



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Arquitectura

Título de la tesis:

Aplicación De La Economía Circular En El Diseño Arquitectónico

Tesis teórica que para obtener el título de

Arquitecta

Presenta:

Elian Josefina Piedra Castaneda

Asesores:

Presidente: Arq. Manuel Carlos Reyes Cedillo

Vocal: Arq. Reyes Salvador Méndez Guadarrama

Secretaría: Dra. en Urb. Selene Galeana Cruz

Ciudad Universitaria, CD.MX.

Mayo, 2023





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

APLICACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Índice: Protocolo de la investigación

Glosario	6
Resumen/Abstract	8
Objetivos	10
Introducción	11
Hipótesis	13
Justificación	14

PRIMERA PARTE: LA CIUDAD GENERA RESIDUOS

(1) La producción del residuo 15

Problemática del tema: Antecedentes:

1.1 El consumo de los recursos naturales: Los materiales pétreos	16
· Extracción y explotación de los materiales y agregador pétreos en México	18
· Bancos de materiales ilegales en la CDMX.	
Casos de estudio: Santa Catarina y Tezoyuca	23
· Cadena productiva de los materiales pétreos en la CDMX	28
1.2 La construcción de residuos	
· El consumo de materiales pétreos en las obras de construcción	30
· Residuos de construcción en la CDMX	33
1.3 Normatividad de la CDMX con alternativa circular	35
1.4 Disposición final de los RDC en la CDMX	38
· Centros de acopio y licencia RAMIR	
· Tiraderos clandestinos de RCYD en la CDMX	
· Planta de tratamiento	

RESULTADO CAPITULAR:

Análisis del modelo de consumo y producción de la construcción en la CDMX.

Diagrama de la producción lineal (indicadores). 41

SEGUNDA PARTE: LOS RESIDUOS GENERAN LA CIUDAD

(2) La Circularidad en el Diseño 42

Marco teórico: conceptos

2.1 Príncipes de la circularidad de acuerdo con:	43
· Los residuos del modelo lineal en el circular	
· El bucle de los residuos	

2.2 Principios de la circularidad en la arquitectura y la construcción, de acuerdo Fundación Elle Macarthur y ARUP	49
· Construcción etapas de la arquitectura	52
· Etapa de diseño temprano	56
2.3 Principios de la circularidad en la arquitectura: Lacaton y Vassal	57
· Documental Lacaton y Vassal: El espacio como la vida de la gente	58
RESULTADO CAPITULAR:	
<i>Diagrama de los principios teóricos de la circularidad y el diseño.</i>	60

(3) Conclusiones del bucle **62**

Ejemplificación del bucle:

3.1. Diseño de bucle de transformación:	
· Vivienda masiva en Francia	62
· El diseño de transformación del proyecto	65
· Análisis de Interacción	78
· Esfera de Economía: Análisis de Deconstrucción	82
· Recircular: Sistemas de Economías de Ahorro y Diseño Circular	95

RESULTADO CAPITULAR:

<i>Gráfico conceptual de síntesis del pensamiento: aparato diagramático</i>	101
---	-----

¿Cómo se traduce el diseño circular desde la arquitectura?

3.2 Transformación del diseño: El papel como diseñador y constructor	102
· Capas de diseño	105
· Análisis del aparato diagramático de posibilidades circulares en el diseño arquitectónico	107
· Crítica al consumismo arquitectónico en la CDMX: Plan de Diseño Circular	113

De acuerdo con los capítulos anteriores (diagrama de producción lineal y circularidad):
Diagrama de bucle de diseño arquitectónico (como cerrar el ciclo de diseño)

COMPARAR DIAGRAMA DE PRODUCCIÓN LINEAL Y DIAGRAMA DE CIRCULARIDAD

RESULTADO CAPITULAR:

Construcción de la arquitectura verbalizada para un plan de diseño	
<i>Diagrama de posibilidades circulares de diseño arquitectónico en capas de proyecto</i>	115

(4) Conclusiones de la economía circular en la arquitectura	116
El consumismo arquitectónico en la CDMX	
(5) Diagramas de conclusión: Aparato diagramático	119
1. Cadena productiva de los materiales pétreos: Explotación minera	119
2. Producción del residuo en la CDMX	119
3. Mapeo de obsolescencia del residuo	120
4. Cadena de producción lineal en la CDMX	121
5. Metodología de cadena de producción circular en la CDMX	122
6. Cadena de producción circular en el diseño de arquitectura	123
7. Bucle de diseño temprano y de transformación	124
8. Creación de aparato diagramático de posibilidades	124
(6) Referencias	125
(7) Índice de Normativa	127



Glosario

Bancos de materiales: son excavaciones a cielo abierto destinadas a extraer material para la formación de cuerpos y fabricación de mezclas.

Bucle de diseño: círculo de productividad al convertir el comportamiento de los residuos de los vertederos en un suministro de materiales finitos y como fuentes potenciales de uso para devolverlos al ciclo productivo.

Cadena productiva: Una cadena productiva consta de etapas consecutivas a lo largo de las que diversos insumos sufren algún tipo de cambio o transformación, hasta la constitución de un producto final y su colocación en el mercado.

Capas de diseño: se refiere a las etapas de diseño que tiene un proyecto para categorizar y asignar la vida útil de cada una de ellas.

Centro de acopio: lugar donde se almacenan materiales con capacidad de reciclaje, que otras personas o industrias pueden aprovechar para crear nuevos productos.

Diseño temprano: se refiere al diseño arquitectónico previo al proceso de construcción.

Economía circular: La Economía Circular es un sistema de aprovechamiento de recursos, apuesta por reutilizar materiales cuando su vida útil se agote, realizando este proceso de recuperación y reciclaje. Es un modelo en el que, sin olvidar lo económico, se prima el beneficio social y medioambiental.

Minerales no metálicos: Un recurso mineral es una concentración natural de algún elemento o compuesto de la corteza terrestre, incluyen compuestos y rocas utilizados en la construcción, como fertilizantes o en productos químicos de síntesis.

Transformación: El acto de transformar, hacer cambiar de forma sin alterar totalmente las características esenciales.

Pétreo: Los materiales pétreos son aquellos que proceden de las piedras y que pueden hallarse ya sea en estado natural o procesados a nivel industrial.

Producción lineal: es el modelo tradicional donde para fabricar productos se extraen materias primas, se produce y luego se desecha.

Residuo especial: Como aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos

Recurso natural: Son aquellos bienes que provee la naturaleza y que son utilizados por las personas ya sea para consumirlos directamente o bien para ser utilizados en algún proceso de producción.

Tiraderos clandestinos: Es un lugar en el que, sin consideraciones medioambientales, es elegido por algún grupo humano para depositar sus desechos sólidos.

Resumen

Actualmente la Ciudad de México se enfrenta a un escenario *sin posible retorno*, por la sobreexplotación de recursos y producción constante de residuos, rodeada de situaciones conformistas de consumo de una cultura de despilfarro; México tiene una sociedad especialista en la sobreexplotación de recursos naturales, gastos innecesarios y consumo desmedido, favorecida por dinámicas de un *esquema lineal* que se ha modificado a lo largo de los años, consecuente del crecimiento poblacional y la construcción.

El ámbito de la construcción se muestra como uno de los principales productores económicos de la CDMX, representando un nivel de participación *muy alto* como entidad federativa generadora de dinero, con respecto a otros estados de la República, así como una de las actividades con mayor generación de residuos diarios y el dominio completo de la naturaleza, carente de impedimentos para la adquisición y la extracción ilimitada de recursos finitos.

La economía se encuentra bloqueada por el consumo de recursos con un sólo fin; una condición que impulsa a la *economía circular*, para reducir la dependencia de los recursos de la naturaleza, permitiendo la reutilización del valor y permanencia de los residuos.

Como consecuencia y necesidad de los anterior, el desarrollo de la investigación se enfoca en los principios que brindan un *desarrollo circular dentro de la construcción*, mediante el conjunto de modelos económicos que permiten la gestión y el aprovechamiento de todo producto viable para su utilización. A través del desarrollo y la implementación de la economía circular dentro de los procesos de producción y diseño arquitectónico.

Palabras clave: Circularidad, construcción, residuo, economía lineal, transformación.

Abstract

Currently, Mexico City is facing a scenario with no possible return, due to the overexploitation of resources and constant production of waste, surrounded by conformist situations of consumption of a culture of waste; Mexico has a society specialized in the overexploitation of natural resources, unnecessary expenses, and excessive consumption, which is favored by the dynamics of a linear scheme that has been modified over the years, as a result of population growth and construction.

The field of construction is shown as one of the main economic producers of CDMX, representing a very high level of participation as a federal entity that generates money, with respect to other states of the Republic, as well as one of the activities with the highest generation of daily waste and the complete dominion of nature, without impediments to the unlimited acquisition and extraction of finite resources.

The economy is blocked by the consumption of resources for a single purpose; a condition that drives the circular economy, to reduce dependence on natural resources, allowing the reuse of the value and permanence of waste.

As a consequence, and necessity of the above, the development of the research focuses on the principles that provide a circular development within the construction, through the set of economic models that allow the management and use of any viable product for its use. Through the development and implementation of the circular economy within the production processes and architectural design.

Keywords: Circularity, construction, waste, linear economy, transformation.

Objetivos

Objetivo general:

EXPONER la importancia de la transformación del diseño en el ámbito arquitectónico, a través de identificar y analizar el modelo de *diseño y producción lineal de la CDMX*, para justificar la implementación del *diseño circular dentro de la arquitectura*, mediante la creación de un aparato diagramático y conceptual.

Objetivos específicos:

- **IDENTIFICAR Y ANALIZAR** los indicadores de la situación actual de la producción arquitectónica en la CDMX, con el fin de construir un discurso narrativo que explique el desarrollo del modelo lineal en términos económicos y sociales que afectan el medio ambiente dentro de la CDMX.
- **ANALIZAR Y ORGANIZAR** una estructura del diseño circular dentro de la producción de proyectos arquitectónicos y su construcción, considerando tres ensayos enfocados en las diferentes visiones de: Mauricio Espaliat Canu, Iván Lobato Gago, William McDonough y Michael Braungart, para crear un esquema de referente teórico de la creación del bucle de transformación y un bucle de diseño temprano.
- **RELACIONAR Y COMPARAR** la estructura de diseño circular en el proyecto arquitectónico mediante el análisis de deconstrucción del proyecto de transformación Du Grand Parc de acuerdo con la filosofía de Lacaton y Vassal, para desarrollar una tabla de análisis en tres etapas de diseño: *categorizar, analizar y recircular*
- **CONCLUIR** el diseño circular en los proyectos arquitectónicos a través de la creación e interpretación del aparato diagramático de la tesis, a través de descomponer los puntos de conexión entre sistemas y elaborar un diagrama de interpretación del diseño circular, las esferas de conexión y las capas del proyecto.

Introducción

La construcción en México se desarrolla dentro de uno de los sectores más relevantes para la **económica** del país, como impulsor de producción y empleo, siendo parte fundamental de la participación por diferentes grupos sociales para la transformación de la urbe capitalina, dirigiendo una nueva forma de desarrollo de producción espacial.

A pesar de ello, la descontrolada generación de residuos materiales de las obras de construcción y demolición ha aumentado a lo largo de los últimos diez años, consecuente del crecimiento acelerado de urbanización de las entidades federativas del país, sobre todo en la CDMX; representando una problemática ambiental importante, debido a la falta de **disposición y manejo** de estos. Actualmente en la Ciudad de México, el aprovechamiento de los residuos de la construcción y demolición es escaso, por parte de las plantas de tratamiento, mientras que, el porcentaje restante se dispone en centros de acopio o zonas sin autorización

La disposición de residuos especiales en la CDMX se ha presentado de manera discontinua a lo largo de varios años, por la falta de organización e incumplimiento de las normas establecidas. La Procuraduría Ambiental y Ordenamiento Territorial (PAOT); afirmó en el año 2012, la existencia de 400 tiraderos clandestinos en la ciudad, comparado con *2 centros privados autorizados*. Uno de ellos fundado en 2005, *Concretos Reciclados*, respondiendo a la convocatoria del año anterior por parte de la titular de la Secretaría del Medio Ambiente, Claudia Sheinbaum, para buscar reciclar los residuos de construcción. De acuerdo a la norma *NADF-007-RNAT-2013*, publicada en el año 2013 en la Ciudad de México, se establecen los lineamientos para el manejo y depósito de residuos de construcción y demolición adecuados. Sin embargo, estudios realizados representan el crecimiento exponencial de generación de residuos materiales de construcción diarios, aumentando en la última década; en 2013 se reportaban 4 mil 500 toneladas diarias, y tras el sismo del 19 de septiembre de 2017 rebasó las 7 mil toneladas promedio.

Es por ello que el sector de la construcción es una de las actividades más importantes del país, rodeado por diferentes vertientes, tanto sociales, económicas, normativas y sustentables; sin embargo, la implementación del funcionamiento de la construcción dentro de la economía y el sistema productivo carece de enfoques para la mejora de procesos dentro de los espacios educativos, permea desconocimiento para el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición dentro de las

obras de la Ciudad de México. Es innegable que el sector de la construcción tiene un impacto significativo; grandes cantidades de recursos materiales, agua, y energía son explotadas, procesadas y limitadas para la ejecución de obras sin ningún aprovechamiento. El manejo integral de los residuos materiales permite la reducción del volumen de consumo de recursos naturales, maximizando los recursos disponibles de los tiraderos y permaneciendo en el ciclo productivo.

El consumo de materiales pétreos destinado para la construcción está íntimamente relacionado con el desarrollo socioeconómico del país. La cadena productiva de estos materiales, independientemente de su uso, deriva de una extracción del material por contratistas, el acarreo y transporte a compra en pie de mina, la clasificación, selección para la etapa final o su comercialización al consumidor final como la casa de materiales. Mientras que, dentro de las obras, el suministro de materiales adecuados y necesarios repercute directamente con la ejecución de los trabajos, propiamente en los procesos administrativos de planeación, el pedido, la recepción, el almacenamiento y el uso de estos materiales.

La formación desempeña un papel fundamental para la integración de modelos que mejoren los sistemas productivos de la actualidad, los cuales permitan dirigir los estudios para el desarrollo y el control de dinámicas de diseño y gestión reutilizable dentro de las obras.

La economía circular es un concepto económico-sustentable referente a la utilización máxima y eliminación de residuos producto de demolición y construcción desarrollado y llevado a cabo por un proyecto europeo iniciado, por HISER y otras empresas desde el 2015 con el objetivo de mejorar el seguimiento, tratamiento y reciclaje de los materiales de construcción para minimizar el impacto ambiental; contrario al modelo lineal de producción y desecho.

