

BUSCANDO TRANSFORMAR RESIDUOS EN RECURSOS CUANTIFICACION DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN BUENOS AIRES

**¹*Yajnes Marta Edith, ¹Trulls María Daniela, ¹Putruele, María Belén
¹CEP FADU- UBA. Int. Guiraldes 2160 Pab III Ciudad Universitaria CABA ARG
e-mail: *meyarch@gmail.com**

RESUMEN

Recientemente, la intensa edificación mundial ha desembocado en una masiva degradación del medio ambiente con enormes emisiones CO² y abuso de explotación de recursos naturales. La falta de legislación para regular el impacto negativo del proceso de edificación ha devenido en el desarrollo de prácticas insostenibles sin normativas técnicas moderadoras.

No hay clasificación sistematizada en obras, se mezclan tierras con materiales cerámicos en etapa de demolición perjudicando la calidad de los residuos, luego los restos se vuelcan dentro del mismo volquete o cuba. Elementos que podrían ser reciclados se contaminan, la ausencia de conciencia y conocimientos en reciclaje de profesionales y trabajadores se traduce en un procesamiento de residuos con poca eficiencia y rentabilidad generando un gran derroche de recursos. Este panorama se inserta en un contexto de cambio climático global donde existe una falta de previsión en el diseño y construcción de la envolvente edilicia.

Esta investigación tiene como primer objetivo promover la clasificación selectiva y cuantificada de RCD (Residuos de Construcción y Demolición) en la construcción, avalada por una planilla de cálculo de elaboración propia, aplicada como prueba piloto a edificios residenciales en el partido de Vicente López, provincia de Buenos Aires, Argentina. Las características de construcción de esta área son similares a las de la Ciudad de Buenos Aires, pero al poseer una estructura más pequeña y menos burocrática, significa un mejor acceso a la información, lo cual permite la identificación y cuantificación de RCD generados en sus edificaciones, la determinación del origen de los residuos (en términos de materiales de construcción) a fin de posibilitar la transformación de residuos en recursos dentro del mismo rubro.

La investigación se centrará en cuatro tipologías residenciales, las dos más repetidas y las dos de hipótesis de mayor huella ambiental global y por m², considerando consumo de materias primas vírgenes, consumo de combustible de traslado de materiales y de generación de RCD.

El objetivo final de este trabajo es detectar nichos de materiales desechados, tanto provenientes del área de cortes/restos derivados de las tareas de obra, como en sus embalajes; en el primer caso, previa definición y difusión de buenas prácticas para su minimización y en el segundo, previo análisis para determinar cuáles serían reutilizables directamente sin requerir del reciclaje industrializado, aptos para ser reutilizados en el desarrollo de nuevos productos.

Se busca asimismo que estos nuevos productos cumplan con las leyes vigentes y/o en proceso de reglamentación sobre condiciones de la envolvente edilicia reduciendo el consumo energético actual sin afectar el confort para sus habitantes. Se procura que el mismo sea el resultado del diseño y la adecuada materialidad.

Keywords: gestión RCD, materiales reciclados, edificios residenciales, impacto ambiental, clasificación selectiva y cuantificada

1.- Introducción

Según Reed [1] La sustentabilidad posee 3 dimensiones: ambiental, económica y social. Se tratará en esta presentación centralmente el tema ambiental y lateralmente los otros dos aspectos en forma complementaria, a través de la valorización de RCD y de la generación de empleos para la producción de nuevos materiales con desarrollo local. La dimensión ambiental abarcará el problema climático mundial, el contexto local, la generación de residuos y sus vinculaciones.

1.1.- Problema climático mundial, necesidad de adaptabilidad

Se denomina Sostenible a un sistema que permite el crecimiento y el cambio con estructuras flexibles. Hoy hay avances en el conocimiento técnico, que permiten entender que acciones humanas afectan al ambiente y cómo. Necesitamos indagar en la adaptabilidad, este es uno de los conceptos fundamentales de esta investigación, puntualmente en la adaptación de los modelos constructivos y los residuos de la construcción y demolición (RCD).

La edificación afecta al problema climático desde varios frentes en cada etapa desde la demolición hasta la ocupación:

- A través de las energías no renovables utilizadas para la fabricación y traslado de componentes hasta la obra, la utilizada para el uso de máquinas para fraccionamiento y ensamblado en obra, y la energía que necesitará el edificio para un funcionamiento con adecuado confort de sus ocupantes.
- Por los residuos producidos en cada etapa de edificación, abarcando desde embalajes hasta restos generados por mal uso y cortes o restos de obra. En las etapas de obra estos residuos son conocidos como RCD, residuos de construcción y demolición. Posteriormente, en la etapa de uso, se conocen como RSU residuos sólidos urbanos. En obra se generan también diversos RSU por alimentación, limpieza e higiene del personal de obra.

1.2.- Contexto local

1.2.1.- Contexto ambiental

Buenos Aires ha sido testigo del cambio climático en los últimos años con temperaturas máximas en ascenso seguidas por tormentas subtropicales, incluyendo algunos fenómenos aislados como fueron dos huracanes de intensidad leve en los últimos cuatro años [2]. Estos datos se tomaron en cuenta en las últimas actualizaciones de las normativas vigentes subiendo las temperaturas de cálculo de verano para cubiertas. Las mismas normativas redujeron las temperaturas de cálculo de invierno para el cálculo de transmitancia térmica y de los coeficientes de condensación intersticial y superficial, requiriéndose así un mejor estudio de la envolvente edilicia.

En cuanto a la construcción, en la provincia de Buenos Aires existe la ley 13059/03 de Acondicionamiento térmico basada en una serie de normas IRAM/ISO. De acuerdo con esta ley, los edificios deben contar con envolventes con valores de transmitancia térmica K (U en Europa) menores a los establecidos en la categoría B de la Norma IRAM N° 11601, no generar condensaciones superficiales ni intersticiales según Normas IRAM N° 11625/11630 y control de coeficiente volumétrico de pérdida de calor G IRAM N° 11604 y de refrigeración GR IRAM N° 11659-2. Para la verificación de esta ley los profesionales cuentan con el programa desarrollado Isover-Saint Gobain. La falta de reglamentación, genera un vacío legal, dejando la responsabilidad de construir respondiendo a la eficiencia energética de los edificios en manos de constructoras, estudios de arquitectura y grupos inversores, quienes deberán decidir si estos temas son prioritarios o no al momento de edificar.

