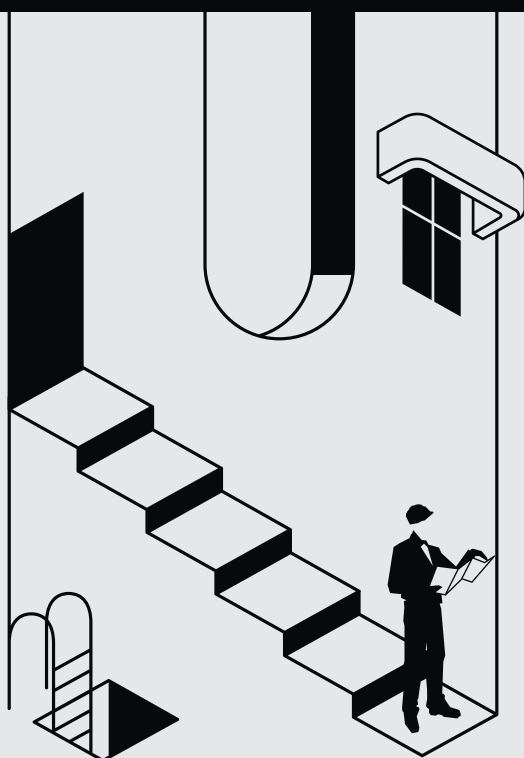


# ¿Residuos o recursos?

## Impacto de la demolición en zona consolidada, caso Quito.

*Waste or resources?*

*Impact of the demolition in a consolidated area, the case of Quito.*



Irene Cabezas (1)  
Grace Yopez (1,2)  
Nicolas Salmon (1,2)



## Resumen

En Quito, la demolición de edificios en zonas consolidadas es un problema que nadie aborda, por lo que se propone esta investigación para estudiar dicho fenómeno y plantear una metodología para el manejo ideal de los residuos generados y la reducción de sus impactos, bajo la filosofía de la economía circular y las 3R (reducir, reusar, reciclar). Dicha metodología se valida a través de la aplicación en un caso de estudio. Inicialmente se analizaron los referentes mundiales sobre la demolición y el manejo de los residuos, para establecer una visión técnica de: tipos, métodos y normas de demolición; así como métodos de gestión y de evaluación del impacto de sus residuos. Luego, se estableció la problemática local de la demolición y manejo de residuos, donde las transformaciones de la ciudad, con la práctica tradicional que mezcla todos los componentes asumiéndolos como "desechos", ha demandado la creación paulatina de nuevas escombreras, la legalización de algunas clandestinas y la disposición anti-técnica en sitios inadecuados (lotés baldíos, quebradas, etc.); lo que implica un impacto ambiental considerable. Seguidamente se planteó la metodología para determinar, caracterizar y valorar los materiales generados por la demolición en predios construidos en Quito, hasta determinar escenarios de minimización del impacto respectivo. Finalmente la metodología aplicada al caso de estudio, arrojó varios resultados como la relación entre el volumen en m<sup>3</sup> y el área en m<sup>2</sup> del edificio existente, el porcentaje de reutilización viable de los componentes y la evaluación del impacto social, económico y natural según el tipo de demolición.

**Palabras clave:** Demolición, residuos de demolición, impacto de la demolición, zona consolidada, deconstrucción.

## Abstract

In Quito, the demolition of buildings in consolidated areas is a problem that no one attacks, because of this it is proposed this research to study this phenomenon and to approach of a methodology for the ideal management of the generated waste and the impact reduction, under the philosophy of the circular economy and the 3R (reduce, reuse, recycle). This methodology is validated through the application in a case study. Initially, the world references about demolition and waste management were analyzed and it was established a technical vision of: demolition types, methods and standards; as well as debris management methods and its impact evaluation. Subsequently, it was established the local problem of the demolition and waste management, where the city transformations, with the traditional practice that mixes all the components and it prefixes them as "waste", it has demanded the gradually creation gradually of new landfills, the legalization of some clandestine ones and the anti-technical disposition in inadequate sites (vacant lots, streams, etc.); which implies a considerable environmental impact. Next, it is proposed a methodology to determine, characterize and evaluate the materials generated by the building demolition in Quito, until determining scenarios of minimization of its impact. Finally, the methodology applied to the case study gave several results such as the relationship between the volume in m<sup>3</sup> and the area in m<sup>2</sup> of the existing building, the percentage of viable reuse of the components and the evaluation of the social, economic and natural impact according to the type of demolition.

**Key words:** Demolition, demolition waste, demolition impact, consolidated urban area, deconstruction.

## Introducción

Este trabajo ha sido desarrollado dentro del marco de la investigación de tesis de maestría MAS PUCE<sup>1</sup> y el proyecto MINUR "Hacia una nueva minería urbana", propuesto por la empresa YES Innovation, cuyo principal objetivo es convertir la producción de RCD<sup>2</sup> en nuevas oportunidades de economía circular para Quito.

A nivel mundial, la continua construcción y reconstrucción de las ciudades, ha implicado un impacto considerable sobre todo al medio natural; que no siempre ha sido evaluado. La urbanización acelerada de las últimas décadas y la especulación del suelo, traducida territorialmente tanto en procesos expansivos como de densificación, ha revelado el creciente desplazamiento de entornos naturales, la demandante extracción de recursos y la contaminante generación de RCD.

La creciente población mundial, según las proyecciones, continuará concentrándose mayoritariamente en zonas urbanas, sobre todo de regiones en vías de desarrollo (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2014, p. 25). Es decir, las ciudades latinoamericanas, por ejemplo, no escapan a las transformaciones necesarias que a su vez conllevan procesos colaterales como el de la demolición.

Según la literatura consultada, el fenómeno de la demolición, que en países desarrollados, como China, responde a procesos masivos promovidos por las propias municipalidades para dar solución a problemas urbanos de escasez de tierra y contaminación ambiental (Tao, et al., 2017); contrastantemente, en América Latina, Ecuador y específicamente en Quito, se da generalmente a nivel privado y aunque no hay a la fecha información publicada al respecto, la evolución histórica de la mancha urbana y los procesos de renovación urbana en varios sectores de la ciudad denotan su existencia y potencial incremento.

Únicamente se registra información de algunos

polémicos derrocamientos de casos singulares de edificios públicos, como el del edificio de la Dirección Provincial de Salud de Pichincha, el del Registro Civil y del edificio Dassum en el centro histórico entre el 2013 al 2015 o el del Palacio de Justicia en el 2013 o el de la Biblioteca Nacional en 1973.

Complementariamente, según lo registrado en experiencias propias a lo largo del ejercicio profesional, la demolición de edificios existentes para dar paso a otros nuevos en zonas consolidadas de Quito, es un hecho, tal como la práctica tradicional que muy escasamente incluye el reuso o reciclaje de los residuos generados, lo que origina un gran y creciente volumen de residuos, que se evidencia en el paulatino aumento de escombreras autorizadas y clandestinas.

Esta situación estableció la necesidad de desarrollar un estudio a detalle para indagar en primera instancia la situación actual en Quito y plantear soluciones que permitan reducir el impacto de los REDEM<sup>3</sup>.

La escasa información sobre el fenómeno de la demolición a nivel local decantó en la premisa inicial de comprender dicho fenómeno que permita plantear soluciones realmente necesarias y aplicables y poder contestar las preguntas de investigación: ¿Pueden ser los residuos, generados por la demolición de edificios en Quito, recursos para la construcción? y ¿El manejo adecuado de estos residuos puede ayudar a disminuir el impacto de la demolición? Y la hipótesis de si un proceso de valoración, evaluación y gestión de los REDEM puede disminuir su impacto al recuperar materiales y generar una nueva economía para la construcción u otro sector productivo reduciendo, en parte, la demanda de recursos naturales.

## Metodología

Los métodos utilizados fueron el analítico sintético de la información bibliográfica para establecer el estado del arte sobre la demolición y

1. Maestría en Arquitectura y Sostenibilidad de la Universidad Católica del Ecuador

2. Residuos de demolición

3. Residuos de demolición

residuos, normas, métodos y técnicas. El método lógico deductivo se aplicó para determinar la problemática local de la demolición y manejo de los REDEM en Quito, así como para el planteamiento de la propuesta metodológica de manejo de los REDEM a través de tablas de Excel.

