

**METABOLISMO URBANO EN EL FLUJO DE MATERIALES DE  
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE LA CIUDAD DE PEREIRA**

**CINDY BRIGITTE QUINTERO AVALO  
ALEXANDRA TABARES RAMIREZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL**

**2015**

**METABOLISMO URBANO EN EL FLUJO DE MATERIALES DE  
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE LA CIUDAD DE PEREIRA**

**CINDY BRIGITTE QUINTERO AVALO  
ALEXANDRA TABARES RAMIREZ**

**Trabajo de Grado presentado como Requisito para optar al título de  
Administrador Ambiental**

**Director:**

**PhD. M. Sc. TITO MORALES PINZÓN**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL**

**2015**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Pereira, marzo de 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo agradecemos a Dios por la fortaleza que nos ha dado a través de nuestro proceso a convertirnos en Administradoras Ambientales. A nuestros padres por su comprensión, apoyo y motivación para nuestro desarrollo profesional e integral.

Agradecemos a nuestro director y guía Tito Morales, a nuestro asesor el Ingeniero Civil Edwin Andrés Rave por su colaboración en la realización de nuestro trabajo.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	8
GLOSARIO.....	9
INTRODUCCIÓN .....	10
1 JUSTIFICACIÓN. ....	13
2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	15
3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
4 OBJETIVOS .....	18
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	18
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
5 MARCO REFERENCIAL .....	19
5.1 MARCO DE ANTECEDENTES.....	19
5.2 MARCO TEORICO-CONCEPTUAL.....	22
5.3 MARCO LEGAL .....	30
5.3.1 Ley 9 de 1989.....	30
5.3.2 Constitución Política de 1991. ....	30
5.3.3 Ley 99 de 1993.....	30
5.3.4 Ley 128 de 1994.....	31
5.3.5 Ley 136 de 1994.....	31
5.3.6 Ley 152 de 1994.....	31
5.3.7 Resolución No. 541 de 1994. ....	31
5.3.8 Ley 388 de 1997.....	32
5.3.9 Ley 400 de 1997.....	32
5.3.10 Decreto 33 de 1998.....	32
5.3.11 Ley 546 del 1999.....	32

5.3.12	Ley 507 de 1999.....	32
5.3.13	Decreto 2703 del 1999. ....	33
5.3.14	Decreto-Ley 350 del 1999. ....	33
5.3.15	Decreto 2316 del 1999. ....	33
5.3.16	Acuerdo Municipal 018 de 2000. ....	33
5.3.17	Acuerdo Municipal 023 de 2006. ....	34
6.	METODOLÓGIA.....	35
7.	IDENTIFICACION DE FUENTES DE DEMANDA DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DE PEREIRA. ....	38
8.	CUANTIFICACIÓN DE LOS FLUJOS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL SISTEMA URBANO DE PEREIRA. ....	42
6	1.186.959.497.....	44
9.	IMPACTOS POTENCIALES AMBIENTALES GENERADOS POR EL FLUJO DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL SISTEMA URBANO DE PEREIRA. ....	50
9.1.	IMPACTOS ASOCIADOS AL CONSUMO DE AGUA .....	53
9.2.	IMPACTOS ASOCIADOS A LA MADERA .....	54
9.3.	IMPACTOS ASOCIADOS A LOS AGREGADOS.....	55
9.4.	IMPACTOS ASOCIADOS AL CEMENTO Y SIMILARES.....	55
9.5.	IMPACTOS ASOCIADOS AL ACERO, ALUMINIO Y PLÁSTICO.....	56
9.6.	IMPACTO DE LOS AISLANTES Y PINTURAS.....	56
9.7.	ESTIMACIÓN DEL IMPACTOS POTENCIAL AMBIENTAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL DE LOS MATERIALES ASOCIADOS A LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA .....	59
10.	ESTRATEGIAS PARA LA ADECUADA GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL SISTEMA URBANO DE PEREIRA.....	61
10.1.	PROMOCIÓN DEL RECICLAJE DE MATERIALES .....	61

10.2.	ESTABLECIMIENTO DE ESCOMBRERAS.....	64
	OBJETIVOS.....	66
	ACCIONES PRIORITARIAS .....	66
10.3.	CONTROL DE PEQUEÑAS CONSTRUCCIONES.....	67
	OBJETIVOS.....	68
	ACCIONES PRIORITARIAS .....	68
10.4	GESTIÓN DE INFORMACIÓN.....	69
11.	CONCLUSIONES.....	70
12.	RECOMENDACIONES .....	72
13.	BIBLIOGRAFIA.....	73

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Hogares con déficit de vivienda en Pereira. ....	39
Tabla 2. Déficit de vivienda en Pereira en metros cuadrados. ....	39
Tabla 3. Área aprobada para construcción (m <sup>2</sup> ). ....	39
Tabla 4. Constructores y proveedores de materiales registrados en CAMACOL. .....	40
Tabla 5. Metros Cuadrados edificados en Pereira .....	42
Tabla 6 Comparativo consumo de materiales por sistemas constructivos (kg/m <sup>2</sup> ).....	43
Tabla 7 Comparativo consumo de materiales por sistemas constructivos (kg) Obra Culminada 2013 .....	44
Tabla 8. Comparativo consumo de materiales por sistemas constructivos (kg) Obra en Proceso 2013 .....	45
Tabla 9. Comparativo consumo de materiales por sistemas constructivos (kg) Obra Inactiva 2013 .....	46
Tabla 10. Comparativo consumo de materiales por sistemas constructivos (kg/m <sup>2</sup> ) Obras culminadas, en proceso e inactivas para el año 2013.....	47
Tabla 11. Impactos ambientales generados por los materiales de construcción durante su ciclo de vida.....	58
Tabla 12. Ficha resumen de la estrategia promoción del reciclaje.....	63
Tabla 13. Ficha resumen de la estrategia establecimiento de escombreras....	65
Tabla 14. Ficha resumen de la estrategia control de pequeñas construcciones .....	67
Tabla 15. Ficha resumen de la estrategia gestión de la información.....	69

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Fuente: Construdata 2014.....	48
Figura 2. FLUJO DE MATERIALES: CASO CEMENTO 2013 .....	49
Figura 3. Flujo de Materiales en el Proceso de Construcción de Infraestructura .....	53
Figura 4. Consumo estimado de agua asociada a la fase de construcción de vivienda en Pereira.....	54
Figura 5. Emisiones potenciales de CO <sub>2</sub> asociadas a los materiales utilizados en la fase de construcción de vivienda.....	60
Figura 6. Propuesta para la gestión adecuada de materiales de construcción.	61

## **RESUMEN**

Las ciudades en su constante crecimiento demandan grandes cantidades de materiales para la construcción de vivienda y la ciudad de Pereira no es la excepción. Después del terremoto de 1999, la dinámica constructiva se fue intensificando y creciendo a gran escala dejando a su paso proyectos de vivienda los cuales tratan de cubrir el déficit que proyecta el Departamento Administrativo Nacional Estadístico (DANE). El metabolismo urbano como una herramienta de análisis y evaluación de la sustentabilidad de la ciudad busca la transformación en los procesos y la minimización de los impactos ambientales causados por esta actividad constructiva. Este trabajo de grado tiene como propósito conocer la dinámica del metabolismo urbano de la ciudad de Pereira y proponer algunas estrategias para mejorar su gestión ambiental.

## **ABSTRACT**

The city of Pereira as other cities has experienced an increase demand of housing construction material. This demand has increase after the 1999 earthquake to cover the housing deficit issued by the Departamento Adminsitrativo Nacional Estadistico (DANE). As an evaluation and analysis tool the urban metabolism looks for the transformation of the processes and the minimization of the environmental impact. Through this degree work, it is our intention to make known the urban metabolism dynamic in order to address this issue, which has not been already taken into consideration for an effective territorial planning.

## GLOSARIO

**Acero:** Aleación de hierro con pequeñas cantidades de carbono y que adquiere con el temple gran dureza y elasticidad.

**Aluminio:** Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. Los compuestos de aluminio forman el 8 % de la corteza de la tierra y se encuentran presentes en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales.

**Arcilla:** Producto del suelo o roca sedimentaria constituido por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas.

**Arena:** es un conjunto de partículas de rocas disgregadas.

**Cemento:** Formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua.

**Densidad:** Relación entre la masa y el volumen.

**Escombros:** Conjunto de fragmentos o restos de ladrillos, hormigón, argamasa, acero, hierro, madera, entre otros, provenientes de los desechos de la construcción, remodelación o demolición de estructuras como edificios, residencias, puentes, etc.

**Flujos:** Hace referencia a una cuantificación de materiales por diferentes etapas del proceso constructivo en un periodo de tiempo determinado.

**Madera:** Como principal contenido del tronco de un árbol.

**Plástico:** Es material sintético obtenido mediante determinados procesos químicos, que forma estructuras flexibles y rígidas muy resistentes los materiales plásticos pueden ser moldeados sin necesidad de aplicar mucha fuerza o altas temperaturas.

**PVC:** Plástico que se obtiene por polimerización de un compuesto orgánico (el cloruro de vinilo) y sirve para fabricar tuberías, envases y otros objetos.

**Vidrio:** Material inorgánico duro, frágil, transparente y amorfo que se encuentra en la naturaleza, aunque también puede ser producido por el ser humano.

## INTRODUCCIÓN

El sistema económico basado en la máxima producción, el consumo, la explotación ilimitada de recursos y el beneficio propio como único criterio económico y social no satisfacen en la mejora de la calidad de vida de la población. Un planeta limitado en su oferta de recursos naturales y ecosistémicos no puede suministrar indefinidamente los recursos que esta explotación exigiría la demanda requerida para el sostenimiento de la población. Por ende, como respuesta a este dilema, se ha ido desarrollando la idea de que hay que ir a un desarrollo real, que permita la mejora de las condiciones de vida, pero compatible con una explotación racional del planeta que cuide el ambiente. Es el llamado desarrollo sostenible propuesto y de manera oficial inicialmente por el Informe Brundtland de 1987 (Brundtland, 1987).

Hablar de sostenibilidad, implica necesariamente tipificar los recursos naturales como renovables y no renovables. Un recurso es renovable cuando supone una gestión de recursos renovables sometida a dos principios: las tasas de recolección deben ser iguales a las tasas de regeneración (producción sostenible) y las tasas de emisión de residuos deben ser iguales a las capacidades naturales de asimilación de los ecosistemas donde se emiten los residuos mientras que un recurso es no renovable cuando se deben gestionar de manera que su tasa de vaciado se limite a la tasa de creación de sustitutos renovables. Otros factores, como la tecnología o la escala de la economía, también tienen que armonizarse con el desarrollo sostenible. (DALY, 1997). Todo sistema humano construido depende de la relación oferta y demanda de recursos naturales, los cuales pueden ser suministrados localmente o importados (Pere Riera, 2005).

El desarrollo urbano no está ajeno a esta realidad y depende de una gran cantidad de recursos renovables y no renovables, los cuales pueden ser obtenidos dentro de lo que pudiéramos considerar sistemas locales y/o

importados desde otros sistemas y/o regiones. Esta relación entre recursos ofertados y demanda para el desarrollo de un sistema construido, es uno de los aspectos claves que deben ser considerados al hablar de la sostenibilidad urbana, entendida como la multiexpresión de los sistemas económico, social y natural en un sistema construido (Coviello,2003).

Existen diferentes enfoques que ayudan a comprender la dinámica del crecimiento urbano y particularmente del sistema construido. En este sentido, una forma de estudiar el sistema urbano es considerarlo como un ecosistema, y entenderlo a partir del análisis de flujo de materiales. Este análisis y su enfoque proponen aportar conocimientos a la hora de planificar y gestionar la ciudad. Las áreas urbanas demandan flujos intensos de agua, energía, alimentos y materiales para su funcionamiento y sostenimiento; el análisis de su estado es mejor entendido a partir de estudios metabólicos que permiten analizar los flujos de materia y energía que entran y salen del sistema urbano.

Siguiendo estos principios, se propuso analizar y cuantificar los flujos de materiales para construcción usados y emitidos durante la última década en la ciudad de Pereira. Conceptualmente, cuando se habla de *flujos*, se hace referencia a una cuantificación de materiales por diferentes etapas del proceso constructivo en un periodo de tiempo determinado.

Técnicamente el sector socio-económico de la construcción se divide en cuatro subsectores: obras civiles, edificaciones, producción de materiales para la industria de la construcción y transporte de materiales para la construcción. Para el desarrollo del proyecto, y teniendo como limitante la información disponible, no se tuvo en cuenta el subsector de las obras civiles por sus dificultades de cuantificación. Del mismo modo, y aunque el sector de la construcción es catalogado como uno de los sectores económicos de gran capacidad para ofrecer plazas de trabajo y absorber mano de obra no calificada

no se abordaron los flujos relacionados con talento humano o dinámicas financieras asociadas a la dinámica del sector.

Para los propósitos de este trabajo de grado, se utilizó el Análisis de Flujo de Materiales, que es una metodología estandarizada para cuantificar los flujos de materiales que entran y salen de un sistema, y para estimar la cantidad de materiales utilizados en el interior del sistema. El análisis de flujo de materiales permite cuantificar la dependencia del exterior y el aprovechamiento de los recursos propios del sistema.

El municipio de Pereira está en permanente construcción. Los planes parciales como el de “Ciudad Victoria” que renovó una parte importante de la ciudad y le dio una nueva cara y dinámica comercial al centro histórico. La construcción permanente de nuevos complejos habitacionales y el posicionamiento del municipio como centro logístico internacional determinan un proceso permanente de construcción de edificaciones que aumenta la presencia de materiales para construcción y la generación de residuos asociados a la actividad constructiva.

Con el presente trabajo de grado se pretendió estimar los volúmenes y dinámicas de los materiales de construcción antes, durante y después del proceso constructivo con el propósito de conocer los impactos ambientales generados por los flujos de materiales, también conocidos como metabolismo urbano de los materiales de construcción, como una contribución al estudio de las dinámicas urbanas con un enfoque ambiental.

Adicionalmente, con este documento se espera contribuir con un conjunto de indicadores de flujos de materiales, al Observatorio Ambiental Urbano-Regional de Risaralda, que es liderado por el Grupo de Investigación en Gestión Ambiental Territorial de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira.

