultados conseguidos con la normativa vigente en materia de losetas de piso para el espacio público de Bogotá la NTC 4992, la cual estipula que la absorción de las losetas debe ser con un máximo del 7% y en las mezclas realizadas ninguna cumple con los resultados esperados, sin embargo estuvieron por debajo del umbral esperado en porcentajes mínimos, no superiores al 2% para las mezclas CM1, CM2 y CM3, en cuanto a SCM1 la absorción de agua con respecto a la normativa está por debajo del 4%

1.9.3 Módulo de rotura.

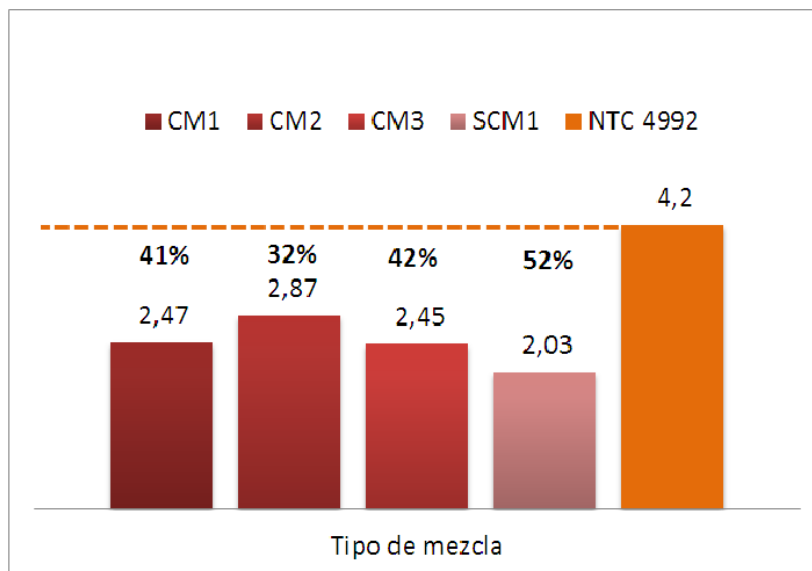
Para la prueba de módulo de rotura se fabricaron especímenes de prueba con las proporciones a escala de las dimensiones finales de loseta planteada, se fabricaron probetas con dimensiones de 20cm x 30cm x 3cm las cuales se probaron a los 28 días de curado, conforme a lo estipulado en la NTC 4992.



[Figura 39 Procedimiento prueba de flexión del material. Autor](#)

Los resultados obtenidos fueron inferiores a lo estipulado en la normativa, pero fueron congruentes con las dimensiones probadas ya que de ante mano se esperaba que no alcanzaran las exigencias estipuladas en la norma debido a que el espesor de las losetas probadas fue inferior a las dimensiones finales de loseta planteada.

Las resistencias alcanzadas por el material estuvieron alrededor del 30 y 40% por debajo del umbral de la norma para las mezclas CM1, CM2 y CM3 que fueron las compactadas mecánicamente, para la mezcla que se compactó manualmente el resultado estuvo 52% por debajo.



[Gráfica 12 Resultado Modulo de rotura - Mpa Vs NTC 4992. Autor](#)

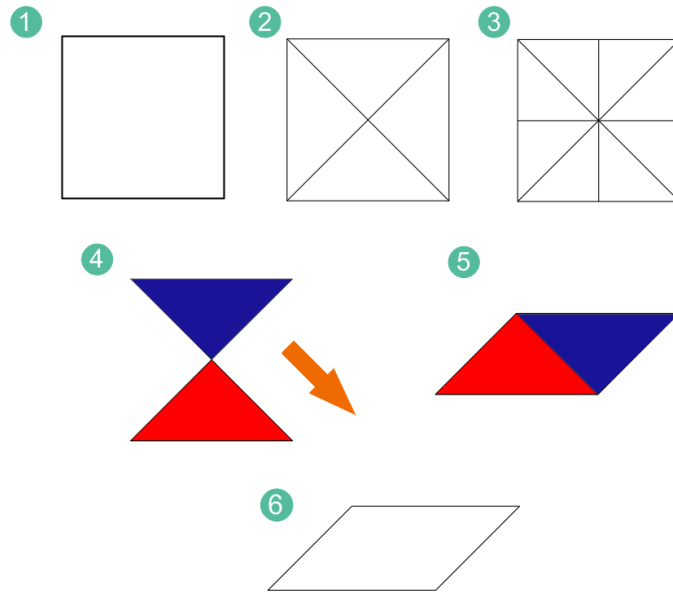
A primera vista los resultados obtenidos del material exploratorio no muestran resultados satisfactorios con respecto a lo exigido en la norma, sin embargo como se dijo anteriormente hay que tener en cuenta que a mayor espesor de loseta, mayor será su resistencia a la flexión. Ahora bien si proyectamos el espesor de loseta probado 3cm con los 6cm que se plantean para el prototipo final, nos da resultados los favorables que se esperan para las losetas.

1.10 Aspecto formal del Prototipo

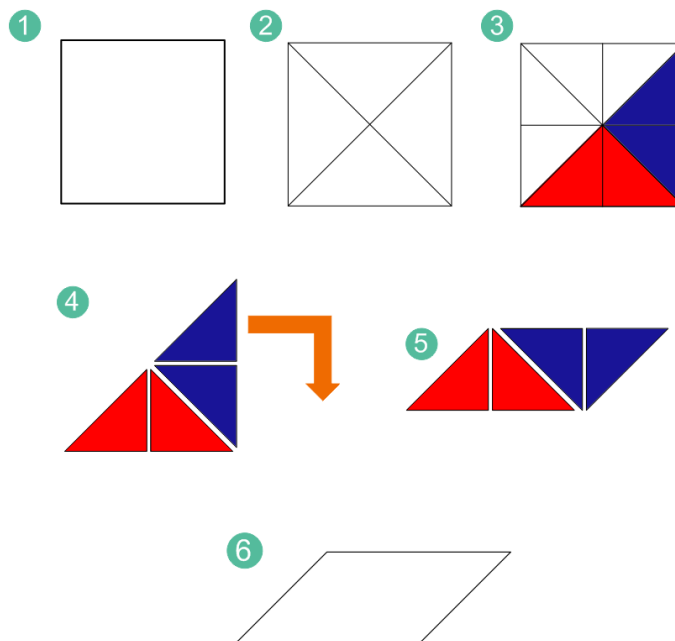
Como se dijo anteriormente la normativa que rige el proceso de fabricación, aspecto final y resistencias es la NTC 4992 y la cartilla andenes. En lo referente a la cartilla andenes la norma presenta un aspecto flexible en cuanto al diseño que se pueda plantear, no necesariamente deben ser módulos cuadrados o rectangulares, como los que actualmente se encuentran instalados, pero si debe tener como condición fundamental que sea un elemento que se complemente con el sistema planteado actual, con las mismas o mejores especificaciones técnicas.