Para la aplicación de la metodología propuesta, se utilizaron varias técnicas: entrevistas con el propietario y profesionales involucrados, levantamiento de datos en campo comprendiendo el registro fotográfico y levantamiento planimétrico y altimétrico del inmueble existente. Finalmente, con los datos recopilados se utilizó el método de la modelación del caso de estudio a través de tecnología CAD<sup>4</sup> y BIM<sup>5</sup> para aplicar o validar la propuesta metodológica.

### Estado del Arte de la demolición y los REDEM

En la primera parte se establecieron definiciones clave de las edificaciones y procesos relacionados para comprender el fenómeno de la demolición y los REDEM, a saber: ciclo de vida, vida útil, fin de vida, durabilidad, demolición, demolición tradicional, deconstrucción, demolición selectiva, energía embebida, RCD y REDEM, residuo aprovechable, no aprovechable, inerte, especial,

disposición final, caracterización, valorización, gestión, impacto, ACV<sup>6</sup>. Luego, se analizaron las normas relacionadas a nivel internacional, nacional y local. Encontrándose que aunque Quito tiene la ordenanza 332 (Concejo Metropolitano de Quito, 2010) y el Plan Maestro de Gestión Integral de Residuos del Distrito Metropolitano de Quito (PMGIRS) (Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2016), no se aborda de manera específica la práctica de la reutilización o del reciclaje de los RCD ni la identificación y reducción de los impactos negativos de los REDEM.

También se establecieron las condiciones básicas a tomar en cuenta para realizar una demolición reduciendo los riesgos implícitos, como previsión de medidas de seguridad y salud, protecciones necesarias, entre otros.

Se propuso una clasificación de los métodos de demolición según el orden de ejecución, ya que no existe una universal y según la literatura consultada, cada autor adopta diferentes criterios. Los métodos definidos pueden efectuarse con varias técnicas y a través de diferentes medios, de manera simple o combinada, que se pueden visualizar de manera resumida en el siguiente es-

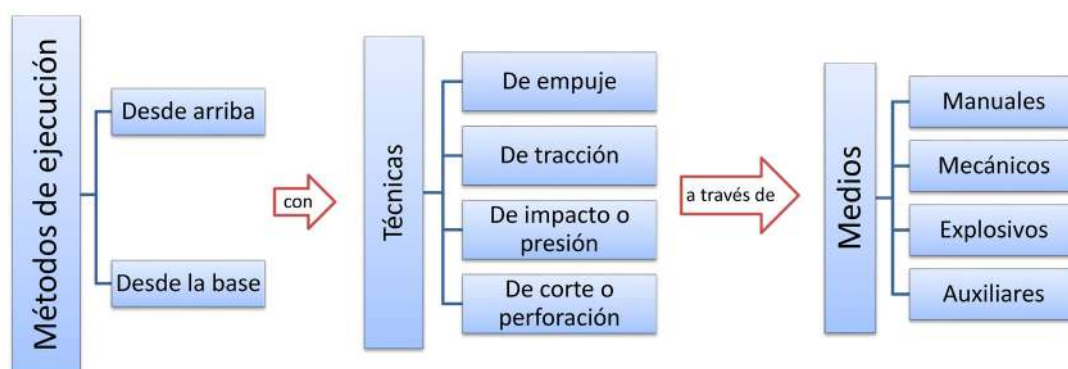


Figura 1: Demolición, métodos de ejecución, técnicas y medios. (Cabezas I., 2018)

quema (ver Figura 1).

Se revisaron también algunos métodos de gestión de RCD aplicables a los REDEM, como la lógica inversa, el marco lógico y las 3R, encontrándose esta última filosofía como la más apropiada a incluir la propuesta metodológica de manejo de los REDEM. Adicionalmente, se incluyeron los avances de recientes desarrollos tecnológicos como el Big Data y el BIM que pueden ser de mucha utilidad en el manejo de los REDEM.

Se estima que desde el diseño se puede prever hasta en un 80% la reducción de los REDEM. Es

por esto que es pertinente desarrollar localmente más, conceptos como el DFR (design for reuse) o el DFD (design for disassembly).

Posteriormente se abordaron los métodos de evaluación del impacto de la demolición y los REDEM, para lo que se resumió inicialmente en la Tabla 1 los impactos a cada medio natural, social como económico.

La evaluación del impacto de los REDEM es nuevo a nivel mundial, más aún incipiente a nivel local, por lo que como resultado de la investigación se definió que los métodos más viables actual-

**Tabla 1.** Impacto de los REDEM.

MEDIO NATURAL		MEDIO SOCIAL	MEDIO ECONÓMICO
AL MEDIO INERTE	AL MEDIO BIÓTICO	Condiciones socioeconómicas, calidad ambiental, aprovechamiento de recursos, calidad y	
Clima, atmosfera, litósfera, hidrosfera	Condiciones edáficas del suelo, vegetación y fauna		
Consumo de materias primas y energía	Deforestación y poda de árboles	Ruido y vibraciones por el tráfico de vehículos pesados, tanto en la extracción como en el vertido	Devaluación de propiedades
	Pérdida de hábitat por la extracción de materias primas	Degradación paisajística en entornos naturales por el vertido y la extracción	
Contaminación del agua	Pérdida de hábitat por la ocupación de suelos para el vertido	Degradación paisajística en entornos urbanos por la acumulación de residuos en solares, descampados y márgenes de calles y caminos	
Contaminación atmosférica	Pérdida de calidad edáfica en los suelos en los que se han acopiado residuos, aunque se retiren posteriormente	Ocupación de suelos en entornos urbanos que podrían destinarse a otros usos	Afectación a la infraestructura como deterioro de vías
Modificaciones geomorfológicas		Efectos en la salud por emisiones tóxicas e incremento de accidentabilidad en áreas circundantes a procesos de demolición	
		Generación de asentamientos no planificados a lo largo de las vías que conducen a las escombreras	

Fuente: Resumido y adaptado de (Mejía, Giraldo, & Martínez, 2013, págs. 117-118) y (Fernández, 2016, pág. 44), por (Cabezas I., 2018)



mente a nivel local son los índices y los indicadores de impacto; mientras que métodos generales de evaluación de la sostenibilidad de edificios y el método del ACV, considerado por varios autores como el más completo; no son aun tan aplicables porque son muy generales y por la falta de datos locales para aplicar a certificaciones y herramientas informáticas costosas.

Los índices encontrados fueron: el de generación Per cápita, y el de la relación m<sup>3</sup> REDEM /m<sup>2</sup> obra. Los indicadores de impacto de los REDEM más relacionados fueron, al medio social: número de incidencias de enfermedad o lesión (Rivela, 2012, p. 265), cantidad de empleos generados y satisfacción de la población en cuanto a la gestión de los RCD (Tascón, 2017, p. 60); al medio económico: tasa de recuperación de valor económico de RCD (Tascón, 2017, p. 60), costo de operaciones de tratamiento y recuperación de RCD y costos de transporte de RCD (Tascón, 2017, p. 61); y al medio natural: emisiones de CO<sup>2</sup>, uso de la tierra (Tascón, 2017, p. 60), polución de fuentes

hídricas (Tascón, 2017, p. 60).

### Problemática en Quito

En cuanto a la problemática de Quito, se analizó que la ciudad ha tenido transformaciones vertiginosas en los últimos 30 años; tanto a través del análisis del crecimiento de la población hasta el año 2010 y la proyección referencial al 2020, donde el incremento de la población en los últimos 20 años equivale al de los 50 años anteriores (Figura 2); a través de la expansión desbordada de la mancha urbana, que en los últimos 28 años creció 30000 Ha (pero con las menores densidades poblacionales), área equivalente casi al doble del área que la ciudad llegó a tener en los 227 años anteriores (Figura 3); y de la actividad constructiva que se registra en la tendencia creciente de los m<sup>2</sup> certificados por la ECP CAE-P7 (Figura 4). Estas transformaciones muy probablemente continuarán si se mantienen las tendencias de crecimiento poblacional y no se controla la dispersión y especulación del suelo.