1.2.2.- Residuos sólidos urbanos RSU

En Argentina se ha producido un considerable avance en el manejo de RSU desde la crisis del año 2001. Los cartoneros [3] como respuesta a una necesidad de supervivencia, comenzaron un proceso de valoración de la mal llamada basura y su transformación en recursos al recolectarla, reutilizarla y/o reciclarla. Este fenómeno se trasladó a toda la sociedad especialmente a los más jóvenes, surgió una importante cantidad de ONGs, Asociaciones civiles y pequeños emprendimientos que muchas veces cuentan con la intervención de profesionales y estudiantes universitarios a través de programas de extensión y vinculación con la comunidad.

- ONGs y asociaciones que realizan tareas docentes y de difusión en el manejo de los residuos incluyendo campañas de clasificación y recolección diferenciada: Uba Verde y Fadu Verde; Geo Fans; Arca group; Red de puntos verdes; Manos verdes; Padua Recicla; Dona tu basura, Fundación Equidad;
- Recolectores de RSU: Cooperativa Creando Conciencia; Recuperadores del Sur; Recuperadores por comunas vecinales.
- Emprendimientos económicos que utilizan residuos para fabricación de nuevos productos: Fundación Garrahan; Modesta; Dos puntos, Bop bolsos reciclados; Not off; Sirplast; Cooperativas El Ceibo, Abuela naturaleza entre otros.

1.2.3.- Residuos RCD

La pasión local actual por la clasificación y el reciclado de los RSU no se ha trasladado aun masivamente al manejo de los RCD. En el área metropolitana de Buenos Aires se generan mensualmente una considerable cantidad de toneladas de residuos de obras según el informe Yajnes, Sutelman et all [4]. En el manejo de los RCD el primer objetivo debiera ser la reducción de los mismos, luego una vez que no sea posible avanzar en ese proceso, es fundamental llevar adelante una clasificación selectiva de los residuos que se generan. Para lograr resultados económicos y ambientales satisfactorios se requiere un proceso ordenado y eficiente de reciclado de RCD. Es conveniente aplicar los mismos criterios de clasificación que han resultado eficientes en el manejo de RSU. Según Mercante [5] “Los residuos no forman parte de la cultura de la obra, es importante que la Cámara de la Construcción se involucre en la gestión de residuos, se requiere crear una base de datos que contenga índices de generación para cada tipo de obras a fin de planificar la gestión intraedificacional, tener en cuenta las responsabilidades y actuaciones que se establecen para cada agente de obra: proyectista, director, capataz, operario.”

En la introducción del Programa Life 98/351, publicado en 2000, Programas de acciones técnicas para fomentar la valorización, minimización y selección de residuos originados en las obras de construcción y demolición, [6] se refleja el consenso sobre el tema: “no existe...una mentalidad generalizada de protección del medio, no se han tomado las disposiciones legales y administrativas adecuadas para conseguirlo y todavía no se han desarrollado los suficientes códigos de buena práctica para mejorar esa situación y concientizar a los agentes del sector”.

La fundación Uocra perteneciente a la gremial Unión Obreros de la Construcción de la República Argentina ha desarrollado estrategias para el manejo de RCD [7], ha comenzado hace 2 años un programa de capacitación en obra para el manejo de RSU generados en obra como 1er etapa y se prevé una 2da a través de convenios con la FADU UBA con la puesta en práctica de sus “Buenas Prácticas en la Construcción”.

En 2010 en las 1as Jornadas de Buenas Prácticas Ambientales para la Construcción de Rosario, Argentina se presentó un manual preparado por equipo interdisciplinario destacado por su Anexo II planillas finales sobre Gestión de Residuos [8]

Este grupo ha realizado una serie de consultas a profesionales de construcción y diseño y potenciales clientes, con fiabilidad 0,76 alta según método Alfa de Cronbach [9] sobre la gestión de RCD con la siguiente tipología de respuestas:

- La mayoría de los estudios sólo reutiliza residuos como agregados en contrapisos y maderas provenientes de encofrados como defensas y barandas.
- Los resultados indican que las dificultades principales que presenta la clasificación de RCDs son la falta de interés por parte de las empresas encargadas de realizarlo, falta de educación de los profesionales y operarios, la falta de herramientas técnicas y de manipulación sumado a la falta de espacio físico en las obras.
- Proponen separar los RCDs según su procedencia metales/maderas/cascotes, sin que se encuentren contaminados por otros peligrosos ya que los mismos no pueden ser reutilizados. Se plantea recuperar la tradición recicladora que caracterizaba a los constructores italianos de la primera mitad del siglo XX.

2.- Hipótesis

Es posible generar nuevos ciclos productivos de vida en obra, para materiales y embalajes, reduciendo RCDs, clasificando y orientando su reciclado, convirtiendo residuos en materia prima para utilizar en la construcción generando productos cuyo uso mejore la calidad de la envolvente edilicia.

Es posible modificar conductas establecidas sólo a través del conocimiento profundo cualitativo y cuantitativo de los residuos generados en las diferentes tipologías edilicias y del entorno social, para el arribo de soluciones viables económicamente.

3. Objetivos

Relevar la situación actual del tratamiento de residuos locales.

Reducir residuos de construcción y demolición clasificando y orientando su reciclado, generar nuevos ciclos productivos de vida en obra, para materiales y embalajes, convertir residuos en materia prima para utilizar en la construcción generando productos cuyo uso mejore la calidad de la envolvente edilicia.

Modificar conductas establecidas, desarrollar una metodología para profundizar el conocimiento cualitativo y cuantitativo de los residuos generados en las diferentes tipologías edilicias y del entorno social, para el arribo de soluciones integrales y viables económicamente.

Vincular potencialidades y demandas locales.

4.- Metodología

Se parte del análisis del problema definiendo y caracterización de tipología, de actores involucrados, el estudio del material depositado en volquetes y las etapas de generación de RCD.