## 1. JUSTIFICACIÓN.

Es de gran relevancia el poder entender las ciudades como ecosistema a partir del concepto de relaciones entre sí para comprender la dinámica de oferta y demanda de los recursos naturales y en consecuencia poder hablar de eficiencia de un sistema urbano dentro de un contexto de planificación preventiva que apunte hacia un entorno o ambiente seguro para el desarrollo de las sociedades. Es por ello que es de gran valor el que se adelanten investigaciones o trabajos que involucren el tema de metabolismo urbano con la idea de impulsar sistemas más sostenibles que puedan asegurar el acceso a esos bienes para las generaciones futuras, a partir de una racionalidad incluyente, donde todos disfruten del progreso social y todos participen en igualdad de condiciones en la producción de la riqueza, su distribución y consumo, superando cualquier ámbito moralista, ideológico o discursivo.

En las relaciones sociedad naturaleza se presentan cambios y transformaciones con características negativas, que se manifiestan en su contexto más amplio en una problemática ambiental. El abordaje de una problemática ambiental no se puede hacer desde la perspectiva de una sola disciplina. Así como Restrepo (2010) asegura, que la problemática ambiental en un territorio reclama por el reconocimiento de los factores estructurales (históricos, políticos, sociales y culturales) a fin de dar cuenta de sus causalidades; proceso que exige necesariamente la articulación de diversos saberes y disciplinas a la luz de la situación problemática que se pretende estudiar.

Teniendo presente lo anterior estos sistemas complejos y su problemática ambiental reclaman una mirada diferente a la tradicional; una mirada que involucre el aspecto interdisciplinar, abordando diversas fuentes para la recolección de datos siendo nuestro primer y más importante paso en la metodología y dando alternativas de solución a los procesos de desarticulación sociedad-naturaleza en busca de soluciones adecuadas en pro de ambientes

más seguros para la sociedad y bajo el concepto de desarrollo sostenible. Dicha mirada es precisamente la que liga al Administrador Ambiental como alguien idóneo a la hora de emprender procesos de investigación como este. Estudiar la dinámica del flujo de los materiales de construcción es un campo de interés para los investigadores y gestores de la ciudad de Pereira, ya que en la actualidad no se conocen estudios sobre esta temática aplicados en este territorio. Es un nuevo campo de investigación que debería seguir siendo explorado por profesionales del área ambiental.

## 1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en la ciudad de Pereira es deficiente el abordaje sobre el impacto que tiene la problemática asociada al flujo de materiales de construcción dentro de la dinámica urbana. El desconocimiento de la dinámica de flujo de materiales de construcción y su efecto sobre la problemática ambiental urbana de Pereira. Este desconocimiento está fundamentado en la falta de información consolidada la cual se encuentra dispersa en diferentes instituciones o simplemente no ha sido levantada. Por ello no se encuentran evidencias de documentos o estudios por parte de los entes gubernamentales a nivel municipal y departamental, de la autoridad ambiental, ni en los entes académicos, que sirvan como instrumentos de la planificación del desarrollo local que infieran un claro propósito en el avance reconocimiento y abordaje del impacto que tiene el flujo de estos materiales dentro del desarrollo urbano.

Complementario a lo anteriormente referido, la problemática se evidencia en la ausencia de políticas claras y concretas encaminadas a la recolección y reutilización de materiales de construcción; lo cual a su vez como ya se ha mencionado se ha traducido en la ausencia de documentos oficiales, normas, planes, proyectos y programas dirigidos a su solución.

Debido a la necesidad de materiales que se requieren para generar desarrollos urbanos, avances de grandes superficies, centros de suministro propuestas como la de HOMECENTER con el CONSTRUCTOR dan respuesta a esta demandada y son, visionarias del desarrollo urbano e infraestructura del municipio de Pereira, y soportan el auge de las construcciones y proyectos urbanísticos y las vías que se han desarrollado soportado por el mercado local. En efecto, existen productos que llegan a la misma área urbana que son la fuente el suministro de esas obras en general todos los materiales de construcción vienen de otras regiones.

Tanto el episodio de 1999, como el auge de los últimos tres años de la ciudad son atípicos de la actividad del desarrollo de una ciudad colombiana son objetos de interés y de estudio para comprender entre otras la capacidad del

mismo sistema para soportar ese desarrollo o el grado de dependencia que se tiene con relación a los suministros de los materiales y la cabida de desechos y escombros derivados de la actividad constructiva y como ha sido la gestión ambiental entorno a esto y después del análisis final vendrán unas propuestas para el mejoramiento ambiental.

## 2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es adecuado el uso del análisis de flujo de materiales como una herramienta para entender la dinámica del sistema urbano que contribuye al mejoramiento de la gestión ambiental?

¿La ciudad de Pereira es autosostenible en cuanto a la satisfacción de la demanda de materiales para la construcción?

¿La ciudad tiene la capacidad metabólica para gestionar sosteniblemente los materiales excedentes de la construcción?

¿Es el análisis de flujo de materiales una herramienta que posibilita entender si el sistema urbano tiene capacidad para soportar la actividad de desarrollo en construcción de vivienda y qué tanta dependencia tiene de sistemas externos?

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Estudiar la dinámica del metabolismo urbano de los materiales de construcción de vivienda en la ciudad de Pereira.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Identificar las fuentes para la demanda y oferta de los materiales para la construcción en la ciudad de Pereira.

Cuantificar los flujos de los materiales de construcción en el sistema urbano de Pereira en los momentos históricos seleccionados.

Describir los impactos ambientales potenciales del flujo de los materiales de construcción en la ciudad.

Generar estrategias para adecuada gestión ambiental de los materiales de construcción.

## **4 MARCO REFERENCIAL**

A continuación se presentarán los referentes históricos, legales y teórico-conceptuales de los procesos constructivos que determinan los flujos de materiales por el metabolismo urbano de la ciudad de Pereira. Se debe tener en cuenta que la construcción de edificaciones es necesaria para desarrollo humano ya que le permite al hombre vivir “cómodamente” en comunidad y desempeñar un papel dentro de la sociedad a la cual pertenece, pero se busca conocer y mitigar los impactos de esta actividad humana. Para el desarrollo de este proyecto de grado no sólo se tiene en cuenta la actividad de construir vivienda dotada de equipamientos sino también otro tipo de edificaciones que son igual de importantes para el progreso y desarrollo de las ciudades y por ende para la calidad de vida de sus habitantes.

### **4.1 MARCO DE ANTECEDENTES**

Según la Red de Universidades Públicas del eje cafetero (Alma mater, 2002). El 25 de enero de 1999 dos eventos sísmicos afectaron un área estimada de 1360 Km<sup>2</sup>, en lo que se conocía como el Eje Cafetero, hoy denominado Triángulo del Café. El primero de los sismos, denominado por los expertos del Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS) como el evento principal se desarrolló a las 13:19 horas, localizándose en los 4.41° Norte de latitud y los 75.72° de longitud oeste. La misma fuente estimó la profundidad del sismo en alrededor de 10 Km, con una magnitud en la escala de Richter de 6,2. Afirma la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 1999) con posterioridad al evento principal, a las 17:40 horas se registró una réplica significativa de 5,8 en la escala Richter algo desplazada al sur: Latitud 4.39° Norte.

Los daños en la ciudades de Armenia y Pereira, las más afectadas por el movimiento sísmico, permitieron evidenciar una confluencia de factores tales como la ubicación de las ciudades en fallas geológicas, la vulnerabilidad

presentada hacia este tipo de sismo superficial (gran determinante de los daños causados) y adicionalmente los sistemas de construcción empleados en la zona afectada por el sismo, mostraron un evidente desconocimiento o no empleo de criterios sismo-resistentes, sumado todo esto a la indebida utilización de lugares de evidente riesgo para la construcción de edificaciones como rellenos y colectores de agua. Todos estos aspectos constituyeron una sumatoria que hizo que ante la descarga energética del sismo, vastos sectores de ambas ciudades se colapsaran de manera casi instantánea. Posteriormente muchas edificaciones averiadas con el evento principal colapsaron o incrementaron su nivel de daño con la réplica de las 5:40 P.M (CEPAL, 1999).

Inmediatamente después de la tragedia, y con dineros de países aportantes, se crea el Fondo para la Reconstrucción del Eje Cafetero –FOREC-. A partir de este momento histórico se inicia una nueva dinámica constructiva en el municipio de Pereira. La reparación de edificaciones averiadas, la renovación del centro de la ciudad, los planes de vivienda para reubicación y nuevas condiciones de sismo-resistencia determinaron amplias demandas de materiales constructivos y de espacios para disposición final de escombros generados por el sismo y por la reconstrucción.

Así las cosas para la Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL 2002), la ciudad ha ido evolucionando en mejorar la vulnerabilidad física, aunque la norma actual de sismo resistencia (NSR-10) apareció once años después del sismo. Entonces es posible afirmar que las edificaciones construidas después de 1999 tratan de garantizar óptimas condiciones de resistencia a fenómenos sísmicos y evitar suelos en riesgo por deslizamiento e inundación. Lo anterior ha generado mayores consumos de algunos materiales como el acero y el concreto, además de transformar la cultura constructiva hacia materiales prefabricados livianos como las placas de yeso-cemento o técnicas modernas como el vaciado en concreto o la mampostería estructural de los que se tratará posteriormente.

Es muy relativo decir si Pereira está preparada para un terremoto, ya que las edificaciones se diseñan con unos porcentajes y parámetros técnicos que exige la norma, esos parámetros son arrojados por datos estadísticos, donde las casas y las edificaciones se diseñan acorde a esas normas mínimas. Si se observa con detenimiento en la ciudad aún existen muchas viviendas y edificaciones menores construidas con técnicas ancestrales como el bahareque y la tapia, algunas otras se han construido antes de la existencia de las Normas Técnicas de Sismo-Resistencia y un mayor porcentaje se construyó bajo las directrices de la NSR 98 (Norma Sismo Resistente de 1998). Actualmente rige la NSR 10 (Norma Sismo Resistente de 2010) cuyos parámetros son más exigentes, ya que se obliga a incluir más volumen y densidad en los materiales de construcción.

Los estudios asociados con la economía urbana reconocen el sector constructivo como estratégico para el país, para fortalecer las relaciones de la sociedad con el territorio y el poder desarrollar instrumentos para la dinámica territorial. La dinámica territorial y constructiva es movida sobre lógicas fundamentalmente económicas, donde el comportamiento del precio del suelo y por supuesto de la construcción se presenta como estímulo y respuesta hacia la generación de riqueza. En el ámbito local el comportamiento del sector de la construcción, ha sido siempre de especial importancia para el monitoreo de la economía en su conjunto, por tener la capacidad de generación de empleo, y sostener aproximadamente el 7% de la población ocupada en Pereira, además de contribuir al desarrollo urbano local.

En términos de los usos predominantes de las construcciones, en la ciudad de Pereira, se puede observar el superior dinamismo del sector residencial donde las casas y apartamentos ocupan los mayores porcentajes de actividad edificadora. Los programas de construcción asociados a la expansión de la vivienda principalmente para la clase media se encuentran en el panorama económico de la oferta reciente. Del mismo modo se observa una importante

participación de usos que no dejan de ser llamativos en construcciones para usos económicos e institucionales, algunas del sector educativo.

## **4.2 MARCO TEORICO-CONCEPTUAL**

En las sociedades complejas los diversos campos científicos están cada vez más diferenciados y especializados. En muchos campos científicos la atención en las últimas décadas ha sido pues enfoques analíticos, de obtención de datos y enfoques experimentales.

Aparece entonces Kast, Fremont en 1998 con el pensamiento de sistemas relacionados con la organización y la administración que se remontan a muchos años atrás en 1868 y 1933 cuando Mary Parker Follet, en sus escritos de la época de los teóricos de la administración clásica, expresó muchos puntos de vista indicativos en un enfoque de sistemas. Consideró los aspectos psicológicos de la administración y consideró la organización como un sistema social. Según un artículo de la Universidad Nacional de Colombia (UNAL, 2007) dice que el enfoque de sistemas ha sido adaptado y utilizado ampliamente en la administración. Al principio los modelos eran cerrados. Más recientemente, técnicas como el análisis de decisiones han adoptado un análisis de sistemas abiertos.

La teoría general de sistemas no busca solucionar problemas ni proponer soluciones prácticas pero si producir teorías y formulaciones conceptuales que puedan crear condiciones de aplicación en la realidad empírica. También podemos decir que es un punto de vista global desde el que se deberá analizar todos los tipos de sistemas (UNAL 2007).

Un sistema por definición está compuesto de partes o elementos interrelacionados. Esto se aplica a todos los sistemas mecánicos, biológicos y sociales. Todos los sistemas deben tener más de dos elementos y estos a su vez estar interconectados (UNAL, 2007).

El sistema es un todo unitario organizado. Un sistema es un conjunto al menos de dos elementos, el cual, es de interés para alguien, tiene una función y la adición o sustracción de los elementos modifica radicalmente el conjunto inicial (Beishon, 1980). El sistema es una entidad propia, con propiedades únicas comprensibles en términos del todo especialmente frente al tradicional enfoque reduccionista o mecanicista sobre las partes separadas y una noción simplista de la forma en que estas partes se integran entre sí (UNAL, 2007).

La palabra sistema tiene muchas connotaciones conjunto de elementos interdependientes e interactuantes, grupo de unidades combinadas que forman un todo organizado. El ser humano, por ejemplo es un sistema que consta de varios órganos o miembros. Solo cuando estos funcionan de modo coordinado el hombre es eficaz de igual manera se puede pensar que la organización es un sistema que consta de varias partes interactuantes. En realidad el sistema es un todo organizado o complejo, un conjunto o combinación de cosas o partes que forman un todo complejo o unitario (UNAL 2007).

El aspecto más importante del concepto sistema es la idea de un conjunto de elementos interconectados para formar un todo que presenta propiedades y características correctas que no se encuentran en ninguno de los elementos aislados, esto es lo que denominamos emergente sistémico. Bertalanffy (2000), habla que el sistema es un conjunto de unidades recíprocas relacionadas. De esta definición se deducen dos conceptos:

Propósito u objeto: es la unión de elementos en un sistema que al unirlos forman un objetivo o cumplen su proyección. Como su nombre lo indica es el trabajo que realizan (todos) para producir un mismo ideal. Es decir, una organización (empresa) ejecuta un sistema organizacional con el fin de lograr una meta. Por ejemplo el propósito de una organización como editoriales Norma es el de producir cuadernos y libros que sean útiles para docentes, estudiantes y demás que requieran de él.