Figura 2: Crecimiento de la población de Quito.  
Fuente: datos del INEC<sup>8</sup> procesados por (Cabezas I., 2017)

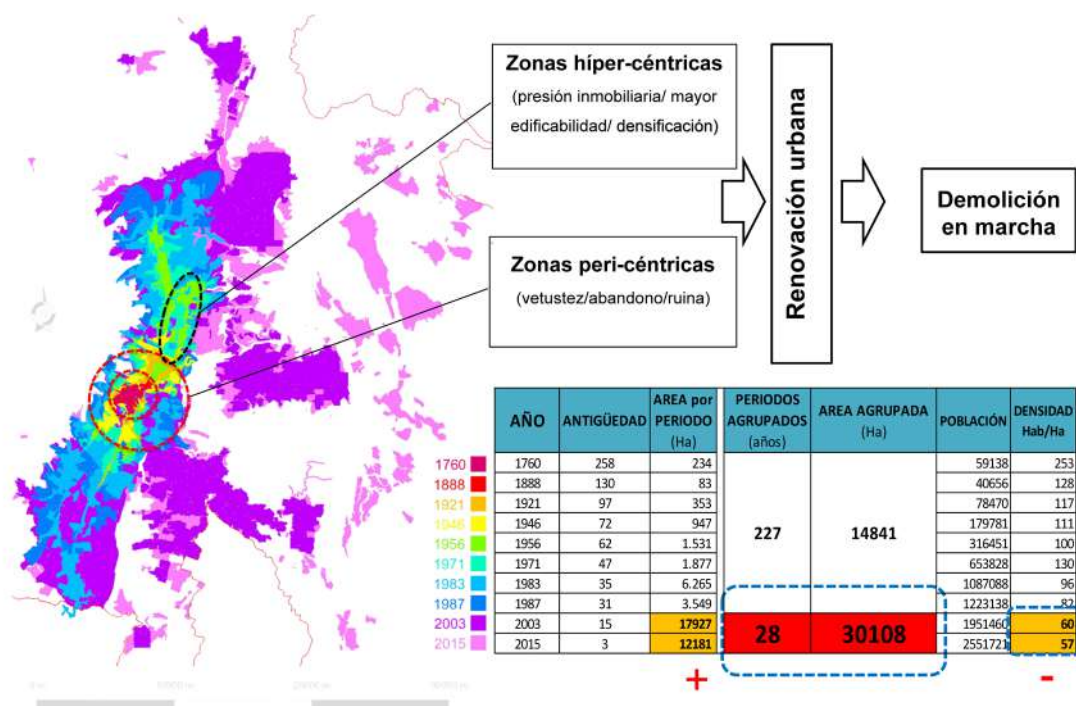


Figura 3: Crecimiento urbano de Quito.

Fuente: Datos del Geoportal Datos abiertos Quito (Secretaría General de Planificación Quito, 2017) procesados por (Cabezas I., 2017)

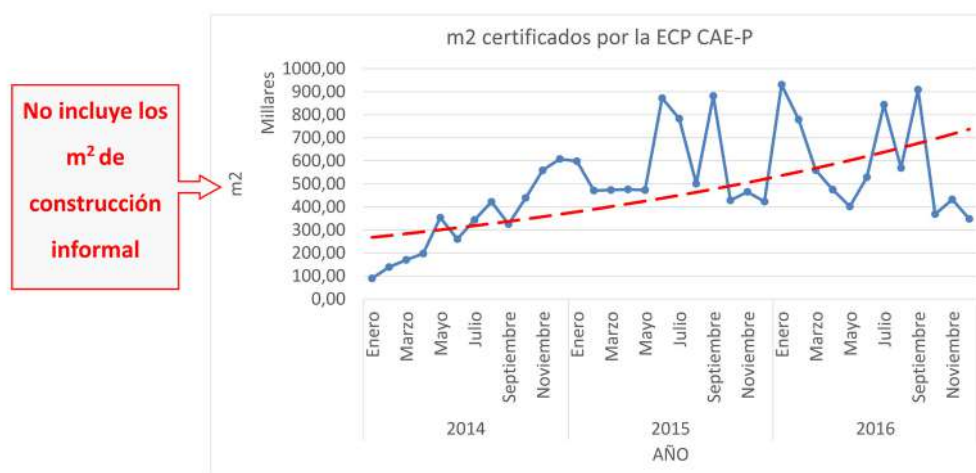


Figura 4: m² certificados en Quito del 2014 al 2016.

Fuente: Datos de la ECP CAE-P procesados por (Cabezas I., 2017)

A esto se suma el objetivo de ciudad compacta que se propugna en el plan de ordenamiento territorial (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2015), que implica densificación de zonas consolidadas, donde la demolición entra en esce-

na. Se registra una considerable cantidad de m² demolidos entre enero del 2014 a julio del 2017 en las parroquias del Distrito Metropolitano de Quito según la información proporcionada por la SHTV9 de licencias LMU<sup>10</sup> -20 simplificadas, donde el

9. Secretaría de Hábitat, Territorio y Vivienda del Distrito Metropolitano de Quito.

10. Licencia Metropolitana Urbana

mayor valor de  $m^2$  derrocados por mucho es el de la parroquia de Iñaquito, que corresponde a la zona consolidada híper-céntrica. Sin embargo, todas las otras parroquias registran algún dato, hasta las zonas de reciente incorporación a la ciudad como los valles y las periferias (Figura 5).

En un recorrido por algunas zonas peri e híper-céntricas del centro norte de Quito, se pudo fácilmente localizar varios predios con demoliciones en proceso o ya terminadas, coincidentes algunas y otras no con la información de licencias LMU-20

simplificadas. En virtud del tiempo y recursos para el desarrollo de la investigación, la definición del caso de estudio no respondió a una muestra sino a la facilidad de levantamiento, acceso a información y al hecho de que se encuentra en el barrio San Juan, zona consolidada peri-céntrica, con alto potencial de densificación pero de muy lenta transformación, pues no goza del interés de los actores inmobiliarios, a diferencia del área híper-céntrica; aunque es un caso representativo para producción de vivienda de nivel medio previa la demolición del inmueble existente. (Figura 6).