4.1.- Definición del marco físico espacial

Para realizar el relevamiento y el análisis se decidió tomar la localidad de Vicente López, perteneciente al partido homónimo, ubicada en la Provincia de Buenos Aires, limítrofe con la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). (Ver fig 1y 2) Se consideraron edificaciones destinadas a vivienda, construidas en los últimos cinco años. Motivos para tomar esta decisión:

A partir de un análisis comparativo entre localidades de la provincia de Buenos Aires y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, se concluyó que Vicente López es la que presenta mayores similitudes en densidad y tipologías constructivas a CABA como

se puede observar en la Tabla 1. En la provincia existe la citada ley provincial 13059/03 – Acondicionamiento Térmico. La hipótesis de trabajo suponía encontrar edificios mejor adaptados al cambio climático, al respetarse la Ley 13059/03.

	Viviendas	CABA	V Lopez
1	Cantidad de viviendas por cada 1000 habitantes	504	429
2	Viviendas habitadas cada 1000 habitantes	383	355
3	Viviendas con cubierta plana y membrana asfáltica	89.9%	80%
4	Viviendas con solados cerámicos, baldosas, madera, alfombra	91.3%	88%
5	Viviendas con muros ladrillo, piedra u hormigón con revoque	94.8%	94%

Tabla 1 “Datos basados en censo nacional 2010” [10]



Fig. 2 “Mapa de Vicente López”

4.2.- Definición de actores involucrados

Para la posterior toma de decisiones sobre contenidos y planillas a desarrollar se analizaron los diferentes actores involucrados en el círculo productivo de una obra de construcción.

- Clientes individuales (únicos o grupos familiares) o grupales (inversores): son aquellos que aportan el capital económico para la concreción de la obra.
- Profesionales del diseño y construcción (arquitectos, ingenieros, maestros mayores de obra/aparejadores): son los encargados de proyectar los edificios, sus planimetrías, volúmenes, sistemas constructivos portantes y de envolventes.
- Constructoras: empleados técnicos: son las personas que dirigen a los empleados de obra, organizan tareas, adquisición de materiales y herramientas.
- Constructoras: empleados de obra: son las personas que llevan adelante las tareas técnicas productivas para pasar del proyecto a la obra construida.
- Usuarios finales: son las personas que habitarán las viviendas y se harán cargo tanto de los gastos de mantenimiento edilicio y de las facturas de consumos energéticos de energías no renovables.
- Entes reguladores y gubernamentales: institutos que fijan normas, gobiernos municipales, provinciales y legislativos que dictan leyes.

4.3.- Estudio visual de Volquetes o cubas.

Se ha realizado una inspección visual en las áreas de construcción de la localidad de Vicente López, sobre una cantidad total de 40 volquetes. La zona comprendida fue de 2,8 km², los cuales fueron relevados semanalmente durante el mes de diciembre 2014. En los mismos se arrojan residuos de obra con el agravante de recibir colateralmente residuos sólidos urbanos (RSU) de parte de vecinos. Se han relevado diferentes niveles RSU, en obras de menor escala los volquetes permanecen en el exterior de la construcción por un periodo más largo y los transeúntes y vecinos depositan sus residuos en el volquete. En obras de escala intermedia los volquetes se recambian cada dos días, se completan con mayor velocidad y los vecinos prácticamente no los utilizan. Las obras de mayor escala, de gran superficie, suelen mantener sus volquetes en el interior del predio de construcción, evitando así el aporte de residuos ajenos. (ver fig. 3)



Fig. 3 “Imágenes de volquetes. Vicente López. Obras de Construcción 2014”

Encontramos 13 tipologías RCD-RSU en volquetes en forma aislada y combinada:

TI: tierra, de excavaciones y movimientos de suelos, **AR:** escombros, áridos sueltos, restos de mezclas cementicias, cortes de cerámicos, **PC:** papeles y cartones, de embalajes de cerámicas y otros revestimientos, bolsas de aglomerantes como cemento, cales, yesos y adhesivos, **MA:** maderas, recortes tanto en etapa de uso en encofrados, de embalajes en forma de pallets, como restos de pisos y revestimientos, **PL:** plásticos films livianos de embalajes (strechs), bolsas plásticas y envases de pinturas, aditivos y pegamentos, cortes de cañerías de electricidad y agua/desagüe. Embalajes de EPS y cortes de EPS de aislaciones, **ME:** metales, recortes de elementos livianos como zinguerías, recortes de perfiles de sistemas estructurales y de cerramientos, cortes de cañerías, alambres y hierros para armaduras de hormigón, **YE:** placas de roca de yeso, recortes y sobrantes de cerramientos y revestimientos.

En casos de mayor irregularidad hemos encontrado también en contacto con los RCD elementos pertenecientes a los llamados RSU y RP residuos peligrosos:

RSU C: restos de comida apta para compost y no aptos para compost, **RSU G:** otros restos domiciliarios relacionados con el aseo del personal de obra, **RSU BT:** botellas de bebidas, **VE:** vegetación y podas, **HE:** herramientas y accesorios desechados.

RP: elementos peligrosos por su carácter tóxicos (envases plásticos con restos de pinturas en base a solventes-pegamentos y metálicos con emulsiones asfálticas) como por la existencia de partes cortantes de lana de vidrio, vidrios y espejos rotos.

4.4.- Enumeración de etapas de obra

- Preliminares: tareas de demolición, excavaciones y desmontes, Obra Gruesa: estructura, cerramiento e instalaciones, Terminaciones: revestimientos, pinturas, equipamiento fijo, Mudanza: equipamiento electrónico, mobiliario, decoración

4.5.- Conclusión del análisis

- No hay clasificación en obras en todas las etapas de todos los actores relevados.
- Elementos que podrían ser reciclados se contaminan y dañan,
- Ausencia de conciencia y conocimientos en reciclaje en obra se traduce en manejo de residuos con poca eficiencia y rentabilidad y también, derroche de recursos.
- No hay protocolos de acción frente a cada residuo.

4.6.- Definición de Modelo Constructivo Convencional (MCC)

Se busca determinar el Modelo Constructivo Convencional (MCC) en base al sistema español [11], para luego aplicar en planillas de clasificación y cuantificación selectiva de RCD, basadas en los recursos materiales que se consumen en la construcción de edificios residenciales, ya sean nuevos o reformas. Se eligió el citado sistema en virtud del convenio existente entre universidades UBA U. Sevilla.