Hipótesis

El sector de la construcción es una de las actividades económicas con mayor índice de contaminación en la CDMX, produciendo diariamente 14 mil toneladas de residuos de construcción y demolición (con base al último censo de SEDEMA, 2019); así como la sobreexplotación constante de recursos pétreos de la naturaleza para el suministro de materiales en las obras.

A través de la implementación de un modelo desarrollado con objetivos que eviten el consumo de recursos finitos y equilibre los flujos de producción de los productos se desarrollan 3 principios claves de la circularidad. Partiendo de esto se plantea un diseño basado en la desmaterialización del consumo y producción, al ofrecer nuevas materias primas que respondan a la maximización de la vida útil de los residuos en beneficio de nuevas aplicaciones.

Mediante la optimización de los recursos y su utilidad máxima se plantea la repetición en el proceso de fabricación y reciclaje de los componentes materiales para que recirculen y sigan contribuyendo a la economía, al incrementar la vida útil de los productos se fomenta una reutilización y gestión, considerando la eficiencia de los sistemas para evitar factores externos que eviten el desarrollo.

A través de la composición de un aparato de pensamiento circular se intenta representar la configuración de la economía circular dentro de los proyectos arquitectónicos que rediseñan el ciclo de productividad de los componentes de categorización, de análisis y recirculación en la arquitectura circular con bancos activos de diseño.

Justificación

Esta problemática surge como un cuestionamiento y crítica al consumo de recursos dentro del gremio arquitectónico, en la actualidad la producción de construcciones ha aumentado exponencialmente, frente a la existente relación de los intereses políticos y económicos que conforman la CDMX; lo cual tiene como resultado la generación constante de los residuos de las obras de construcción y demolición. El estudio de la arquitectura con un enfoque reutilizable permite entender la importancia del *diseño arquitectónico responsable* y el impacto generado por los proyectos; esta investigación pretende incentivar el concepto de reutilización arquitectónica para el diseño de proyectos con características de economía circular, así como identificar los requerimientos existentes para el reciclamiento de los residuos materiales de las obras.

La producción para una arquitectura con un concepto reutilizable se deriva de diferentes procesos secuenciales que permiten su desarrollo, los residuos de la CDMX se encuentran procesados en su mayoría por dos maneras: para disposición final y tratamiento; que, a pesar de la regulación de Concretos Reciclados, los proyectos diseñados se mantienen en un mismo uso.

Esta tesis busca justificar el diseño de proyectos con un enfoque deconstructivo para el análisis de composición de un proyecto por sí mismo, es decir, por medio de la comparación y categorización de procesos dentro de un proyecto circular. La creación de un aparato diagramático a través de capas se enfoca en integrar un proyecto con un proceso de transformación de los elementos desarrollados, que convergen en una solución de diseño de capas que recirculan en su eje de producción.

A pesar de ello, el gremio se encuentra desvinculado de la circularidad, la producción espacial converge en un proceso lineal donde el desarrollo de proyectos arquitectónicos permanece sujeto al consumo de recursos finitos y la obsolescencia recurrente de construcciones. Esto ocasiona acumulaciones asombrosas de residuos, de los cuales una disminuida fracción son utilizados, sin embargo, lo resultante permanece como producto estático y sin productividad.

El resultado de esta tesis se desarrolla mediante la creación de un diseño de metodología deconstructiva para el análisis y ejecución de un proyecto circular, mediante la integración de un aparato de pensamiento de los 3 ejes circulares del diseño circular en la arquitectura que se enfoca en re diseñar el ciclo productivo del proyecto.

PRIMERA PARTE: LA CIUDAD GENERA RESIDUOS

*El problema de los residuos de construcción generados
en la CDMX no se resuelve, sino se desplaza*

(1) La Producción del Residuo en la CDMX

1.1 El Consumo de Recursos Naturales: Los Materiales Pétreos

En la sola definición de *recurso – natural* se determina el dominio absoluto de explotar y consumir una fuente o suministro, del cual se produce un beneficio. “Los *recursos naturales* son aquellos *bienes variados utilizados por el hombre*, obtenidos directamente de la naturaleza” (Batalla, 2006, p.15); son medios de gran importancia dentro del *desarrollo económico del país* por la utilización directa de riquezas del recurso, convirtiéndolo en nueva fuente de energía, subproducto o mercancía; para consumo directo o para procesos de producción. Del cuadro de los factores que integran la naturaleza deben individualizarse aquellos que se consideran recursos naturales, ya en líneas anteriores se establece, como las riquezas de orden físico que se usan para satisfacer necesidades de la sociedad, no sólo de carácter económico. Por lo tanto, se incluyen medios aislados de la naturaleza (suelo, agua, etc.) y a conjuntos de expresión compleja (parques, zonas de reserva, etc.). C. V. Ciriacy-Wantrup (1967) dividía los recursos naturales en la forma clásica: renovables y no renovables: Los recursos *no renovables o fijos son los minerales*, es decir que, con el uso de estos recursos, disminuyen inevitablemente sus existencias reales, por lo que deben de buscarse nuevas reservas y sustitutos.

Los procesos históricos de la antigüedad revelan que los grupos humanos vivieron estrechamente relacionados con las condiciones naturales. Su acción social estaba impregnada de lo natural que, de una u otra forma, los obligaba a depender del aprovechamiento de sus productos. (Santiago, 2009, p.64)

De acuerdo con Santiago (2009), las sociedades dependían del consumo directo de la naturaleza y lentamente la civilización contribuyó para el mejoramiento de la calidad de vida en estrecha armonía con el medio natural. Sin embargo, la escala de explotación de los recursos naturales ha variado en cada momento de la historia mexicana, por los cambios en la utilización de nuestros recursos y la importancia de la organización social de cada etapa histórica. El porfirismo significó un cambio trascendental en la evolución económica, en escala de utilización de los recursos y sus métodos de explotación debido al aumento poblacional y la creciente exportación a los Estados Unidos, esto permitió la apertura de nuevas formas de consumo de tierras.

Batalla (2006) afirma que a finales del siglo XIX se comenzó la gran explotación minera por el cambio radical del antiguo carácter de minería y el tipo de recursos de mayor uso en la época. (p.28). La demanda de recursos florece por las sociedades capitalistas, con sus grandes inventos y recursos financieros, aprovechando las riquezas de los países pobres para beneficio propio, al mismo tiempo que cambiaron y crecieron las variedades de recursos potenciales de consumo.

El paradigma socioeconómico de México ha sido de *despojo*, el proceso extractivo ha generado un incremento en la presión sobre los recursos naturales, el crecimiento de las fuerzas productivas es necesario para satisfacer las necesidades de la sociedad para utilizar los recursos potenciales y sus reservas. La capacidad humana de explotar los recursos ha traído un creciente agotamiento de estos; es por ello, que México se enfrenta a un escenario de **deterioro ambiental**¹ a consecuencia de un modelo de desarrollo que considera los recursos naturales como *ilimitados*, un sistema que propicia el agotamiento de los *minerales del suelo*. Según Búrquez y Martínez (2000), la adición de los cambios naturales y del entorno a escala local y regional ha conducido a los modelos de desarrollo que la sociedad ha seguido, independientemente del contenido ideológico, han dar por sentado la existencia de los recursos naturales para el beneficio directo del hombre de consumo y bienestar social (p.269-270) De acuerdo con Jiménez y González (2011) las actividades humanas ejercen una marcada influencia en la disminución de hábitats y ecosistemas por la sobreexplotación por parte del hombre, incluyendo actividades legales como actividades productivas: la minería, la deforestación y la construcción de grandes obras de ingeniería. El uso extractivo de materias primas de uso directo para consumo, se destina para la construcción sin registrar el impacto que tendrá para la calidad de vida humana por su degradación y agotamiento de los recursos.

“Los organismos no tienen tiempo para adaptarse a la explotación de nuevos recursos” (Lynch, 1990, p.167). Lynch ayuda a describir el impacto natural del constante apetito por los minerales y el consumo de recursos que perfora la corteza terrestre conforme pasan los años; uno de los protagonistas es la producción minera, es una de las actividades económicas de mayor importancia en México, que se caracteriza por la extracción, explotación y aprovechamiento de los minerales metálicos, no metálicos y energéticos acumulados en el suelo. (Minería por INEGI,2019).

¹ Se refiere a la pérdida de la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades sociales, de la biodiversidad y ambientales de la tierra. Ocurre un deterioro ambiental cuando los recursos naturales de la tierra se agotan o se dañan.

Extracción y Explotación de los Materiales y Agregados Pétreos en México.

México es un país minero y lo ha sido a lo largo de su historia, convirtiéndose en un actor importante en la producción minera en América Latina, un atractivo de inversión de empresas nacionales e internacionales. De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano del 2020, México es uno de los principales países proveedores de minerales del mundo, a pesar de la disminución de producción minera por los conflictos comerciales entre China y Estados Unidos, la extracción de estos materiales se ha incrementado desde hace varios años a consecuencia del mercado.

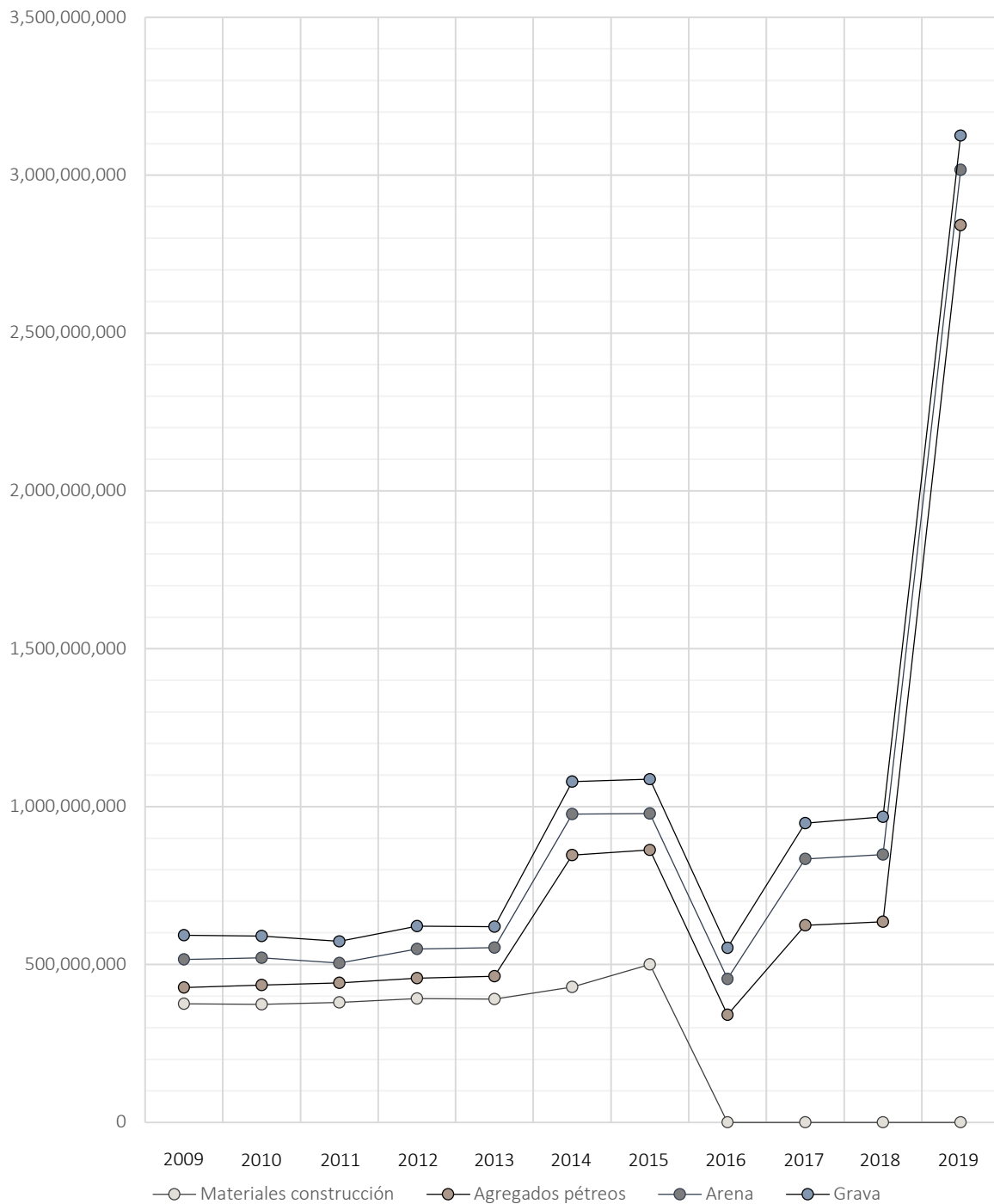
La industria de la minería y su cadena productiva, tienen una contribución importante en México y geológicamente la geografía es importante por su riqueza mineral. Además de ser el primer eslabón de todas las demás cadenas productivas, genera desarrollo económico para el país. México se encuentra entre los diez principales países productores de 16 minerales a nivel mundial. (Anuario estadístico de la minería mexicana, 2019, p.6)

Según datos del Anuario Estadístico de Minería Mexicana (2019), México ocupa un lugar destacado en la producción de minerales no metálicos a nivel mundial, el mercado de los minerales no metálicos es amplio y diverso, incluida la explotación de *materiales de construcción y agregados pétreos* como la arena y la grava. Estos materiales representan un 67.24 % del porcentaje del valor de producción minera del país, los resultados del Anuario Estadístico de la Minería Mexicana (2010-2020) indican que la producción de los agregados pétreos y materiales de construcción durante los últimos diez años ha tenido un *aumento constante y exponencial*, y del 2018 al 2019 tuvieron un aumento del 347.54% del porcentaje de producción anual de minerales.

México es altamente dependiente del comercio exterior, sin embargo, la exportación de los materiales pétreos es del 6.4 %, es decir que la explotación y producción de los agregados pétreos y materiales de construcción permanece dentro de la república. La explotación de los materiales de construcción tiene un incremento año con año (figura 1.01) conforme pasan los años la producción minera de los materiales de construcción se concentra en el consumo de más yacimientos y centros de materiales impactando drásticamente ecosistemas que involucra la explotación total o parcial del banco. La extracción masiva altera físicamente el suelo, limitando los recursos debajo de la corteza terrestre.