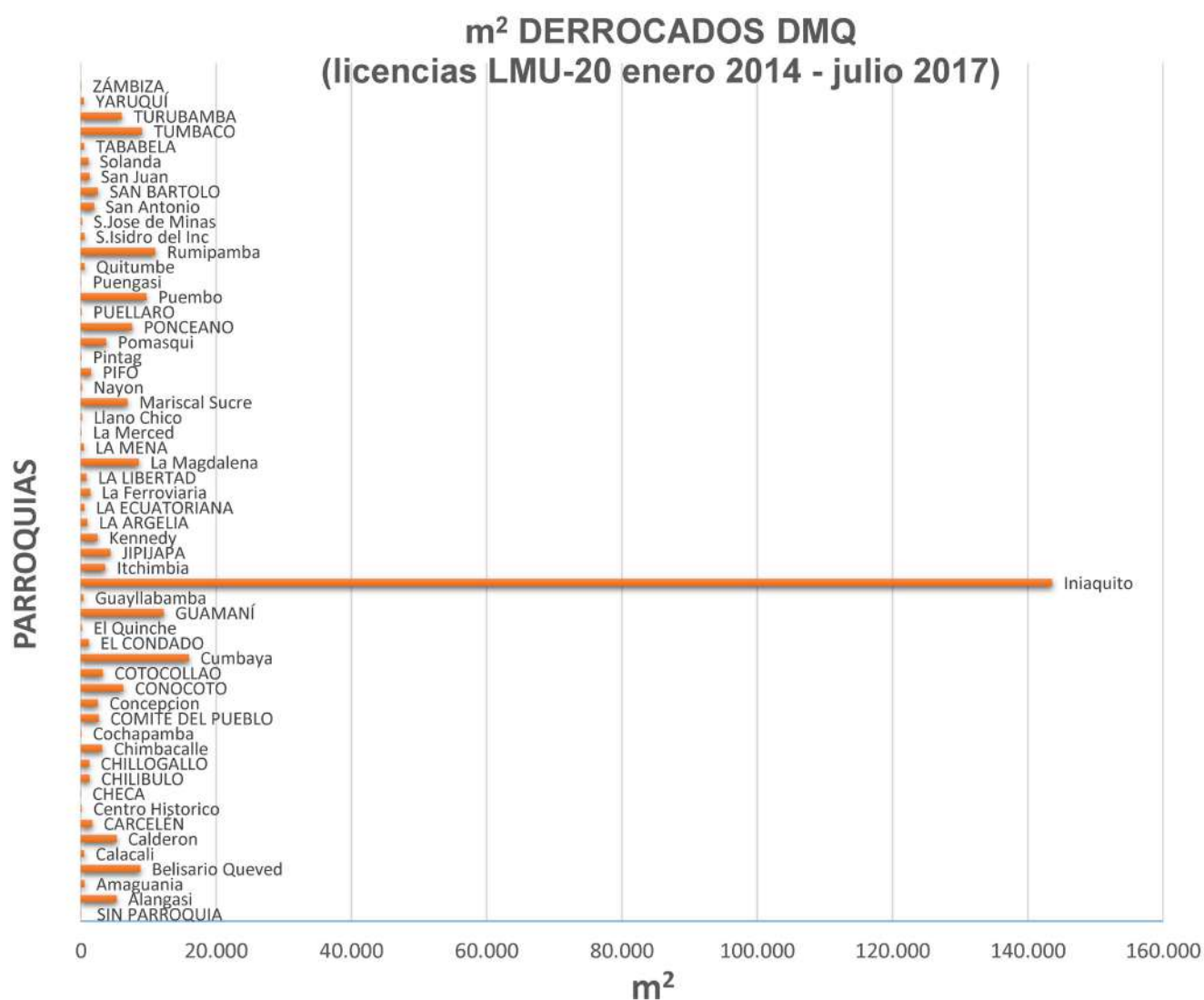


Figura 5:  $m^2$  derrocados con permiso según LMU-20 simplificada.

Fuente: Datos de la SHTV procesados por (Cabezas I., 2017)



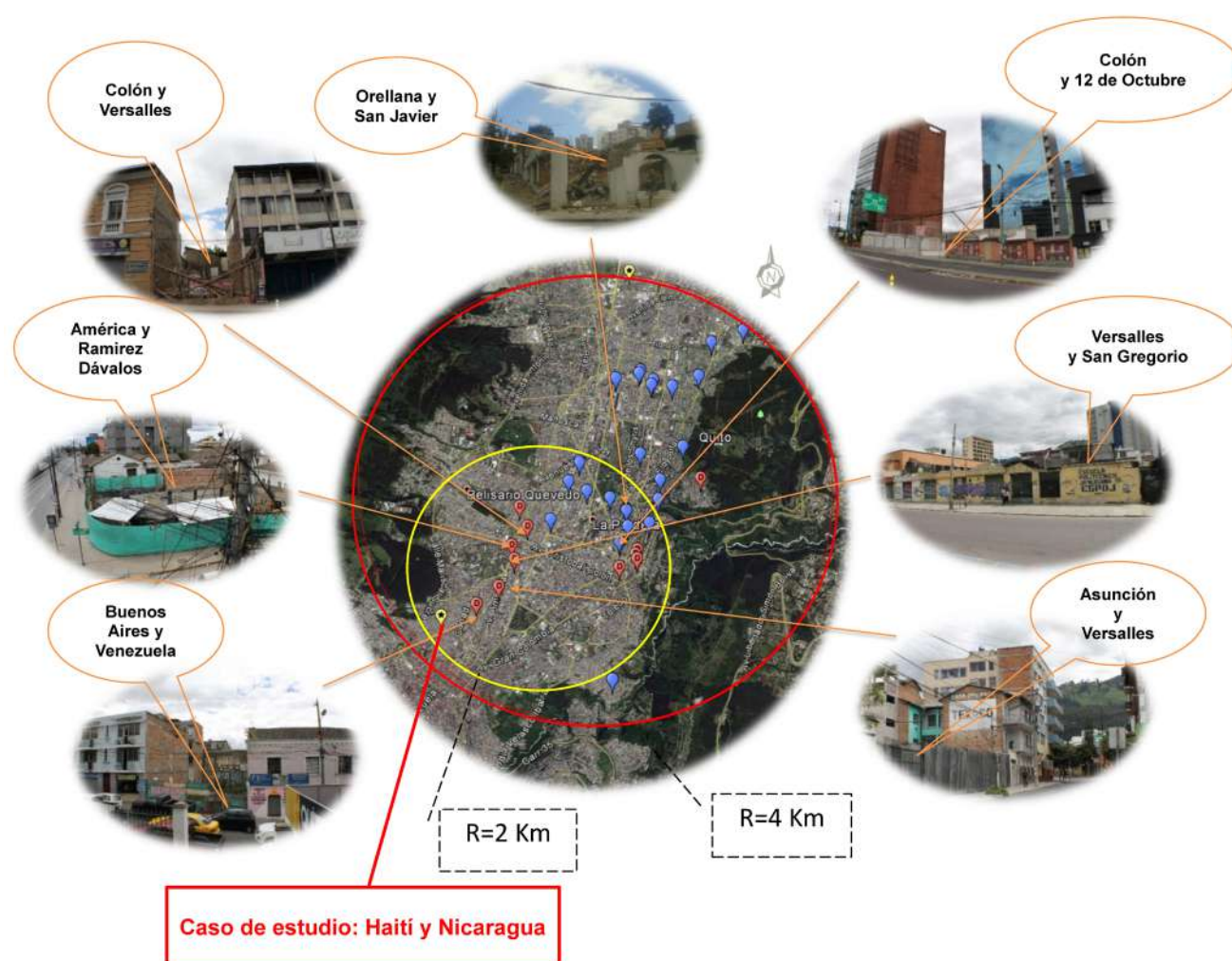


Figura 6: Demoliciones en zonas consolidadas de Quito.

Fuente: Imagen central de Google Earth, procesada junto con datos de la SHTV, datos y fotos de la autora (Cabezas I., 2017)

En estos procesos de demolición generalmente todos los componentes se mezclan y siendo la retroexcavadora el medio más utilizado (García L., 2014) (Figura 7), los elementos resultantes se asumen como “basura” que hay que desechar.

Dichos residuos van a parar en el mejor de los casos a las escombreras oficiales, mientras que un volumen desconocido va a parar en sitios no autorizados como lotes baldíos, quebradas y hasta en cualquier acera desolada, con todas las negativas consecuencias como taponamientos

de quebradas, deslaves y afectaciones a asentamientos aledaños entre otros.

Según datos del 2014 al 2017 de la EMGIRS-EP<sup>11</sup>, el promedio mensual de RCD que llegan a las escombreras autorizadas es de alrededor de 160.000 m<sup>3</sup> (Figura 8), teniendo una tendencia creciente, que ha provocado la creación y “legalización” paulatina de más sitios de disposición final.