Se han tomado muestras de cuatro tipologías que respetan las tradiciones constructivas locales en el área de Vicente López. Se han tenido en cuenta los datos sobre edificaciones oficiales del INDEC. Censo 2010 (ver tabla 3), los aportados por la Municipalidad de V López sobre la construcción en periodo 2010-2014 (tabla 2).

MCC	Tipología (cantidad pisos)	% dato MCVL	M2 promedio estimado	Año	Cantidad de edificios	M2 construidos
1	1 a 2	75.4%	200	2010	709	339.107
2	3 a 5	13.2%	1300	2011	687	339.107
3	6 a 9	6.9%	3500	2012	620	259.781
4	10 o más	4.5%	4500 o +	2013	440	144.559
				2014	136 (1er sem)	68.499

Tabla 2 “Edificaciones destino vivienda o mixto (vivienda y comercio)” [12]

Tabla 3 “m² edificios destinados a vivienda INDEC”. [13]

Se decidió utilizar los cuatro grupos determinados por INDEC [13] abarcando así mayor cantidad de materiales con distintas escalas de distribución y aplicación. Los cuatro MCC tienen características comunes: Estructura de Hormigón Armado o refuerzos de hormigón en mamposterías, Muros exteriores de mampostería (ladrillos/bloques), Ventanas de aluminio. Las variantes más habituales se encuentran en la estructura de fundación: dependiendo de cercanía con el río, estabilidad del terreno o necesidad de mayor resistencia; la quinta fachada: techado de chapa con pendiente en edificaciones más pequeñas; cubierta plana de en edificios de mayor envergadura. Por razones de confidencialidad convenidos, las obras se mencionaran: MCC 1 a 4, preservando datos de estudios y localizaciones.

MCC1: Edificio unifamiliar 2 pisos. 200 m² cubiertos y 20 m² semicubiertos. Cocina, estar-comedor, dos baños, toilette, lavadero y tres habitaciones. Estructura de muros de bloque cerámico portante de 12 cm reforzado en esquinas con hormigón armado y cerramiento exterior doble con el citado bloque revocado más capa de ladrillo cerámico de 8 cm con aislación de EPS, cubierta inclinada de chapa galvanizada sobre estructura de madera, lana de vidrio y carpinterías de aluminio y madera.

MCC2: Edificio multifamiliar 4 pisos + Pbaja. 9 U. 1100 m² La unidad mínima con cocina, estar/comedor, baño y las más grande cocina, estar/comedor, baño, toilette y tres habitaciones. La superficie entre 40m²a125m². Estructura de H°A°, cerramientos exteriores mixtos de bloques de hormigón liviano y ladrillo cerámico de 8 cm con aislación EPS, cubierta plana, sectores de techo verde y carpinterías de aluminio.

MCC 3: Edificio multifamiliar de 6 pisos+ P baja + subsuelo. 57 U. 3940m² cubiertos + 1030m² semicubiertos + 1470m² cocheras. 10 unidades por planta con cocina, estar/comedor, 1-2 baños completos y toilette y 1-2 habitaciones. Las unidades

varían entre 55m² y 110 m². Estructura horizontal losas sin vigas de H°A° alivianado con discos plásticos de espesor 22 cm. Muros exteriores ladrillo a la vista, interiores ladrillo común de 15 cm, ladrillo común+aislación+ladrillo hueco, ladrillo hueco 8 y 12 cm, y paredes de placa de roca yeso.

MCC4: Edificio multifamiliar 11 pisos+ P baja+ 2 subsuelos. 44 U. 9040 m² cubiertos +760 m² semicubiertos. Unidad mínima cuenta con cocina, estar/comedor, baño y dos habitaciones. Las unidades varían entre 80 m² y 130 m². Estructura de H°A° (concreto reforzado) cerramientos exteriores sectores con ladrillo cerámico 18 cm y con ladrillo común 12cm, cubierta plana y carpinterías de aluminio.

5.- Propuesta

5.1.- Acercamiento a la caracterización de las tipologías edilicias MCC en función del tema a analizar: Residuos de Construcción y Demolición

En la práctica profesional local hay desconfianza en la entrega de información sobre los edificios por lo que se desarrolló la tabla 4 como aproximación para una primera caracterización de los mismos. Los datos recopilados serán de utilidad tanto para la identificación y cuantificación de embalajes utilizados como para la adaptación de modelos de cuantificación de generación de restos y cortes de materiales.

PLIEGO DESCRIPTIVO	MCC1	MCC2	MCC3	MCC4
SUBSUELO			1	2
PISOS con Pbaja	2	5	7	12
UNIDADES VIVIENDA	1	9	57	44
1 EXCAVACION SUELOS				
a con excavaciones estandard				
b con desmonte tierra negra				
2 DEMOLICION PREVIA				
a Sin demolición				
b Con demolición manual				
c Con maquina				
3 FUNDACIONES				
a Platea de fundación				
b Bases aisladas y vigas de encadenado				
c Tubbing y vigas de encadenado				
4 ESTRUCTURA PRINCIPAL indepen				
a Hormigon armado preparado in situ		fund		
b Hormigon armado elaborado	platea			
c Hierros cortados y doblados en obra				
5 ENCOFRADO DE HORMIGON				
a Madera en tablas				
b Madera en placas				
Puntales madera				
c Puntales metálicos				
6 ESTRUCTURA PRINCIPAL losas+vigas				
a Losas viguetas-ladrillones				
b Losas H° A° con vigas				
c Losas H° A° sin vigas				
7 MUROS EXTERIORES				
a Muro Comp Ladrillo visto + hueco				
b Muro Comp Portante ceramico+hueco				
d Muro Comp Bloque de H° + hueco				
8 AISLACION TERMICA EN MUROS				
a Placas de Poliestireno Expandido				
b Placas de lana de vidrio				
7 CUBIERTAS				
a Chapa con estructura metalica				
b Azotea transitable baldosas				
c Azotea intransitable membrana				
d Techo verde				
8 AISLACION TERMICA EN TECHOS				
a Placas de Poliestireno Expandido				
b Placas de lana de vidrio				
c Poliuretano confinado in-situ				
9 MUROS INTERIORES				
a Muros en seco placa yeso				
b Muro de ladrillo hueco 8 rev. Fino				
c Muro ladrillo común				
10 CIELORRASOS				
a Madera a la vista				
b Armados de yeso				
c Placas de yeso suspendidas				
e No posee / hormigón a la vista				
11 COMPRAS DE MAMPUESTOS				
a Por pallet				
12 COMPRAS DE CEMENTO				
a Por camion				
b Por pallet				
c Por bolsa suelta				