Figura 1.01

Datos de la producción minera de materiales para construcción en México del año 2009 al 2019



Datos en toneladas

Nota El gráfico representa el incremento de producción de materiales de construcción en 10 años. Tomado de Servicio Geológico Mexicano (2012-2019). Anuario Estadístico de la Minería Mexicana

<https://www.gob.mx/sgm/articulos/consulta-el-anuario-estadistico-de-la-mineria-mexicana>

Los materiales pétreos

Los procesos de extracción de recursos naturales se encuentran íntimamente ligados con la transformación de materias primas de origen mineral, entre ellos los *materiales de construcción*. (Batalla, 2006, p.58) Estos materiales son conocidos como **agregados pétreos** dentro de la cadena productiva minera, los pétreos corresponden a una de las formas de clasificación de los materiales provenientes de la naturaleza, de la roca o materiales con calidad similar y se utilizan sin apenas sufrir transformaciones. La explotación de los agregados pétreos depende de su utilización y su producción. Dentro de la clasificación existen los materiales naturales que se localizan en yacimiento naturales, canteras y graveras, los artificiales se localizan en macizos rocosos y los industriales que han pasado por un proceso de fabricación como desechos o productos de demoliciones.

De acuerdo con el Artículo 5 del capítulo 1 de la Ley Minera, las rocas o productos de su descomposición que se destinan únicamente a materiales con uso de construcción o similares se exceptúan, puesto que se decreta dentro de la ley, la explotación racional para la preservación de los recursos no renovables en beneficio de la sociedad. En 2006, Batalla había concluido este último hecho como “uno de los graves obstáculos que se oponen para la realización plena del ideal conservacionista”, es decir que el Estado puede regular ciertos aspectos del uso de recursos, pero no totalmente, como la explotación de los recursos por parte de los propietarios privados. Por lo que, el mineral es patrimonio del dueño del terreno, su extracción se puede realizar por tajo o en cantera, conocido como “a cielo abierto”. La producción de los agregados pétreos se encuentra distribuida a lo largo del país, principalmente cercanos a los centros de desarrollo urbano y redes carreteras por destinarse a la construcción. Sin embargo, las operaciones productivas de extracción de agregados pétreos en México carecen de un plan de minado ² y restauración, así como procesos con maquinaria en mal estado por falta de mantenimiento y administración de recursos. Esto se debe a que en México la producción de estos materiales se refleja en minerales no concesibles de acuerdo a la Ley minera y se establece una a estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas de minería.

² los métodos de minado deben ser elaborados con base en la geología estructural y en la mecánica de rocas prevaleciendo el concepto fundamental de estabilidad en las obras. Los rasgos y características de los depósitos minerales fueron creados antes, durante o después de que la mineralización tuvo lugar.

La mayoría de las operaciones de explotación de agregados pétreos se concentra en la *micro y pequeña minería*, identificadas en la minería social, en muchos de los casos el propietario es al mismo tiempo artesano y trabaja junto con sus empleados.³ (Minero, 2015) La minería social es un caso especial de pequeña y mediana minería en la que intervienen comunidades ejidales y agrarias para quienes la actividad minera es el único ingreso. La minería social tiene un fuerte componente de trabajo manual, está dirigida a la explotación, beneficio o comercialización de minerales no metálicos, sobre todo rocas dimensionales (mármol, granito, cantera, ónix, etc.). (ITAM,2004, p. 56)

“La explotación de este tipo de minerales es adecuada para el sector social porque se trata de minerales no concesibles (exentas del pago de derechos y obligaciones mineras), no se requieren grandes trabajos de exploración, las inversiones asociadas, los procesos de beneficio y de comercialización son mucho menos complejos que los del segmento de minerales metálicos” (ITAM,2004, p. 56)

México tiene una sociedad especialista en la sobreexplotación de estos materiales, corta y perfora zonas naturales (figura 1.02-1.03), desapareciéndolos para suministrar materiales a las obras de construcción. El sector de la construcción es participe de consumir grandes volúmenes de recursos naturales imprescindibles es participe de consumir grandes volúmenes de recursos naturales imprescindibles, un proceso típico de construcción causa un agotamiento de recursos, la pérdida de biodiversidad por extracción de materias primas, efectos adversos para la salud humana y vertido de residuos que contaminan zonas naturales. (Zhu y Zhang, 2010, p.2)

En México, se presenta una creciente extracción de materiales pétreos que ocasionan afectaciones en los elementos naturales del ecosistema forestal debido a las excavaciones, compactación, cortes, movimientos de materiales y remoción de la vegetación forestal y el suelo; eliminando la topoforma ⁴ original del terreno. (PROFEPA)

Los impactos de los bancos de materiales pétreos para la construcción y mantenimiento de carreteras representan afectaciones en la vegetación, riesgo de deslaves y afectaciones en mantos freáticos, así como afectación a los asentamientos urbanos dentro de un perímetro menor a 200 metros de distancia del banco explotado.

³ Artículo 5, fracción IV y V de la Ley Minera, reforma publicada DOF 26-06-2006

⁴ Conjunto de formas del terreno asociadas según algún patrón o patrones estructurales y/o degradativos.

Figura 1.02

Explotación de tezontle del Volcán de Xaltepec, Iztapalapa.



Nota. Volcán Xaltepec en Sierra Catarina, Iztapalapa (fotografía), por Santiago Arau, 2018.

https://twitter.com/santiago_arau/status/1050515384015585280?lang=cs.

Figura 1.03

Explotación de tezontle del Volcán de Xaltepec, Iztapalapa



Nota. Volcán Xaltepec en Sierra Catarina, Iztapalapa (fotografía), por Santiago Arau, 2018.

https://twitter.com/santiago_arau/status/1050515384015585280?lang=cs.

Bancos de Materiales Ilegales en la CDMX:

Caso de Santa Catarina

Los bancos de materiales se desarrollan en centros naturales formados por roca, arcilla, grava, arena o tezontle, que se utilizan para las excavaciones a cielo abierto y extracción de agregados para el suministro de materiales en proyectos de construcción. Para la explotación del banco se estudia previamente el sitio y se solicitan los permisos necesarios. A pesar de ello, de acuerdo con los resultados de la última recopilación del Inventario Nacional de Bancos de Materiales por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de febrero de 2019, en México se muestran *2,843 bancos registrados legalmente en 30 estados de la República Mexicana, excepto la CDMX.*

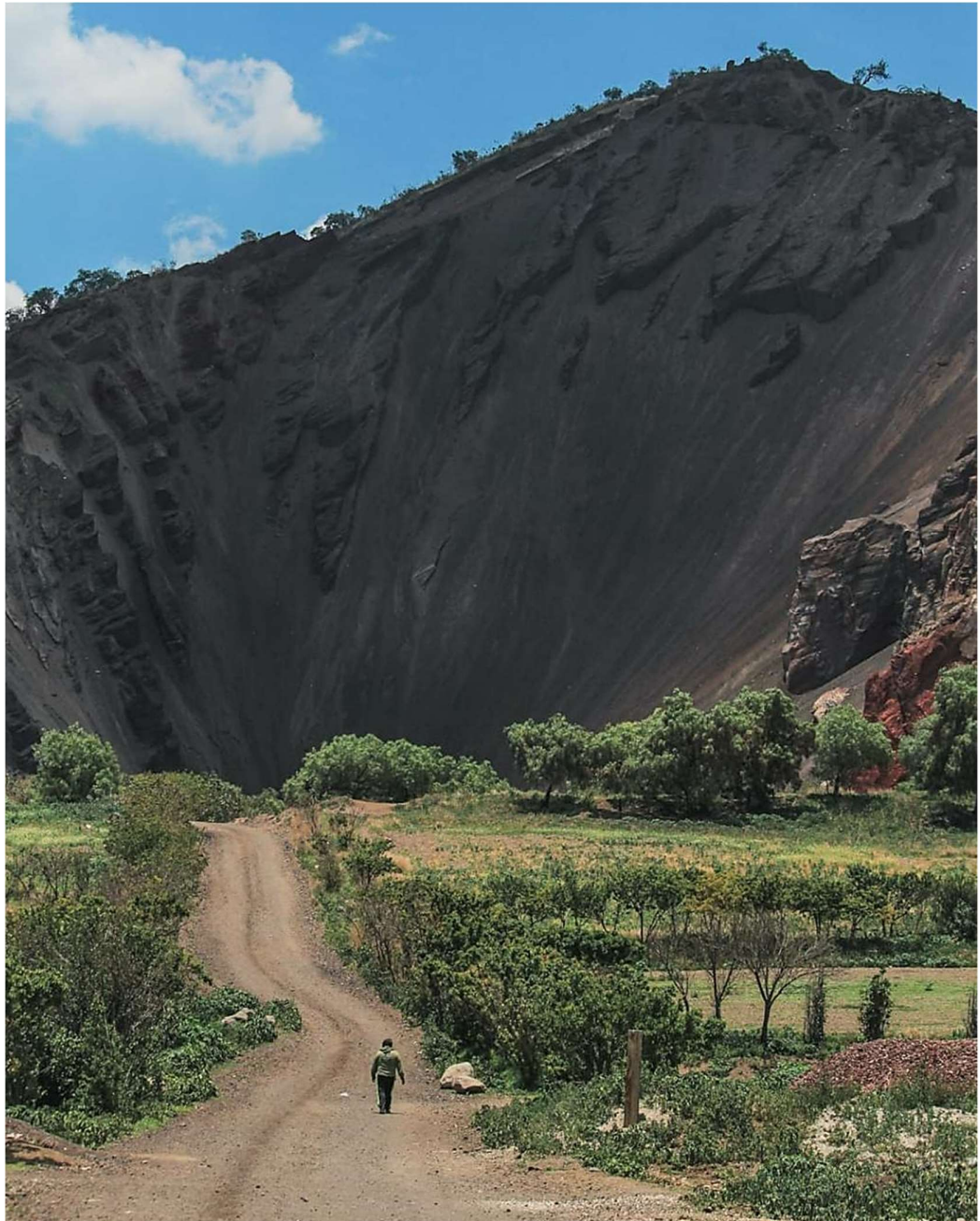
Sin embargo, de acuerdo con el buscador de Inventario Nacional de Banco de Materiales en la Ciudad de México se localizan 8 bancos de los cuales 4 se sitúan alrededor del Volcán Xaltepec y el Volcán Tetecón de la Sierra de Santa Catarina ⁵ en Iztapalapa, con el nombre de Mina La Estancia, La Estancia 1, Iztapalapa y Torres. La Sierra de Santa Catarina fue declarada área de conservación ecológica en 1998, no se ha protegido. La Sierra ha sido sometida desde el 2018 a la explotación de sus yacimientos de tezontle, basalto y arena con fines de construcción. Actualmente, el volcán Xaltepec se ha visto afectado por la sobreexplotación de recursos naturales, principalmente el *tezontle*. (Figura 1.04).

De acuerdo a Hernández (2019), el 7 de marzo del 2019, personal de SEDEMA comprobó que cuadro de las minas inspeccionadas en la zona de Iztapalapa no tenían autorización de la explotación de los materiales pétricos a cielo abierto ni autorización por el impacto ambiental. "La actividad minera de aprovechamiento o explotación afecta al medio ambiente y genera un riesgo para la población, debido a que es se erosionan los cerros y se remueve tierra que podría afectar poblados cercanos" (Hernández, 2019)

⁵ La Sierra de Santa Catarina, anteriormente llamada Península de Iztapalapa o Sierra de Ahuizotl, es una cadena montañosa que se localiza en el oriente de la ciudad de México. La mayor parte de ella pertenece al territorio de la Ciudad de México, y sólo uno de sus picos se localiza en el estado de México. La sierra está formada por los volcanes Xaltepec (también llamado "Cerro de la Cruz" por los habitantes de Zapotitlán) (2500 msnm), Tecuauhtzin o Santiago (2640 msnm), Guadalupe o El Borrego (2820 msnm) y Volcán La Caldera (2400 msnm), y los cerros Yohualixqui (2420 msnm), Tetecón (2480 msnm) y de la Estrella (2460 msnm).

Figura 1.04

La sección del Volcán de Xaltepec, Iztapalapa.



Nota. Volcán Xaltepec en Sierra Catarina, Iztapalapa (fotografía), por therealroymar, 2020.

<https://www.instagram.com/therealroymar/?hl=es>

La explotación minera de materiales pétreos, desaparece montañas y cerros, convirtiéndolos en hoyos para alimentar de tezontle y basalto a las obras de construcción. Además de afectar a la salud de los vecinos y a su tejido social.

“Han encontrado varias montañas de tezontle en el Estado de México, montañas llenas de árboles que se están deforestando para extraer el material; una deforestación que impide la recarga adecuada del acuífero. Al quitar la vegetación y el tezontle, rompen el equilibrio ecológico que tiene el cerro, que permite que se recarguen los manantiales subterráneos”. (Valdés, 2019)

En 2009, Valdés expuso una de las varias afectaciones de la sobreexplotación de materiales pétreos, que en su mayoría no son contempladas. Los bancos pétreos a diferencia de las explotaciones minerales no requieren de una concesión federal para que sean explotados (p.14) ya que los recursos pertenecen al dueño. Sin embargo, se deben de tramitar otros requerimientos de acuerdo al tipo de terreno e información del proyecto de extracción, de acuerdo a las autoridades del medio ambiente en caso de que el terreno sea federal, se solicita a Secretaría de Medio Ambiente federal, y si son estatales, a la del estado para una manifestación de Impacto Ambiental (MIA). La MIA debe incluir acciones de restauración, recuperación y mantenimiento de las medidas ambientales para amortiguar el impacto de las actividades generadas en el terreno.

Caso de Tezoyuca, Estado de México.

“La ambición por el divino material, el tezontle, es una roca roja de origen volcánico y se encuentra en las alderas de los cerros, volcanes y depresiones. Su ligereza y abundancia lo convierte en un material clave para las construcciones desde la época prehispánica, sin embargo, su desordenada extracción podría ocasionar daños irreparables en el ambiente”. Universidad Autónoma de Chapingo, INAH, PNUMA

Para construir en la zona lacustre de la Cuenca de México, el tezontle se convirtió en uno de los materiales favoritos. Es una roca ígnea ⁶ (Durand, 2018) que sigue formando parte de los materiales pétreos más utilizados en la industria de la construcción de nuestro país.

⁶ Que es de fuego o tiene alguna de sus características, como el color. Que procede de la masa en fusión existente en el interior de la Tierra.