Globalismo o totalidad: Esta se da cuando se da un cambio en una de las unidades del sistema, y muy probablemente producirá cambio en todas las demás unidades de este, es decir cualquier estímulo en cualquier unidad del sistema afectará todas las unidades debido a la relación existente entre ellas (UNAL, 2007).

Por otro lado Narváez (2009), suscita el término de ecosistema el cual fue acuñado por primera vez en 1930 por Roy Clapham para designar el conjunto de componentes físicos y biológicos de un entorno. El ecologista británico Arthur Tansley (citado por Narváez, 2009) refinó después el concepto, y lo describió como el sistema completo, incluyendo no sólo el complejo de organismos, sino también todo el complejo de factores físicos y químicos que forman lo que se conoce como medio ambiente

Y destacar el concepto de Bertalanffy (2000) de ecosistema es la idea de que los organismos vivos interactúan con cualquier otro elemento en su entorno local. Eugene Odum (citado por Bertalanffy, 2000), uno de los fundadores de la ecología, declaró: «Toda unidad que incluye todos los organismos (es decir: la "comunidad") en una zona determinada interactuando con el entorno físico así como un flujo de energía que conduzca a una estructura trófica claramente definida, diversidad biótica y ciclos de materiales dentro del sistema es un ecosistema».

Con la modernidad han aparecido nuevos conceptos. El de ecosistema humano, por ejemplo por Marten (2001), trata de eliminar la separación entre los humanos y la naturaleza y busca probar que todas las especies están ecológicamente integradas unas con otras, así como con los componentes abióticos de su entorno.

Los sociólogos de la Escuela de Chicago fueron los primeros en utilizar algunos términos ecológicos para explicar el funcionamiento de las ciudades. Según

Bettini (1998). Pese a que sus conclusiones no se ubicaron en la perspectiva ecosistémica, lograron llamar la atención de arquitectos, ecólogos y planificadores en la mirada ecológica sobre la ciudad.

Durante los años setenta, los ecólogos comenzaron a interesarse por las ciudades consideradas como ecosistemas. Algunos lo hicieron desde la perspectiva del estudio de la naturaleza en el hábitat urbano (plantas, pájaros, insectos) y estos estudios en ocasiones han sido llamados ecología urbana UNAL (2007).

Otros autores tuvieron una aproximación a la ecología urbana a partir de la aplicación de ideas sobre flujos de materia y energía en ecosistemas urbanos, incluyendo en ellos desde materiales y energía que circulan en el cuerpo de sus habitantes, hasta materiales y energía que los seres humanos emplean en la ciudad para desplazar vehículos o adquirir servicios como agua y alumbrado.

Esta idea es defendida por Odum (1971) cuando plantea que "una ciudad sólo puede ser concebida como un ecosistema completo si se consideran completamente incluidos en él los ambientes de entrada y salida". Planteamientos similares se encuentran en la obra de Augusto Ángel Maya (2003) al afirmar que "La ciudad es el eje de un sistema urbano, que se extiende mucho más allá de sus propios límites.

Se da el nombre de sistema urbano, por lo tanto, a la red de actividades de toda índole que permite el surgimiento y desarrollo de la ciudad y sin la cual, la ciudad misma no es comprensible. Estas actividades pueden darse dentro y fuera del perímetro urbano.

Una particularidad del ecosistema urbano son los recorridos horizontales de los recursos acuíferos, alimenticios, eléctricos, de combustibles y materiales, que pueden explotar otros ecosistemas lejanos, provocando desequilibrios territoriales.

Para Erazo y Cárdenas (2013), el modelo de intercambio de materia y energía de una ciudad se opone al de un ecosistema natural, donde los ciclos son muy cortos y el transporte de energía y materia es vertical. En los ecosistemas naturales, el intercambio gaseoso se reduce a la fotosíntesis y la respiración, en las ciudades, se agrega los gases producto de la combustión. El ecosistema urbano genera sus condiciones ambientales, lumínicas, geomorfológicas, etc., independientemente del entorno, pues supone una alteración importante en las condiciones ambientales del territorio.

De acuerdo con Howard (1980) el metabolismo urbano es el intercambio de materia, energía e información que se establece entre el asentamiento urbano y su entorno natural o contexto geográfico. La biosfera como todo sistema abierto intercambia sustancias y disipa energía, y de este intercambio depende la capacidad reproductiva y de transformación del subsistema, por lo que es tan importante el sistema como el medio. Este sistema está formado por subsistemas, y el hombre, sus máquinas y sus redes de comunicación forman parte de sus diagramas energéticos y de información. “La suma total de los procesos técnicos y socioeconómicos que ocurren en las ciudades, resultando en crecimiento, producción de energía y eliminación de desechos” (Kennedy 2007).

Defendiendo la concepción de la ciudad como un sistema complejo, tanto en la suma de las partes como en los elementos que la componen (Bertalanffy, 2000), se puede afirmar que la ciudad se percibe como un sistema complejo que “consume una variedad de materiales que son procesados y transformados en una gran cantidad y variedad de productos y subproductos sin precedentes y no naturales” (K’Akumu, 2007), hasta la concepción de los flujos de materia y energía como vías de conexión entre el sistema económico y el ambiente circundante (Eurostat, 2001). La analogía de las ciudades como súper organismos ha configurado “un modelo híbrido entre los sistemas ecológicos y económicos” (Zhang, Yang & Yu, 2009). “Implica el conjunto de procesos por medio de los cuales los seres humanos organizados en sociedad,

independientemente de su situación en el espacio, formación social y en el tiempo se apropian, circulan, transforman, consumen y excretan materia y/o energía provenientes del mundo natural”

Por tal motivo, el metabolismo se constituye como un concepto que abstrae, soporta y permite la coexistencia de los elementos naturales de un centro urbano con los valores económicos y sociales que sus individuos hacen de él y de los ecosistemas que lo rodean, soportan y sufren su actividad. Contribuye a la medición de la sostenibilidad de la ciudad (Girardet, 1992).

La identificación, cálculo y análisis de los flujos de materia y energía se constituyen en el centro metodológico para la determinación del metabolismo de un sistema urbano, puesto que con ellos “se puede hacer seguimiento a los movimientos de los bienes y sustancias de una ciudad desde el medio circundante y de abastecimiento, a través de la producción y consumo y de vuelta a los compartimentos aire, agua y suelo” (Brunner, 2002). Así mismo, permite el conocimiento de la cantidad de trabajo (en términos de energía) que el sistema urbano es capaz de realizar y el trabajo que ejercieron y ejercen los sistemas de abastecimiento.

Las cuentas de flujos de materiales muestran las entradas de materiales que entran en el sistema económico de un territorio, bien desde el medio natural, bien desde otras economías, y las salidas, también, a otras economías o al medio natural. Son cuentas en unidades físicas (toneladas) que describen la extracción, transformación, consumo y eliminación final de elementos químicos, materias primas o productos (INE, 2003).

Hoy día los conceptos de ecosistema urbano y flujos de materia y energía en las ciudades ayudan a vislumbrar las soluciones que se han manifestado en las zonas urbanas desde el siglo XIX. Un ecosistema cualquiera del planeta, se puede describir por los flujos de materia y energía que discurren por él. La

materia circula entre los seres vivos y el medio formando un círculo cerrado (renovándose continuamente de forma cíclica).

En cambio la energía, en aplicación del segundo principio de la Termodinámica, lo hace en forma de un flujo que se degrada continuamente. Los seres vivos necesitan degradar energía y materiales para mantenerse vivos (el metabolismo es cero sólo con la muerte), y la única manera de regenerar esta energía entrópica en los sistemas abiertos terrestres es la utilización de la energía del sol, que fijada a través de la fotosíntesis es utilizada después por otros seres vivos en la cadena alimenticia, por todos conocida. Luego aun existiendo una fuente externa, que es el sol, el ecosistema permanece cíclicamente en funcionamiento a lo largo de los siglos, si no hay factores externos que los sobrecarguen.

Según Leal (2004). “Las ciudades son organismos cuyas conexiones se extienden por todo el planeta y su funcionamiento se debe entender en términos de intercambios de materia, energía y de información, un consumo de recursos mayor a los ingresos produce una reducción del capital natural y el vertido de residuos afecta la calidad del entorno”.

En la ciudad aparece un medio urbanizado y una serie de seres vivos, con sus interacciones y relaciones, donde el ser humano es parte principal del mismo. Aparece una la actividad interna urbana, y un funcionamiento a base de intercambios de materia, energía e información. En este sentido estas características son asimilables a las de un ecosistema natural siendo el hombre y sus sociedades subsistemas del mismo. Sin embargo la ciudad incumple dos de los requisitos determinantes de la definición de un ecosistema natural. Primero, no posee un metabolismo de ciclo cerrado, y en segundo lugar no tiene una fuente de energía inagotable que garantice indefinidamente su funcionamiento.

La ciudad del mundo desarrollado ha adoptado un enfoque lineal del metabolismo. Adicionalmente, la sostenibilidad de los sistemas agrarios ha

marcado tradicionalmente la sostenibilidad local de los asentamientos (urbanos), hasta que la Revolución Industrial introdujo un cambio en la escala territorial de los sistemas urbanos estableciendo redes que facilitaban el transporte horizontal de abastecimientos y residuos, por tanto, su metabolismo lineal es doble, tanto para suministros como para residuos o excedentes (Rees y Mathis, 1996).

*Otro enfoque que es útil para complementar el estudio del metabolismo de las ciudades es a partir del cálculo de la huella ecológica, que "... trata de calcular la capacidad de carga de la que se está apropiando un hogar, una ciudad o un país para que el sistema funcione. Según, sus autores, es necesario conocer que superficie de suelo productivo se requiere para mantener una determinada población, independiente del tipo de suelo donde se asienta.) (Wackernagel, 2006).*

El modelo de huella ecológica propone un cambio de actitud radical de la sociedad y modelo económico, hacia un modelo basado en lo ecológico y en la calidad de vida, es decir no sobrepasar los límites físicos de la naturaleza o lo que es igual, no sobre pasar la capacidad de carga del ecosistema.

La principal particularidad del ecosistema urbano, por tanto, reside en los grandes recorridos horizontales de los recursos de agua, alimentos, electricidad y combustibles que genera, capaces de explotar otros ecosistemas lejanos y provocar importantes desequilibrios territoriales como se ha visto en la huella ecológica.

### **4.3 MARCO LEGAL**

En Colombia existe un marco jurídico y normativo suficientemente amplio para entender las relaciones entre la institucionalidad y el sistema urbano. Se destacan las leyes y normas más relevantes para este estudio.

#### **4.3.1 Ley 9 de 1989.**

Ley de Reforma Urbana. Por la cual se dictan normas sobre Planes de Desarrollo Municipal, Compra - Venta y Expropiación de Bienes y se dictan otras disposiciones. Ha sufrido modificaciones expresas y tácitas, consagradas en las Leyes 2 de 1991, 3 de 1991, 152 de 1994 y 388 de 1997, entre otras.

#### **4.3.2 Constitución Política de 1991.**

Establece un nuevo orden territorial para Colombia, basado en cinco componentes básicos:

- a. Ordenamiento Político-Administrativo.
- b. Ordenamiento del Desarrollo Municipal.
- c. Ordenamiento Ambiental.
- d. Desarrollo Regional Armónico.
- e. Ordenamiento del Desarrollo Social Urbano y Rural

#### **4.3.3 Ley 99 de 1993.**

Retoma y desarrolla varias categorías de ordenamiento ambiental del Código de Recursos Naturales Renovables e introduce elementos importantes relativos a la dimensión ambiental del ordenamiento territorial, tales como:

- a. Zonificación del uso del territorio para su apropiado ordenamiento ambiental.
- b. Regulaciones nacionales sobre usos del suelo en lo concerniente a sus aspectos ambientales.
- c. Pautas ambientales para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas y demás áreas de manejo especial.

- d. Regulación ambiental de asentamientos humanos y actividades económicas.
- e. Reglamentación de usos de áreas de parques nacionales naturales.

#### **4.3.4 Ley 128 de 1994.**

La Ley Orgánica de Áreas Metropolitanas crea las bases para el ordenamiento territorial metropolitano, a través del desarrollo armónico e integrado del territorio, la normatización del uso del suelo urbano y rural metropolitano y el plan metropolitano para la protección de los recursos naturales y defensa del medio ambiente.

#### **4.3.5 Ley 136 de 1994.**

La Ley de Organización y Funcionamiento de los Municipios retoma el mandato constitucional de ordenar el desarrollo de los territorios y promueve la creación de asociaciones municipales para el desarrollo integral del territorio municipal.

#### **4.3.6 Ley 152 de 1994.**

La Ley Orgánica del Plan de Desarrollo establece la obligatoriedad de los municipios para realizar planes de ordenamiento territorial complementarios al plan de desarrollo e introduce los consejos territoriales de planeación y algunas normas de organización y articulación de la planeación regional y de las distintas entidades territoriales.

#### **4.3.7 Resolución No. 541 de 1994.**

Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.

#### **4.3.8 Ley 388 de 1997.**

Por la cual se modifica la ley 9a. de 1989, y la ley 3a. de 1991 y se dictan otras disposiciones. Establece el marco conceptual e instrumental para formular y ejecutar planes municipales y distritales de ordenamiento territorial.

#### **4.3.9 Ley 400 de 1997.**

Construcciones sismo resistentes. Establece criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas.

#### **4.3.10 Decreto 33 de 1998.**

Reglamentación norma Sismo resistente. Se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-98.

#### **4.3.11 Ley 546 del 1999.**

Por la cual se dictan normas, en materia de vivienda, se señalan los objetivos y criterios generales a los cuales debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular un sistema especializado para su financiación, se crean instrumentos de ahorro destinados a dicha financiación, se dictan medidas relacionadas con los impuestos y otros costos vinculados a la construcción y negociación de vivienda y se expiden otras disposiciones.

#### **4.3.12 Ley 507 de 1999.**

Modifica la Ley 388/97, en términos de:

Amplía el plazo máximo para la formulación y adopción de los planes y esquemas de ordenamiento territorial, hasta el 31 de diciembre de 1999. Establece la implementación de un plan de asistencia técnica y capacitación a los municipios sobre los procesos de formulación y articulación de los Planes de Ordenamiento Territoriales.