PLIEGO DESCRIPTIVO	MCC1	MCC2	MCC3	MCC4
13 PISOS				
a Madera natural				
b Ceramicos				
c Porcelanatos				
d Alisados de cemento/microcemento				
e Termicos area pileta				
f Intertrabados de jardin				
g Jardin				
14 CARPINTERIAS EXTERIORES				
a Aluminio sin premarco				
d Aluminio con premarco				
c Madera				
15 CARPINTERIAS INTERIORES				
a Marcos de Chapa y hojas madera				
d Madera				
16 VIDRIOS				
a DVH				
17 PINTURAS				
a Barnices				
b Latex (con base acuosa)				
18 INSTALACION ELECTRICA				
a Cañeria plastica rigida				
b Cañeria plastica flexible				
19 INSTALACION DE GAS				
a Cañeria metalica epoxi				
b Cañeria sigas				
20 INSTALACION CLOACAL/PLUVIAL				
a Cañeria PP				
b Cañeria pvc				
21 INSTALACION AGUA FRIA+CALIENTE				
a Cañeria pp o similares				
b Cañeria hidrobronz				
22 EQUIPAMIENTO INSTALACIONES				
a Termotanques (Eléctrico)				
b Termotanques (Gas)				
c Cocinas a gas domiciliarias				
d Cocinas electricas domiciliarias				
f Generador energia				
g Pileta natación				
h Colectores solares				
23 ACONDICIONAMIENTO FRIO CALOR				
a Aire acondicionado splits simples				
b Aire acondicionado multisplits				
c Aire acondicionado central				
d Ventiladores				
e Calefaccion central (caldera +rad)				
24 ELEVADORES				
a Standard				
b Contrapesados				
25 EQUIPAMIENTO				
a Mesadas baños marmol y coc granito				
b Inodoros con mochila				
c Bidet				
d Vanitorios				
e Heladera				
f Freezer				
g Lavavajilla				
h Lavarropas				

Tabla 4 Caracterización de las tipologías edilicias

5.3 Estado de la situación de recolección y procesamiento de datos de obra

Nos encontramos en etapa de recolección de cómputos de estudios de arquitectura, MCC4 avanzó en procesamiento con desglose por ítem en materiales intervinientes para estudio de volúmenes, pesos y cuantificación- tipificación de embalajes. Los estudios de arquitectura proveyeron documentación gráfica, cómputos iniciales y descripción técnica.

5.4.- Modelo de cálculos de materiales según análisis constructivo por MCC

Se trabajó con modelos desarrollados por una de las autoras, para la introducción a los Tipos Constructivos[14] en grado de carrera arquitectura, donde se detallan en forma sistemática los insumos para cada m² típico de cada subsistema constructivo.[15]

5.5.- Desarrollo de campañas de concientización específicas

Como resultado del análisis de las encuestas realizadas tanto a profesionales como a clientes citadas en el punto 1.2.3 y de la definición de actores intervinientes según el punto 4.2, se concluye que: es necesario el diseño de campañas que se enfoquen por un lado en promover actos como mejora de calidad de vida, resultados económicos y de responsabilidad social y por otro que faciliten la cotidianidad de las acciones, demostrando que se pueden alcanzar estos objetivos con acciones sencillas si están convenientemente guiadas. Cada grupo requiere diferentes estrategias. Se incorporan dimensiones de sustentabilidad: Social (empleo y salud) y Económica. Se trabajará con equipos interdisciplinarios: pasantes de Gráfica, Imagen y Sonido, especialistas en Riesgos laborales y nutricionistas. En la Tabla 5 siguiente se plantea una serie de acciones a incluir en las campañas de concientización

	Campañas propuestas	Equipo Diseño	Constru Equipo Técnico	Constr Equipo Obra	Cliente inversión	Usuario final	Entes regulación gobiernos
		1	2	3	4	5	6
A	A semejar manejo RCD a RSU ver casos exitosos	X	X	X	X	X	X
B	Mostrar cooperativas, ONGs, asociaciones, grupos trabajando en transformación de residuos en nuevos productos, generación empleos	X	X	X	X	X	X
B	Mostrar fichas técnicas productos construcción con mejoras en índices relacionados con la envolvente por aislación y ahorro de energía final	X			X	X	X
D	Mostrar productos de construcción con fichas técnicas y simplificación etapas de construcción	X	X	X	X		
E	Plantear ejercicios cálculo de ahorro en consumo volquetes, horas carga al clasificar y reusar RCD		X		X		
F	Beneficios gestión responsable RCD Certificación Edificios: BREAM, CFSH, DGNB, HQE, Protocolo ITACA, Certificación VERD, SBTool, Green Globes, BEAM Plus s- investigación USevilla [16]	X			X	X	X
G	Incorporar criterios de alimentación saludable para personal obra y vincular con manejo RSU, mejora del ambiente físico laboral a través: generación compost + vegetación + show room[17]		X	X			X
H	Conceptos Responsabilidad Social Empresaria	X	X		X		
I	Protocolos de acción por etapas de obra		X	X			
J	Protocolos de acción para mudanza					X	

Tabla 5 “Combinación de campañas y actores según 4.2”.

5.6.- Caracterización de embalajes de RCD locales

En la Tabla 6, se analizaron los productos más utilizados en obra en las etapas de terminaciones y obra gruesa, se caracterizaron sus embalajes, en tipo, cantidad de contenido, unidad de medición, material del mismo y sus dimensiones para acopio

en variantes óptima y de práctica habitual para evaluar la dispersión. En papel-cartón se plantea la utilización del peso y en EPS y nylon de volúmenes.