Especialistas de la Universidad Autónoma de Chapingo (2019) identifican tres problemas por la extracción acelerada en las minas:

1. Grandes socavones que debilitan las zonas de terreno explotado
2. Pérdida de ecosistemas por el constante daños a los cerros
3. Posibilidades de afectación a la des hidrográfica de las zonas, tanto en su reserva

La creciente demanda de tezontle en zonas aledañas a la obra de construcción del Nuevo Aeropuerto propagó la minería irregular en los alrededores debido a que el suelo suave y compresible del terreno del NAICM (figura 1.05-1.06)

“Precisamente el tezontle forma un papel muy importante en la construcción del Nuevo Aeropuerto. Durante meses los pobladores de la zona han visto desfilar a decenas de camiones cargando este material de minas cercanas, que según cifras oficiales no deberían sobrepasar 100 en un radio de 50 kilómetros, pero la demanda de material ocasionó que se hayan abierto muchas minas más ofreciendo material de construcción.

No es para menos. Para nivelar el área de las cinco mil hectáreas contempladas para las pistas del aeropuerto, primero se requirieron inyectar 50 centímetros de tezontle y posteriormente las especificaciones del Grupo Aeroportuario marcan una capa de un metro de profundidad en este terreno. Se calculan alrededor de 30 millones de metros cúbicos de material en una primera etapa.” (Durand, 2018)

De acuerdo a Durand (2018) las minas del estado de México se encuentran brutalmente explotadas por la empresas minoristas que no tiene los permisos para la extracción de materiales pétreos. La explotación de la mina abarca 42 hectáreas entre los municipios de Tezoyuca y Chiautla.

La deforestación natural se traduce en la disminución de superficie del área natural para la explotación de materiales pétreos, en este caso el tezontle, además de perforar la corteza terrestre impide la recarga natural de los acuíferos existentes, ya que las zonas boscosas y naturales permiten regular las condiciones climáticas.

Figura 1.05

Mina de tezónitile para NAICM en Tezoyuca, Estado de México.



Nota. Barrio de la Concepción de Tezoyuca, (fotografía), por Obras Expansión, 2018

Figura 1.06

Mina de tezónitile en Tezoyuca, Estado de México.



Nota. Barrio de la Concepción de Tezoyuca, (fotografía), por Noticias LAM, 2018

Cadena productiva de materiales pétreos en la CDMX.

De acuerdo con la Dirección General de Desarrollo Minero (2015) se indica el proceso de producción de los materiales pétreos común de las empresas que explotan estos agregados, con una previa preparación de despalme o arranque se desarrollan 4 eslabones básicos (esquema 1.01):

1. Extracción fragmentada mecánica o química: Dependiendo del tipo de banco de materiales pétreos se realiza la extracción mediante maquinaria o explosivos
2. Acarreo y transporte: venta de gravas de diferentes medidas (clasificadas) o venta directa a propietarios de camiones materialistas o casa distribuidoras.
3. Trituración y clasificación con quebradoras y cribas ⁷: se fragmentan, se clasifican mediante su granulometría y se almacenan en tolvas para su venta
4. Comercialización: venta a nivel local por capacidad de carga de la caja, se considera que la cadena productiva concluye cuando se efectúa la venta del intermediario o materialista hacia el consumidor final

La construcción es uno de los sectores más relevantes para la economía de México, permite el desarrollo del país mediante una función social y activación de medios de producción material como en líneas anteriores. El clásico esquema lineal ⁸, el cual se desarrolla mediante etapas sucesivas de extracción y procesamiento. *El hombre sintió la necesidad de dominar su hábitat en lugar de vivir armoniosamente con él, producto de un modelo con tendencia al dominio absoluto de la naturaleza.* (esquema 1.01)

Los últimos 150 años de evolución industrial han estado dominados por el modelo de producción y consumo lineal, según el cual los bienes son producidos a partir de las materias primas, vendidos, utilizados, y finalmente desechados como residuos. No es sostenible de ningún modo, esta realidad ha generado significativos impactos en el equilibrio del medio ambiente. (Canu, 2017)

⁷ consiste en hacer pasar la carga proveniente de la mina, a través de una quebradora primaria y la descarga pasa por serie de mallas o cribas de diferentes aberturas, distribuidas de tal manera que su descarga cae en diferentes puntos. En la práctica, es común que se utilice el método de cribado estático mediante diferentes camas. Los fragmentos con sobredimensión o que no pasan por una medida de la criba, pasan por un segundo equipo de trituración o quebradora y se regresan al circuito de entrada.

⁸ de aquí en adelante para mayor claridad de los conceptos, nos referiremos como *esquema lineal* al modelo de producción sin retornos, resultado de la sociedad consumista y capitalista de recursos en este caso pétreos.

Esquema 1.01

Mapeo de la cadena general de consumo de materiales pétreos en México



Véase en Aparato diagramático lineal (p.36)

Nota: El esquema representa el primer proceso de la producción lineal en la CDMX por la explotación de yacimientos. Tomado de Cadena productiva de Materiales Pétreos (2015). Fuente: Elaboración propia

La producción socioeconómica actual se despeña bajo un sistema insostenible que brinda un sólo enfoque lineal, al propiciar el agotamiento de los recursos pétreos y la volatilidad de precios. Es un patrón totalmente de extracción, producción y consumo, un sistema sin opciones, que se especializa en degradar el medio y valorizar en términos monetarios el capital natural. (Lobato, 2017)

Frente a la acentuada volatilidad de la economía global y el aumento de evidencias que apuntan a la creciente escasez y sobreexplotación de recursos, la necesidad de definir un nuevo modelo económico se hace cada vez más evidente. El modelo de creación de valor de la economía actual genera una cantidad asombrosa de residuos, el incremento de la volatilidad de los precios, los riesgos que empiezan a afectar a la cadena de suministros, y las crecientes presiones de la sociedad, han alertado a los líderes empresariales y a los responsables políticos sobre la necesidad de repensar el uso de las materias primas y de la energía. (Canu, 2017, p. 18)

1.2 La Construcción de residuos

El consumo de materiales pétreos en las obras de construcción

Por su naturaleza, la construcción no es un proceso amigable con el medioambiente (Li et al., 2010). La construcción en México se desarrolla dentro de uno de los sectores más relevantes para la economía del país, como impulsor de producción y empleo, generando 5.6 millones de puestos de trabajo. De acuerdo con los resultados de los censos económicos de INEGI (2019) en la CDMX, se encuentran registrados 1,864 establecimientos dedicados a la construcción, demolición o restauración representando un nivel de participación muy alto como entidad federativa generadora de dinero, con respecto a otros estados de la República.

“Los nuevos desechos y sus tasas aceleradas de producción causan alteraciones en los procesos cíclicos. Los usuarios no pueden aceptar los desechos en la misma proporción en que se producen”. (Batalla, 2006, p.169). De acuerdo con Batalla (2006) esta situación conduce a la necesidad de identificar soluciones más responsables para garantizar el bienestar de la humanidad.

El mundo se enfrenta a una situación en la que la sobreexplotación de los materiales pétreos ha llegado a comprometer seriamente su disponibilidad para el desarrollo de las actividades sujetas a su uso, la economía parece atrapada en un sistema en el cual todo, desde la dinámica de producción, la contratación, e incluso la normativa y las pautas de comportamiento, favorecen un modelo lineal de producción y consumo. (Canu, 2017, p.9)

“Las ciudades, y de manera genérica los asentamientos humanos son hitos artificiales; su edificación y funcionamiento conllevan transformaciones sustanciales del entorno, impactando no sólo en el área sobre la que se asientan, sino también a los lugares de los cuales se extraen recursos, y a los que envían desechos y contaminantes de diversa índole”. (Aguilar, Brambilla, Graizbord, Garrocho y Sobrino, P.4)

Tradicionalmente, las obras de construcción han sido generadas por dos tipos: públicas y privadas. El comportamiento de la industria de la construcción siempre ha mantenido una relación directa con el desempeño de la economía, en función social y el medio natural. Por lo que el consumo de materiales pétreos destinado para la construcción está íntimamente relacionado con el desarrollo

socioeconómico del país, la cadena productiva de estos materiales, independientemente de su uso, deriva de una extracción del material por contratistas, el acarreo y transporte a compra en pie de mina, la clasificación, selección para la etapa final o su comercialización al consumidor final como la casa de materiales. (Secretaría de economía, 2013)

De acuerdo con Carcaño (2019) la actividad de construir consiste en transformar e integrar materias primas en un bien tangible, proveniente de recursos naturales, dentro de las obras, el suministro de materiales adecuados y necesarios repercute directamente con la ejecución de los trabajos, propiamente en los procesos administrativos de planeación, el pedido, la recepción, el almacenamiento y el uso de estos materiales (Esquema 1.02).

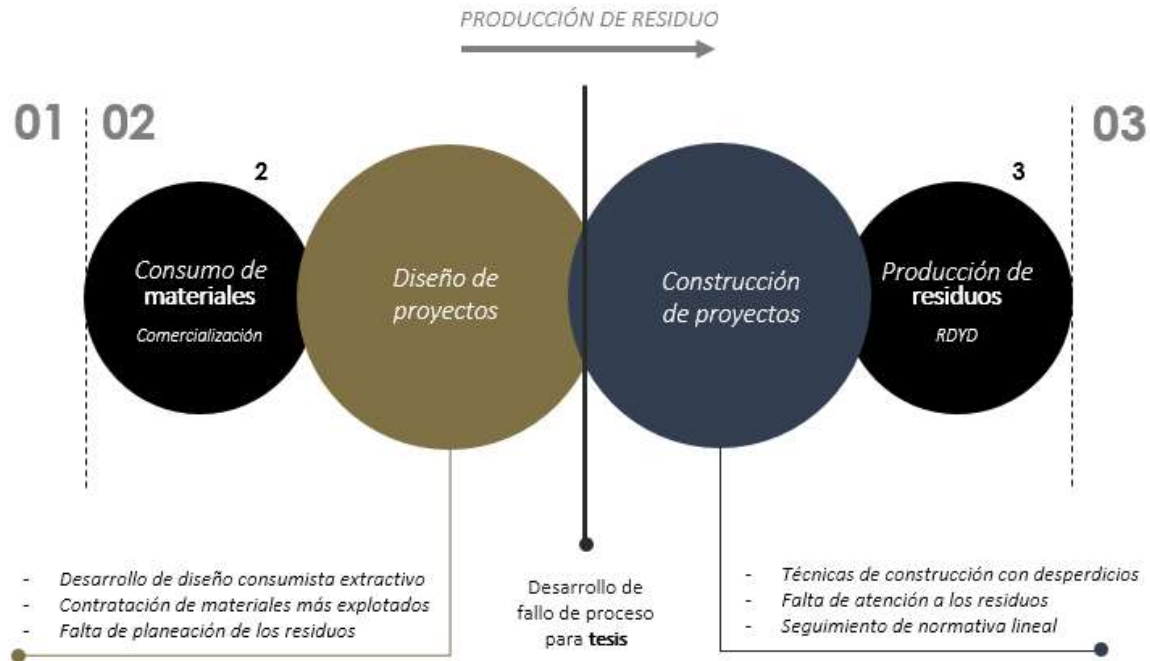
Actualmente, el procedimiento para manejo de los residuos de la construcción dentro de la obra, se desarrollan a través de la generación de RCYD como material sobrante de alguna actividad ya sea construcción o demolición, su recolección y acumulación separada para su traslado. Consecuente, las empresas constructoras contratan servicios pagados para el retiro de cascajo de las obras; a pesar de eso, gran parte de estos residuos materiales de la construcción y demolición son depositados, en su mayoría, en sitios no autorizados por el gobierno de la CDMX, como barrancas, predios abandonados e incluso la vía pública. Se pueden citar los daños en Naucalpan, Estado de México, por más de 20 mil toneladas de residuos materiales provenientes de la capital cada semana desde el año 2017.⁹

La mayoría de los RCYD provenientes de empresas constructoras tienen un ciclo de vida dentro y fuera de la obra, algunas tienen una reutilización como los materiales de excavación que son vendidos a otras obras desde los centros de transferencia, o en su mayoría son disposición final. En la CDMX, la única planta de tratamiento *Concretos Reciclados*, produce sólo el 2% de residuos para agregados reciclados para proveedores y obras de construcción; esto por recibir tan sólo 20% de estos residuos enviados de forma directa o mediante centros de transferencia. (González, 2009)

⁹ El sol de México (2017) Arrojan diariamente 15 mil toneladas de cascajo en áreas federales de Naucalpan. El Universal (2020) Naucalpan busca centro de reciclaje para cascajo

Esquema 1.02

Mapeo de la cadena general de consumo de materiales pétreos y producción de residuos en CDMX



Véase en Aparato diagramático lineal (p.36)

Nota El esquema representa el segundo proceso de la producción lineal en la CDMX con la generación de los residuos y la problemática de la tesis. Tomado de Plan de manejo de residuos de la Construcción y la demolición (). Fuente: Elaboración propia

Actualmente, el procedimiento para manejo de los residuos de la construcción dentro de la obra, se desarrollan a través de la generación de RCYD¹⁰ como material sobrante de alguna actividad ya sea construcción o demolición, su recolección y acumulación separada para su traslado. Consecuente, las empresas constructoras contratan servicios pagados para el retiro de cascajo de las obras; a pesar de eso, gran parte de estos residuos materiales de la construcción y demolición son depositados, en su mayoría, en sitios no autorizados por el gobierno de la CDMX, como barrancas, predios abandonados e incluso la vía pública. (CMIC, 2015)

¹⁰ Este término hace referencia a los residuos de construcción y demolición generados en los procesos de obra.

Los Residuos de Construcción en la CDMX

El modelo actual de creación de valor de la economía en la CDMX genera una cantidad asombrosa de residuos; los residuos generados por el ámbito de la construcción se presentan de diferentes formas, generalmente en pedacería de materiales utilizados para construir tales como madera, paneles de yeso o de cemento, residuos de albañilería, metales, vidrio, plásticos, asfalto, concretos, ladrillos, bloques, materiales de excavación, cerámicos, entre otros.

De acuerdo con la norma *NADF-007-RNAT-2013*, publicada en el año 2013 se reportaban 4 mil 500 toneladas diarias, y tras el sismo del 19 de septiembre de 2017 rebasó las 7 mil toneladas promedio. Con base a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en la CDMX, se generaron poco más de 780,000 toneladas de escombros producto del sismo del 19 de septiembre, de los cuales **2, 351 viviendas** presentaron una pérdida total. Por lo que, en ese mismo año, se realiza la actualización del directorio de centros de acopio de residuos urbanos en la CDMX, con *17 centros de acopio privados* autorizados por la **RAMIR**, así como su cumplimiento para recolección, transporte y almacenamiento de residuos de construcción y demolición. A finales del año 2019, se dio a conocer el último censo por la Secretaría de Medio Ambiente SEDEMA, a diario en la CDMX se acumulan 14 mil toneladas de residuos producto de construcción y demolición, el duplo de hace dos años. (Figura 1.06) Aunado a los miles de toneladas de cascajo producidas en la CDMX; pese a esa cantidad, el gobierno menosprecia el impacto por residuos de construcción.