Gracias a ello se decide explorar la forma cuadrada y descomponerla para plantear un aspecto nuevo que se integre a lo existente y que a su vez permita nuevos ambientes en el piso

peatonal del espacio público y acompañado de acabados con diferentes tonalidades se pueda generar un aspecto estético que a su vez sea funcional.

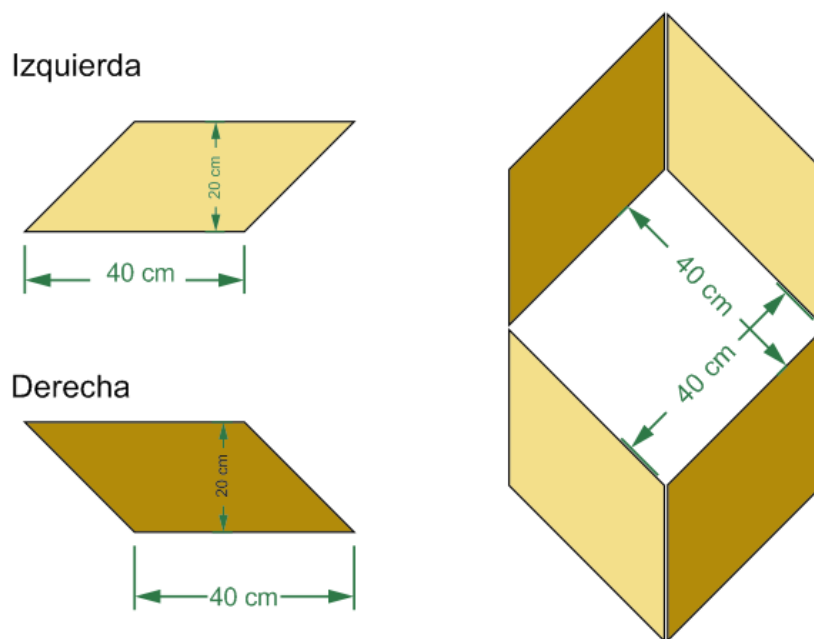


[Figura 40 Exploración de la forma modelo 1. Autor](#)



[Figura 41 Exploración de la forma, modelo 2. Autor](#)

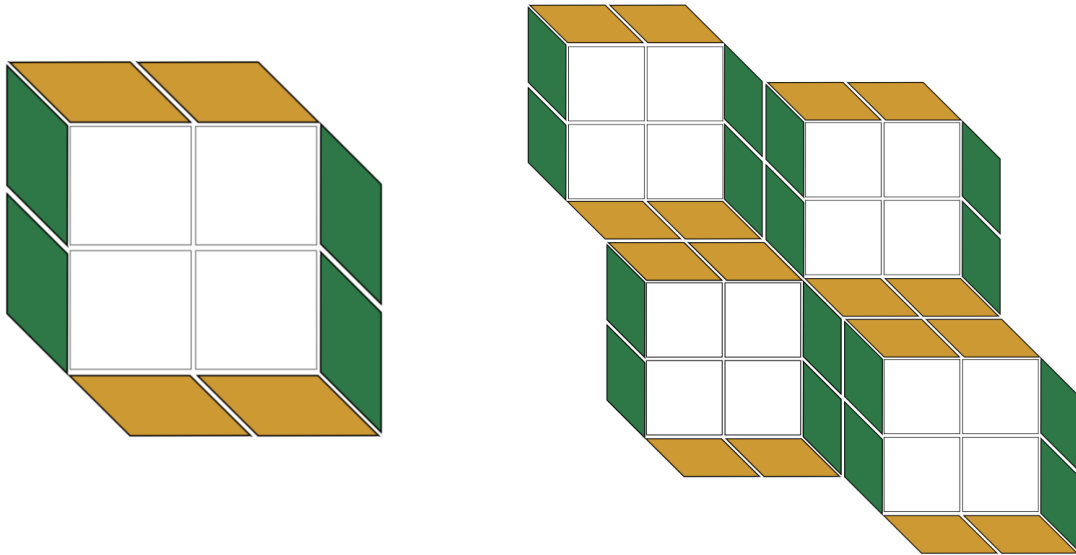
Para el diseño planteado de losetas se plantea un paralelepípedo que debido a sus dimensiones finales se complementa con lo que actualmente existe. Normalmente en el piso del espacio público de Bogotá se instalan losetas de ángulos rectos con dimensiones que resultan siendo múltiplos de 20 y el prototipo planteado responde adecuadamente a dichas longitudes.



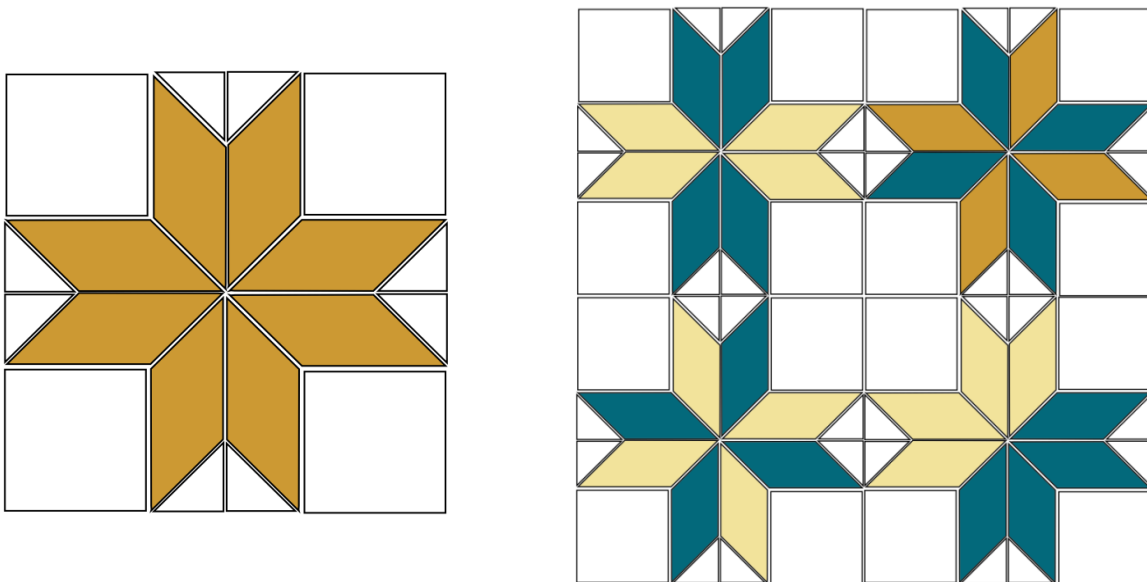
[Figura 42 Resultado final de la forma y dimensiones. Autor](#)

Una de las bondades favorables de las dimensiones y diseño de loseta planteado son las posibilidades estético arquitectónicas que se pueden lograr, con una forma sencilla que abre un abanico de posibilidades para experimentar nuevos ambientes en el piso del espacio público.