11. Empresa Pública de Gestión de Residuos Sólidos de Quito



Figura 7: Derrocamiento en Av. Orellana y San Javier: retroexcavadora en acción, ninguna recuperación de materiales, mezcla de elementos de hierro, madera, concreto, etc.  
(Cabezas I., 2018)

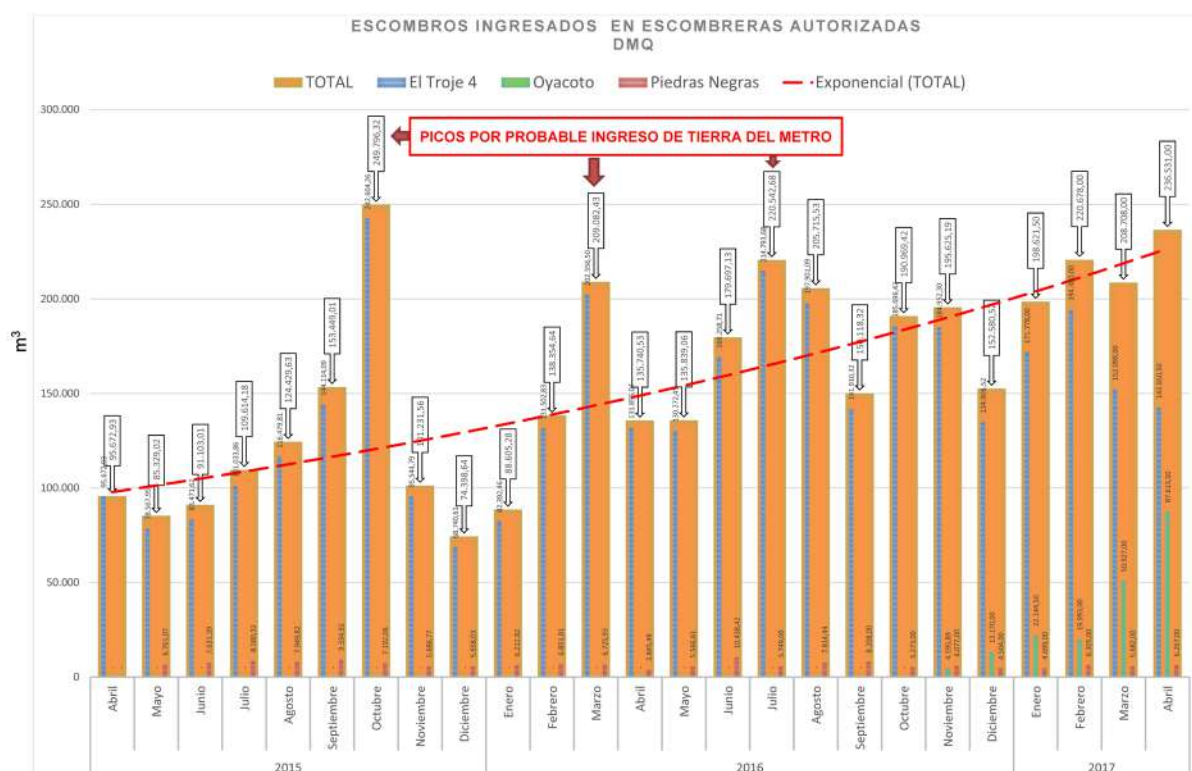


Figura 8: Volumen en m<sup>3</sup> de desechos que ingresan a las escombreras autorizadas.  
Fuente: Datos proporcionados por la EMGIRS-EP, procesados por (Cabezas I, 2017)

### Metodología propuesta para el manejo de los REDEM

La metodología toma como base la recopilación de datos tanto del inmueble existente y del proyecto de obra nueva, procesados a través de 9 fichas realizadas en Excel con sus respectivas instrucciones de llenado, que corresponden a los 6 pasos o fases de la metodología y los actores participantes (ver también Figura 9):

1. Recopilación de datos base. Actores: Propietario(s) y profesional(es).
2. Ayuda a la decisión. Actores: Profesional(es).
3. Levantamiento de datos y caracterización de los REDEM. Actores: Profesional(es).
4. Valorización según destino de los REDEM. Actores: Profesional(es).
5. Valorización según tipo de demolición. Actores: Profesional(es).
6. Determinación del impacto según tipo de demolición. Actores: Profesional(es).

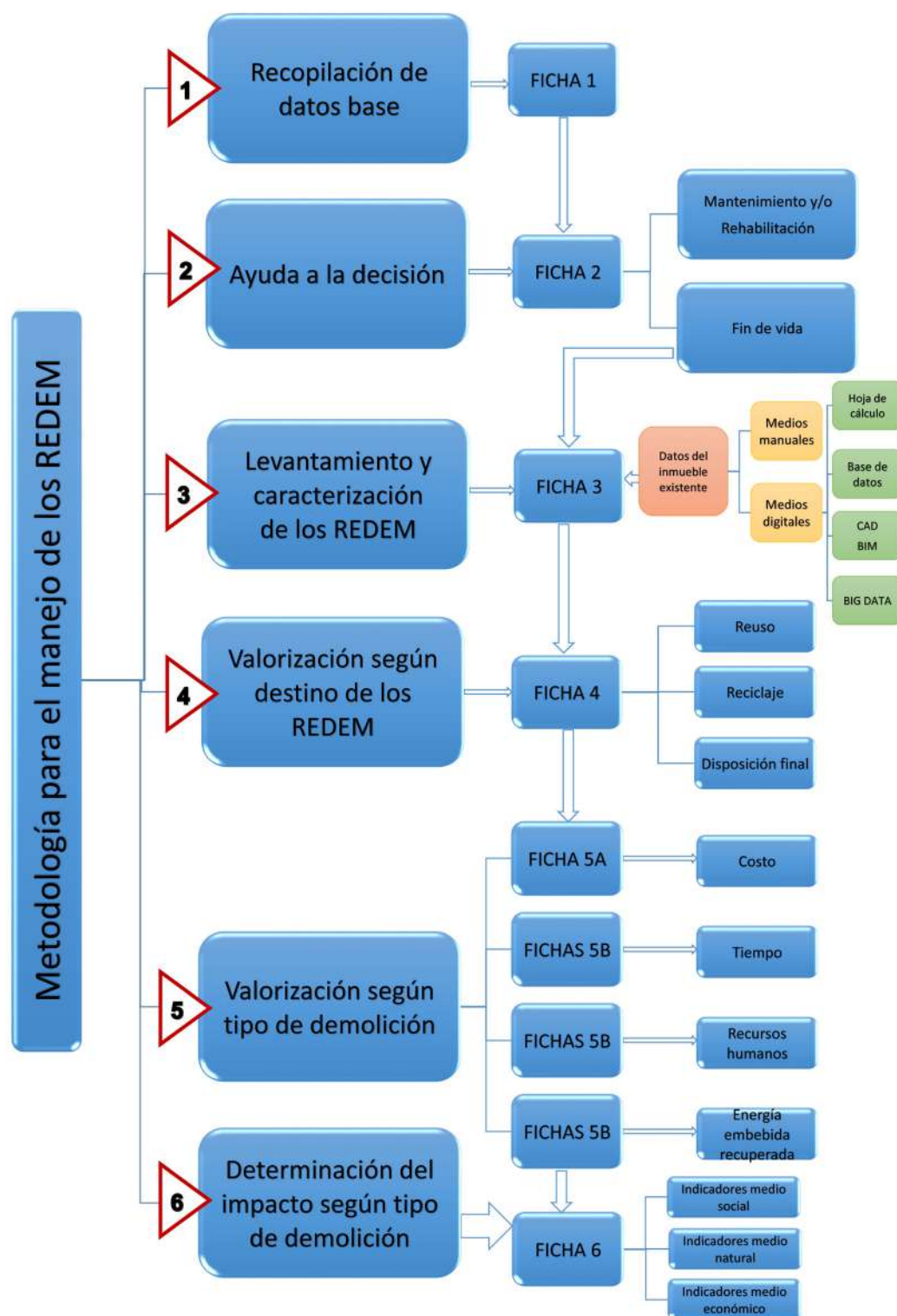


Figura 9: Esquema de la metodología propuesta para el manejo de los REDEM. (Cabezas I, 2018)

Es aplicable a inmuebles existentes no inventariados o no patrimoniales, es decir se excluyen los que tengan esta como los del Centro Histórico de Quito, preferentemente con una vida útil mínima de 25 años. Las fichas constan de dos partes: la primera, del llenado (en naranja) o pro-

cesamiento de datos (en verde) y la segunda, de las instrucciones de llenado (en blanco) (Figura 10). Algunos casilleros son de llenado obligatorio (los de color naranja), otros son de llenado opcional (los de color gris) y otros se generan automáticamente (los de color verde), (Figura 11).