En la gráfica se puede observar un incremento 200% en el año 2019 con respecto al 2013. A pesar de ello, los residuos resultantes de estas actividades no son aprovechados en su totalidad; de acuerdo con el Sistema de Ingeniería y Control Ambiental, se considera que un 1 m³ de obra construida genera 0.068 m³ promedio de residuos materiales de construcción y demolición, de los cuales sólo el **2 %** de los residuos generados es reciclado o reutilizado.

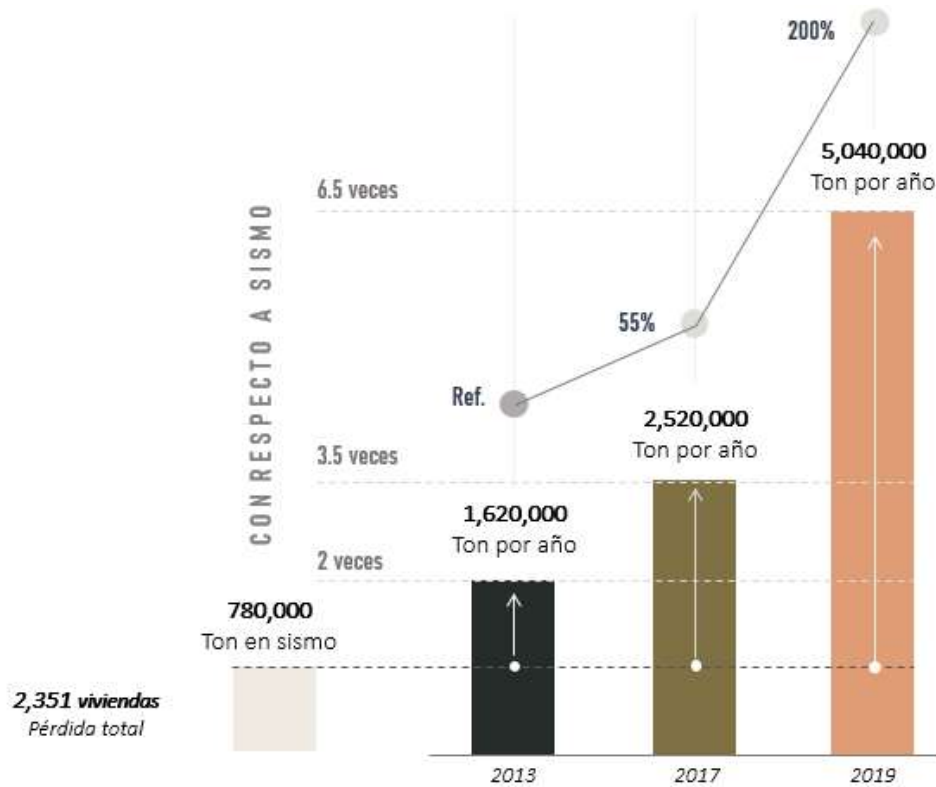
“A medida que la Tierra se va ahuecando en su interior y los desechos se amontonan sobre su superficie, existe la preocupación de que su lecho rocoso pueda derrumbarse, lo que significaría un vulcanismo del revés” (Lynch, 1990, pp.18)

Lynch nos ayuda a explicar (1990) la preocupación de la producción desmedida de los residuos de construcción, que incrementa cada año y se almacena perdiendo valor.

El resultado de todo este proceder es comprobar que la mayoría de los recursos son empleados con un solo fin específico, para luego ser en parte eliminados bajo la forma de residuos, sin tener en cuenta que éstos son también valiosos recursos productivos.

Figura 1.06

Comparación de la generación en toneladas del sismo de 2017 y de los residuos de construcción por año.



Datos en toneladas.

Nota: El gráfico representa el incremento de producción de residuos de construcción de 2013-2019. Tomado la Secretaría de Medio Ambiente SEDEMA (2013-2019)

Normativa de la CDMX con alternativa circular

De acuerdo con la publicación del LGPGIR del año 2003, los residuos que se generan como resultado de las actividades productivas como la construcción, se clasifican en Residuos de Manejo Especial (RME). Sin embargo, se proporciona una clasificación en la norma NADF-007-RNAT-2013 sobre la clasificación y oportunidad de reutilización de ciertos residuos en diferentes oportunidades siempre y cuando se recolecten con transportistas autorizados por la licencia RAMIR, la recolección se suministra en centros de acopio autorizados para disposición final.

Mientras que en la norma NOM-161-SEMANART-2011 y otras leyes se clasifican de acuerdo con el porcentaje de componente peligroso que registre el residuo. A pesar de ellos las actualizaciones han presentado pocas modificaciones, no se menciona el uso de concretos reciclados con agregado reciclado de residuos limpios y aptos con las condiciones. Mientras que en las NTC de concreto 2017 se mencionan la utilización de agregados reutilizados para concreto reutilizados, junto con una serie de especificaciones.

A finales del año 2019, se convoca por el Senado Morena la estipulación de una nueva ley, La Ley General de Economía Circular, a través de la cual se hace la exposición de motivos por el senado para su desarrollo de esta; con los objetivos de la gestión, producción y consumo sostenible de productos, así como la protección, restablecimiento y promoción de uso sostenible de los recursos naturales terrestres, para evitar la degradación de las tierras y la pérdida de biodiversidad. Hace énfasis en el consumo acelerado de la humanidad resultado de un modelo de producción sin la gestión y aprovechamiento de los residuos generados.

Con esto, expone una serie de artículos referentes a la circularidad productiva propuesta. En el cuál: Artículo 20. Toda persona física o moral cuya actividad sea la construcción, la demolición o que en su proceso genere residuos catalogados como residuos de la construcción según la Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos, deberá valorizar al menos el 50% de sus residuos cuando la infraestructura local lo permita. (Iniciativa Con Proyecto De Decreto Por El Que Se Expide La Ley General De Economía Circular, exposición de motivos, 2019)

Marco normativo y leyes aplicables

Normas:

- **NADF-007-RNAT-2013**

Que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción y demolición, en la CDMX. (Última modificación feb 2015)

- **NOM-161-SEMANART-2011**

Que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de estos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo (Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general, que se generen en una obra en una cantidad mayor a 80 m3).

- **NTC De Concreto 2017 - Pág. 12.**

Fundamentos y restricciones para la composición de Concretos Especiales, 12.7 Concretos reciclados. Se entiende como concretos reciclados como los concretos fabricados con la *trituration de residuos de concreto*, para un *agregado estructural que se limita en 20 % para agregado grueso*.

- **Reglamento de construcciones 2019- Art 188**

Los materiales de construcción, escombros u otros residuos con excepción de los peligrosos, generados en las obras, podrán colocarse en las banquetas de vía pública por no más de 24 horas, sin invadir la superficie de rodamiento y sin obstruir o impedir el paso de peatones y de personas con discapacidad, previo permiso otorgado por la Administración en el que deberán constar las condiciones y horarios para ello.

L e y e s:

- **Ley General de Equilibrio Ecológico y Ambiental.** (2018) Cap VI pág. 70.
Materiales y residuos peligrosos
- **Ley General Para La Prevención Y Gestión Integral De Los Residuos.** Cap. 6 pág. 32.
De la prevención y manejo integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
- **Ley General Para La Prevención Y Gestión Integral De Los Residuos.**
Título tercero, Cap. 1 Art 19. Residuos de manejo especial producto de la construcción, mantenimiento y demolición. Se identifican como RCyD (Residuos de construcción y demolición).

C o n v o c a t o r i a s:

- **Convocatoria PTARCD (2019)** para la instalación y operación de plantas de tratamiento y aprovechamiento de residuos de la construcción y demolición de la ciudad de México (de la gaceta oficial de la CDMX).
Que el 60-70% de la composición de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) son materiales minerales: tierras, hormigón, ladrillos, cerámicos; el resto está formado por cantidades variables de residuos de madera, metal, yesos, plásticos, etc. La mayor parte son residuos no peligrosos, incluso inertes, cuyo aprovechamiento no debe presentar problema, sino que puede contribuir a la disminución del consumo de recursos minerales naturales.
- **Convocatoria PTARCD (2020)** resultados de la primera ronda de la convocatoria para la instalación y operación de plantas de tratamiento y aprovechamiento de residuos de la construcción y demolición de la ciudad de México.

1.4 Disposición final de los RDC en la CDMX

Centros de acopio y la licencia RAMIR

Actualmente, el procedimiento para manejo de los residuos de la construcción dentro de la obra, se desarrollan a través de la generación de RCYD como material sobrante de alguna actividad ya sea construcción o demolición, su recolección y acumulación separada para su traslado. Consecuente, las empresas constructoras contratan servicios pagados para el retiro de cascajo de las obras; a pesar de eso, gran parte de estos residuos materiales de la construcción y demolición son depositados, en su mayoría, en sitios no autorizados por el gobierno de la CDMX, como barrancas, predios abandonados e incluso la vía pública. (2)

Tiraderos clandestinos de residuos de construcción y demolición (RCYD) en la CDMX

De acuerdo con la última actualización por la Secretaría de Medio Ambiente (2022) en la CDMX se encuentran identificados 1130 tiraderos clandestinos en la CDMX, sin embargo, se pueden citar los daños en Naucalpan, Estado de México, por más de 20 mil toneladas de residuos materiales provenientes de la capital cada semana desde el año 2017. La mayoría de los RCYD provenientes de empresas constructoras tienen un ciclo de vida dentro y fuera de la obra, algunas tienen una reutilización como los materiales de excavación que son vendidos a otras obras desde los centros de transferencia, o en su mayoría son disposición final.

Planta de tratamiento

La disposición de residuos sólidos en la CDMX se ha presentado de manera discontinua a lo largo de varios años, por la falta de organización e incumplimiento de las normas establecidas. La Procuraduría Ambiental y Ordenamiento Territorial (PAOT); afirmó en el año 2012, la existencia de **400 tiraderos clandestinos** en la ciudad, comparado con *2 centros privados autorizados*. (Uno de ellos fundado en 2005, *Concretos Reciclados*, respondiendo a la convocatoria del año anterior por parte de la titular de la Secretaría del Medio Ambiente, Claudia Sheinbaum, para buscar reciclar los residuos de construcción. De acuerdo con la norma *NADF-007-RNAT-2013*, publicada en el año 2013 en la Ciudad de México, se establecen los lineamientos para el manejo y depósito de residuos de construcción y demolición adecuados. Sin embargo, estudios realizados representan el crecimiento exponencial de generación de residuos materiales de construcción diarios, aumentando en la última década.

Esquema 1.03

Mapeo de la obsolescencia de los residuos en México



Véase en Aparato diagramático lineal (p.36)

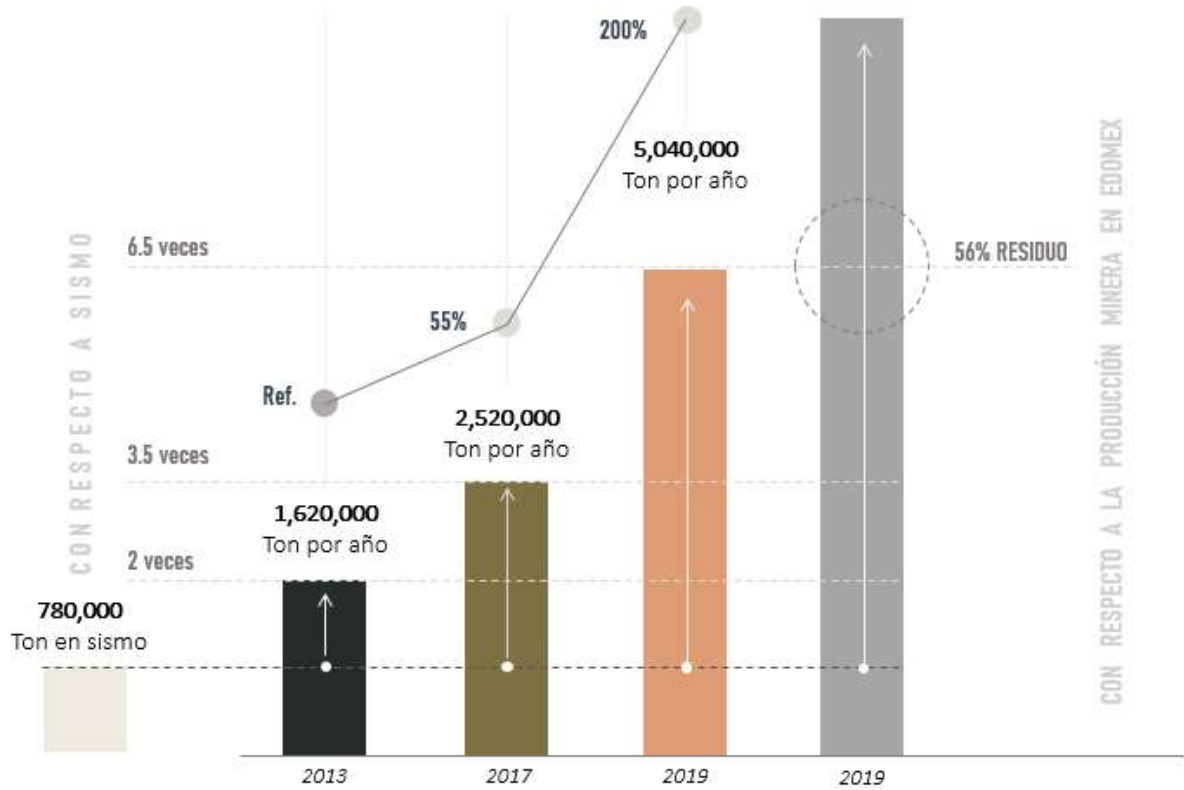
Nota El esquema representa el tercer proceso de la producción lineal en la CDMX con el almacenaje de los residuos. Tomado de Plan de manejo de residuos de la Construcción y la demolición ().

Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los RCYD⁹ provenientes de empresas constructoras tienen un ciclo de vida dentro y fuera de la obra, algunas tienen una reutilización como los materiales de excavación que son vendidos a otras obras desde los centros de transferencia, o en su mayoría son disposición final. En la CDMX, la única planta de tratamiento *Concretos Reciclados*, produce sólo el 2% de residuos para agregados reciclados para proveedores y obras de construcción; esto por recibir tan sólo 20% de estos residuos enviados de forma directa o mediante centros de transferencia

Figura 1.08

Comparación de la generación en toneladas del sismo de 2017, de los residuos de construcción por año y la producción de materiales en el 2019 en el Estado de México.