1.11 Algunas posibilidades de instalación



[Figura 43 Tipo de aparejo 1](#)



[Figura 44 Tipo de aparejo 2](#)

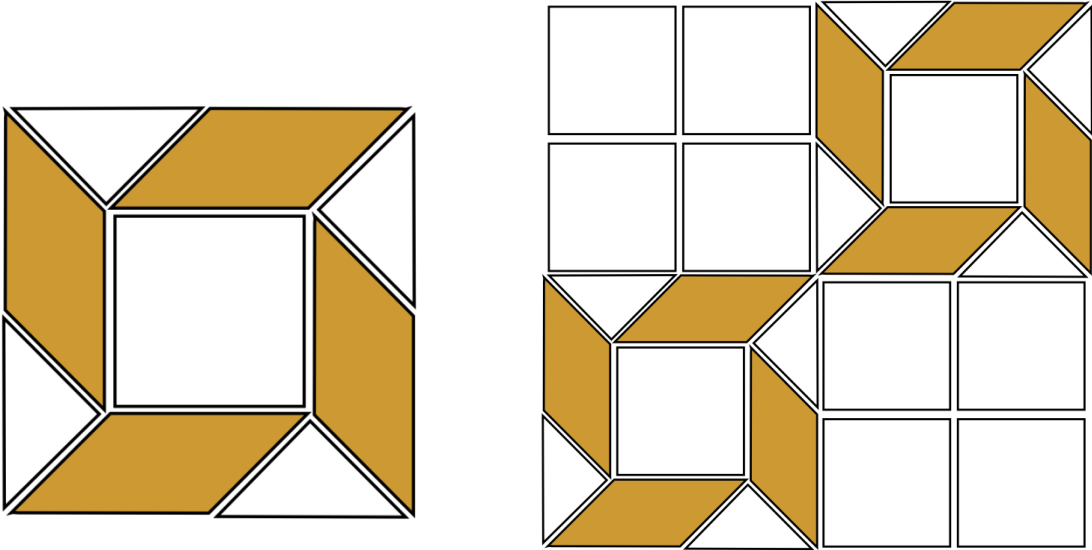


Figura 45 Tipo de aparejo 3

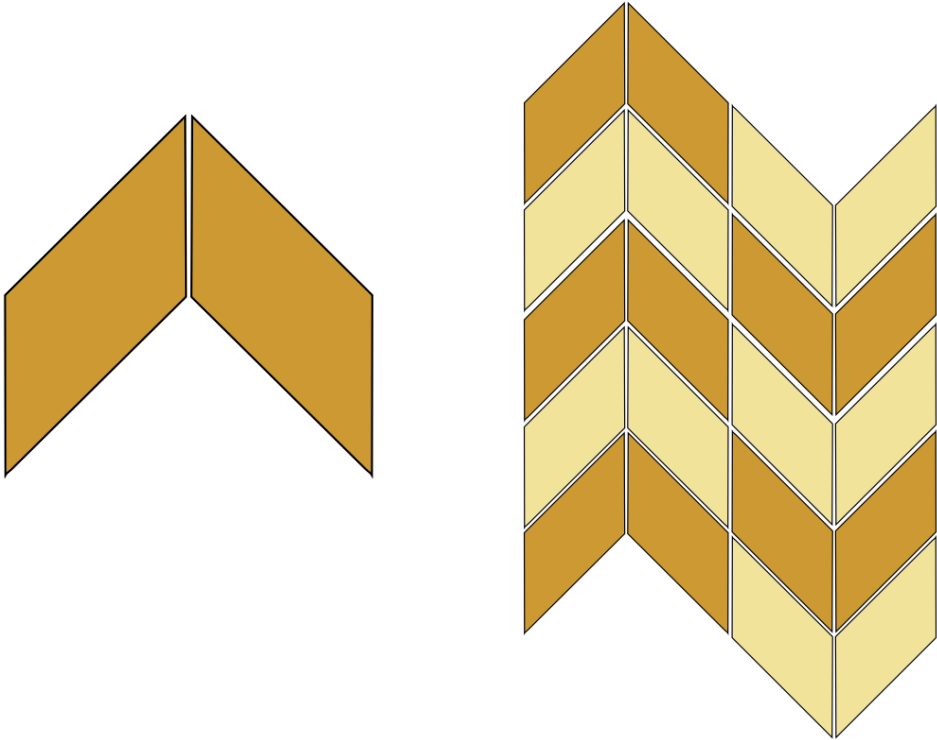
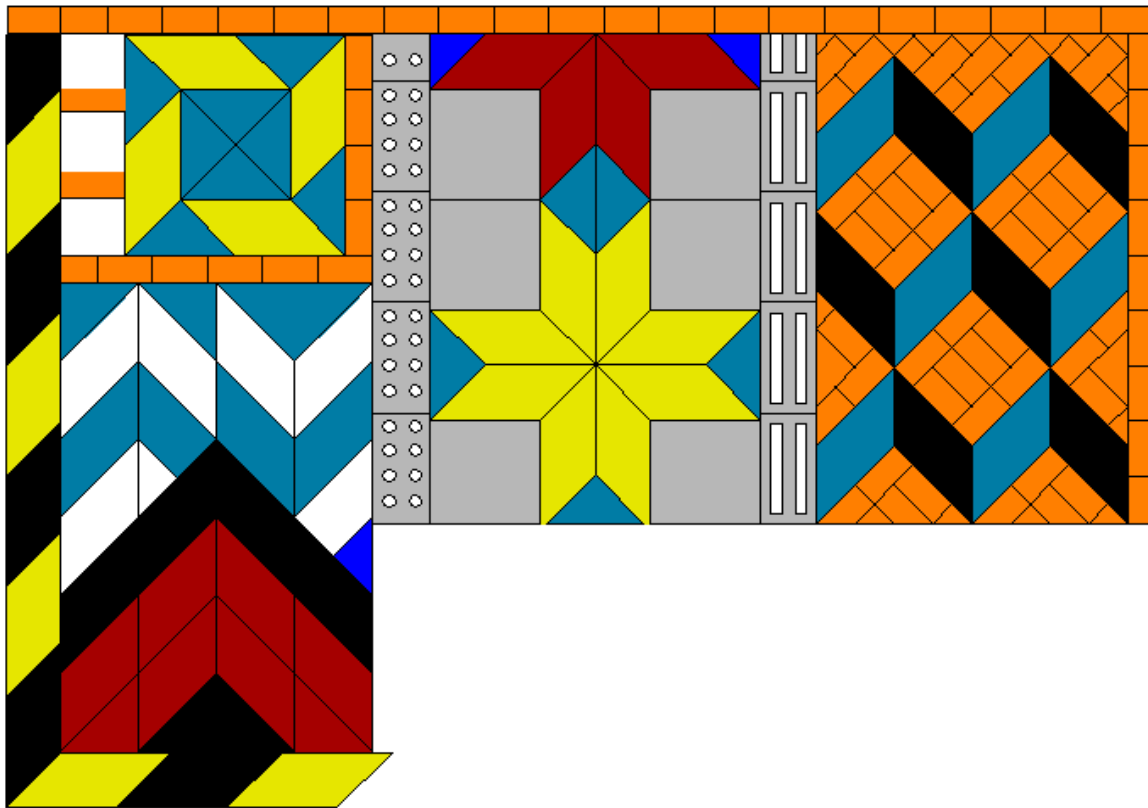