Obra gruesa		Embalajes												
Nombre del producto de construcción	unidad embalada			material Embalaje / Protección	E o P	dimensiones unitarios optimizada acopio mts			volumen aparente		volumen optimiz m3	Rel Vol a/o d:e	peso limpio kg	
	tipo	cant	u			alto	largo/R	esp	m3	forma				d:estim
1	Cemento unitario	bolsa	50	kg	papel kraft	E	0,53	0,74	0,004	0,027	bollo	0,002	17,2	0,2
2	Cemento x pallet x 40 bolsas	pallet	40	b	nylon strech	E	1,43	4,00	0,002	0,039	bollo	0,011	3,4	s p
3	Cal comun	bolsa	20	kg	papel kraft	E	0,44	0,64	0,004	0,018	bollo	0,001	16,0	0,15
4	Cal comun mezclas albañileria	bolsa	30	kg	papel kraft	E	0,55	0,80	0,004	0,027	bollo	0,002	15,3	0,17
5	Cal aerea yeso	bolsa	40	kg	papel kraft	E	0,55	0,80	0,004	0,027	bollo	0,002	15,3	0,18
6	Revoques elastoplasticos	bolsa	25	kg	papel kraft	E	0,44	0,64	0,004	0,023	bollo	0,001	20,0	0,15
7	Ladrillos comunes	pallet	800	u	nylon strech	E	1,65	4,00	0,002	0,045	bollo	0,013	3,4	s p
8	Ladrillos ceramicos 8 12/33/18	pallet	198	u	nylon strech	E	1,32	4,00	0,002	0,036	bollo	0,011	3,4	s p
9	Ladrillos ceramico 12 12/33/18	pallet	144	u	nylon strech	E	1,32	4,00	0,002	0,036	bollo	0,011	3,4	s p
10	Ladrillos ceramicos 18 12/33/18	pallet	90	u	nylon strech	E	1,32	4,00	0,002	0,036	bollo	0,011	3,4	s p
11	Bloques ceramico 12 port 14/33/19	pallet	126	u	nylon strech	E	1,32	4,00	0,002	0,036	bollo	0,011	3,4	s p
12	Bloques ceramico 18 port 18/33/19	pallet	90	u	nylon strech	E	1,32	4,00	0,002	0,036	bollo	0,011	3,4	s p
13	Bloques hormigon 15 port 14/39/19	pallet	126	u	nylon strech	E	1,54	4,00	0,002	0,042	bollo	0,012	3,4	s p
14	Bloques hormigon 20 port 19/39/19	pallet	105	u	nylon strech	E	1,54	4,00	0,002	0,042	bollo	0,012	3,4	s p
15	Hidrófugo y Aditivo vinilico s/tapa**	balde	4	lts	plastico G5	E	0,19	0,10		0,006	vol ext	0,002	3,0	0,225
16	Hidrófugo y Aditivo vinilico s/tapa**	balde	20	lts	plastico G2	E	0,38	0,13		0,020	vol ext	0,007	3,0	0,87
17	Aislacion lana de vidrio 2"	rollo	21,6	m2	nylon	E	1,20	1,88	0,001	0,005	bollo	0,002	2,0	s p
18	Aislacion espuma 10mm	rollo	20	m2	nylon	E	1,00	1,73	0,001	0,0045	bollo	0,0017	2,6	s p
19	Barrera de vapor (tyvec o similares)	rollo	20	m2	nylon	E	1,00	0,63	0,001	0,0015	bollo	0,0006	2,4	s p

Obra terminaciones		Embalajes y protecciones												
Nombre del producto de construcción	unidad embalada			material Embalaje / Protección	E o P	dimensiones unitarios optimizada acopio mts			volumen aparente		volumen optimiz m3	Rel Vol a/o d:e	peso limpio kg	
	tipo	cant	u			alto	largo/R	esp	m3	forma				d:estim
1	Pegamento ceramicas porcelanatos	bolsa	30	kg	papel kraft	E	0,53	0,74	0,004	0,027	bollo	0,0016	17,2	0,2
2	Pastinas grande	caja	5	kg	carton	E	0,30	0,20	0,02	0,003	aplaste	0,0012	2,5	0,22
3	Ceramicas 30 x 30 promedio	caja	1	m2	carton	E	0,50	0,50	0,005	0,005	aplaste	0,0013	3,6	0,25
4	Porcelanato 30 x 60 promedio	caja	1,08	m2	carton	E	0,40	0,90	0,005	0,006	aplaste	0,0018	3,5	0,325
5	Piso Flotante (linea premium)	caja	3,08	m2	carton	E	0,40	1,40	0,005	0,014	aplaste	0,0028	5,1	0,5
6	Masilla paneles roca yeso s/tapa**	balde	30	kg	plastico G2	E	0,31	0,20		0,0390	vol ext	0,0135	2,9	1
7	Pintura /enduido s/tapa**	balde	20	lts	plastico G2	E	0,30	0,17		0,0272	vol ext	0,0095	2,9	0,87
8	Griferia sanitaria, pil cocina (fv)	caja	1	u	carton	E	0,30	0,50	0,005	0,0032	aplaste	0,0008	4,2	0,4
9	Artefacto sanitario, inodoro (ferrum)	caja	1	u	carton	E	0,41	0,60	0,010	0,0098	aplaste	0,0025	4,0	0,2
10	Cocina/Termo/Lavarropas/Caldera	u	1	u	EPS	P	0,60	0,60	0,300	0,11	bulto	0,054	2,0	s p
		u	1	u	nylon	E	1,30	0,90	0,001	0,005	bollo	0,001	3,8	s p
11	Aire Acondicionado Compresor	caja	1	u	EPS	P	0,95	0,35	0,20	0,07	bulto	0,050	1,3	s p
	Aire Acondicionado Compresor	caja	1	u	carton doble	E	1,30	1,20	0,010	0,0624	aplaste	0,0156	4,0	3,25
12	Aire Acondicionado Evaporador	caja	1	u	EPS	P	0,85	0,35	0,20	0,06	bulto	0,045	1,3	s p
	Aire Acondicionado Evaporador	caja	1	u	carton doble	E	1,20	0,60	0,010	0,0288	aplaste	0,0072	4,0	1,5

Tabla 6 "Caracterización de embalajes de RCD locales"

5.7.- Protocolos de acción por etapas, tipo de residuos y embalajes

Con el antecedente "Posibilidades de valorización de ResCon" (residuos construcción) propuestos por Mercante [18], se plantea en la Tabla 7 un protocolo integral con análisis de gremios generadores, etapas y distinción entre restos y embalajes, la identificación de etapas y gremios permitirá el desarrollo posterior de planillas específicas para cada uno seleccionado solo la información necesaria. El registro de las herramientas imprescindibles para manipulación y fraccionamiento son determinantes a efectos de garantizar el éxito final para el cumplimiento de objetivos generales y específicos teniendo en cuenta que las horas invertidas en previsión y anticipación de compras son menores de las requeridas sin programación. Esto se magnifica en obras grandes con burocracia administrativa y en obras aisladas o lejanas a centros de comercialización de herramientas, accesorios y equipos. La búsqueda de interesados directos en los RCD que no puedan ser reutilizados y/o reciclados para la propia obra reduce los costos de

recursos humanos propios ya que se puede coordinar acciones para que los mismos estén a cargo de los receptores reduciendo tiempos, espacio y seguros personales.