Datos en toneladas

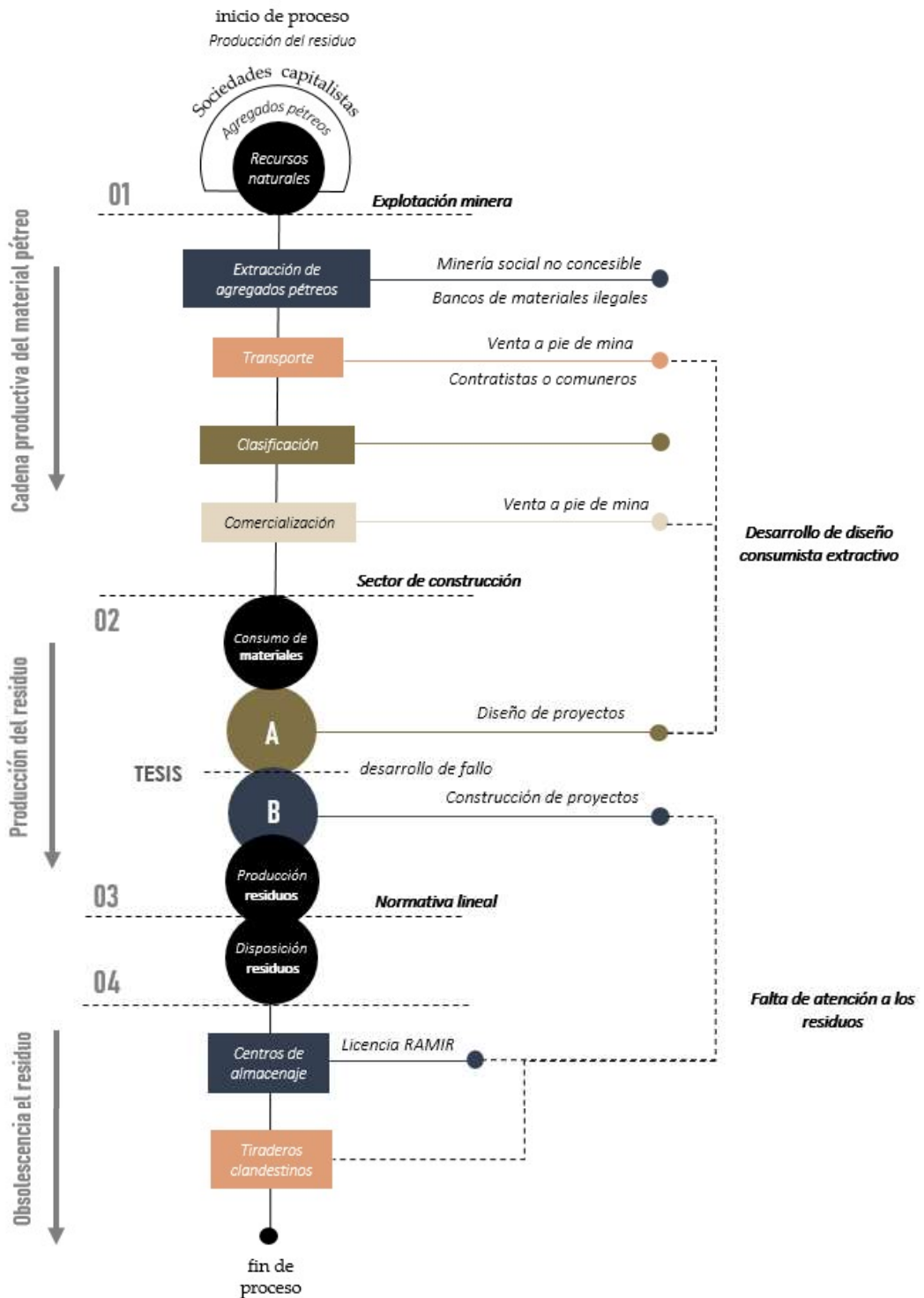
Nota El gráfico representa el incremento de producción de residuos de construcción de 2013-2019. Tomado la Secretaría de Medio Ambiente SEDEMA (2013-2019)

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se muestra el crecimiento de los residuos de construcción cada 3 años y la comparación de la producción de materiales pétreos para el Estado de México, en porcentaje se tiene una generación del 56% de residuos con respecto a las toneladas de extracción minera.

Esquema 1.04

Aparato diagramático de la producción lineal en la CDMX



Nota El gráfico representa el esquema lineal de producción de residuos en la CDMX

Fuente: Elaboración propia

SEGUNDA PARTE: LOS RESIDUOS GENERAN LA CIUDAD

(2) La Circularidad en el Diseño

2.1 Principios de la circularidad: Modelo de economía circular

La industria humana ha funcionado a pleno rendimiento apenas algo más de un siglo, pero ha provocado el declive de prácticamente todos los ecosistemas del planeta en mayor o menor grado. *La naturaleza no tiene un problema de diseño, lo tenemos nosotros.* Actualmente la CDMX se enfrenta a un escenario en el cual la sobreexplotación de recursos naturales compromete seriamente el desarrollo productivo dentro de la construcción en futuras generaciones, el modelo económico se mantiene en un enfoque productivo sin retorno; es decir, presenta procesos sin recuperación, al propiciar el agotamiento de los recursos y la eliminación de productos posterior a su uso sin aprovechamiento, generando cantidades inauditas de residuos, un conjunto de efectos ambientales de deterioro natural y la volatilidad de precios.

Vivimos dentro de un patrón totalmente de *extracción, producción, consumo y disposición final*, un sistema sin opciones, que se especializa en degradar el medio y valorizar en términos monetarios el capital natural. La economía se encuentra bloqueada en el consumo de recursos con un sólo fin, un enfoque planteado sin considerar el valor de los elementos desechados.

El desarrollo actual de la población en relación a la urbanización involucra íntimamente la construcción de estructuras artificiales que modifican el medio, explotando los recursos de acuerdo a un porcentaje de territorio; generando zonas urbanas con patrones de producción, consumo y por ende generación de residuos que dañan los ecosistemas. Hoy en día, se menosprecia los daños irreversibles en el medio ambiente por causa de las actividades humanas; *a pesar de que una economía con el sistema actual difícilmente podría continuar su funcionamiento sin capital natural.*

Esta condición impulsa a la *economía circular*¹¹, como la necesidad de cambio para un nuevo modelo socioeconómico de producción; con nuevos esquemas, que se exponen para eliminar y *sustituir situaciones conformistas de consumo* en una cultura de despilfarro; una sociedad especialista en la sobreexplotación de recursos naturales, gastos innecesarios y consumo

¹¹ “la economía circular es una alternativa atractiva que busca redefinir qué es el crecimiento, con énfasis en los beneficios para toda la sociedad. Esto implica disociar la actividad económica del consumo de recursos finitos y eliminar los residuos del sistema desde el diseño” (Fundación Ellen Macarthur,2017)

desmedido, que es favorecida por dinámicas de un esquema lineal, con una vocación de dominio completo de la naturaleza, carente de impedimentos para la adquisición y la extracción ilimitada de recursos naturales. La economía lineal ha instaurado el concepto de usar y tirar, al inducir el método del consumo material creado por las necesidades ficticias de la sociedad, recurriendo a la constante de eliminación por *obsolescencia prematura*¹² de forma obligatoria al programar el fin de la vida útil de los productos.

Se tiene como iniciativa, la ampliación del ciclo de vida de estos mismos que permita mantener o incluso ampliar el valor de cada uno de ellos, al crear circuitos o *bucles cerrados*¹³ en lo que los residuos se convierten en la materia prima para otros procesos y eliminar la noción del subproducto no aprovechable al convertirse en oportunidades de negocio para generar nuevos puestos de trabajo, al tiempo que se reducen los potenciales impactos o riesgos. La circularidad constituye el contraste productivo del modelo lineal, es conceptualmente un modelo para reducir la dependencia de los recursos de la naturaleza. Es por ello, que la incorporación de una alternativa más sostenible que sustituya o mejore los modelos económicos y productivos que actualmente se están empleando, se atribuye como una necesidad para desvincular el constante consumo de recursos y energía de la naturaleza.

Es un modelo económico basado en alcanzar un desarrollo con criterios fundamentados por la sobreexplotación de los recursos y el impacto generado al entorno. “Elegiendo materiales capaces de ser transformados una y otra vez sin perder cualidades o incluso mejorándolas”. (Lobato,2017, p.88) De modo que, se pueda revalorizar el capital natural, al enmarcar un equilibrio sujeto de la actividad económica y el medio ambiente; la economía circular se enfoca en los cambios de los sistemas de producción y de consumo actual, por medio de acciones regenerativas para el desarrollo de un crecimiento sin afectaciones al entorno y un entramado de procesos para la revitalización de productos materiales sin la generación de residuos.

Son esquemas importantes para desarrollo de un ciclo de vida de los productos, un ciclo con retorno, permitiendo incentivar un negocio basado en uso más eficiente de los recursos.

¹² la obsolescencia prematura sucede cuando los productos ya no se utilizan, aunque todavía funcionen o podrían estar funcionando si se repararan.

¹³ de aquí en adelante nos referimos como bucle al flujo de producción circular que se une en sus extremos del proceso de construcción y proyecto arquitectónico

Esto consiste en introducir los productos, servicios o materiales nuevamente a un ciclo productivo, para contribuir en la reducción del empleo de recursos naturales, incluidos materias primas, energía, agua y suelo, y a reducir la emisión de sustancias perjudiciales a lo largo de todo el ciclo de vida.

Entendido, como un modelo restaurador y regenerativo, un modelo de producción que converge con nuevos procesos y servicios para propiciar la permanencia sustancial de productos materiales y servicios en el mercado, con el fin de mantener *su valor máximo en un periodo de tiempo superior, posterior a su uso definitivo*. De acuerdo con Lobato (2017) “no se trata de vender productos, sino su uso”. (p.169)

La iniciativa que se tiene por sustituir materiales producidos en un modelo lineal, por bienes circulares por diseño, se estimulan del empleo de materiales reciclados y recuperados, la formación de mano de obra especializada, así como la mejora en la eficiencia de energía. Parte de la iniciativa de fácil incorporación, es permitir alargar la vida útil de los materiales y evitar su destrucción o eliminación; algunas alternativas sobresalen de la utilización de estos materiales para la conformación de otros. De igual forma la alternativa de compraventa, el mercado de segunda mano genera grandes beneficios, elementos dentro del desarrollo arquitectónico, como muebles, puertas, ventanas, entre otros.

La sostenibilidad en México no mantiene un discurso sobre el significado del término, sin embargo, desde la última década el desarrollo sostenible (DS) se ha implementado como un paradigma teórico y político debido a la escala de los problemas ambientales que presenta el actual proceso de desarrollo.

Los residuos del modelo lineal en el circular

En 2017, Canu “concluyó que un residuo es un recurso situado en un lugar equivocado” (p.62), así como Lobato (2017) indica que “el mejor residuo es aquel que no se produce” (p.107). Dando lugar a este cambio de paradigma económico, el modelo circular tiene como objetivo el conseguir que los productos mantengan su utilidad y valor en todo momento, es decir, que *a través del diseño se reduzca la creación de residuos* dando una segunda vida a cada uno de ellos para ser recuperados, renovados y mejorados al maximizar su valor.

De acuerdo con Canu (2017) “la existencia de estos componentes es la clara demostración de que algo no está funcionando correctamente en los procesos productivos, estos residuos son generados antes, durante o como consecuencia de una actividad” (p.62). El método clásico para la gestión de residuos se basa en el depósito en vertederos, esto implica un impacto elevado en la sociedad, la salud y el medio ambiente. Sumado el desaprovechamiento de **productos viables** a reutilización, reciclaje o recuperación y el impacto económico no percibido. Es posible incorporar y generar otro enfoque de diseño con estos ciclos, permitir la reducción de costos y fomentar mayor trabajo, y que, en caso de la construcción, varios productos ya son revalorizados.

Para el desarrollo del sistema circular es necesario convertir al consumidor en un proveedor de residuos, ya que mediante la participación conjunta se crea un ciclo cerrado donde estos componentes o residuos sin valor para el consumidor regresan para ser reciclados o renovados para prolongar su vida útil. **Esto convierte a los consumidores en piezas claves para el desarrollo del modelo , ya que en última instancia son quienes determinan la vida útil de un producto.**

Este conjunto de actividades que permiten el retorno de los residuos desde el consumidor al tejido empresarial es lo que se conoce como *Logística Inversa*, una correcta gestión de las cadenas de retorno o recogida. Para ello, existen varias posibilidades como:

- Sistema gratuito: el consumidor entrega el residuo sin recibir ningún beneficio económico.
- Sistema de compraventa: el consumidor entrega el residuo a cambio de un precio.
- Sistema de incentivo económico: el consumidor recibe una contraprestación económica por la entrega del residuo.

De modo que, la mejor manera de incorporar este modelo en el sector de la construcción es aprovechando la relación calidad/precio, con mejoras personalizadas y reales de las necesidades de los clientes; generalmente la eliminación de productos se relaciona con la condición de obsolescencia, cuando un producto se vuelve obsoleto en un ámbito de consumo, los costos aumentan y se produce un esquema lineal. Evitando la situación de cambio, podría reducir los costos de propiedad, el desafío se presenta en el cierre del ciclo de los materiales, de modo que desde una etapa de diseño se prevea su reciclaje o reutilización. Las construcciones diseñadas con criterios ecológicos se construyen reduciendo el consumo de energía e incrementando el ciclo de vida útil. Evaluar el impacto de los

materiales de la construcción en el entorno, se prevé desde la extracción, procesamiento, transporte, utilización, disposición final o eliminación; así como la manipulación en las obras.

El paso a la economía circular supone un menor uso de materias primas vírgenes y un mayor uso de insumos reciclados, lo que reduce la exposición a los precios de las materias primas, cada vez más volátiles, ofreciendo la posibilidad de contar con fuentes alternativas de recursos productivos. La descripción más conocida se refiere al informe Burtland, que señala el satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin poner en riesgo las necesidades futuras a través de preservar y mejorar el medio ambiente en condiciones actuales y futuras, así como mejorar las condiciones de los ecosistemas locales al proteger el medio ambiente y cuidar los recursos.

El bucle de los residuos

En 2017, Canu ha concluido que es posible aplicar economías de escala entre fabricantes cuyas actividades son afines o complementarias, lo cual se refiere a que se pueden plantear un conjunto de principios relacionados a la gestión y optimización de energía consumida en los materiales de construcción, como la compra local de materiales pesados: piedras y ladrillos, así como la reutilización de materiales ligeros posterior a su empleo inicial; el esquema de potencial de reutilización es recomendado y tomado en cuenta desde el diseño del proyecto y antes del depósito de disposición final.