Figura 46 Tipo de aparejo 4



[Figura 47 Collage de aparejos](#)

1.12 Aproximación a la realidad



[Figura 48 Acercamiento a la realidad modelo 1 y 2. Autor](#)



[Figura 49 Acercamiento a la realidad modelo 3. Autor](#)

Imagen base realizada por Juan Sebastián Prada y Miguel Ángel Salinas, para el proyecto “Espacios vitales para la Equidad Social - UGC 2016

1.13 [Análisis de Precios Unitarios](#)

Para que un proyecto tenga buena acogida en la vida cotidiana y pueda ser implantado en la realidad este debe ser analizado desde una perspectiva de costos que permite la aceptación y participación dentro de la sociedad. Teniendo esta premisa, a continuación se presentan los posibles costos posibles para la fabricación de las losetas planteadas.

Tabla 3 APU Loseta mezcla 1

APU DISEÑO DE MEZCLA 1	UM	VALOR M3	VOLUMEN TOTAL LOSETA	PORCENTAJE CANTIDAD	VOLUMEN DE MATERIAL / LOSETA	PESO MATERIAL POR UNID FABRICACIÓN/Kg	Vr. UNIT
CONCRETO MOLIDO	M3	\$ 59.000	0,0048	60%	0,00288	4,8	\$ 169,92
MAT. EXCAVACION	M3	\$ 59.000	0,0048	20%	0,00096	1,6	\$ 56,64
AGLOMERANTE	KG	\$ 600	0,0048	10%	0,00048	0,8	\$ 480,00
LADRILLO MOLIDO	M3	\$ 59.000	0,0048	10%	0,00048	0,8	\$ 28,32
MANO DE OBRA	UND	\$ 1.000	N/A	N/A	N/A	N/A	\$ 1.000,00
TRANSPORTE	UND	\$ 240	N/A	N/A	N/A	N/A	\$ 240,00
TOTAL UND FABRICACIÓN							\$ 1.974,88

Tabla 4 APU Loseta mezcla 2

APU DISEÑO DE MEZCLA 2	UM	VALOR M3	VOLUMEN TOTAL LOSETA	PORCENTAJE CANTIDAD	VOLUMEN DE MATERIAL X LOSETA	PESO MATERIAL X UNID FABRICACIÓN	Vr. UNIT
CONCRETO MOLIDO	M3	\$ 59.000	0,0048	50%	0,00240	4	\$ 141,60
MAT. EXCAVACION	M3	\$ 59.000	0,0048	10%	0,00048	0,8	\$ 28,32
AGLOMERANTE	KG	\$ 600	0,0048	20%	0,00096	1,6	\$ 960,00
LADRILLO MOLIDO	M3	\$ 59.000	0,0048	20%	0,00096	1,6	\$ 56,64
MANO DE OBRA	UND	\$ 1.000	N/A	N/A	N/A	N/A	\$ 1.000,00
TRANSPORTE	UND	\$ 240	N/A	N/A	N/A	N/A	\$ 240,00
TOTAL UND FABRICACIÓN							\$ 2.426,56

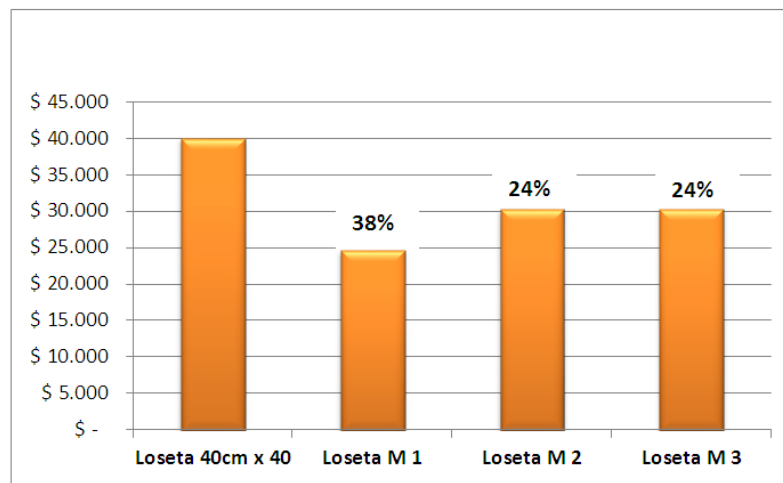
Tabla 5 APU Loseta mezcla 3

APU DISEÑO DE MEZCLA 3	UM	VALOR M3	VOLUMEN TOTAL LOSETA	PORCENTAJE CANTIDAD	VOLUMEN DE MATERIAL X LOSETA	PESO MATERIAL X UNID FABRICACIÓN	Vr. UNIT
CONCRETO MOLIDO	M3	\$ 59.000	0,0048	40%	0,00192	3,2	\$ 113,28
MAT. EXCAVACION	M3	\$ 59.000	0,0048	20%	0,00096	1,6	\$ 56,64
AGLOMERANTE	KG	\$ 600	0,0048	20%	0,00096	1,6	\$ 960,00
LADRILLO MOLIDO	M3	\$ 59.000	0,0048	20%	0,00096	1,6	\$ 56,64
MANO DE OBRA	UND	\$ 1.000	N/A	N/A	N/A	N/A	\$ 1.000,00
TRANSPORTE	UND	\$ 240	N/A	N/A	N/A	N/A	\$ 240,00
TOTAL UND FABRICACIÓN							\$ 2.426,56

En cuanto al tema de transporte, una camioneta con capacidad de carga de 2T, cobra aproximadamente \$60.000 viaje a cualquier lugar de Bogotá, es decir si una loseta pesa 8 Kg, en cada viaje se pueden transportar 250 losetas, ahora bien $\$60.000/250 = \240und .