#### **4.3.13 Decreto 2703 del 1999.**

Por el cual se determina la equivalencia entre la UVR y la Unidad de Poder Adquisitivo Constante –UPAC– y se adopta la metodología para calcular el valor en pesos de la UVR.

#### **4.3.14 Decreto-Ley 350 del 1999.**

Por el cual se dictan disposiciones para hacer frente a la emergencia económica, social y ecológica causada por el terremoto ocurrido el 25 de enero de 1999.

#### **4.3.15 Decreto 2316 del 1999.**

Por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto 196 de 1999, en lo relacionado con el Censo de Inmuebles Afectados por el Terremoto del 25 de enero de 1999.

#### **4.3.16 Acuerdo Municipal 018 de 2000.**

Por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal de Pereira, estableció:

“ARTÍCULO 80. CONSTITUCIÓN. El Sistema Ambiental Estructurante del Municipio de Pereira comprende el conjunto de los ecosistemas estratégicos de importancia ambiental y los recursos naturales renovables que garantizan el desarrollo sostenible a largo plazo del territorio y de la población asentada en él”.

#### **4.3.17 Acuerdo Municipal 023 de 2006<sup>1</sup>.**

Por el cual se adopta la revisión del Plan de Ordenamiento Territorial Municipal de Pereira, establece:

“ARTÍCULO 70.- OBJETIVO DEL SISTEMA AMBIENTAL: Propiciar el desarrollo del Municipio y su sostenimiento ecosistémico, económico y social, con el fin de conseguir el mejoramiento de la calidad de vida de la población urbana y rural”.

---

Actualmente se encuentra en proceso de presentación ante el Concejo Municipal de Pereira la versión actualizada del Plan de Ordenamiento y se espera que para el 2015 sea discutido y aprobado.

## **6. METODOLÓGIA**

### **6.1 Definición del tipo de investigación**

En el desarrollo de esta investigación se toman elementos de la investigación cualitativa, identificando sus fases principales. Estos sirven de orientación y soporte en el desarrollo de la investigación. Este trabajo de investigación incluye un análisis del metabolismo urbano de los materiales de construcción en la ciudad de Pereira sobre la base de sus impactos ambientales en el ecosistema. Se concibe como un trabajo que pretende, a partir de la revisión de fuentes bibliográficas confrontar marcos conceptuales y metodológicos acerca de la complejidad ambiental existente en las relaciones entre sociedad y territorio subyacentes y emergentes en los procesos constructivos de vivienda en el municipio. Se utiliza como marco general la metodología de Análisis de Flujo de Materiales para evaluar los flujos físicos de recursos materiales para la construcción desde su extracción hasta su eliminación final.

En desarrollo del proyecto se identificaron fuentes de producción y consumo de materiales para la construcción y sus potenciales efectos en el entorno, para esto se tuvieron en cuenta cuatro (4) momentos, correspondientes con los objetivos del proyecto.

### **6.2 Determinación de población, la muestra, unidad de análisis y de observación**

Se identifican los principales constructores y demandantes de materiales para construcción para ello se tienen en cuenta los datos de agremiaciones y organizaciones oficiales de análisis de datos relacionados con la construcción en el municipio de Pereira.

Posteriormente, y considerando la información oficial publicada por el Departamento Nacional de Estadísticas en su Censo de Edificaciones, se conoce la dinámica de los materiales de construcción relacionada con el

crecimiento del número de edificaciones construidas anualmente en el municipio. Del mismo modo se conoce la demanda de materiales por unidad de área construida lo que permite aproximar el cálculo del total de materiales consumidos en el metabolismo urbano del Municipio de Pereira.

### **6.3 Recopilación de la información**

#### **6.3.1 Fuentes de recolección.**

Las fuentes de recolección utilizadas son primarias y secundarias, primarias porque nos basamos en los censos del DANE y entrevistas a ingenieros civiles y personal de Cementos Argos, y secundarias que fueron fuentes bibliográficas.

#### **6.3.2 Técnicas de recolección**

Las técnicas de recolección de datos fueron entrevistas, además de la recogida de datos a través de la página del DANE y CAMACOL entre otras.

### **6.4 Análisis, síntesis y Discusión de resultados**

Seguidamente y una vez evaluados los impactos ambientales potenciales se analizan los puntos más críticos a partir del análisis de impactos, lo cual permite identificar componentes críticos de los materiales de la construcción desde el punto de vista ambiental y que deban ser objeto de mayor atención o gestión por parte de la administración local o las instituciones correspondientes. Adicionalmente se realiza una estimación de emisiones potenciales de CO<sub>2</sub> para la fase de construcción de una vivienda usando factores de emisión estimados por estudios en el contexto colombiano y usando la base de datos ecoinvent v2.01.

Finalmente, se pretendió abordar la información desde la construcción de un ecobalance que se relaciona con la aplicación de otras herramientas, entre

estas con la identificación de los costos ambientales; Pues la cuantificación de entradas y salidas y el establecimiento de costos para cada una.

## **7. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE DEMANDA DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DE PEREIRA.**

La construcción es una industria cuyo producto terminado es una infraestructura física con localización única y específica. Está conformada por un conjunto de procesos y procedimientos cuyo objetivo es la satisfacción de diversas necesidades de las personas. Identificación y adecuación. Procesos y procedimientos relacionados con la extracción o fabricación de materiales, la construcción de infraestructuras, el uso de las mismas y la disposición final de los escombros cuando se dan procesos de demolición o derrumbamiento.

En Colombia desde 1984 se viene aplicando *Código Colombiano de Construcciones Sismo-resistentes*, que busca entre otras cosas que las estructuras sean sismo-resistentes, que es la capacidad de una construcción de poder soportar un terremoto de la mejor manera posible. Las normas presentan requisitos mínimos que en alguna medida, garantizan que se cumpla el fin primordial de salvaguardar las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo fuerte. Pero que también generan nuevas demandas en cantidad o características de materiales para construcción y por tanto afecta los flujos de materiales de construcción desde y hacia los municipios.

Actualmente las construcciones deben ser llevadas a cabo bajo el *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-resistente* expedido en el 2010. El propósito fundamental del reglamento es la protección de las vidas humanas ante eventos de gran magnitud, no obstante sus efectos en el flujo de materiales para construcción es resultado indirecto de la aplicación de las normas, pues para defender las vidas humanas se debe garantizar el cumplimiento de estándares técnicos en el proceso constructivo.

Otro de los factores que determina presión sobre el flujo de materiales de construcción es la construcción acelerada de viviendas con el fin de superar las condiciones de déficit habitacional en la ciudad. A continuación se presentan

Los datos correspondientes al déficit cualitativo y cuantitativo de vivienda en la ciudad de Pereira de acuerdo con los datos del último censo;

**Tabla 1. Hogares con déficit de vivienda en Pereira.**

	Hogares	% Total hogares	Cabecera	Resto
Déficit Cuantitativo	9,051	7.64	6,289	2,762
Déficit Cualitativo	7,564	6.38	4,615	2,948
<b>Total Déficit</b>	<b>16,614</b>	<b>14.02</b>	<b>10,904</b>	<b>5,710</b>

Fuente: elaboración propia con datos del Censo 2005. DANE.

En consideración a la anterior tabla y si se tratara de superar el déficit con Vivienda de Interés Prioritario (VIP) y teniendo en cuenta que en las recientes construcciones de VIP el área mínima construida por vivienda es de 42 m<sup>2</sup> se puede calcular un déficit mínimo en metros cuadrados construidos como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 2. Déficit de vivienda en Pereira en metros cuadrados.**

	Metros cuadrados Totales	Metros cuadrados Cabecera	Metros cuadrados Resto
Déficit Cuantitativo	380,142	264,138	116,004
Déficit Cualitativo	317,688	193,830	123,816
<b>Total Déficit</b>	<b>697,788</b>	<b>457,968</b>	<b>239,820</b>

Fuente: elaboración propia con datos del Censo 2005. DANE.

En contraposición se puede observar que las áreas aprobadas para construcción durante el último quinquenio no corresponden con las necesidades de habitabilidad identificadas en la ciudad;

**Tabla 3. Área aprobada para construcción (m<sup>2</sup>).**

Año	Total	Vivienda	Otros destinos
2009	17,269	9,608	7,661
2010	42,452	39,165	3,287
2011	87,112	81,544	5,568
2012	16,347	12,023	4,324
2013	77,284	48,386	28,898

Fuente: elaboración propia con datos del Censo 2005. DANE.

En coherencia con el déficit habitacional antes evidenciado, existen en la ciudad proveedores de materiales de construcción y constructores que tratan de satisfacer las demandas de viviendas en Pereira; por lo menos los afiliados a la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) son los siguientes:

**Tabla 4. Constructores y proveedores de materiales registrados en CAMACOL.**

<b>Empresa</b>	<b>Actividad</b>
Almacén Paris S.A	Proveedor
Arquitectura Liviana S.A.S	Proveedor
Cerámica Italia S.A	Proveedor
Comcementos S.A	Proveedor
Concretos Argos S.A.	Proveedor
Darío Gil Y Cia S.C.A - Industrias Dagil	Proveedor
Decorceramica S.A.S	Proveedor
El Arquitecto Materiales Para Construcción S.A.	Proveedor
Ferreinox Ltda.	Proveedor
Ferretería Tama	Proveedor
Ladrillera La Esmeralda S.A.S	Proveedor
Linares Construcciones S.A.S	Proveedor
Mexichem Colombia S.A.S	Proveedor
Pentagrama S.A	Proveedor
Roberto Salazar Y Asociados S.A	Proveedor
Sodimac Colombia S.A (Home Center)	Proveedor
Su Espacio Integral S.A.S	Proveedor
Asul S.A	Constructor
Buen Vivir Compañía De Construcciones Ltda.	Constructor
C.G. Constructora Del Risaralda Ltda.	Constructor
Carlos Eduardo Rodríguez Vélez	Constructor
Coldecon S.A.S. (Colombiana De Construcciones)	Constructor
Comfamiliar Risaralda	Constructor
Conenco S.A.S	Constructor
Construcciones Cfc & Asociados S.A	Constructor
Construcciones Cir S.A.	Constructor
Constructora Y Montajes Industriales Colombianos S.A.S.	Constructor
Constructora Y Comercializadora Camú S.A.S	Constructor
Contecho Ltda.	Constructor
Cúpula S.A	Constructor
Espacio Y Diseño Construcciones S.A.S	Constructor
German Augusto Álvarez Beltrán	Constructor
Iarco S.A	Constructor

<b>Empresa</b>	<b>Actividad</b>
Ingeconstrucciones Molina S.A.S	Constructor
Inmorioja S.A.S	Constructor
Innovarq Construcciones S.A	Constructor
Jardín S.A	Constructor
Jmv Constructora S.A.S	Constructor
La Candelaria Constructora S.A.S	Constructor
La Montaña Construcciones S.A.S	Constructor
Luis Fernando Posada Gómez	Constructor
Luis Guillermo Ardila Otero	Constructor
Martin Sánchez Palma	Constructor
Martha Manrique De Grillo	Constructor
Núcleo Constructora S.A.S	Constructor
Portal De San Jacinto	Constructor
Soltec S.A.S	Constructor
Urbanizar Pereira S.A	Constructor
Vertical De Construcciones S.A.S	Constructor
Zepol S.A.S	Constructor

Fuente: Elaboración propia con base en información de CAMACOL. 2014.

Finalmente, y de acuerdo con el censo de edificaciones del DANE (2005), es posible observar en la tabla 5, cual ha sido la magnitud del proceso de edificación en Pereira durante los últimos quince años. La tabla presenta los metros cuadrados de obras culminadas al último trimestre de cada vigencia. También es posible observar los metros cuadrados de obra en proceso de construcción y las obras que se encuentran suspendidas por diferentes factores. Los metros cuadrados de edificación censados son; (ver tabla 5).

**Tabla 5. Metros Cuadrados edificados en Pereira**

<b>Años</b>	<b>Obras culminadas</b>	<b>Obras en proceso</b>	<b>Obras paralizadas o inactivas</b>
1999	26.260	145.895	221.711
2000	37.165	151.979	281.542
2001	47.766	83.166	238.969
2002	54.187	69.110	215.165
2003	119.507	158.950	191.690
2004	114.525	284.028	80.813
2005	61.736	327.271	80.450
2006	113.538	447.540	118.539
2007	115.811	500.854	168.294
2008	70.146	733.468	147.587
2009	111.189	536.210	198.052
2010	56.575	623.353	200.813
2011	35.746	515.321	226.573
2012	120.104	470.350	178.791
2013	137.333	414.698	157.403

Fuente: Elaboración propia con base en información de Censo de Edificaciones. DANE.

## **8. CUANTIFICACIÓN DE LOS FLUJOS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL SISTEMA URBANO DE PEREIRA.**

De acuerdo con CONSTRUDATA una institución especializada, se han identificado en los procesos constructivos seis materiales predominantes que reúnen el 99 % de la masa de una edificación de vivienda en Colombia: gravas, arenas, cemento, acero, ladrillo o cerámicas y tierra.

Se deduce por los resultados observados en el estudio de Escorcía Oyola (2008) que en los sistemas constructivos los agregados gruesos y finos son los productos más empleados en la construcción de vivienda. Así mismo, en el sistema industrializado se emplean materiales como: cemento portland 12,73 %; cerámica cocida, 3,47 %; roca muerta o tierra de excavación 3,21 %, y el acero, 2,33 %.

De igual manera se observa que en el sistema que trabaja la mampostería estructural los agregados, que suman el 53,53 % del peso de la obra, están seguidos por los materiales cerámica cocida (22,73 %), roca muerta o tierra de excavación (11,51 %), cemento gris (9,83 %) y acero (1,49 %). Comportamiento similar tiene el sistema de mampostería confinada. En la siguiente tabla se presenta el consumo de materiales en kilogramos por cada metro cuadrado construido de acuerdo con los requerimientos de cada sistema constructivo, sean estos el sistema industrializado, la mampostería estructural o la mampostería confinada. La proporción de materiales empleados en cada sistema, se pueden presentar de la siguiente manera:

**Tabla 6 Comparativo consumo de materiales por sistemas constructivos (kg/m<sup>2</sup>)**

<b>Materiales</b>	<b>Industrializado(kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Mampostería Estructural(kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Mampostería Confinada(kg/m<sup>2</sup>)</b>
Agregados Triturados	542	404	625
Arena de Río	445	349	734
Cemento Gris	157	139	307
Acero	27	20	10
Madera	5	4	0,13
Teja Fibrocemento	3	6	
PVC	2	2	2,39
Cobre	0,42	0,13	
Cemento Blanco	0,37	0,48	
Pinturas	0,32	0,55	
Baldosa/azulejo	20	20	20
Consumo de agua	4.420	3.913*	8.643*

Fuente: Elaboración propia basada en Documentos Guía.