Esta reutilización deberá permitir el destino de nuevos usos del material empleado, fundamentalmente sin el uso de mecanismo de transformación. Se puede contribuir a través de premisas desde el diseño, con la reducción de residuos de las maneras subsecuentes:

- Diseño modular en la cadena de producción y de residuos.
- Utilización de materiales reciclados, recuperados o reutilizados.
- Diseño mediante montajes o uniones mecánicas
- Utilización de morteros de cemento (aumento de reciclaje).
- Diseño de edificios flexibles, aptos para ser reutilizados.

Los proyectos deberían de ser construidos con materiales con valor de aprovechamiento para los ciclos planteados en la economía circular. *El reciclaje promueve el uso de subproductos de los procesos de producción mediante el diseño de sistemas de recuperación, de acuerdo con el*

establecimiento de planes bien definidos, elaborando los protocolos y estrategias que marquen la dirección a seguir, asegurando los medios y recursos necesarios para dar viabilidad a las iniciativas.

Los subproductos dan fin de la condición de residuo, ya que este se relaciona con las condiciones que un objeto necesita para que resulte productivo, basado en materiales de alta calidad que proceden de residuos; para ello se propone una estructura jerárquica de usos que se representa en la pirámide de manejo de residuos que ilustra el orden apropiado para el manejo de los residuos con el menor impacto para el medio ambiente.

- *Prevención y minimización de residuos:* evitar la generación de residuos por medio de cambios en los modelos de producción y consumo
- *Preparación para la reutilización:* evita el consumo de material primas al tiempo que reduce la generación de residuos.
- *Reciclado:* dependerá de la calidad de recogida y separación de los diferentes materiales del residuo
- *Valorización:* se concentra en la recuperación de energía contenida en un residuo, al utilizarlo para sustituir a otros materiales
- *Eliminación final:* estrategias de gestión para evitar el vertido y reducir la cantidad de residuos en los vertederos.

La construcción actual en su mayoría compete de una modelo de producción lineal que utiliza materiales imprescindibles para la naturaleza, consumidos desmedidamente y eliminados como residuos; provocando cambios radicales en el entorno, eliminando por completo zonas naturales y provocando a largo plazo daños irreversibles. La incorporación de circularidad en la arquitectura se considera necesario ya que puede modificar o cambiar premisas de producción y de este modo mejorar procesos alternos en la construcción mediante un enfoque reutilizable, así como, nuevos procesos en el desarrollo de un proyecto para reutilizar materiales y/o residuos dentro de una obra arquitectónica; esto implica el seguimiento de una serie de requerimientos para el aprovechamiento adecuado.

Sin embargo, el desarrollo de proyectos circulares se construye desde el diseño con una recuperación y reutilización subsecuente, de modo que los residuos de las actividades contribuyen en los recursos para otras y se disminuye paulatinamente los residuos acumulados.

2.2 Principios de la circularidad en la arquitectura y la construcción.

“La constante degradación a la que se ha sometido el medio natural, la contaminación y la sobresaturación de vertederos con residuos, insta a desarrollar un cambio hacia sistemas regenerativos como es la economía circular, un motor de crecimiento verde basado en eficiencia y pensamiento sistemático para eliminar residuos y contaminación del diseño, mantener productos y materiales en uso para regenerar los sistemas naturales”.
(Ellen Macarthur Foundation, 2017)

El sector de la construcción es un gran consumidor de recursos naturales y actualmente es responsable de casi el 50% del consumo de materias primas y de alrededor del 40% de las emisiones mundiales de CO₂. Hasta la fecha, el sector de la construcción se ha centrado casi exclusivamente en la eficiencia energética, pero la transición energética es sólo una parte del reto al que se enfrenta. Dado que casi la mitad de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero proceden del carbono embebido emitido a través de los procesos de producción y operativos, necesitamos una economía circular que esté diseñada para eliminar los residuos y la contaminación, reutilizar productos y materiales, y regenerar la naturaleza para ayudar a afrontar el cambio climático.

En lugar del actual modelo de consumo lineal, el enfoque circular nos permite reimaginar el edificio como un banco mismo de activos, de modo que los materiales pueden reutilizarse y permanecer en uso más tiempo. Como se diseñan los proyectos es la clave para como son utilizados, el impacto que tiene en su entorno y cuánto tiempo permanecen aptos para su propósito dependen del diseño de los principios circulares, es por tanto la forma de implementar la economía circular en el entorno construido. A través de la implementación de un modelo desarrollado con objetivos que eviten el consumo de recursos finitos y equilibre los flujos de producción de los productos se desarrollan 3 principios claves de la circularidad. Partiendo de esto se plantea un diseño basado en la desmaterialización del consumo y producción, al ofrecer nuevas materias primas que respondan a la maximización de la vida útil de los residuos en beneficio de nuevas aplicaciones. Mediante la optimización de los recursos y su utilidad máxima se plantea la repetición en el proceso de fabricación y reciclaje de los componentes materiales para que recirculen y sigan contribuyendo a la economía, *al incrementar la vida útil de los productos* se fomenta una reutilización y gestión, considerando la eficiencia de los sistemas para evitar factores externos que eviten el desarrollo.

Este tipo de sistema se desarrolla mediante **bucles o los internos más estrechos y cerrados**; que de acuerdo con Walter Stahel la visión de una economía del rendimiento impacta en el ahorro de recursos y la prevención de residuos al apostar por un menor consumo de recursos vírgenes y la creación de empleo local dentro del sector de la reutilización.

Un bucle cerrado permite completar el círculo de productividad al convertir el comportamiento de los residuos de los vertederos en un suministro de materiales finitos y como fuentes potenciales de uso para devolverlos al ciclo productivo.

Por medio de investigaciones de los estudios de casos prácticos de la Fundación Ellen MacArthur, el modelo circular reconduce los modelos de producción y negocio de las cadenas, mediante *nutrientes técnicos, que son devueltos al sistema productivo como materia prima para productos de uso*. Este proyecto permite contribuir en el diseño para desarrollo de activo arquitectónico por medio de la aplicación de la economía circular en el diseño de proyectos, la estrategia del diseño circular es el **modelo de capas de corte**. De acuerdo con Frank Duff (1970) los edificios se construyen en capas separadas y entrelazadas cada una con una ida útil diferente, la *figura 2.01* muestra el modelo de seis capas: sitio, estructura, envolvente, servicios, plan de espacios y cosas.

Construir en capas significa “elementos con diferente vida útil” por lo cual pueden separarse y eliminarse, lo que permite la adhesión o cambio de los que deben de remplazarse. Este principio facilita la reutilización en el diseño arquitectónico. Cada una de las capas trabaja como entidad independiente, integradas con otros sistemas de construcción, pero no entrelazadas con el tejido del edificio, evitando el desperdicio a gran escala de activos, reduciendo el consumo de recursos y eliminando la demolición total. Esto reduce la obsolescencia temprana e innecesaria, aumentando la flexibilidad de uso y longevidad del tiempo mediante el diseño de deconstrucción (separando, reemplazando, moviendo o adaptando en diferentes momentos sin afectar el edificio o activo construido). Como se diseñan los edificios es clave para la forma de utilización, el impacto que tiene en su entorno y el tiempo que permanecen aptos para su propósito.

De acuerdo con ARUP y la Fundación Ellen MacArthur, la principal aplicación de la economía circular en el entorno construido es a través de estrategias de diseño para edificios con un enfoque en la reducción del consumo de recursos y alargamiento de la vida de los materiales

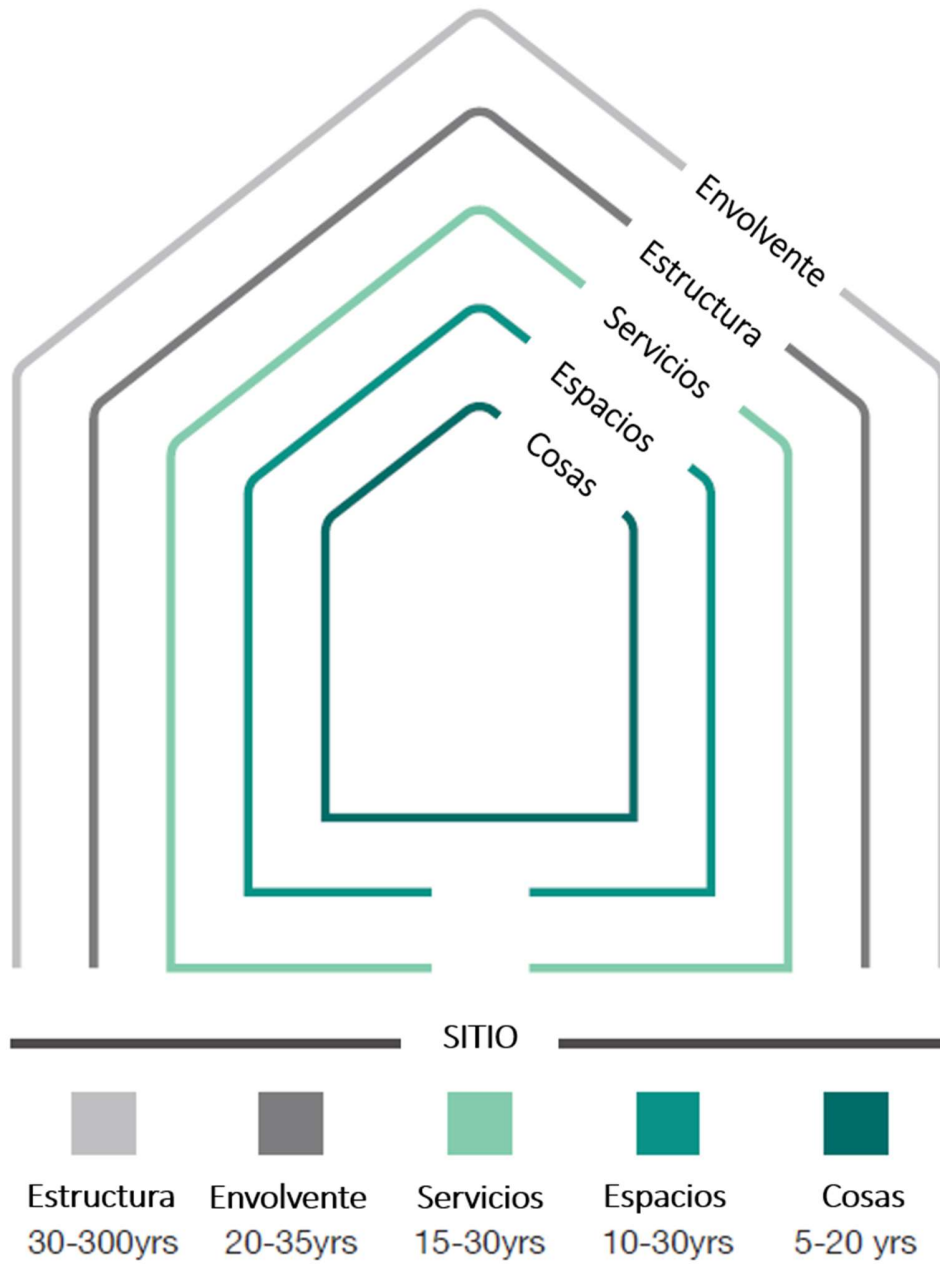
y componentes. Haciendo referencia a Frank Duff (1970) las estrategias de diseño existen desde hace tiempo pero ¿Por qué no han escalado este principio?

La implementación circular en la industria de la construcción, requiere de la comprensión de todo el ciclo de vida del edificio y la cadena de valor de la ejecución de la construcción con niveles de colaboración e intercambio de información. Es por ello que los clientes de construcción son fundamentales para impulsar la transición a un entorno construido circular para marcar el rumbo y las estrategias de desarrollo, apropiación de estructuras y modelos de operación para cada proyecto mediante estrategias, entre ellas se identifican:

- Bajo rendimiento de los componentes
- Desprecio de materiales
- Demolición prematura

Figura 2.01

Construcción en capas de la arquitectura (6S)



Nota. Representación de niveles de construcción en el diseño circular, 2020.

From Principles to Practices: Realising the value of circular economy in real estate

El modelo de valor residual implica la creación de un nuevo contrato, similar a un contrato de futuros de materias primas. Estos contratos se negociarán en un intercambio centralizado, su valor vinculado al futuro estimado de los materiales en un edificio cuando se deconstruya. El contrato de futuros, que contiene información detallada sobre los materiales recuperables (reutilizables cuando se deconstruyen) del edificio, sería colocado primero en el mercado por el cliente de la construcción después de que se construye el edificio.

El contrato de futuros se puede negociar mientras el edificio está operativo y los materiales de construcción están en uso. Se espera que los compradores sean cualquiera que busque administrar su posición frente a los precios de los materiales cada vez más volátiles, como contratistas, proveedores y comerciantes de productos básicos. Quien posea el contrato de futuros en el momento de la deconstrucción es el propietario de los materiales. En efecto, el intercambio centralizado se convierte en una fuente de materiales de construcción reutilizables. Para el cliente de construcción original, los gastos de capital adicionales relacionados con el diseño para la deconstrucción o los materiales duraderos están cubiertos por la venta del contrato de futuros.

El modelo de valor residual está diseñado para garantizar que el verdadero valor de los materiales de construcción se capture y recupere cuando se retiren de un edificio, creando así un incentivo para mantener esos materiales en uso a su valor más alto durante el mayor tiempo posible, uno de los Principios clave de una economía circular.

Los siguientes han sido identificados como facilitadores del modelo:

- Diseño para deconstrucción, selección de materiales y técnicas de construcción reversibles (figura 2.02)
- Protocolos de prueba y recertificación de materiales usados
- Tecnología Blockchain para proporcionar un libro transparente de transacciones para brindar a todos los participantes información en tiempo real sobre la ubicación, la propiedad y el historial de auditoría de un material.
- El modelado de información de construcción (BIM) permite crear modelos 3D detallados de edificios con detalles precisos sobre el contenido del material para crear un pasaporte de materiales para el edificio.