Por el lado de la mano de obra se estimó un valor unitario alto por unidad de fabricación, ya que el tema de producción puede variar significativamente si se tiene un mecanismo de producción industrializado que permita mayor producción dentro de un menor tiempo.

En la gráfica siguiente se hace una comparación del costo actual por m2 de loseta con materiales vírgenes de cantera y los beneficios económicos que trae el utilizar los materiales de residuos de construcción y demolición.



Gráfica 13 Precio M2 loseta tradicional Vs Losetas propuestas

En el gráfico se observa claramente que los costos de producción de las losetas presentan un ahorro económico significativo. Para la loseta de mezcla 1 se obtuvo un beneficio económico del 38%, para la loseta de mezclas 2 y 3 se alcanza un ahorro del 24%. La diferencia de los porcentajes alcanzados para el recorte presupuestal, está relacionada con la cantidad de cemento utilizada para cada una de las mezclas, las demás variables como la mano de obra, el transporte y demás son constantes para este tipo de análisis.

Por otro lado se tuvo en cuenta que el costo económico del m2 de loseta tradicional en el mercado es de aproximadamente \$40.000, dependiendo del lugar que se compre y la cantidad de pedido. Losetas con dimensiones de 40cmx40cm resultan ser 6.25 unidades/m2, por el lado de las losetas planteadas el área de cubrimiento de cada una se divide a la mitad, ello quiere decir que la cantidad de losetas por m2 es de 12,5 unidades/m2.

Análisis y discusión de resultados

De acuerdo a las plazoletas estudiadas que se escogieron de forma aleatoria debido a su gran aglomeración peatonal y son centralidades importantes de la ciudad se obtuvo como resultado que el ladrillo cocido rojo es el material que más se encuentra instalado en el piso de las mismas; como este tipo de material actualmente necesita materiales vírgenes de cantera y debe utilizarse dentro de su etapa de producción grandes temperaturas para que alcance una estructura rígida no es un material sostenible y sustentable para los requerimientos del mundo actual.

El concreto que se viene utilizando en el campo de la construcción en Bogotá es cada día mayor, dado que este material tiene aproximadamente una vida útil de 50 años se debe proyectar que el consumo actual del material en un futuro no muy lejano será desecho. Actualmente este tema ha ido cogiendo fuerza apoyado en la normativa, sin embargo son pocas las soluciones que actualmente se plantean para el aprovechamiento del mismo con la magnitud que se requiere.

El cemento es uno de los mayores responsables del calentamiento global, al fabricar una tonelada de cemento se emite una tonelada de CO₂ a la atmósfera, práctica que hace de este material poco amigable con el medio ambiente sin tener en cuenta que los materiales vírgenes de cantera que se necesitan para su fabricación son de tipo no renovables.

Al plantear y hacer un primer acercamiento a un nuevo tipo de material que responda adecuadamente a los requerimientos normativos y sociales trae consigo aspectos positivos que abren brecha ante la situación del planteamiento de materiales más sostenibles y sustentables y entrando en el tema de materiales se pueden plantear cualquier cantidad de materiales que respondan a las exigencias del mundo moderno y contribuyan a beneficios económicos, sociales y ambientales.

El modelo de producción que actualmente se utiliza en la fabricación de losetas para el espacio público, no es un eficaz ya que por el simple hecho de tener dentro de sí la extracción de la materia prima pétreo no renovable lo hace un modelo costoso que no está determinado para el beneficio social y ambiental. Ahora bien, el nuevo modelo de producción que se plantea es de

carácter cerrado y no tiene dentro de su etapa productiva la reutilización de materiales vírgenes porque reutiliza los materiales de desecho en obra; convierte el problema de los escombros en oportunidades.

La implantación del nuevo modelo de producción planteado dentro de una cadena industrializada trae consigo beneficios tanto ambientales como económicos, debido a que dentro de sus diferentes etapas productivas no se plantean procesos de cocción del material para lograr las resistencias exigidas en la normativa y ya que su método de fabricación es compactado mecánicamente no es necesario esperar hasta un curado a los 28 días para que sean instalados en obra.

El aspecto físico del piso peatonal del espacio público que actualmente se encuentra en Bogotá es de carácter bicromático, lo que lo hace monótono, sin vida, apagado, melancólico y según la teoría del color de las cosas influye directamente en el comportamiento de las personas, por tal razón para lograr una nueva tipología de piso en el espacio público se exponen diferentes colores que hacen que el ambiente y la percepción del peatón para con el piso de áreas abiertas sea de forma agradable y genere una identidad de ciudad positiva.

El aspecto formal de prototipo planteado se complementa adecuadamente con los aspectos de diseño que existen actualmente en la ciudad de Bogotá, al tener un diseño modulado múltiplo de 20 que es la medida promedio que actualmente se está utilizando en las losetas de piso permite que pueda ser instalado en diferentes ángulos y posiciones para lograr nuevos aspectos finales como diagonales y ángulos rectos si es el caso.

El aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición en la fabricación como materia prima principal del prototipo planteado genera beneficios económicos, alcanzando una reducción de más del 35% con respecto a los costos que actualmente rigen la compra de las losetas para el piso del espacio público.

Conclusiones y recomendaciones

La forma planteada en el prototipo se diseñó de tal forma que se integrara con las formas actuales de esta manera se integra con el sistema existente y posibilita nuevos ambientes en materia del piso peatonal del espacio público.

Al ser una forma modulada permite que los diferentes diseños de piso se puedan robustecer o alargar lo cual genera una flexibilidad y posibilidades en cuanto al diseño requerido de piso.

En cuanto al material planteado es necesario explorar más a fondo las propiedades del material de excavación utilizado como uno de los materiales del espécimen y buscar nuevos usos ya que este tipo de materia prima se produce en grandes cantidades y su reutilización actual es mínima y subutilizada.