\*Valores estimados de forma proporcional al consumo de cemento.

Usando como año de referencia el 2013 y de acuerdo con la tabla 6 y con los datos del censo de edificaciones de Pereira presentado con anterioridad (Tabla 5), se puede estimar un consumo aproximado de materiales (para obra culminada y en proceso) como se observa en las siguientes tablas (Tablas 7 y 8).

**Tabla 7 Comparativo consumo de materiales por sistemas constructivos (kg) Obra Culminada 2013**

<b>Materiales</b>	<b>Industrializado</b>	<b>Mampostería Estructural</b>	<b>Mampostería Confinada</b>
Agregados Triturados	74.434.486	55.482.532	85.833.125
Arena de Río	61.113.185	47.929.217	100.802.422
Cemento Gris	21.561.281	19.089.287	42.161.231
Acero	3.707.991	2.746.660	1.373.330
Madera	686.665	549.332	17.853
Teja Fibrocemento	411.999	823.998	-
PVC	274.666	274.666	328.226
Cobre	57.680	17.853	-
Cemento Blanco	50.813	65.920	-
Pinturas	43.947	75.533	-
Baldosa/azulejo	2.746.660	2.746.660	2.746.660
Consumo de agua	607.011.860	537.418.144	5 1.186.959.497

Fuente: Elaboración Propia

La anterior tabla permite observar los volúmenes de materiales utilizados en obras culminadas durante el año 2013. Debido a que el censo de edificaciones del DANE no especifica el sistema de construcción utilizado se realizó el cálculo asumiendo como total cada uno de los sistemas constructivos.

Vale la pena aclarar que el sistema industrial es el sistema predominante en la construcción de urbanizaciones y edificaciones institucionales por ser el que más se ajusta a los estándares técnicos y económicos. Entretanto los sistemas de mampostería estructural y mampostería confinada predominan más en sistemas constructivos de autoconstrucción o construcción de viviendas unifamiliares o pequeñas edificaciones institucionales, es decir, el sistema industrializado es el que utilizan los grandes constructores, antes mencionados, y los sistemas de mampostería estructural y confinada son sistemas con los que construyen aquellos ciudadanos que no tienen la construcción como alternativa comercial.

**Tabla 8. Comparativo consumo de materiales por sistemas constructivos (kg) Obra en Proceso 2013**

<b>Materiales</b>	<b>Industrializado</b>	<b>Mampostería Estructural</b>	<b>Mampostería Confinada</b>
Agregados Triturados	224.766.316	167.537.992	259.186.250
Arena de Río	184.540.610	144.729.602	304.388.332
Cemento Gris	65.107.586	57.643.022	127.312.286
Acero	11.196.846	8.293.960	4.146.980
Madera	2.073.490	1.658.792	53.911
Teja Fibrocemento	1.244.094	2.488.188	-
PVC	829.396	829.396	991.128
Cobre	174.173	53.911	-
Cemento Blanco	153.438	199.055	-
Pinturas	132.703	228.084	-
Baldosa/azulejo	8.293.960	8.293.960	8.293.960
Consumo de agua	1.832.965.160	1.622.816.288	3.584.205.759

Fuente: Elaboración Propia

También se presentan los consumos de materiales para las obras en proceso durante la vigencia 2013. La tabla anterior muestra los consumos de acuerdo con los tres sistemas constructivos antes presentados y con las aclaraciones ya hechas. Las variaciones entre uno y otro sistema de construcción son evidentes en los consumos de agregados, arena y cemento que se incrementan significativamente en el sistema de mampostería confinada, aunque es importante aclarar que este sistema constructivo no es predominante en la construcción de multifamiliares y grandes edificaciones.

**Tabla 9. Comparativo consumo de materiales por sistemas constructivos (kg) Obra Inactiva 2013**

<b>Materiales</b>	<b>Industrializado</b>	<b>Mampostería Estructural</b>	<b>Mampostería Confinada</b>
Agregados Triturados	85.312.426	63.590.812	98.376.875
Arena de Río	70.044.335	54.933.647	115.533.802
Cemento Gris	24.712.271	21.879.017	48.322.721
Acero	4.249.881	3.148.060	1.574.030
Madera	787.015	629.612	20.462
Teja Fibrocemento	472.209	944.418	-
PVC	314.806	314.806	376.193
Cobre	66.109	20.462	-
Cemento Blanco	58.239	75.553	-
Pinturas	50.369	86.572	-
Baldosa/azulejo	3.148.060	3.148.060	3.148.060
Consumo de agua	695.721.260	615.957.039	1.360.423.101

Fuente: Elaboración Propia

En el mismo orden de ideas y siguiendo con la estructura del censo de edificaciones se presentan los resultados de consumo esperado de materiales en las obras que permanecieron inactivas en la vigencia del 2013. Los volúmenes de consumo fueron menores, debido a la proporción de obras inactivas con respecto a las culminadas y en proceso, pero aquí se presenta un punto importante de análisis.

Las cantidades de materiales estimados se convierten en reales al momento de ejecutar la obra. No obstante, los valores de obra culminada y en proceso son los que pueden reflejar mejor la dinámica del consumo de materiales en la ciudad. También se puede afirmar que las obras se encuentran en estado de inactividad por situaciones financieras que no facilitan su culminación o por incumplimiento de requisitos de licenciamiento, lo anterior genera la posibilidad de que estas obras queden inconclusas y por tal una gran proporción de los materiales de construcción allí utilizados se transformen en escombros que requieren sitios de disposición en grandes volúmenes.

Como una estimación de la demanda potencial de materiales de construcción, en la siguiente tabla se presenta el consolidado para el año 2013 incluyendo las obras culminadas, en proceso e inactivas, de acuerdo con el estándar de consumo identificado y relacionado con los tres sistemas constructivos referidos.

**Tabla 10. Comparativo consumo de materiales por sistemas constructivos (kg) Obras culminadas, en proceso e inactivas para el año 2013.**

<b>Materiales</b>	<b>Industrializado</b>	<b>Mampostería Estructural</b>	<b>Mampostería Confinada</b>
Agregados Triturados	384,513,228	286,611,336	443,396,250
Arena de Río	315,698,130	247,592,466	520,724,556
Cemento Gris	111,381,138	98,611,326	217,796,238
Acero	19,154,718	14,188,680	7,094,340
Madera	3,547,170	2,837,736	92,226
Teja Fibrocemento	2,128,302	4,256,604	-
PVC	1,418,868	1,418,868	1,695,547
Cobre	297,962	92,226	-
Cemento Blanco	262,491	340,528	-
Pinturas	227,019	390,189	-
Baldosa/azulejo	14.188.680	14.188.680	14.188.680

Es posible observar entre otros datos como con el sistema de mampostería confinada se consumiría una mayor cantidad de agregados, arenas y cemento gris. Por otro lado el sistema de construcción industrializado mostraría mayores consumos de acero (consumo asociado a las normas de sismo resistencia), cobre y madera (asociado probablemente a instalaciones eléctricas y acabados). Finalmente se observa que la mampostería estructural es el sistema constructivo de consumos más regulados aunque presenta picos de consumo en el fibrocemento, el cemento blanco y las pinturas.

Finalmente, según datos de producción de cemento gris, consolidados por el DANE en el año 2013 las cementeras del país vendieron a Risaralda 186.262 toneladas de cemento gris empacado y a granel (ver Figura 2). Conservando las proporciones de población y dinámicas urbanísticas se podría afirmar que a

Pereira llega al menos el 60% de esa producción, lo que es equivalente a unas 112.000 toneladas (ver Figura 2), entrarían a Pereira y serían para vivienda y otros destinos.

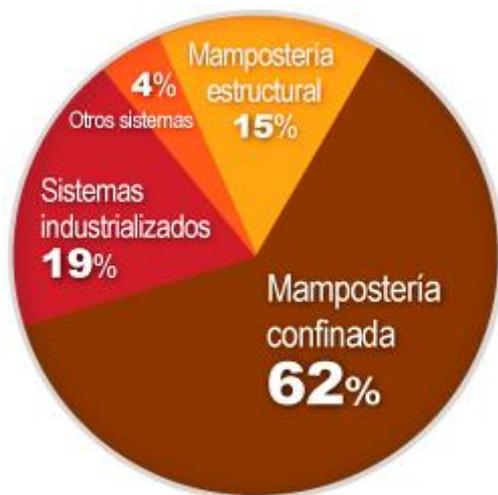


Figura 1. Fuente: Construdata 2014

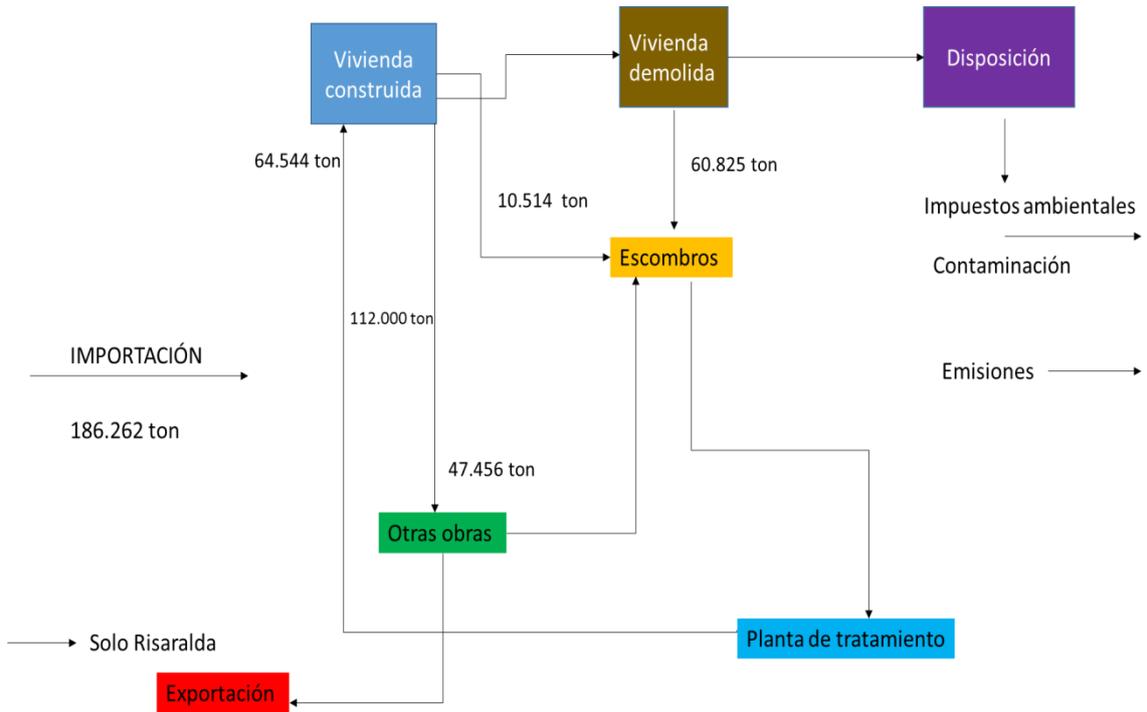
Partiendo de la suposición que el consumo de cemento por el área aprobada de construcción para el 2013 que fueron de 267.798 metros cuadrados para vivienda, el consumo de cemento sería de 64.544 Toneladas. Usando los datos D'APPOLONIA (1999), que estima aproximadamente  $0,15 \text{ m}^3$  de escombros generados por cada  $\text{m}^2$  construido, se obtiene que para el año 2013 la generación de escombros es de 10.514 toneladas, mientras que la generación de escombros por vivienda demolida es de 60.825 toneladas de acuerdo a las estimaciones estipuladas por Velazco (2010).

**Tabla 11. Área aprobada para construcción de vivienda ( $\text{m}^2$ ).**

2013	Enero	Pereira	Risaralda	8.757
2013	Febrero	Pereira	Risaralda	6.891
2013	Marzo	Pereira	Risaralda	12.737
2013	Abril	Pereira	Risaralda	51.793
2013	Mayo	Pereira	Risaralda	65.963
2013	Junio	Pereira	Risaralda	20.545
2013	Julio	Pereira	Risaralda	14.296
2013	Agosto	Pereira	Risaralda	17.607
2013	Septiembre	Pereira	Risaralda	4.947
2013	Octubre	Pereira	Risaralda	12.930
2013	Noviembre	Pereira	Risaralda	2.946
2013	Diciembre	Pereira	Risaralda	48.386
				267.798

Fuente. Dane (2013)

**Figura 2. FLUJO DE MATERIALES: CASO CEMENTO 2013**



Fuente: elaboración propia

## **9. IMPACTOS POTENCIALES AMBIENTALES GENERADOS POR EL FLUJO DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL SISTEMA URBANO DE PEREIRA.**

El Análisis de Ciclo de Vida, es una de las metodologías más adecuadas para evaluar el impacto ambiental de cualquier tipo de producto o servicio, y, por tanto, puede aplicarse sobre un material o solución constructiva, o bien sobre un edificio o grupo de edificios. Es obvio que existe una interacción entre todas las etapas de la vida de un edificio: diseño, construcción, uso, mantenimiento y disposición final del edificio. Por ello, una reducción de la inversión en la etapa de construcción puede conllevar un aumento de la inversión en las etapas de uso y mantenimiento del edificio.

Evaluar la dimensión medioambiental de los materiales de construcción es intentar calificar y cuantificar el peso de sus impactos durante todo su ciclo de vida.

Los materiales de construcción inciden en el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida, desde su primera fase; esto es, desde la extracción y procesado de materias primas, hasta el final de su vida útil; es decir, hasta su tratamiento como residuo; pasando por las fases de producción o fabricación del material y por la del empleo o uso racional de estos materiales en la Edificación.

La fase de extracción y procesado de materias primas constituye la etapa más impactante, dado que la extracción de rocas y minerales industriales se lleva a cabo a través de la minería a cielo abierto, en sus dos modalidades: las canteras y las graveras.