Figura 10: Partes de las fichas. (Cabezas I, 2018)

Figura 11: Llenado de casilleros de las fichas. (Cabezas I, 2018)





FICHA 1: DATOS BASE			
FECHA	AÑO	MES	DÍA
PROPIETARIO			
DIRECCIÓN			
PROFESIONAL			
DATOS DEL LOTE			
Nº PREDIO	100	CROQUIS DE UBICACIÓN	
ÁREA TERRENO	101		
ZONIFICACIÓN	102		
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN CUBIERTA EXISTENTE (m²)	103	107	
COS TOTAL PERMITIDO (%)	104		
ALTURA DE EDIFICACIÓN PERMITIDA (m)	105		
NÚMERO DE PISOS PERMITIDO	106		
FOTOS O IMÁGENES			
EDIFICIO EXISTENTE		PROYECTO DE OBRA NUEVA	
Fachada Frontal			
Perspectiva			
Visitas panorámicas del interior y exterior			
Visita urbana de la manzana donde se inserta el inmueble			
DATOS DE LOS EDIFICIOS			
EDIFICIO EXISTENTE		PROYECTO DE OBRA NUEVA	
AÑO DE CONSTRUCCIÓN		108	
VIDA ÚTIL REAL		109	
VIDA ÚTIL PROYECTADA		110	
VIDA ÚTIL EXTENDIDA		111	
CAPACIDAD FÍSICA	EDIFICABILIDAD	ALTURA DE EDIFICACIÓN (m)	112
		ÁREA DE CONSTRUCCIÓN (m²)	113
		VIVIENDA	114
		EDUCACIÓN	115
		SALUD	116
	USO (Tipología)	CULTURA	117
		COMERCIO	118
		INDUSTRIA	119
		DEPORTES	120
		OTRO (especificar)	121
CAPACIDAD FÍSICA	CONFORT	¿Se percibe humedad y/o temperatura extremas insostenibles?	122
		¿Tal cual está, el edificio existente es posible de usar en condiciones de confort?	123
		¿Se percibe ruido perturbador, constante e inevitable?	124
		¿Se percibe falta de iluminación natural o artificial?	125
		¿Se perciben olores molestos o desagradables?	126
	SALUBRIDAD	¿Se observan rastros o presencia de plagas?	127
		¿Se observan afectaciones (patologías) en elementos no estructurales (paredes, techos, paredes)? Indique en qué grado	128
		¿Se observan afectaciones (patologías) en elementos estructurales (columnas, paredes portantes, vigas, losas)? Indique en qué grado	129
		¿Cree usted que los elementos estructurales con patologías pueden fallar (traspasar, caer)?	130
		¿Es el valor comercial de suelo mayor que el del edificio?	131
CALIDAD ECONÓMICA	¿Las rentas producidas por el edificio existente cubren los costos de mantenimiento?	132	
	¿La edificación se integra coherentemente en la manzana?	133	
CALIDAD URBANA	¿El edificio alberga más de una tipología?	134	
		135	
NOTAS ACLARATORIAS			
* Si las paredes, piso o techos son estructurales, llenar solo el casillero siguiente			

FICHA 2: AYUDA A LA DECISIÓN				
PARÁMETROS	EDIFICIO EXISTENTE	PROYECTO DE OBRA NUEVA	RECOMENDACIÓN	
VIDA ÚTIL EXTENDIDA versus VIDA ÚTIL PROYECTADA	201	202	203	
HABITANTES ESTIMADOS	204	205	206	
EDIFICABILIDAD	ALTURA DE EDIFICACIÓN (m)	207	208	209
	ÁREA DE CONSTRUCCIÓN (m²)	210	211	212
	Ocupación del suelo - COS TOTAL (%)	213	214	215
	VIVIENDA	216	217	218
	EDUCACIÓN	219	220	221
	SALUD	222	223	224
	CULTURA	225	226	227
	COMERCIO	228	229	230
	INDUSTRIA	231	232	233
	DEPORTES	234	235	236
USO (Tipología)	OTRO (especificar)	237	238	239
	¿Se percibe humedad y/o temperatura extremas insostenibles?	240	241	242
	¿Se percibe ruido perturbador, constante e inevitable?	243	244	245
	¿Se percibe falta de iluminación natural o artificial?	246	247	248
CONFORT	¿Se perciben olores molestos o desagradables?	249	250	251
	¿Se observan rastros o presencia de plagas?	252	253	254
SALUBRIDAD	¿Se observan afectaciones (patologías) en elementos no estructurales (paredes, techos, paredes)? Indique en qué grado	255	256	257
	¿Se observan afectaciones (patologías) en elementos estructurales (columnas, paredes portantes, vigas, losas)? Indique en qué grado	258	259	260
TÉCNICA	¿Cree usted que los elementos estructurales con patologías pueden fallar (traspasar, caer)?	261	262	263
	¿Es el valor comercial de suelo mayor que el del edificio?	264	265	266
CALIDAD ECONÓMICA	¿Las rentas producidas por el edificio existente cubren los costos de mantenimiento?	267	268	269
	¿La edificación se integra coherentemente en la manzana?	270	271	272
CALIDAD URBANA	¿El edificio alberga más de una tipología?	273	274	275
	Densidad poblacional (hab / ha)	276	277	278
MANTENIMIENTO Y/O REHABILITACIÓN FIN DE VIDA			279	
RECOMENDACIÓN			280	

FICHA 3: CARACTERIZACIÓN DE LOS MEDIOS															
EDIFICIO	ÁREA	USO	ÁREA DE CONSTRUCCIÓN	ÁREA DE SUELO	ÁREA DE SUELO	ÁREA DE SUELO	ÁREA DE SUELO	ÁREA DE SUELO	ÁREA DE SUELO	ÁREA DE SUELO	ÁREA DE SUELO	ÁREA DE SUELO	ÁREA DE SUELO	ÁREA DE SUELO	ÁREA DE SUELO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	
106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	
136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	
166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	
196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	
211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	
226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	
256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	
271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	
286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	
316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	
331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	
346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	
361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	
376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	
391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	
406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	
421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	
436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	
451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	
466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	
481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	
496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	
511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	
526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	
541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	
556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	
571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	
586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	
601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	
616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	
631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	
646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	
661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	
676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	
691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	
706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	
721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	
736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	
751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	
766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	
781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	
796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	
811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	
826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	
841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	
856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	
871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	
886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	
901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	
916	917	918	919	920	921	922	923	924	925						

El proyecto de obra nueva, tendrá estructura metálica con paredes de relleno de mampostería en la planta baja y de eco-panel en los pisos altos. En un área de 1268 m<sup>2</sup> se desarrollarán: un local comercial y 8 viviendas implantadas en un gran

parque- parqueadero. Entre las premisas del diseño están la eficiencia energética y de recursos, la producción de residuos cero (Figura 15).



Figura 14: Inmueble existente, caso de estudio. (Cabezas I., 2017)

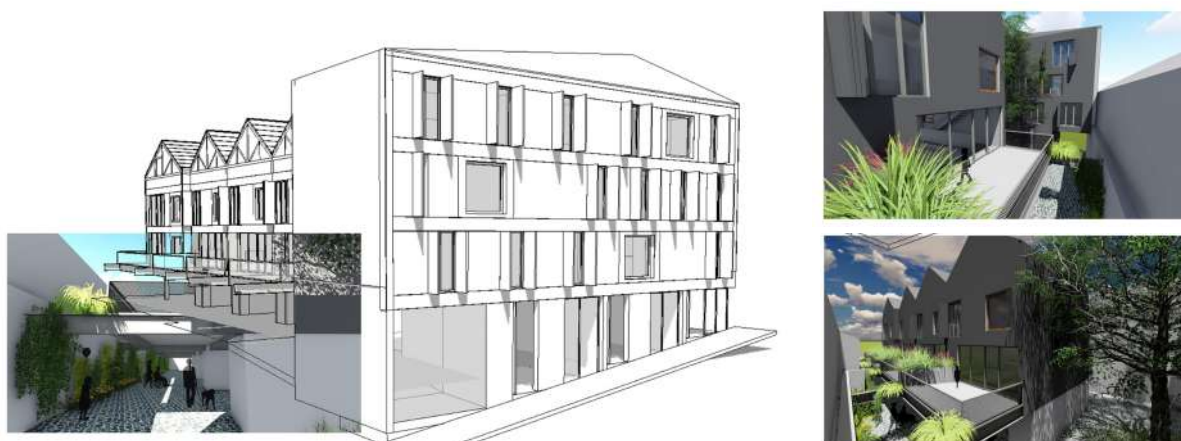


Figura 15: Proyecto previsto en el terreno del caso de estudio.  
Fuente: imágenes del proyecto en el terreno del caso de estudio  
(imágenes de Yes Innovation, 2017)

### Validación de la metodología

Con la aplicación de las dos primeras fichas, se llegó a la recomendación del Fin de vida del inmueble existente. A partir de esto, se realizó el levantamiento de datos en sitio y se obtuvieron los planos y modelación tridimensional de los componentes del edificio existente con las herramientas de software AutoCAD y Archicad, versión educativa. Se obtuvieron varias tablas de datos con la caracterización de materiales y elementos del edificio existente.