La carga de compactación de la mezcla juega un papel importante en alcanzar las exigencias mecánicas estipuladas en la normativa. Para los especímenes de prueba se les aplicó una carga de 8 Mpa, sin embargo con los resultados obtenidos de las diferentes pruebas de laboratorio se deja claro que a mayor carga de compactación la mezcla presenta mejoría en sus resultados finales, se recomienda hacer pruebas con cargas superiores a las realizadas en este trabajo.

La mezcla que obtuvo el mejor comportamiento mecánico según las pruebas practicadas estipuladas en la NTC 4992, fue la del diseño de mezcla número dos, con una adición de cemento del 20% la cual arrojó resultados positivos no solo en su comportamiento estructural, sino que en tiene un ahorro del 24% con respecto a los costos actuales del precio de las losetas que se encuentran en el mercado.

Dado que el material y el diseño de mezcla son de carácter exploratorio y solo se le adicionó a la mezcla el aglomerante convencional, cemento, se recomienda revisar el tema con aditivos cementantes como nanosilice o microsilice y lograr que la adición de cemento a la mezcla disminuya para de esta manera reducir las emisiones de CO₂ que conlleva la producción de cemento.

La reutilización de los residuos de construcción y demolición resulta provechosa para el medio ambiente y para quien lo implemente, ya que por un lado cumple con la normativa vigente para la reducción de escombros y por el otro lado baja costos de producción.

En el trabajo de investigación se trabajó con tres diferentes materiales que hacen parte del conjunto de los RCD, sin embargo estos son tan solo un puñado de los que se pueden encontrar y reutilizar en las obras, es conveniente en investigaciones posteriores tener en cuenta nuevas alternativas de materiales y lograr nuevos productos.

Para la fabricación en masa del prototipo se requiere implementar un método de producción que responda adecuadamente a las exigencias de la magnitud del proyecto, este puede ser de tipo manual o industrial, se puede acomodar el mecanismo de la compactación manual utilizado en los BTC de tal manera que el tiempo de producción de las losetas sea favorable para el fabricante; a menor tiempo de producción, mayor ganancia.

Bibliografía

- Aguilar, B. (2008). *Construir con Adobe*. Mexico: Trillas S.A.
- Alcaldia de Bogotá. (1997). *Alcaldia de Bogota*. Obtenido de Ley 388 de 1997: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>
- Alcaldia Mayor de Bogotá. (2012). *Resolucion 01115*. Bogotá: Secretaria Distrital de Ambiente.
- Amanda Marton. (30 de Noviembre de 2015). *"Beco do Aprendiz": de callejón de drogas a museo a cielo abierto en São Paulo*. Obtenido de Plataforma Urbana: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2015/11/30/beco-do-aprendiz-de-callejon-de-drogas-a-museo-a-cielo-abierto-en-sao-paulo/>
- Banco Mundial. (2015). *el Grupo del Banco Mundial*. Obtenido de <http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC>
- Borja, J., & Zaida, M. (2000). *El espacio público, ciudad y ciudadanía*. Barcelona, España.
- Carcedo, M. (2012). Resistencia a la compresion de bloques de tierra comprimida estabilizada con materiales de silice de diferente tamaño de particula. Tesis de maestria. Madrid: Tesis de maestria. Universidad Politecnica de Madrid, Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica.
- Castaño, J., Misle, R., Lasso, L., Gómez, A., & Ocampo, M. *Gestión de residuos de construccion y demolicion (RCD) en Bogotá; perspectivas y limitantes*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Civil Engineering Department, LMMS Laboratory, Mohamed Boudiaf -M'sila University,M'sila (28.000) Algeria. (2015). Study of the physico-mechanical properties of a recycled concrete incorporating admixtures by the means of NDT methods. (L. Belagraa, A. Meddah, & M. Beddar, Edits.) *Procedia Engineering*, 80-92.
- Defensoria Distrital del Espacio Público. (2015). *dadep.gov.co*. Obtenido de <http://www.dadep.gov.co/>
- Departamento Administrativo de Planeación Distrital. (2006). *Plan Maestro de Espacio Público de Bogotá D. C.* . Mayo.
- Department of Civil and Environmental Engineering, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia. (2014). Toward green concrete for better sustainable environment. (B. Suhendro, Ed.) *Procedia Engineering* , 305-320.
- Department of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin-Madison. (2015). The effects of recycled clay brick content on the engineering properties,

- weathering durability, and resilient modulus of recycled concrete aggregate. (D. Mababa, J. Tinjum, & K. Nokkaew, Edits.) *Transportation Geotechnics*, 15-23.
- Department of Civil Engineering, University of Toronto. (2014). Desing for durability: the key to improving concrete sustainability . (D. Hooton, & J. Bicley, Edits.) *Construction and Bulding Materials*, 422-430.
- Department of Materials Engineering and Chemistry, Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague, Czech Republic. (2012). Properties of high performance concrete containing fine-ground ceramics as supplementary cementitious material. (E. Vejmelková, M. Keppert, P. Rovnaníková, M. Ondráček, Z. Keršner, & R. Cerny, Edits.) *Cement & Concrete Composites*, 55-61.
- Department of Transportation Engineering, School of Civil Engineering, Shandong University, China. (2015). Influence of ground waste clay brick on properties of fresh and hardened. (Z. Ge, Y. Wang, R. Sun, X. Wu, & Y. Guan, Edits.) *Construction and Building Materials*, 128-136.
- Depto. de Ingeniería Metalúrgica, Unidad Professional A. Lopez Mateos. (2007). Enhancement of mechanical and hydrophobic properties of Adobes for Building Industry by the addition of polymeric agents. (J. Pineda, D. Vega, J. Manzano, R. Perez, Balmori, & M. Laverde, Edits.) *Building and Environment*, 877-883.
- Escandon, Juan. (2011). Tesis de Grado Pontificia Universidad Javeriana. *Diagnostico Técnico y económico del aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en edificaciones en la ciudad de Bogotá*. Bogotá, Colombia.
- Facultad de Arquitectura. Universidad Católica de Santa Fe. (16 de Abril de 2011). *Arquitectura 4, Taller*. Obtenido de <http://tallerarquitectura4ucsf.blogspot.com.co/2011/04/continuidad-urbana.html>
- Gaitán, Maria. (2013). Tesis de maestria en gestión ambiental, Pontificia Universidad Javeriana. *lineamientos para la gestión ambiental de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá D.C*. Bogota.
- Glenn Department of Civil Engineering, Clemson University, Clemson, SC 29634, USA. (2015). The potential of ground clay brick to mitigate Alkali-Silica Reaction in mortar prepared with highly reactive aggregate. (A. P. Kaveh Afshinnia, Ed.) *Construction and Buldings Materials*, 164-170.
- Guarín, Gustavo. (2012). Secretaria Distrital de Ambiente. *Lineamientos ambientales para los centros de tratamiento y aprovechamiento de RCD*. Bogotá.
- Guerrero, A. (2013). Obtenido de http://www.logemin.com/eng/Download/pdf/35_Excavaciones_subsuelo_Bogota.pdf