El impacto producido por las canteras y graveras en el paisaje, su modificación topográfica, pérdida de suelo, así como la contaminación atmosférica y acústica, exigen un estudio muy pormenorizado de sus efectos a fin de adoptar las medidas correctoras que tiendan a eliminar o minimizar los efectos

negativos producidos. En esta primera etapa los costes ecológicos se deben tanto a la extracción de los recursos minerales como a la deposición de residuos generados. Estas afecciones medioambientales abarcan las emisiones tóxicas y el envenenamiento de las aguas subterráneas por parte de los vertederos. Por otra parte el material fuertemente manipulado y que ha sido sometido a un proceso de fabricación tiene unos efectos medioambientales muy importantes, especialmente desde el punto de vista energético. Entre los materiales con mayor impacto energético encontramos los materiales cerámicos y los metálicos, especialmente el acero.

La fase de producción o fabricación de los materiales de construcción representa igualmente otra etapa de su ciclo de vida con abundantes repercusiones medioambientales. Lo cierto es que en el proceso de producción o fabricación de los materiales de construcción, los problemas ambientales derivan de dos factores: de la gran cantidad de materiales pulverulentos que se emplean y del gran consumo de energía necesario para alcanzar el producto adecuado. Los efectos medioambientales de los procesos de fabricación de materiales se traducen, pues, en emisiones a la atmósfera de CO<sub>2</sub>, polvo en suspensión, ruidos y vibraciones, vertidos líquidos al agua, residuos y el exceso de consumo energético. La generación de residuos y contaminación de esta etapa los cuales están relacionados con el medio de transporte como pueden ser chatarra derrames de aceite y combustible y residuos peligrosos como lo son las baterías.

La fase de empleo o uso racional de los materiales, quizás la más desconocida pero no menos importante, dado que incide en el medio ambiente, en general; y, en particular, en la salud. Los contaminantes y toxinas más habituales en ambientes interiores y sus efectos biológicos -inherentes a los materiales de construcción en procesos de combustión y a determinados productos de uso y consumo- van desde gases como ozono y monóxido de carbono.

La fase final de vida de los materiales de construcción es su tratamiento como residuo. Estos residuos proceden, en su mayor parte, de demoliciones de edificios o de rechazos de materiales de construcción de obras de nueva planta o de reformas. Se conocen habitualmente como escombros, la gran mayoría no son contaminantes; sin embargo, algunos residuos con proporciones de amianto, fibras minerales o disolventes y aditivos de hormigón pueden ser perjudiciales para la salud. La mayor parte de estos residuos se trasladan a vertederos, que si bien en principio no contaminan, sí producen un gran impacto visual y paisajístico, amén del despilfarro de materias primas que impiden su reciclado.

El siguiente es el ciclo de vida de los materiales de construcción visto desde los diferentes momentos de la infraestructura construida y considerado en el desarrollo del análisis propuesto.

Para identificar cuáles de los recursos consumidos durante el proceso de construcción de vivienda tiene un mayor impacto medioambiental se ha realizado un trabajo que parte de la identificación, cuantificación y análisis de los recursos empleados en la actividad constructora a través de datos arrojados por el DANE y el consumo por m<sup>2</sup> por materiales según CONSTRUDATA.

Para identificar el modelo representativo de edificación que se realiza a nivel nacional, se ha considerado oportuno acudir como fuente de información amplia y contrastada con el DANE. De los datos recogidos deduce que las licencias otorgadas son para construcción de vivienda, el tipo de construcción más numeroso coincide a nivel nacional como en el perímetro urbano.

Para llevar a cabo la identificación y cuantificación de los recursos consumidos se parte de las mediciones desarrolladas por los datos arrojados por Construdata para las tres clases de construcciones que suscitamos en el trabajo.

**Figura 3. Flujo de Materiales en el Proceso de Construcción de Infraestructura**



Teniendo en cuenta lo anterior, se puede inferir que los materiales de construcción generan distintos tipos de impacto en el ambiente en las diferentes etapas de su ciclo de vida. Usando como criterio el grado de importancia, se explican a continuación los impactos más comunes para tener en cuenta a la hora de construir.

### **9.1.IMPACTOS ASOCIADOS AL CONSUMO DE AGUA**

El consumo de agua en la construcción es uno de los factores que debe ser considerado como uno de los criterios ambientales más relevantes en la construcción de vivienda urbana. Aunque es evidente que la fase de uso de la vivienda es donde se da el mayor consumo de agua, en la fase de construcción el valor no es despreciable. En total se estimó que el consumo de agua por obra culminada en la ciudad de Pereira podría estar entre 448.000 y 607.000 m<sup>3</sup>/año equivalente a 3,26 y 4,42 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> construido, tomando como referencia el año 2013 (ver figura 1). Para tener una idea de

que lo que significa estos valores, se puede afirmar que este consumo máximo estimado es el equivalente al consumo doméstico de agua potable de 3350 hogares durante un año, según valor promedio de 15,1 m<sup>3</sup>/usuario-mes de la ciudad de Pereira presentado por Morales et al. (2012).

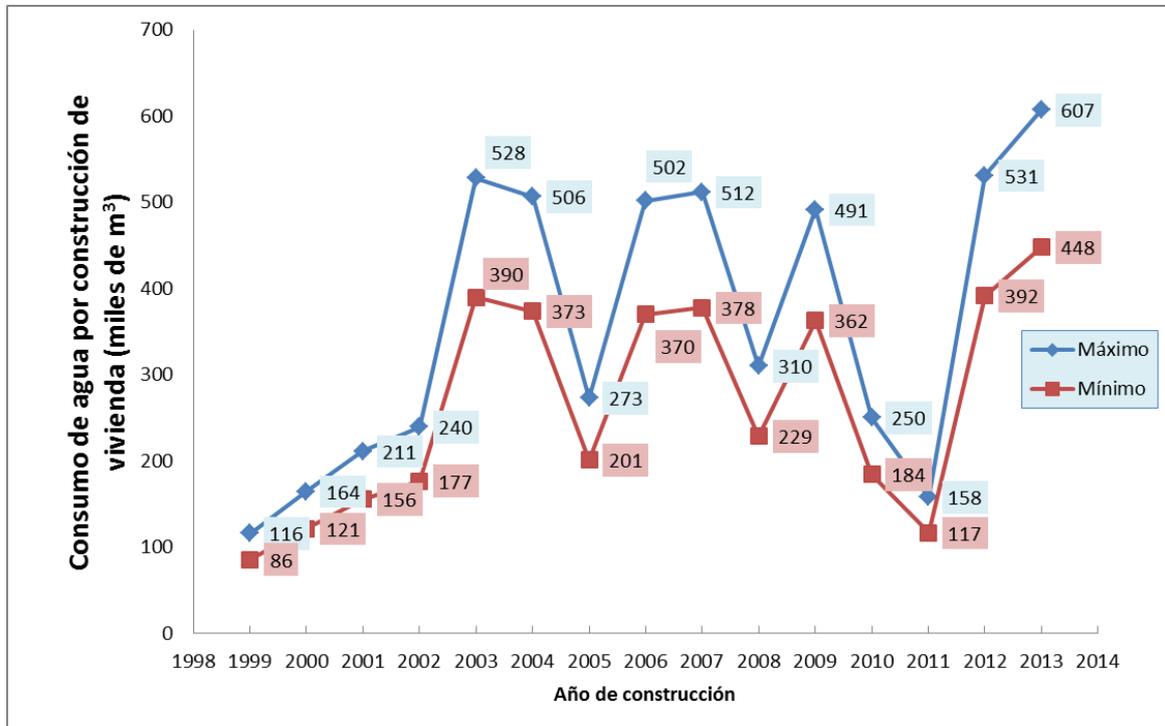


Figura 4. Consumo estimado de agua asociada a la fase de construcción de vivienda en Pereira.

## 9.2. IMPACTOS ASOCIADOS A LA MADERA

La madera es uno de los materiales de construcción más sostenibles, de acuerdo a sus características de obtención, renovación y posibilidad de reutilización o reciclaje. Los principales impactos ambientales se asocian con los procesos extractivos de la misma, los cuales pueden generar cambios en el suelo y en el balance hídrico de las áreas de obtención. No obstante en el ámbito nacional y regional existen estrictos controles por parte de la autoridad ambiental que buscan garantizar que la fuente de donde se obtuvo el material es controlada, o que es un material obtenido por reciclado. En el caso de la

madera, esto garantiza que se ha talado de bosques gestionados en forma responsable.

Otra de las características de sustentabilidad o sostenibilidad de la madera, es que, finalizada su vida útil, puede convertirse en biomasa, o ser usada para construir aglomerado (compuesto de maderas recicladas).

### **9.3.IMPACTOS ASOCIADOS A LOS AGREGADOS**

En el caso de los agregados triturados usados como material de construcción, el mayor impacto está en la forma de extracción y en los efectos de esta extracción, ya que las labores que se realizan en las canteras modifican, sin duda, el medioambiente. El necesario uso de agua implica que, en ocasiones, se contaminen vertederos naturales, o se impida el acceso al agua de poblaciones aledañas.

La mayor ventaja de la piedra es su larga vida útil, una de las mayores dentro de los materiales de construcción sustentables.

### **9.4.IMPACTOS ASOCIADOS AL CEMENTO Y SIMILARES**

Fundamentalmente se debe tener en cuenta que el cemento requiere de mucha energía para su fabricación y manipulación, además de ser potencialmente riesgoso para la salud. El hormigón, además, tiene un alto impacto ambiental. Sin embargo, existen ahora nuevos tipos de hormigón, con añadido de fibras de polipropileno, para hacerlo más resistente, y disminuir la cantidad de barras de acero. También se han creado acelerados de fraguado que no producen residuos tóxicos.

## **9.5. IMPACTOS ASOCIADOS AL ACERO, ALUMINIO Y PLÁSTICO**

Metales como el acero y el aluminio, también de uso tradicional en construcción, consumen mucha energía en su fabricación, y contaminan la atmósfera. La ventaja de su uso radica en que se necesita menor cantidad en comparación con otros materiales, para la misma prestación, por su resistencia.

Todos los plásticos son derivados del petróleo, por lo que no hace falta explicar el impacto de su fabricación y uso. Pero también es cierto que, en parte, el plástico compensa este gasto energético siendo uno de los mejores aislantes térmicos, y por el hecho de que puede reemplazar a materiales mucho más contaminantes, como el cobre o el plomo, en los sistemas de tuberías.

## **9.6. IMPACTO DE LOS AISLANTES Y PINTURAS**

Para aislar adecuadamente una edificación, los materiales más sustentables son la celulosa, el cáñamo o el corcho, porque sus fuentes son renovables y no son contaminantes. Sin embargo, los materiales más populares son las espumas proyectadas, la fibra de vidrio o el vidrio celular con las implicaciones ambientales asociadas al proceso industrial de producción y a los efectos en la salud durante su etapa de uso. En el mismo sentido sucede con los tipos de pintura que se utilizan en la construcción. La mayoría son derivadas del petróleo, lo mismo que los disolventes.

Por otro lado, en la actualidad los procesos de edificación se inclinan por utilizar materiales con una duración limitada, razón por la cual se presenta la obsolescencia física o cultural de las construcciones, por ejemplo, una obra puede mantenerse durante 50 años, pero existe la necesidad de realizar cambios prescindibles, incluso al momento finalización de la obra. Por tanto, la generación de residuos de construcción y demolición es un problema, que por su volumen y flujo, afecta directamente la perspectiva ambiental, social y

económica, por el constante desarrollo en las áreas urbanas y el crecimiento del sector de la construcción.

Este volumen de residuos de la construcción y demolición aumenta constantemente, siendo su naturaleza cada vez más compleja a medida que se diversifican los materiales utilizados. Este hecho limita las posibilidades de reutilización y reciclado de los residuos lo que aumenta la necesidad de crear vertederos y de intensificar la extracción de materias primas.

Si bien es cierto que el procesado de materias primas y la fabricación de los materiales generan un alto coste energético y medioambiental, no es menos cierto que la experiencia ha puesto de relieve que no resulta fácil cambiar el actual sistema de construcción y la utilización irracional de los recursos naturales, donde las prioridades de reciclaje, reutilización y recuperación de materiales, brillan por su ausencia frente a la tendencia tradicional de la extracción de materias naturales. Por ello, se hace necesario reconsiderar esta preocupante situación de crisis ambiental, buscando la utilización racional de materiales que cumplan sus funciones sin menoscabo del medio ambiente.

La siguiente tabla presenta un resumen de los principales impactos identificados en el ciclo de vida de los materiales de construcción; (ver tabla 11)

**Tabla 11. Impactos ambientales generados por los materiales de construcción durante su ciclo de vida.**

Material	Impacto Ambiental			
	En la extracción/Fabricación	En el transporte	En el uso	En la disposición final
Acero galvanizado/laminado.	Agotamiento recurso hídrico y generación de vertimientos Emisiones atmosféricas. Alteración de características del suelo.	Contaminación por emisiones. Contaminación auditiva.	Contaminación auditiva. Contaminación por emisiones y subproductos.	Pérdida de suelo Aprovechable. Contaminación del suelo.
Arena/Grava/Piedra.	Sedimentación, cambio de cauces, socavación. Contaminación Auditiva. Alteración de características del suelo. Alteración del paisaje. Erosión.	Generación de material particulado y emisiones. Contaminación auditiva.	Generación de material particulado y emisiones. Contaminación auditiva. Contaminación hídrica.	Pérdida de suelo Aprovechable.
Cemento.	Sedimentación, cambio de cauces, socavación. Contaminación Auditiva. Alteración de características del suelo. Alteración del paisaje. Erosión.	Generación de material particulado y emisiones. Contaminación del aire. Contaminación auditiva.	Generación de material particulado y emisiones. Contaminación auditiva. Contaminación hídrica.	Pérdida de suelo Aprovechable. Contaminación del suelo. Contaminación hídrica.
Pinturas/Resinas.	Contaminación del agua. Emisiones atmosféricas.	Contaminación del aire. Contaminación auditiva.	Generación de emisiones y olores	Contaminación hídrica.
Maderas.	Perdida de Cobertura Vegetal. Transformación del paisaje Agotamiento recursos hídricos.	Contaminación del aire. Contaminación auditiva.		