Con la ficha 3 se determinó que el inmueble generará alrededor de 370 m<sup>3</sup> de materiales y si se incluye la tierra de excavación del nuevo edificio el volumen será de aproximadamente 1045 m<sup>3</sup>. Con estos datos se obtuvo que la relación o índice m<sup>3</sup> REDEM/m<sup>2</sup> del edificio existente es

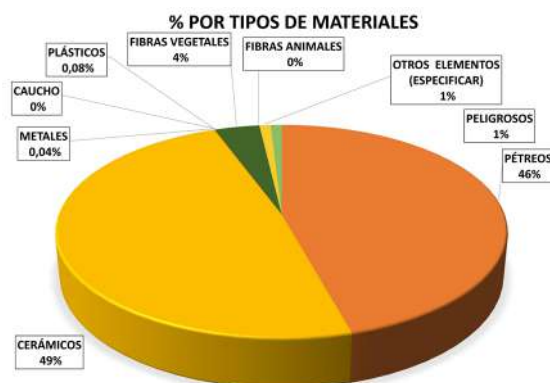


Figura 16: Composición de los REDEM del inmueble existente del caso de estudio. (Cabezas I., 2018)

de 1.27 y de 3.6 incluida la tierra de excavación del nuevo edificio. El valor de 1.27 m<sup>3</sup> REDEM/m<sup>2</sup> está dentro del rango de referencia de edificios de similares características de otros países encontrado en la investigación, que están entre 0.732 hasta 1.4727.

De elementos y materiales del inmueble existente, el porcentaje mayor corresponde a los cerámicos, seguido de cerca por los pétreos, sumados equivalen a más del 90% (Figura 16). Si se incluye la tierra de excavación, los pétreos llegan a un porcentaje mayor de 79% y los cerámicos con el 17%, prácticamente al 96% (Figura 17). El alto porcentaje de pétreos puede suponer que

aparte del reuso o reciclaje en la propia obra, cabría el procesamiento a escala urbana de dichos materiales como agregados, de modo de no continuar con la explotación indiscriminada de materiales vírgenes del entorno natural.

En la ficha 4 se confirmó que con la demolición tradicional el porcentaje de reuso o reciclaje es casi nulo y prácticamente el 99% de los elementos iría a disposición final; mientras, que vía deconstrucción, el reuso puede ser del 96%, y la disposición final sería de alrededor del 4%, reduciéndose considerablemente el volumen de residuos que van a las escombreras y las consecuencias negativas (Figura 18).

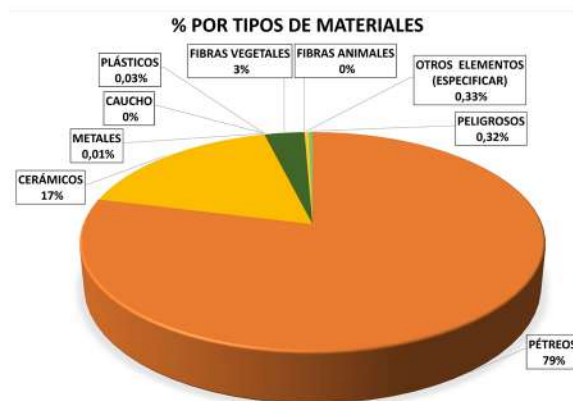


Figura 17: Composición de los REDEM del inmueble existente incluida la tierra de excavación del caso de estudio. (Cabezas)

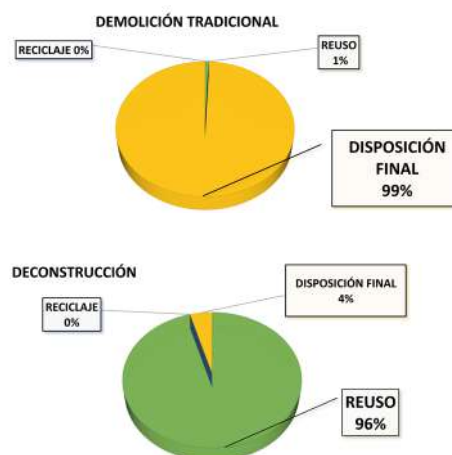


Figura 18: Porcentajes de reuso, reciclaje y disposición final de los REDEM según tipo de demolición del caso de estudio. (Cabezas I., 2018)



En síntesis hasta aquí, los resultados indican que el 99% de componentes del inmueble existente son aprovechables y con la opción de Deconstrucción es posible reusar el 96% y únicamente el 4% iría a Disposición final que se grafica en el diagrama de flujo a continuación (Figura 19).

materiales reusados.

De la ficha 6 se obtuvo que la mayoría de los indicadores apuntan a que el menor impacto negativo a los medios social, económico y natural, se lograría con la Deconstrucción; sobre todo a éste

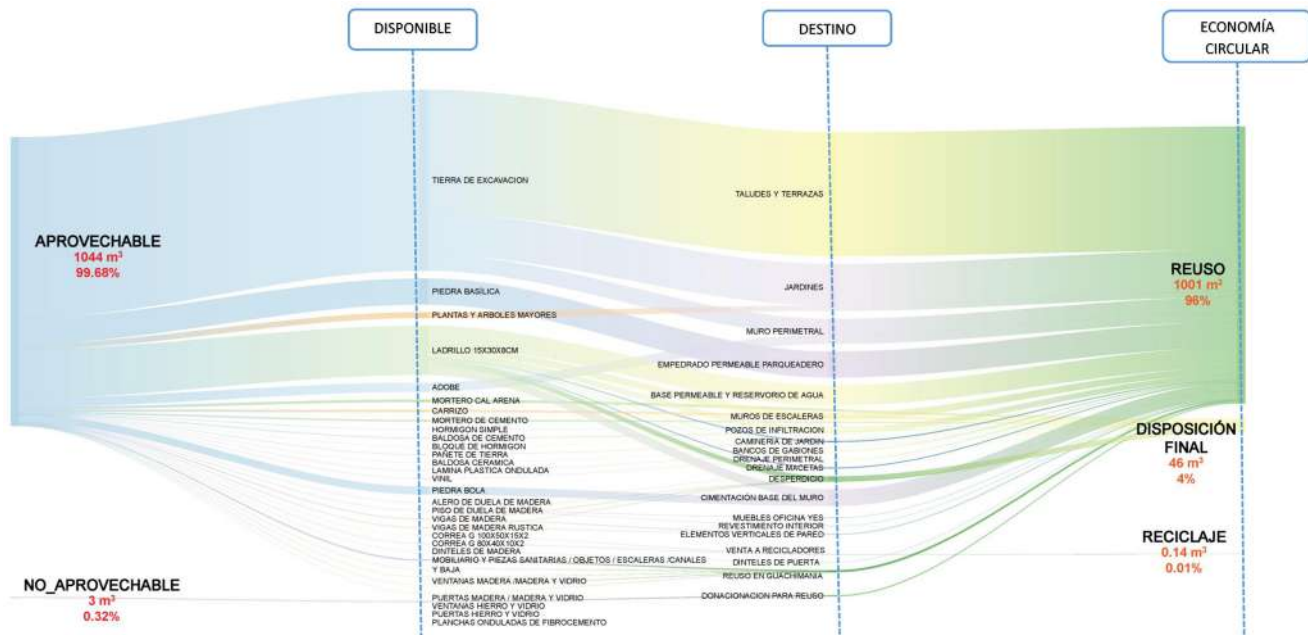


Figura 19: Diagrama de flujo o Sankey de los REDEM del Caso de estudio. (Cabezas I., 2018)

Con la aplicación de la ficha 5, se determinaron las relaciones de costo, tiempo, recursos humanos necesarios y energía embebida entre la Deconstrucción y la Demolición tradicional, resultando lo siguiente:

- El costo de la Deconstrucción puede ser menor 2.4 veces al de la Demolición tradicional.
- El tiempo para la Deconstrucción es 2.6 veces mayor al que llevaría la Demolición tradicional.
- El personal necesario es para la Deconstrucción 2.5 veces mayor al necesario para la Demolición tradicional.
- La energía embebida recuperada con la Deconstrucción es 9.2 veces mayor que la de la Demolición tradicional.