- Guerrero, L. (2012). *About en español*. Obtenido de Vida Verde, Contaminacion y reciclaje: <http://vidaverde.about.com/od/Reciclaje/g/Las-Tres-Erres-Ecologicas.htm>
- Heller, E. (2008). *Psicología del color*. Barcelona: Gustavo Gilli SA.
- Indian Institute of Science. (2012). *Stabilised soil blocks for structural masonry in earth construction*. Bangalore.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. (2004). *NTC 4992, losetas de concreto para pavimentos*. ICONTEC.
- Instituto de la vivienda. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. (2008). La calidad del espacio público en la construcción del paisaje urbano. En busca de un hábitat equitativo. (S. Caquimbo, Ed.) *Revista invi*, 75-97.
- Kajima corporation, Tokyo Architectural Construction Branch, Tokyo, Japan . (2014). Building application of recycled aggregate concrete for upper-ground structural elements. (K. Yoda, & S. Akira, Edits.) *Construction and Buldings Materials*, 379-385.
- Medina, K., Medina, Ó., & Óscar, G. (2011). Bloque de tierra comprimida como material constructivo. (U. P. Colombia, Ed.) *Facultad de ingeniería - UPTC, 20*, 55-68.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). *Guia de Mecanismos de Recuperación del Espacio Público*. Bogotá.
- Politecnico di Milano. (2007). *Planificación diseño urbano y gestión para espacios seguros*. Milan.
- Politecnico di Milano, Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica. (2014). Comparison of ground waste glass with other supplementary cementitious materials. (M. Carsana, M. Frassoni, & I. Bertonili, Edits.) *Cement & Concrete Composites*, 39-45.
- Pontificia Universidad Católica del Perú. (2012). *Estudio de análisis de ciclo de vida de ladrillos y bloques de concreto*. San geronimo, Cusco, Perú: http://www.redladrilleras.net/documentos_galeria/Ciclo%20de%20vida.pdf.
- Saldarriaga, A. (2002). *La Arquitectura como experiencia, espacio,cuerpo y sencibilidad*. Bogotá.: Villegas Editores, Universidad Nacional de Colombia 2002.
- Salvany, Jorge. (2012). Secretaria Distrital de Ambiente. *Primer foro Internacional para la gestión y control de los residuos de de la construccion y demolición -RCD-*. Bogotá, Colombia.
- Secretaria Distrital de Ambiente. (2015). *Guía para la elaboración del plan de gestión de residuos de construcción y demolición - RCD en la obra*. Bogotá, Colombia.
- Secretaria Distrital de Ambiente. (2015). Obtenido de ambientebogota.gov.co: <http://ambientebogota.gov.co/en/web/escombros/resolucion>

Secretaria Distrital de planeación. (2007). *Cartilla de Mobiliario urbano*. Bogotá.

Secretaria Distrital de Planeación. . (2007). *Cartilla de Andenes. Taller del Espacio Público*. Bogotá.

TITAN . (2013). *Titan espacio público*. Bogotá.

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. (2012). UAESP. *Aplicación de la metodología a la situación actual del manejo de los residuos sólidos derivados de la construcción, demolición, remodelación y un posible evento sísmico u otro de gran magnitud*. Bogotá.

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. (2015). UAESP. Obtenido de <http://pagdll.uaesp.gov.co/index.php/aseo/borrador-del-proyecto-de-plan-de-gestion-integral-de-residuos-solidos-de-la-ciudad-de-bogota>

Universidad Nacional de Colombia. (2015). *Virtual.unal.edu.co*. Obtenido de Ecología y Medio Ambiente: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/seccion4/capitulo10/04_10_04.htm


Anexos

Fichas de análisis de plazas del espacio público.

PLAZA DE BOLIVAR - FICHA 1

imagen aérea







Adoquin cocido	30	Pref.Concreto	0	Otro	70
Forma		Forma		Forma	
Cuadrado	0	Cuadrado	0	Cuadrado	0
Rectangular	100	Rectangular	0	Rectangular	100
Acabado		Acabado		Acabado	
Liso	100	Liso	0	Liso	100
Textura	0	Textura	0	Textura	0
		Color	0	Color	0
Aparejo		Aparejo		Material	
Canasto	60	Hileras	0	Piedra	100
Hilada	40	Hiladas	0	Madera	0
Esp. Pescado	0	Mixto	0	Otro	0

Fuente imágenes: <http://mapas.bogota.gov.co/>

PLAZOLETA LOURDES - FICHA 2

imagen aérea







Adoquin cocido	85	Pref.Concreto	5	Otro	10
Forma		Forma		Forma	
Cuadrado	0	Cuadrado	0	Cuadrado	0
Rectangular	100	Rectangular	100	Rectangular	100
Acabado		Acabado		Acabado	
Liso	100	Liso	100	Liso	100
Textura	0	Textura	0	Textura	0
		Color	0	Color	0
Aparejo		Aparejo		Material	
Canasto	0	Hileras	100	Piedra	100
Hilada	100	Hiladas	0	Madera	0
Esp. Pescado	0	Mixto	0	Otro	0

Fuente imágenes: <http://mapas.bogota.gov.co/>

PARQUE DE LA 93 - FICHA 3

imagen aérea



Adoquin cocido	40	Pref.Concreto	10	Otro	50
Forma		Forma		Forma	
Cuadrado	0	Cuadrado	80	Cuadrado	
Rectangular	100	Rectangular	20	Rectangular	
Acabado		Acabado		Acabado	
Liso	100	Liso	80	Liso	100
Textura	0	Textura	20	Textura	0
		Color	0	Color	0
Aparejo		Aparejo		Material	
Canasto	0	Hileras	70	Piedra	0
Hilada	100	Hiladas	30	Madera	0
Esp. Pescado	0	Mixto	0	Otro	100