Material	Impacto Ambiental			
	En la extracción/Fabricación	En el transporte	En el uso	En la disposición final
Cal/Yeso.	Sedimentación, cambio de cauces, socavación. Contaminación Auditiva. Alteración de características del suelo. Alteración del paisaje. Erosión.	Generación de material particulado y emisiones. Contaminación del aire. Contaminación auditiva.	Generación de material particulado y emisiones. Contaminación auditiva. Contaminación hídrica.	Pérdida de suelo Aprovechable. Contaminación hídrica.

Fuente: Elaboración propia con base en documentos guía.

### 9.7. ESTIMACIÓN DEL IMPACTOS POTENCIAL AMBIENTAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL DE LOS MATERIALES ASOCIADOS A LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA

Los materiales asociados a la construcción de vivienda pueden tener un impacto potencial significativo a lo largo de su ciclo de vida. Estudios realizados en condiciones del contexto de Colombia indican que una vivienda de 140 m<sup>2</sup> bajo el sistema industrializado y un tiempo de vida de 50 años, puede tener un consumo total de materiales de 156 toneladas con un equivalente a 1380 kg/m<sup>2</sup> (no incluye consumo de agua), con un 68% destinado a la elaboración del concreto (Ortiz-Rodríguez et al. 2010). Tomando este escenario como referencia, es posible estimar el impacto potencial ambiental asociado a la construcción de vivienda, encontrando que para la obra efectivamente construida en la ciudad de Pereira, durante el ciclo de vida de la vivienda y asociado solo a la fase de construcción, se pueden estar generando un total entre 28.000 y 33.700 Ton de CO<sub>2</sub> equivalente en el año 2013 (ver figura 2). De acuerdo con Ortiz-Rodríguez et al. (2010), este valor podría representar cerca de un 28% del total de impactos potenciales ambientales asociado a la vivienda por concepto de gases de efecto invernadero en esta fase del ciclo de vida,

mientras que la fase de uso y demolición de la vivienda tendrían un peso de 69% y 3% respectivamente.

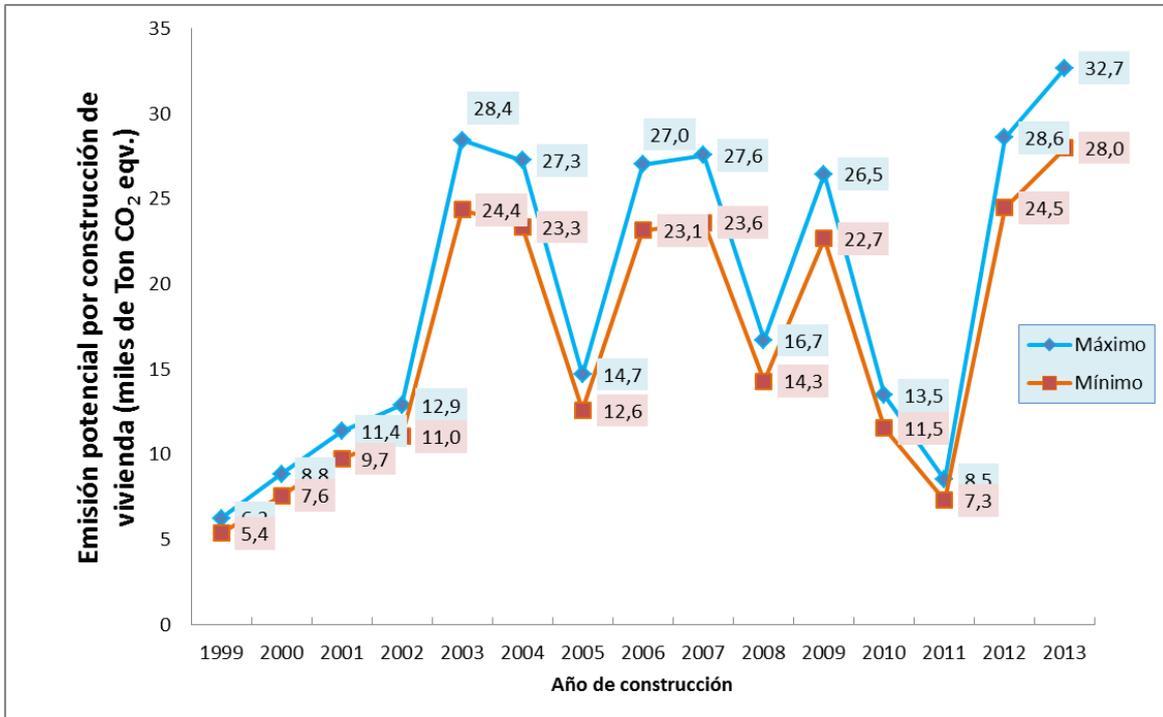
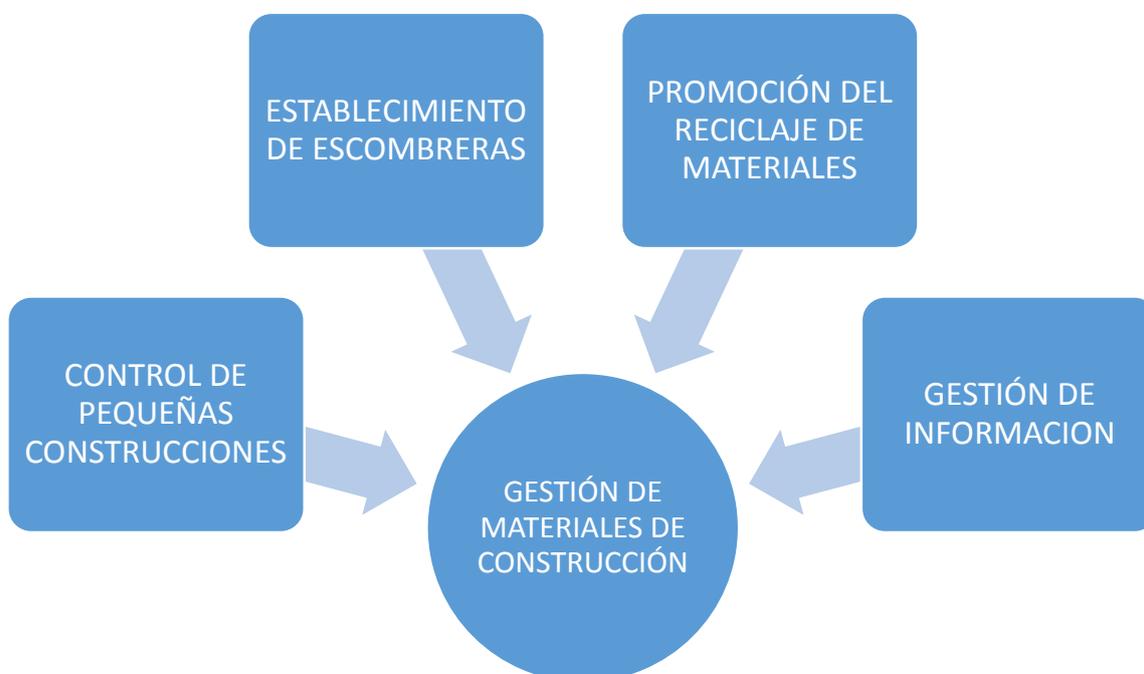


Figura 5. Emisiones potenciales de CO<sub>2</sub> asociadas a los materiales utilizados en la fase de construcción de vivienda.

## 10. ESTRATEGIAS PARA LA ADECUADA GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL SISTEMA URBANO DE PEREIRA.



**Figura 6. Propuesta para la gestión adecuada de materiales de construcción.**

Como es posible observar en la anterior ilustración, la propuesta de gestión de este proyecto consiste en tres estrategias fundamentales a saber;

### 10.1. PROMOCIÓN DEL RECICLAJE DE MATERIALES

Se propone lograr el aprovechamiento de escombros tratables como son el material cerámico, asfálticos, hormigón en masa, armado y prefabricado, mezclas de tierras y piedras naturales. El proceso consiste en implementar procesos de trituración de los escombros con cribados, por tamaño. Todo ello según sea el material recibido y el producto que desea obtenerse (ver Tabla 12).

Es imprescindible contar con una ubicación relativamente céntrica en el ámbito geográfico de producción de escombros o pequeñas estaciones de transferencia para disminuir los costes de transporte. Esto debe ir acompañado de fuertes controles desde las administraciones que deben obligar, a través de licencias de obra y visitas en campo a descargar los residuos en estas plantas. Los costos de disposición en estas plantas deben ser menores a los costos de disposición en las escombreras actuales. O lo que es igual se deben promover incentivos económicos a los constructores para el reciclaje de materiales o el uso de materiales reciclados.

El equipo principal en estas instalaciones es la machacadora. En el mercado existen varias marcas comerciales que ofrecen estos equipos con un alto nivel de calidad. De su correcta elección dependerá el buen funcionamiento de la instalación. En cualquier caso, la eficacia de estos procesos de reciclado está determinada por la calidad del producto final obtenido, la cual dependerá directamente del tipo de escombros inicial, es decir del tipo de materiales de construcción utilizados en el mercado local.

Los productos obtenidos se pueden emplear en distintos usos según características. La mejor calidad se obtiene mediante triturado y clasificado y la peor, únicamente con cribado. Los usos más habituales son como material estabilizador, drenajes, sub-bases de carreteras, aporte en mantenimiento de pistas y caminos, consolidación de terrenos, rellenos varios, etc.

Tabla 12. Ficha resumen de la estrategia promoción del reciclaje.

### **ESCENARIO ACTUAL**

Los residuos de construcción y demolición (RCD), conocidos como escombros, constituyen un amplio porcentaje del total de residuos sólidos generados en la ciudad y, sin embargo, han sido siempre considerados de menor importancia frente a otros residuos como los domiciliarios. Cuando se han planteado procesos de reciclaje de residuos, estos se han circunscrito a los residuos orgánicos en primera instancia y a la promoción de industrias para el tratamiento de algunos residuos inorgánicos como plásticos y metales de fácil procesamiento. En países como Alemania, Holanda, Dinamarca, el reciclaje de residuos de construcción y demolición alcanza el 60%, hecho motivado principalmente por la existencia de sistemas de tasas, que incentivan el reciclaje y penalizan el vertido.

### **ESCENARIO FUTURO**

El conocimiento de las magnitudes y comportamiento los materiales permiten al personal técnico la elección de residuos de construcción y demolición para su incorporación a procesos de reciclado, que permiten reutilizar los materiales en obras de construcción de menor complejidad. Los sistemas de información municipal permiten conocer con antelación las propiedades físico-mecánicas los materiales, simplificando su procesamiento. Los reparcheos de calles y obras menores de mantenimiento de infraestructuras comunitarias se realizan con los materiales resultantes del proceso de reciclado de residuos de construcción y demolición.

<b>OBJETIVOS</b>	<b>ACCIONES PRIORITARIAS</b>
Disminuir de la cantidad de residuos que van a parar a depósitos controlados (vertederos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover la caracterización de residuos sólidos de construcción y demolición de tal forma que se puedan implementar soluciones eficientes para su reciclaje.</li> <li>• Acompañar el diseño de una planta de Trituración, manteniendo estándares adecuados a las características de la materia prima y a la destinación del producto obtenido.</li> <li>• Suscitar un análisis económico y financiero que permita obtener las producciones rentables de la futura planta, sobre la base de los costos, precios y tiempo de eliminación del residuo.</li> </ul>
Disminuir de la cantidad de residuos que su destino son vertederos ilegales, como descampados, huertos, cunetas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover acciones de vigilancia y control por parte de la autoridad competente.</li> <li>• Fortalecer la normativa con sanciones de mayor valor a las existentes.</li> </ul>

## **10.2. ESTABLECIMIENTO DE ESCOMBRERAS.**

Mediante esta estrategia se pretende mejorar las condiciones de disposición final de residuos de construcción y demolición, disminuir los botaderos a cielo abierto y por consiguiente mejorar las condiciones de manejo de la información relacionadas con este tema ya que en las condiciones actuales no es posible calcular los volúmenes de producción y disposición adecuada o inadecuada de este tipo de residuos.

Tabla 13. Ficha resumen de la estrategia establecimiento de escombreras

### **ESCENARIO ACTUAL**

La producción de escombros se estiman en 61.000 toneladas (42.000 m<sup>3</sup> aprox.) por año con un ligero crecimiento de la demanda en construcción de vivienda estimada en 0.6 % anual, según datos obtenidos DANE (2005). El municipio de Pereira cuenta con una escombrera pública denominada Guadalcanal con una capacidad aproximada de 79.000 m<sup>3</sup> en un área de 18.000 m<sup>2</sup> y cuyos permisos de funcionamiento han sido renovados anualmente y condicionados, por la CARDER, a la ejecución de obras de manejo de impactos ambientales. Por otro lado, recientemente la autoridad ambiental realizó requerimiento al propietario de un lote de una manzana de extensión ubicado en la carrera 10 con calle 15 en el centro de la ciudad porque se estaba utilizando como un botadero a cielo abierto de escombros. Es conocido también que los constructores menores evaden permanentemente la reglamentación y depositan los escombros en cauces de río y zonas verdes del municipio a pesar que en el área metropolitana se encuentran disponibles varias escombreras privadas conocidas como La Bonita y El Otoño, ubicadas en la vía La Romelia El Pollo, del municipio de Dosquebradas y El Jazmín en la vereda Condina del corregimiento de Tribunias.

La gestión de los residuos sólidos tienen un mayor grado de atención evidenciado en el relleno Sanitario de la Glorita que ha recibido permanentes inversiones para la ampliación de su vida útil y ha sido objeto de frecuentes intervenciones de la autoridad ambiental. Entre tanto la escombrera de Guadalcanal compite con escombreras privadas lo cual genera que no se realicen en ella intervenciones significativas que puedan ampliar considerablemente su vida útil. En la actual vigencia se invirtieron en la escombrera aproximadamente mil millones de pesos para ampliar su capacidad hasta por tres años.

## **ESCENARIO FUTURO**

El Municipio de Pereira cuenta con Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos entre los que se cuentan los residuos de construcción y demolición. Las condiciones de reciclaje de materiales de construcción han disminuido la necesidad de disponer grandes volúmenes de escombros en las escombreras públicas y privadas. Los pequeños constructores encuentran centros de acopio que facilita la disposición final de residuos de construcción y demolición.