Según estos resultados la Deconstrucción comparada con la Demolición tradicional, sin representar mayor costo, a nivel social ocupa más personal durante más tiempo y representa el mayor aporte o menor impacto al medio natural por la alta recuperación de energía embebida de

último medio, que generalmente es el que menos se toma en cuenta.

Los resultados obtenidos implican una prometedora vía de actuación sostenible para los REDEM a través de la Deconstrucción, que proyectada a escala urbana puede constituir una potente herramienta de política urbana.

## Conclusiones

En Quito, hay una falta de información, prácticas, políticas públicas y regulaciones específicas vigentes relacionadas con la identificación, valoración integral y manejo adecuado de los REDEM.

El ciclo de vida de los edificios en Ecuador tradicionalmente tiene un proceso lineal, desde la extracción de recursos naturales, pasando por la construcción y el uso, hasta el fin de vida que desemboca en la disposición final de todos los residuos.



Es decir hay una escasa consciencia del impacto de los REDEM y las posibilidades de reuso o reciclaje de éstos. De la experiencia, observaciones y bibliografía consultada, se tiene que el método de ejecución de demolición más utilizado en Quito es Desde arriba, con técnicas de tracción y medios mecánicos como las retroexcavadoras; no son usuales técnicas de impacto con explosivos ni medios manuales sofisticados, como tampoco técnicas de corte con medios mecánicos como sierras de cable de diamante. Situación que podría considerarse positiva para la introducción de la Deconstrucción y Demolición selectiva.

En la literatura revisada no se encontró mayor información de métodos específicos de evaluación del impacto de los REDEM, por lo que se abarcaron métodos generales que adaptados podrían aplicarse, constituyéndose como necesario desarrollar herramientas de aplicación particular simplificadas en relación a métodos internacionales que demandan insumos de datos o recursos que no están disponibles localmente.

Para el manejo de los REDEM, la vía más integral se vislumbró en la filosofía de las 3R, que propende ciclos cerrados o circulares del ciclo de vida de los edificios, desde su concepción, y no solo en la etapa final. Constituyéndose en un desafío el incorporar desde el mismo diseño del proyecto, la reducción de los residuos a través de las 3R en todas las etapas del ciclo de vida de los edificios y más en la de Fin de vida.

Al desarrollar la propuesta metodológica, se encontró una falta de datos específicos, como los de energía embebida de los materiales locales, de lo que se desprende un gran campo a investigar a futuro.

La propuesta metodológica deberá ser validada en más casos de estudio para obtener una retroalimentación que permita su optimización.

De la aplicación de la metodología propuesta en el caso de estudio, se obtuvieron resultados bastante satisfactorios que inducen a corroborar con la puesta en práctica la Deconstrucción en vez de la Demolición tradicional.

Se contestaron las preguntas de investigación, pues con un proceso de manejo de los REDEM,

vía Deconstrucción, es posible considerarlos realmente como recursos en vez de residuos.

En definitiva, este trabajo establece la línea base necesaria para investigaciones futuras, que amparará el proyecto MINUR, como:

- La realización de un diagnostico oficial detallado de los volúmenes y orígenes de los REDEM y de los RCD en general.
- La capacitación necesaria sobre las 3R, Deconstrucción, manejo de REDEM y economía circular aplicada para todos los actores involucrados en procesos de transformación de lo construido.
- La capacitación a profesionales del sector de la construcción en herramientas BIM que permiten pre-dimensionar virtualmente los volúmenes y caracterizar los REDEM y RCD, de manera que el DFR o el DFD sean una práctica cotidiana con la que se logre una considerable reducción de los REDEM.
- El planteamiento de incentivos y normativas específicas para fomentar las 3R, la Deconstrucción, el manejo adecuado de los REDEM y RCD y la economía circular en la construcción.
- Validación de la metodología de manejo de los REDEM planteada en esta investigación en más casos de estudio y con diferentes tipologías constructivas.
- La viabilidad de bancos de almacenaje y/o plantas de procesamiento de los REDEM y RCD, que no pueden ser reutilizados en la misma obra.
- La incorporación de políticas de inclusión social y comercio justo de los REDEM, que incluyan tanto a grupos informales que ya trabajan con estos, como a empresas, que ya los hayan incorporado los REDEM como materia prima secundaria o pueden hacerlo.
- La utilización de plataformas informáticas para la difusión e intercambio de las posibilidades de reuso o reciclaje de los REDEM y RCD.
- La consolidación de datos locales y disponibilidad de herramientas para hacer viable la aplicación del ACV, que permita una completa evaluación de los impactos de los REDEM.

## Referencias bibliográficas

- Concejo Metropolitano de Quito. (12 de agosto de 2010). Ordenanza Metropolitana No. 322. Quito, Pichincha, Ecuador.
- García L., M. G. (noviembre de 2014). Gestión Técnica



de Seguridad y Ambiente para Actividades de Demolición de Viviendas entre 40 y 60 Años de Construcción en el Sector Centro Norte de la Ciudad de Quito. *Trabajo de Titulación presentado como requisito para la obtención del título de Magíster en Seguridad, Salud y Ambiente*, 110-111. Quito, Pichincha, Ecuador. doi:<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/3612>

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (13 de febrero de 2015). Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 22 de julio de 2017, de <http://www.quito.gob.ec/documents/PMDOT.pdf>

Rivela, B. (2012). Propuesta metodológica de aplicación sectorial de análisis de ciclo de vida (ACV) para la evaluación ambiental de la edificación en España. Tesis doctoral. España: Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 6 de diciembre de 2016, de <http://oa.upm.es/14912/1/BeatrizRivela.pdf>

Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2016). Plan Maestro de Gestión Integral de Residuos del Distrito Metropolitano de Quito. Quito, Pichincha, Ecuador: Secretaría de Ambiente. Recuperado el 2 de junio de 2017

Tao, Y., Geoffrey, Q. S., Qian, S., Xiaodong, L., L, C. Z., & K. X. (10 de abril de 2017). Managing social risks at the housing demolition stage of urban redevelopment projects: A stakeholder-oriented study using social network analysis. *International Journal of Project Management*(35), 925–941. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.04.004>

Tascón, D. (12 de junio de 2017). Modelo dinámico para contrastar el desempeño ambiental, social y económico de estrategias para la gestión de Residuos de Construcción y Demolición en Bogotá D.C. Tesis de maestría. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado el 22 de septiembre de 2017, de <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/6318>

United Nations, Department of Economic and Social Affairs. (2014). *United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014): World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*. Recuperado el 30 de noviembre de 2017, de <https://esa.un.org/unpd/wup/Country-Profiles/>

**MAS PUCE:** Maestría en Arquitectura y Sostenibilidad de la Universidad Católica del Ecuador

**PMGIRS:** Plan Maestro de Gestión Integral de Residuos del Distrito Metropolitano de Quito

**RCD:** Residuos de demolición

**REDEM:** Residuos de construcción y demolición.

**SHTV:** Secretaría de Hábitat, Territorio y Vivienda del Distrito Metropolitano de Quito

## Diccionario de siglas

**3R:** Las tres R: reducir, reusar, reciclar.

**ACV:** Análisis de Ciclo de Vida

**BIM:** Building Information Model

**CAD:** Computer-Aided Design

**DFD:** Design for disassembly

**DFR:** Design for reuse

**ECP CAE-P:** Entidad Colaboradora de Proyectos del Colegio de Arquitectos del Ecuador - Pichincha

**EMGIRS-EP:** Empresa Pública de Gestión de Residuos Sólidos de Quito

**INEC:** Instituto Nacional Ecuatoriano de estadísticas y censos

**LMU:** 1Licencia Metropolitana Urbana