Fuente imágenes: <http://mapas.bogota.gov.co/>

PLAZOLETA SAN VICTORINO - FICHA 4

imagen aérea



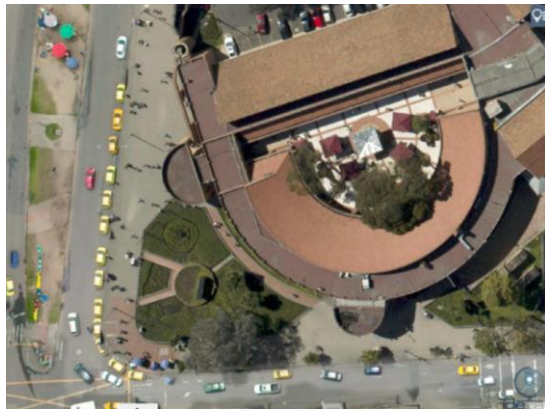
Adoquin cocido	65	Pref.Concreto	30	Otro	5
Forma		Forma		Forma	
Cuadrado	0	Cuadrado	100	Cuadrado	0
Rectangular	100	Rectangular	0	Rectangular	100
Acabado		Acabado		Acabado	
Liso	100	Liso	80	Liso	100
Textura	0	Textura	20	Textura	0
		Color	0	Color	0
Aparejo		Aparejo		Material	
Canasto	0	Hileras	100	Piedra	80
Hilada	100	Hiladas	0	Madera	20
Esp. Pescado	0	Mixto	0	Otro	0

Fuente imágenes: www.eltiempo.com

<http://mapas.bogota.gov.co/>

PLAZA DE LAS AMÉRICAS - ENTRADA SUR OCCIDENTAL - FICHA 5

imagen aérea

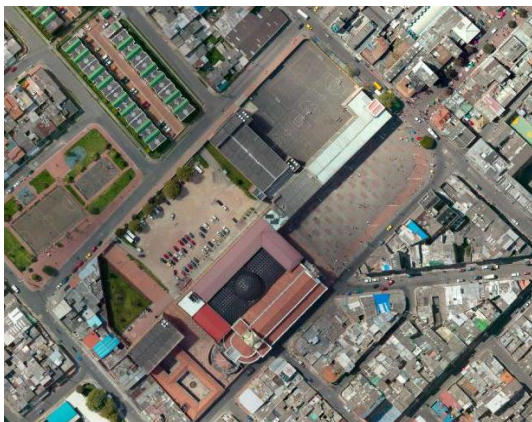


Adoquin cocido	80	Pref.Concreto	20	Otro	0
Forma		Forma		Forma	
Cuadrado	0	Cuadrado	100	Cuadrado	0
Rectangular	100	Rectangular	0	Rectangular	0
Acabado		Acabado		Acabado	
Liso	100	Liso	10	Liso	0
Textura	0	Textura	90	Textura	0
		Color		Color	0
Aparejo		Aparejo		Material	
Canasto	0	Hileras		Piedra	0
Hilada	100	Hiladas		Madera	0
Esp. Pescado	0	Mixto		Otro	0

Fuente imágenes: <http://mapas.bogota.gov.co/>

PLAZOLETA IGLESIA DEL 20 DE JULIO - FICHA 6

imagen aérea



Adoquin cocido	30	Pref.Concreto	5	Otro	65
Forma		Forma		Forma	
Cuadrado	0	Cuadrado	0	Cuadrado	70
Rectangular	100	Rectangular	100	Rectangular	30
Acabado		Acabado		Acabado	
Liso	100	Liso	100	Liso	100
Textura	0	Textura	0	Textura	0
		Color	0	Color	0
Aparejo		Aparejo		Material	
Canasto	0	Hileras	100	Piedra	0
Hilada	100	Hiladas	0	Madera	0
Esp. Pescado	0	Mixto	0	Otro	100

Fuente imágenes: <http://mapas.bogota.gov.co/>

ESTADIO NEMESIO CAMACHO EL CAMPÍN - FICHA 7

imagen aérea



Adoquin cocido	80	Pref.Concreto	20	Otro	0
Forma		Forma		Forma	
Cuadrado	0	Cuadrado	40	Cuadrado	0
Rectangular	100	Rectangular	60	Rectangular	0
Acabado		Acabado		Acabado	
Liso	100	Liso	60	Liso	0
Textura	0	Textura	40	Textura	0
		Color	0	Color	0
Aparejo		Aparejo		Material	
Canasto	0	Hileras	60	Piedra	0
Hilada	100	Hiladas	40	Madera	0
Esp. Pescado	0	Mixto	0	Otro	0

Fuente imágenes: <http://mapas.bogota.gov.co/>

ENTRADA PRINCIPAL CORFERIAS - FICHA 8

imagen aérea



Adoquin cocido	0	Pref.Concreto	100	Otro	0
Forma		Forma		Forma	
Cuadrado	0	Cuadrado	70	Cuadrado	0
Rectangular	0	Rectangular	30	Rectangular	0
Acabado		Acabado		Acabado	
Liso	0	Liso	80	Liso	0
Textura	0	Textura	20	Textura	0
		Color	0	Color	0
Aparejo		Aparejo		Material	
Canasto	0	Hileras	60	Piedra	0
Hilada	0	Hiladas	10	Madera	0
Esp. Pescado	0	Mixto	30	Otro	0

Fuente imágenes: <http://mapas.bogota.gov.co/>

PARQUE METROPOLITANO TERCER MILENIO - FICHA 9

imagen aérea



Adoquin cocido		70	Pref.Concreto		20	Otro		10
Forma			Forma			Forma		
Cuadrado	0		Cuadrado	30		Cuadrado	0	
Rectangular	100		Rectangular	70		Rectangular	100	
Acabado			Acabado			Acabado		
Liso	100		Liso	100		Liso	100	
Textura	0		Textura	0		Textura	0	
			Color	0		Color	0	
Aparejo			Aparejo			Material		
Canasto	0		Hileras	0		Piedra	100	
Hilada	100		Hiladas	100		Madera	0	
Esp. Pescado	0		Mixto	0		Otro	0	

Fuente imágenes: <http://mapas.bogota.gov.co/>

ENTRADA PEATONAL PORTAL SUBA- TRANSMILENIO - FICHA 10

imagen aérea



Adoquin cocido		90	Pref.Concreto		10	Otro		0
Forma			Forma			Forma		
Cuadrado	0		Cuadrado	0		Cuadrado	0	
Rectangular	100		Rectangular	100		Rectangular	0	
Acabado			Acabado			Acabado		
Liso	100		Liso	100		Liso	0	
Textura	0		Textura	0		Textura	0	
			Color	0		Color	0	
Aparejo			Aparejo			Material		
Canasto	0		Hileras	100		Piedra	0	
Hilada	100		Hiladas	0		Madera	0	
Esp. Pescado	0		Mixto	0		Otro	0	

Fuente imágenes: <http://mapas.bogota.gov.co/>