<b>OBJETIVOS</b>	<b>ACCIONES PRIORITARIAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Disponer adecuadamente el volumen total de escombros producidos en la construcción de vivienda.</li><li>• Mejorar las prácticas de disposición final de residuos de la construcción y la demolición.</li><li>• Promover herramientas de gestión integral de residuos de demolición y construcción.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ampliar la capacidad de recepción o capacidad de la disposición de escombros bien sea ampliando el espacio actual o generando nuevas escombreras.</li><li>• Articulación Institucional para la puesta en marcha del Plan de Gestión de Residuos Sólidos Municipales en su componente de Residuos de Construcción y Demolición.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mitigar los impactos ambientales asociados a la inadecuada disposición de residuos de construcción y demolición.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Instalación de centros de acopio o escombreras satélite que faciliten la disposición de residuos de construcción y demolición para pequeños constructores.</li></ul>

### **10.3. CONTROL DE PEQUEÑAS CONSTRUCCIONES.**

Se pretende fortalecer el seguimiento a los procesos constructivos en el municipio mediante el cruce de diversas fuentes de información como afiliaciones al sistema de riesgo laboral, permisos de construcción, sistemas de estratificación, comercialización de materiales para construcción, sistemas de información geográfico, censo de edificaciones y otras fuentes de información que permitan conocer no solo los impactos económicos de la construcción, sino también sus efectos en la sociedad y los recursos naturales.

**Tabla 14. Ficha resumen de la estrategia control de pequeñas construcciones**

#### **ESCENARIO ACTUAL**

De acuerdo con la legislación es obligación de las curadurías aprobar las licencias para nuevas construcciones y acondicionamiento de infraestructuras existentes en coherencia con las normas vigentes. Este proceso se cumple a cabalidad con las empresas constructoras y con la mayoría de personas jurídicas que emprenden este tipo de actividades. No obstante muchas iniciativas constructivas de ciudadanos y pequeños constructores evaden lo relacionado con la aprobación de los curadores. Corresponde, entonces, a la dirección operativa de control físico de la secretaría de gobierno la verificación en control de requisitos. Sin embargo la capacidad técnica y tecnológica de la dependencia en mención no permite realizar un control efectivo de todas las construcciones del municipio. Lo anterior genera desconocimiento respecto al consumo de materiales y las técnicas constructivas lo que redundará en riesgos habitacionales para los humanos y genera impactos ambientales asociados al proceso de construcción y a la disposición final de residuos de construcción y demolición.

## **ESCENARIO FUTURO**

El Municipio de Pereira cuenta con nuevas tecnologías de georreferenciación y observación aérea de las zonas urbanas con el fin de mejorar los procesos de identificación de nuevas construcciones. Del mismo modo se realiza un proceso de seguimiento a la venta de materiales de construcción que permita realizar cruces de información para identificar las magnitudes de las construcciones no identificadas y por consiguientes contabilizadas y controladas en el municipio.

<b>OBJETIVOS</b>	<b>ACCIONES PRIORITARIAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Promover la implementación de nuevas tecnologías de georreferenciación y observación aérea de las zonas urbanas con el fin de identificar nuevas construcciones.</li><li>• Mejorar los sistemas de información municipal para el conocimiento de las cantidades, características y destinos de los materiales de construcción que ingresan al municipio de Pereira.</li><li>• Promover herramientas de gestión integral de materiales de construcción y demolición.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fortalecimiento de los sistemas de información municipal adscritos a la secretaría de planeación para el seguimiento a los impactos ambientales generados por los procesos y sistemas constructivos de la zona urbana y rural del municipio.</li></ul>

## 10.4 GESTIÓN DE INFORMACIÓN

La información es un recurso vital para una planeación y un desarrollo adecuado. Con esta estrategia se pretende seguir generando año tras año los datos para la gestión.

Tabla 15. Ficha resumen de la estrategia gestión de la información

<p><b>ESCENARIO ACTUAL</b></p> <p>Entre el crecimiento de la ciudad la entrada y salida de materiales se encuentra que en el municipio de Pereira no hay disposición de un sistema información adecuado para manejar la información proveniente de la gestión de los materiales de construcción</p>	
<p><b>ESCENARIO FUTURO</b></p> <p>La información se disponga dentro de un sistema de información que presente los análisis año a año para obtener una actualización que esté disponible para la toma de decisiones.</p>	
<p><b>OBJETIVOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrar la información dentro del Observatorio Ambiental Urbano Regional que pertenece al grupo de investigación en Gestión Ambiental Territorial.</li> <li>• Hacer pública la información para que sea de fácil acceso a las personas o instituciones que tengan relación con el manejo de residuos.</li> </ul>	<p><b>ACCIONES PRIORITARIAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptar los datos de la información recolectada al formato que tiene el observatorio.</li> <li>• Darle continuidad a la toma de datos y recopilación y actualización de la información.</li> <li>• Definir los vacíos de información para proyectar futuros trabajos de investigación.</li> </ul>

## 11. CONCLUSIONES

- El metabolismo urbano ha resultado ser una herramienta útil en la cuantificación de la demanda y los flujos de los materiales para la construcción de vivienda en Pereira, información que es necesaria cuando se espera consolidar un sistema de información ambiental de la gestión urbana eficiente y sostenible.
- El estudio realizado permitió conocer que el principal tipo de sistema constructivo es el de mampostería confinada, el cual demanda principalmente materiales agregados triturados, arena y cemento gris.
- Aunque el material más utilizado en la construcción de vivienda de Pereira es la arena, el cemento gris por su composición y proceso de producción es el más contaminante desde el punto de vista ambiental, y contribuye más a las emisiones de gases de efecto de invernadero que los demás materiales representativos tanto en masa como en volumen.
- La cantidad de residuos de demolición y de construcción de vivienda, excede la capacidad de recepción por parte de la escombrera existente, tanto que si se dispusiera totalmente los escombros generados en la actividad constructiva bastaría con dos años para copar la capacidad de la escombrera existente. Esta situación se puede explicar como consecuencia de que estos residuos no tienen la disposición adecuada y no son manejados con el mismo nivel de importancia como lo son los otros residuos sólidos.
- Se evidenció que la variable ambiental en los procesos constructivos en la ciudad de Pereira, se ha enfocado exclusivamente al uso del suelo. El marco legal para los sistemas de construcción urbano se resume/reduce en la ley Organiza de Ordenamiento Territorial, cuyo principal fin es que la construcción se realice en suelos dispuestos para tal fin. En lo

correspondiente al proceso productivo como tal la normatividad está relacionada con las condiciones de resistencia a cargas y movimientos sísmicos, pero no se evidencia la aplicación de normas asociadas al uso de materiales de menor impacto ambiental o a la manipulación eficiente de materiales durante los procesos de construcción.

- No se encontró evidencias de que los residuos de construcción y demolición sean considerados una prioridad en la gestión municipal de residuos sólidos. En el municipio de Pereira se ha presentado recurrentemente situaciones de conflicto respecto a la disposición final de escombros sin que en ellas hubiera participado la Empresa de Aseo Municipal o el concesionario del sistema de recolección y disposición de residuos sólidos.
- La información sobre los flujos de materiales de la construcción se encuentra dispersa y no se evidencia que alguna institución pública o privada haga esfuerzos por centralizar los resultados de este tipo de estudios.

## 12.RECOMENDACIONES

- Se debe consolidar la información del flujo de materiales de construcción en un sistema de información que garantice la continuidad de la generación de los indicadores más relevantes y publique los resultados de este tipo de estudios. Esta información podría ser utilizada para generar nuevos espacios para la disposición de escombros.
- Se debe integrar la información dentro del observatorio ambiental urbano regional.
- Se recomienda continuar profundizando en detallar los flujos que fueron estimados y de los cuales la información no estaba oficialmente disponible.
- Se debe fomentar el desarrollo de trabajos en estas áreas donde no encontramos información y que sean considerados son prioritarias para mejorar el conocimiento sobre la dinámica de materiales urbanos en Pereira.
- Se deben integrar los resultados de este trabajo al Observatorio Ambiental Urbano Regional de Risaralda perteneciente al grupo de investigación en Gestión Ambiental Territorial.

### 13. BIBLIOGRAFIA

- **Alba J. (2003).** *Crisis de crecimiento o ausencia de infraestructura.* En: Revista Bitácora No. 7 enero – diciembre de 2003. Bogotá, Colombia.: Facultad de Artes de la Universidad Nacional de Colombia.
- **Ángel A. & Velásquez L (2008).** *Estudios ambientales urbanos.* Revista Gestión y Ambiente, volumen 11, número 1, mayo de 2008. Bogotá D.C., Colombia.: Instituto de Estudios Ambientales - Universidad Nacional de Colombia
- **Beishon, J. (1980).** *System Organization: the management of complexity* (Milton Keynes: Open University Press).
- **Bertalanffy, Ludwig Von. (2000).** *Teoría General de los Sistemas.* Fondo de Cultura Económica. Bogotá D.C
- **Brunner P. (2007).** *Reshaping Urban Metabolism.* Journal of industrial Ecology.Vol. 11, No. 2. Massachusetts, EE.UU.: MIT press journals.
- **Brundtland. Nuestro futuro común. Naciones Unidas.** Comisión Mundial para el Medio Ambiente y Desarrollo. **1987**
- **CABEZA Massiris, Ángel. (1999).** “Ordenamiento territorial: experiencias internacionales y desarrollos conceptuales y legales realizados en Colombia”. Revista del Programa de Posgrado en Geografía –EPG-, Perspectiva Geográfica, No. 4, segundo semestre.
- **CEPAL. (1999).** EL TERREMOTO DE ENERO DE 1999 EN COLOMBIA: Impacto socioeconómico del desastre en la zona del Eje Cafetero.
- **Concejo Municipal De Pereira,** Acuerdo 018 de 2000 “Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial de Pereira”.

- **Concejo Municipal De Pereira**, Acuerdo 023 de 2006, “Por el cual se modifica el Acuerdo 018 de 2000, y se dictan otras disposiciones”
- **Coviello, M. (2003)**. *Entorno internacional y oportunidades para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en los países de América Latina y el Caribe*. CEPAL.
- **DALY. (1997)**. Herman E. et al. Crisis ecológica y sociedad.
- **DANE. (2014)**. Censo de edificaciones según áreas urbanas y metropolitanas.(1997-2014)
- **DANE. (2014)**. Censo de edificaciones. Área en construcción, por áreas urbanas y metropolitanas según destinos.
- **DANE. (2005)**. Déficit de vivienda según censo general del 2005.
- **DANE. (2014)**. Información estadística despacho de cemento gris. (2009-2014).
- **DANE. (2014)**. Licencias de construcción área aprobada por vivienda.
- **D’APPOLONIA (1999)**. Banco Interamericano de Desarrollo. Informe preliminar “Manejo integral de Escombros y Residuos de Construcción” Vol<sup>o</sup>1.
- **DIAZ C. (2011)**. La Ciudad: Entre El Espejismo Del Crecimiento Y La Utopía Del Metabolismo Sostenible, Caso Bogotá D.C. Universidad Central.

- **Eurostat (2001).** *Economy – wide material flow accounts and derived indicator: a methodological guide.* Luxemburg, Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.
- **Fremont K. (1998).** Administración en las organizaciones. México: McGraw Hill. pp. 107-127
- **Gerald M. (2001).** Ecología Humana: Conceptos básicos para el desarrollo Sustentable.
- **GIRALDO Isaza, F. (1995);** "Paradigmas teóricos y modelos de desarrollo: la complejidad y la Política Urbana"; en Paradigmas teóricos y modelos de desarrollo en América Latina, Apuntes del Cenes, Separata No. 2, 1 semestre de 1995, págs. 297-313.
- **Guerrero E. y Güiñirgo F. (2008).** Indicador espacial del metabolismo urbano. Huella ecológica de la ciudad de Tandil, Argentina. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica, Vol. 9:31-44, 2008
- **LEAL, del castillo G. (2004).** Introducción al Ecourbanismo. El nuevo Paradigma. ECOEDICIONES
- **LEFF, E. (2001).** "Saber Ambiental, Sustentabilidad, racionalidad, Complejidad, Poder. Siglo XXI", México.
- **LEGIS. (2014).** CONSTRUDATA, consumo de materiales por sistemas constructivos.
- **Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial (2010).** NSR 10 (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-resistente).

- **Ministerio de Desarrollo Económico, (1995).** Política urbana del Salto Social, “Ciudades y Ciudadanía”
- **Ministerio de Medio Ambiente (1998).** “Bases ambientales para el ordenamiento territorial municipal en el marco de la Ley 388 de 1997
- **Morales-Pinzón, T., Rieradevall, J., Gasol, C. M., & Gabarrell, X. (2012).** Potential of rainwater resources based on urban and social aspects in Colombia. *Water and Environment Journal*, 26(4), 550–559. doi:10.1111/j.1747-6593.2012.00316.x
- **Ortiz-Rodríguez, O., Castells, F., & Sonnemann, G. (2010).** Life cycle assessment of two dwellings: one in Spain, a developed country, and one in Colombia, a country under development. *The Science of the Total Environment*, 408(12), 2435–43. doi:10.1016/j.scitotenv.2010.02.021
- **PRé Consultants, (2010).** Simapro7.2.0.Amersfoort.The Netherlands.
- **REVIBEC. (2006).** Flujos de energía y materiales. Vol. 4.
- **Riera, P. (2005).** *Manual de economía ambiental y de los recursos naturales*. Editorial Paraninfo.
- **Smith J. & Van Ness H. & Abbott M. (1997).** *Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química*. Traducido por: Urbina E. & Hidalgo M. México D.F., México.: McGraw - Hill.
- **Swiss Centre for Life Cycle Inventories, (2009).** Ecoinvent database v2.2. Technical report. <http://www.ecoinvent.ch/>(accessed 08.11).
- **UNAD. (2012).** Medidas Operativas para la ecoeficiencia. Lección 24. Ecobalance.

- **VELASCO, L. M. (2010).** Formulación de una propuesta de gestión ambiental para la recuperación y reciclaje de materiales de construcción y demolición. Trabajo de fin de carrera de Administración del Medio Ambiente, Universidad Tecnológica de Pereira.
- **WACKERNAGEL, Mathis. (2006).** “¿Ciudades sostenibles?”, En: *Ecología Política* 12. Vol. 4 No.2. p. 43-49
- **Wills, Fernando. (2005).** *Ecología & medio ambiente*. Montreal: International QA. pp. 126–127.