	TIPO DE RESIDUO GENERADO SEGUN MATERIALIDAD	GREMIO / ACTIVIDAD DE OBRA	ETAPA DE OBRA			TIPO GENERACION		HERRAMIENTAS Y MATERIALES NECESARIOS	VALORIZACION / DESTINO	
			OBRA GRUESA	TERMINACIONES	MUDANZA	CORTES / RESTOS	EMBA LAJE		REUSO OBRA	VENTA / DONACION
1	MAMPOSTERIAS LADRILLOS/MEZCLAS		X			X		Equipo obra machacadora	H° livianos rellenos y Bloques	
2	COLOCACIONES			X		X		Envases item 12	Deco Obra	Mosaiquistas
3	HORMIGONES	H°A°	X			X		Equipos de obra	Rellenos varios	
4	MADERAS	H° CARPINTEROS	X			X		Sacaclavos Envases item 12	Protecciones	Artesanos decoración, carpinterías
5	ASFALTOS		X			X		Brochas	Impermeabilización	
6	CARTONES	TODOS		X	X		X	Trinchetas, procesadora	Placas Papel Cemento	
7	PAPEL BOLSAS cemento, cal, afines		X	X			X	Trinchetas, procesadora	Placas Papel Cemento	
8	METALES	HERRERIA	X			X		Envases item 12		Chatarreros
9	VIDRIOS	VIDRIO		X		X		Envases item 12		Artesanos articulos decoración
10	YESOS	YESO		X		X		Cortadores, machacadora	Paneles cerramiento	
11	EPS	SANIT, AA, USUARIO		X	X		X	Trinchetas, triturador, tamiz	H° livianos rellenos y Bloques	
12	PLASTICOS Envases sin contaminantes	MAM YES PINTURA		X			X	Espatulas, guantes, bolsas	Clasificación RCD, Compost Plantas	
13	PLASTICOS Nylon/Strechs	TODOS	X	X	X		X	Bolsas	Protecciones	Artesanos art oficina y marroquineria
14	PLASTICOS redes caladas	SANITARIO		X			X	Tijera reforzada	Refuerzos Placas Papel Cemento	
15	ALIMENTACION	TODOS				X		Envases item 12	Compost Plantas	

Tabla 7 “Caracterización de RCD + RSU obra con propuesta de Reuso”

5.8.- Propuesta de reutilización de RCD para la misma obra

Además de reutilización y reciclado general según tabla 7, la propuesta de hacerlo in situ busca disminuir emisiones de CO² generadas en traslado a centros de reciclado, proceso de reciclado y redistribución del producto como materia prima. Ya hay una obra donde se reutiliza la demolición en fabricación de bloques de muros, presentada en Congreso SolarCities [19]. La dosificación del alma de los bloques es 1:1:1:3,25 correspondiendo a cemento, arena y cascote respectivamente en kilos y EPS medido en litros. Cada alma de bloque de 12 cm de espesor contiene 2 kg de cemento, arena y cascote y 7,5 litros de EPS aditivado. Las caras superficiales corresponden a mortero de cemento 1:3 con espesores de 1 cm al exterior y 0,5 cm al interior. Los muros serán dobles completándose con capa de aislante y terminación de placas de roca yeso para llegar a un valor de U de 0,60 a 0,70 W/m²C. Los bloques fueron ensayados a compresión en el laboratorio del INTI con resultados promedio de 3,10 Mpa, siendo aptos muros no portantes [20].

En obra de rehabilitación se fabricaron placas de cielorraso con papeles RCD y RSU, se utilizó una formula diseñada por la Arq. Susana Caruso para su proyecto TRP18 SI FADU ½:1/1/8 papel, cemento, sellador con una densidad de 700 kg/m³. Se aplicó en un espacio prototipo de 2,4 m² con el objetivo de aplicarlos a viviendas.

6.- Logros

- Se avanzó en el estudio de la zona definiendo tipologías, seleccionando 4 obras y contactando a sus estudios de arquitectura y empresas de construcción.
- Se relevaron volquetes y estudiaron y clasificaron sus contenidos.
- Se adaptaron planillas genéricas de cómputos para aplicación al proyecto.
- Se desglosó el cómputo de uno de los edificios intervinientes. Tipología: MCC4

- Se desarrolló planilla de análisis de embalajes de productos para todas las etapas con valoración y cuantificación en peso y volumen unitario y situaciones de riesgo que podrían complicar la clasificación selectiva y posterior reuso de RCD.
- Se diseñaron planillas de tipologías campañas de concientización según actores.
- Se desarrolló planilla de protocolos de acción por etapas y tipo de residuos.
- En el Modelo MCC2 ya se ha comenzado a trabajar con RCD de la misma obra reciclando cascotes de demolición en mezclas para la fabricación de bloques para muros exteriores [19]. Se estima reutilización de 2 tons. de cascote de demolición.

7.- Dificultades

- En la recepción de datos por parte de los estudios de arquitectura, en muchos casos se van definiendo detalles constructivos durante la misma construcción.
- En la previsión de variantes locales para la adaptación del sistema considerando diferentes formas y tamaños de provisión de materiales y embalajes.
- En la existencia de procesos dinámicos relacionados con modificaciones de comercialización y embalaje de productos y aparición de nuevos materiales de tipo convencional con sus respectivas características propias y de sus embalajes.

8.- Conclusiones

Muestra un avance innovador en el manejo y cuantificación de RCD en Argentina considerando que hay iniciativas aisladas de profesionales en el campo de la investigación del tema pero no existe legislación ni interés alguno en avance en esa dirección por parte de gobiernos locales ni nacionales.

Se desarrollaron planillas específicas de caracterización de RCD como etapa superadora de protocolos de obra tendientes a la reducción de residuos existentes.

Por otra parte se plantearon protocolos de manipulación para su correcta clasificación previa y su posterior reutilización para usos específicos.

Constituye una contribución al manejo de RCD en Argentina al considerar el uso de los residuos de construcción para la fabricación de productos para la propia obra reduciendo el consumo de materiales vírgenes, de combustible y recursos humanos para traslados. Se diseñan asimismo productos que por sus propiedades colaboren al rendimiento térmico de la envolvente edilicia reduciendo consumos de energía y mejorando el grado de confort para sus habitantes.

Como ejemplo de aplicación del trabajo de esta investigación se pudo determinar que un edificio de 57 Unidades con gestión de RCD aplicada al área de embalajes generaría un impacto económico productivo local:

- Cartón con un mínimo de generación de 3tn a 700\$/tn da un rinde de 2100\$;
- EPS proveniente de la trituración de embalajes se obtienen como un mínimo 20 m³ de material que a 250\$/m³ generan 5.000\$
- Nylon con la suma de envoltorios y protecciones de una obra de esta envergadura se pueden fabricar 120 bolsos y carteras por un valor de venta de 100.000 \$ como ejemplo de un micro emprendimiento que recolecta este material en forma gratuita en el área de Buenos Aires.
- Estos valores pueden considerarse reducidos para el presupuesto de una obra pero generan un impacto de desarrollo local de suma importancia para cooperativas o micro emprendimientos. Valores expresados en pesos argentinos.

El MCC2 tendrá un desarrollo de muros de envolvente de 400 m²=6000 bloques rescatando el movimiento de 12 toneladas de cascotes, en su estado de procesamiento de densidad 1000 kg/m³ de uso esto implica 12 m³ pero en el estado de traslado con densidad de 500 kg/m³ esto representaría 24 m³.

Con la inserción en UBA, Universidad Nacional S. Martín, matriculas profesionales u DGNB [21] se prevé contar con colegas interesados en capacitación en el proyecto.

En función de la inserción de las autoras en ámbito docente-investigación, se prevé contar con auxiliares para recolección de datos necesarios para la culminación de proyecto a través de programas de pasantías y del programa Finales ITC CEP.

Se generaron fuertes vínculos con dos de los estudios intervinientes lo que se permitirá una verificación de estimaciones de generación RCD, gestión y reuso.

Si bien el tema de gestión RCD está ampliamente tratado, el proyecto vincula las 3 dimensiones de la sustentabilidad y genera herramientas para reducir RCD y para su aplicación en productos de obra demostrando viabilidad práctica y económica. Con el programa “Capacidades Universitarias para el Desarrollo Productivo”, será posible capacitar población sin formación previa abarcando el pilar social.

Se analizó que el volumen de acopio y traslado de embalajes puede variar entre 3 y 17 veces según el formato elegido por lo que consideramos que el Manual de protocolos de gestión por RCD deberá tener los pasos a seguir y herramientas.

REFERENCIAS

- [1] Reed, David, (1996) *Ajuste estructural, ambiente y desarrollo sostenible*, Caracas WWF, CENDES, Editorial Nueva Sociedad.
- [2] Fuente: Servicio Meteorológico Nacional www.smn.gov.ar
- [3] Allenbach, Martin 2005. *Die Cartoneros*. HGKZ. Zurich.
- [4] Yajnes, Sutelman et all (2014), [http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/pdf/El camino del Cascote en Buenos Aires, Argentina](http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/pdf/El_camino_del_Cascote_en_Buenos_Aires_Argentina)
- [5] Mercante, I (2008) Impacto ambiental de los residuos de construcción y demolición alternativas de gestión. <http://www.imd.uncu.edu.ar/upload/mercante-residuosconstruccion.pdf> Universidad Nacional de Cuyo. San Juan, Argentina
- [6] Reixach,Barroso,Cusco. (2000) *Plan de gestion de residuos en las obras de construccion y demolicion*, Instituto de Tecnologia de la Construccion de Cataluña, IteC. Programa Life 98/351 Direccion General Medio Ambiente Comunidad Europea. Barcelona, España.
- [7] Díaz, Ruggeri, (2009) *Guía de buenas prácticas ambientales para obras en construcción*, Aulas y Andamios, Buenos Aires
- [8] CIMPARG, Comisión Interempresaria Municipal Protección Ambiental Rosario;Galdos, Baud et all(2010) *Buenas prácticas ambientales en la construcción*. Rosario.
- [9] Putruele (2015) [http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/ Encuestas RCD.pdf](http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/Encuestas_RCD.pdf)
- [10] Fuente: INDEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. R. Argentina. Viviendas.
- [11] Mercader-Moyano, Ramírez-de-Arellano-Agudo, 2013 Selective classification and quantification model of C&D waste from material resources consumed in residential building construction. *Waste Management & Research*. 458–474
- [12] Fuente: Dirección general de obras particulares de Vicente LopezFuente:
- [13] INDEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. R. Argentina metros cuadrados construidos.
- [14] Yajnes (2012) [http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/pdf/Modelo de Computos ITC](http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/pdf/Modelo_de_Computos_ITC)
- [15] Trulls, Putruele (2015) [http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/MCC 4.pdf](http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/MCC_4.pdf) y [MCC 3.pdf](http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/MCC_3.pdf)
- [16] MMoyano;GPiñero;RA Agudo(2014) A review of environmental impact assesment methods for historic districts *4th Conference on Heritage and Sustainable Development*. edited by Amoedo,R; Lira,S; Pinheiro, C.Green LInes Institute, p347-357, Barcelos, Portugal.
- [17] Knut, Jane, James, Construcción Salud y Prevención. *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. Tomo 3.93. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

- [18] Mercante, I (2007) Caracterización de residuos de la construcción. Aplicación de los índices de generación a la gestión ambiental. *Revista Científica UCES Vol. XINº2* pag 86.109.
- [19] Yajnes et al (2014) Recursos en Residuos, hormigones con incorporación de agregados provenientes de residuos en productos de construcción con generación de empleo verde *5º Congreso Internacional Solar Cities*, APRA, pag 201-225, Bs Aires, Argentina.
- [20] http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/pdf/INTI_ENSAYOS_COMPRESION.pdf
- [21] DGNB Deutsche Gesellschaft Nachhaltiges Bauen [German Sustainable Building Council](#)