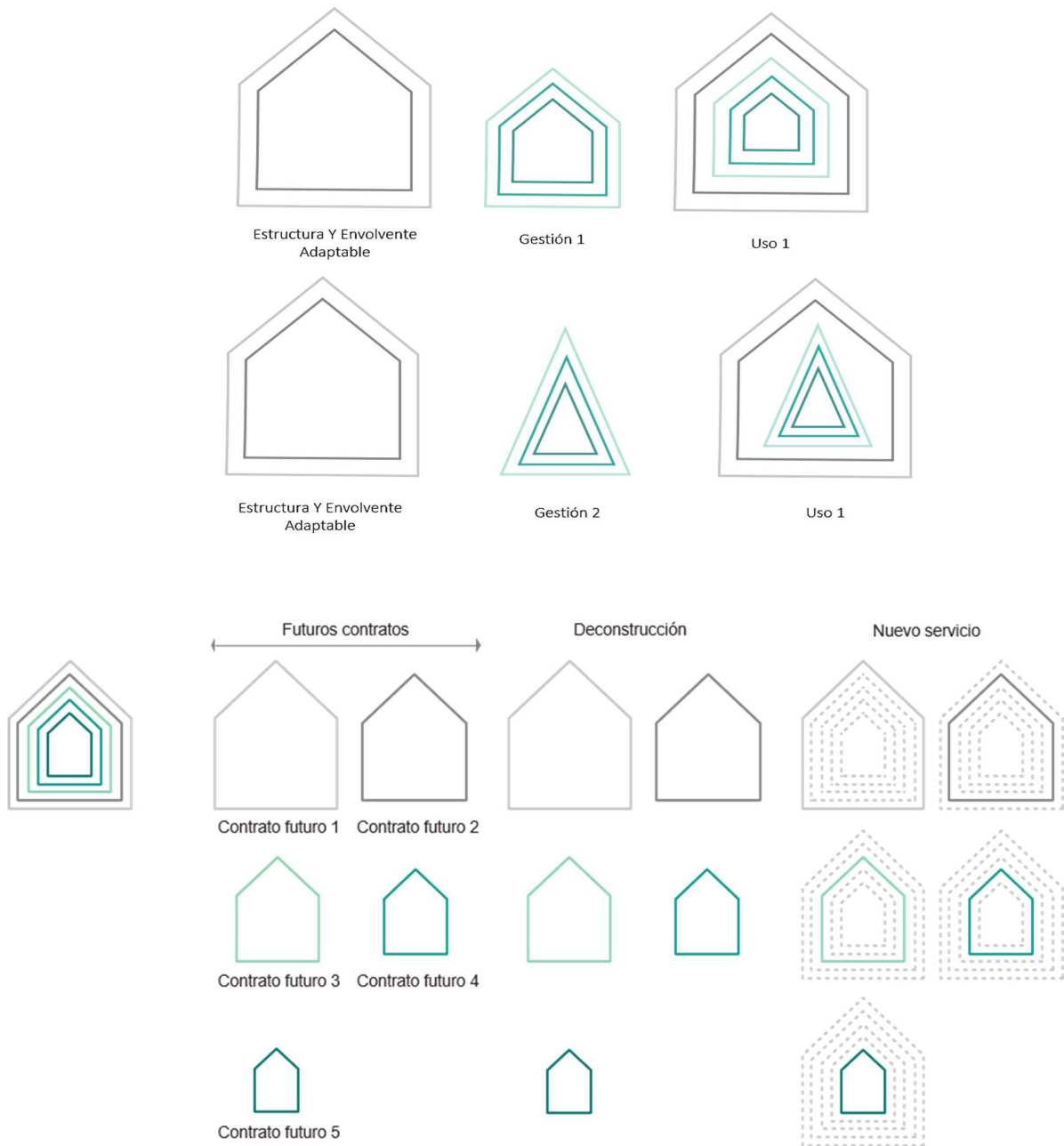
- Sensores para controlar el rendimiento de los materiales de construcción, por ejemplo, iluminación inteligente que registra cuánto tiempo se han utilizado las bombillas

Datos fiables y accesibles sobre la procedencia del material es fundamental para el éxito de este modelo; si se conocen las especificaciones de los materiales de construcción, se registran sus usos históricos y se realiza un seguimiento de su desempeño, se puede estimar su valor.

Una vez que se conoce su valor, los materiales se pueden comercializar a futuro plazo y, al igual que los mercados de productos básicos actuales, esto se puede hacer sin que los materiales se muevan o cambien de manos. Una indicación temprana de que esto podría ser viable es el éxito de la organización holandesa Madaster. La plataforma utiliza una base de datos de modelos BIM para crear un banco de materiales y utiliza los mercados de materias primas para estimar el valor de los materiales en su base de datos.

Figura 2.02

Construcción en capas de la arquitectura a través de diferentes gestiones



Nota. Representación de niveles de construcción en el diseño circular, 2020.

From Principles to Practices: Realising the value of circular economy in real estate

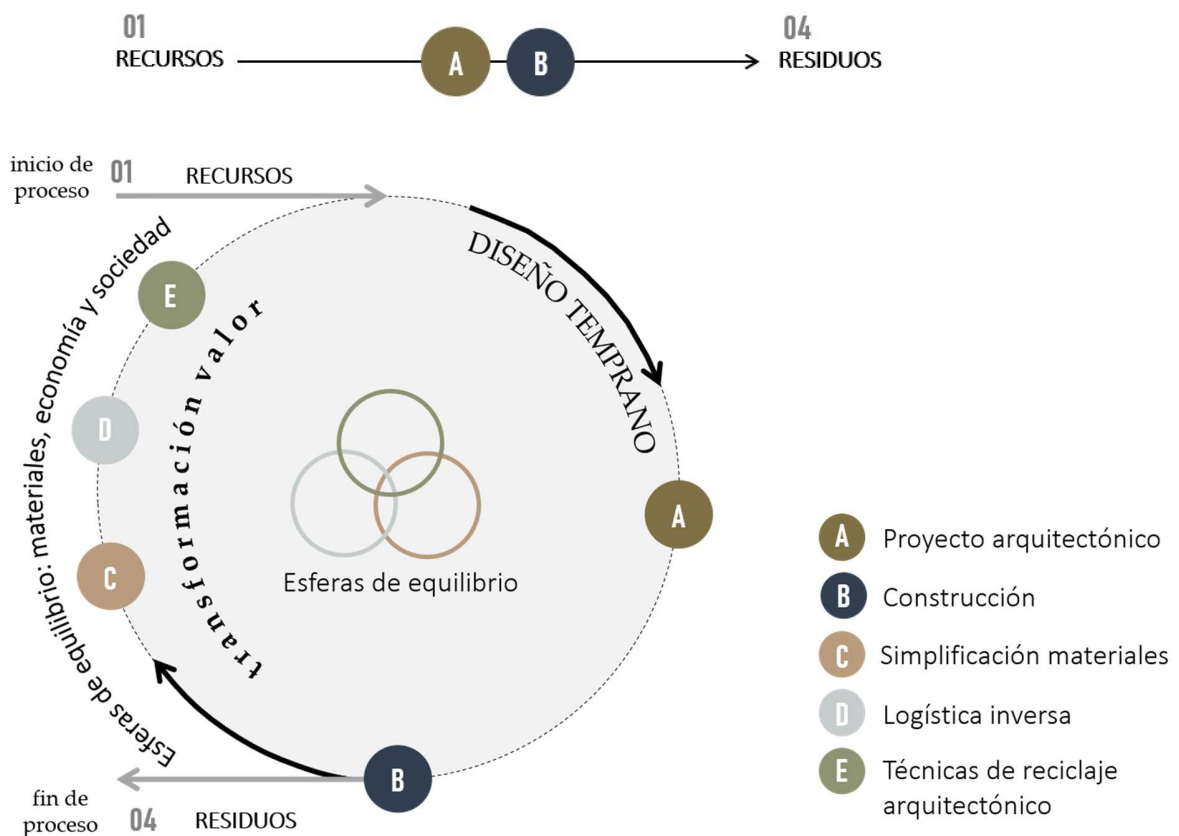
Etapa de diseño temprano

La falta de interés por mantener y no cuidar el entorno natural ha provocado daños irreversibles, al eliminar zonas naturales por completo y contaminar con residuos. La sostenibilidad en este documento, se basa en comprender e integrar un desarrollo dentro de la construcción que se plantee mediante acciones que favorezcan el medio ambiente.

El diseño temprano se interpreta mediante la unión del proyecto nuevo (diseño inicial) a partir del suministro de recursos naturales para su ejecución y finalización en la producción de residuos, este diseño busca que el proyecto se desarrolle con técnicas de simplificación de materiales de logística inversa y técnicas de reciclaje arquitectónico. (figura 2.03)

Figura 2.03

Bucle de diseño temprano



Nota: El gráfico representa el cierre de la producción lineal en un bucle de diseño temprano a la obra de construcción
Fuente: Elaboración propia

2.3 Principios de la circularidad en la arquitectura.

Filosofía Lacaton y Vassal

“Es una arquitectura universal que comienza por poner atención al contexto, el lugar y la comunidad, valorando lo que ya existe antes de hacer cambios. Entendiendo el lugar, la actividad de las personas y el impacto de cambio climático, Lacaton y Vassal comparten su papel como arquitectos sirviendo a la humanidad”. (Martha Thorne, 2021)

La relación de la urbanización y el desarrollo (Enshassi, 2014) sostenible se manifiesta con transformaciones en el medio por el impacto de consumo de los recursos naturales y la generación de desechos que por su magnitud sobrepasan la capacidad que el medio tiene para absorberlos, así como los cambios del uso de suelo como la pérdida de vegetación. Esto ha provocado profundos impactos ambientales negativos en el ambiente debido a la explotación de materiales de la construcción y a la disposición de los residuos sólidos.

La preocupación por un desarrollo sostenible no es una idea nueva, en esencia, el desarrollo sostenible es un proceso de cambio en el que la sobreexplotación de los recursos naturales y la dirección de inversiones deben de situarse en un sistema de armonía que impone límites de consumo presente para asegurar que los ecosistemas mantengan la capacidad de prestar servicios ambientales (recursos) en generaciones futuras. Sin embargo, es un hecho que las actividades humanas han producido cambios por la apropiación de los recursos, al afectar el funcionamiento de los ecosistemas a largo plazo.

La arquitectura de Lacaton y Vassal se centra en el ser humano y sus necesidades, a través de un análisis de un inventario de lo que se ven y lo que no, la existencia es lo más rico y fundamental dentro de la arquitectura, puesto que cada situación tiene un potencial.

“La buena arquitectura es un espacio donde sucede algo especial, donde quieres sonreír, sólo porque estás ahí. También es una relación con la ciudad, una relación con lo que ves y un lugar donde eres feliz, donde la gente se siente bien y cómoda, un espacio que da emociones y placeres” (Lacaton & Vassal, 2021)

Se han destacado por su principio de "nunca demoler" y su visión de sustentabilidad entendida como un balance entre lo económico, lo medioambiental y lo social. Se comprometieron a no demoler nunca lo que podría ser redimido y, en cambio, hacer sostenible lo que ya existe, extendiendo así a través de la adición, respetando el lujo de la simplicidad y proponiendo nuevas posibilidades.

Lacaton & Vassal se enfrenta a cada proyecto convencidos que lo que ya existe (un edificio, un predio, el contexto) tiene valor y que su rol como arquitectos es apreciar, entender y aceptar lo que existe, al mismo tiempo que agregar respetuosamente valor a cada proyecto. De acuerdo a ellos (2019) el diseño debe hacer hincapié en los valores de humanización de la comodidad, el placer, el bienestar, la economía y la modestia.

Documental Lacaton y Vassal: El espacio como la vida de la gente

Preservación de lo existente: Habitar es el reto más hermoso de la arquitectura contemporánea

Parte de la iniciativa de fácil incorporación, es permitir alargar la vida útil de los materiales y evitar su destrucción o eliminación; algunas alternativas sobresalen de la utilización de estos materiales para la conformación de otros mediante la redefinición de la calidad del uso.

Lacaton&Vassal se concentran en la resignificación de la arquitectura a través de 3 ejes rectores de diseño (Figura 2.04 y 2.05).

1. **Medio ambiente:** Espacio libre sin aumentar el costo
2. **Economía:** Transformación del valor de vida de lo que se tiene porque es un valor del proyecto: no demoler, transformar y añadir para hacer más y mejor
3. **Sociedad:** (Habitar) la calidad del estar y uso

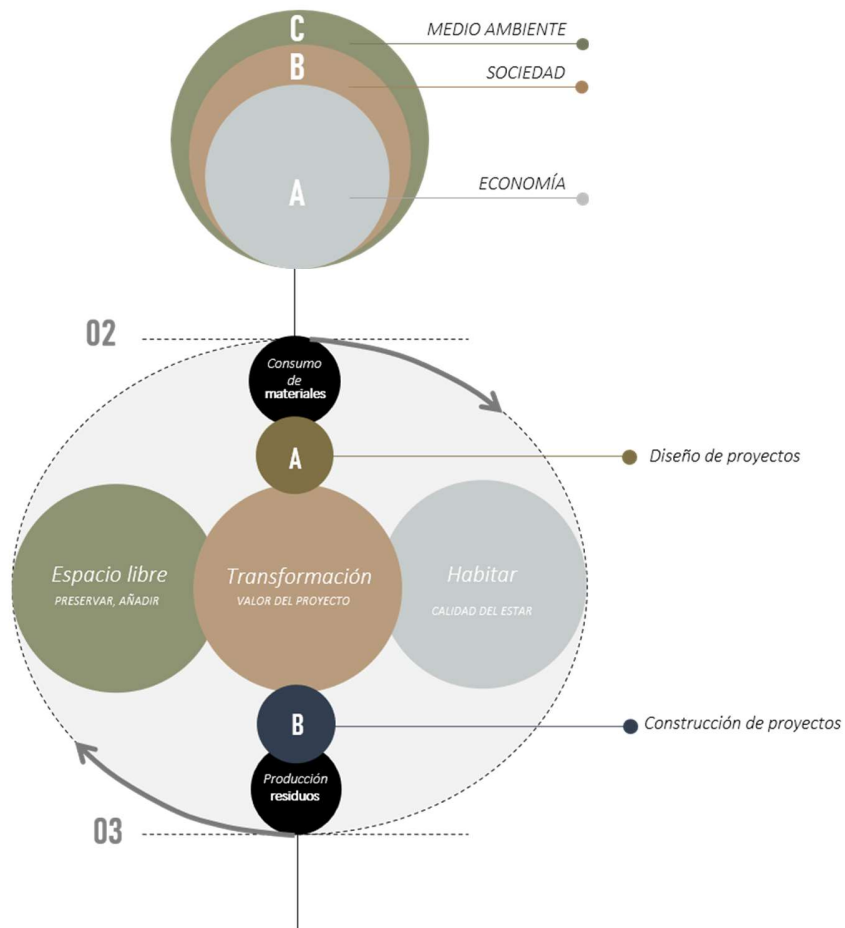
De acuerdo con Vassal (2021) la demolición es la solución más fácil, pero es también una pérdida de energía, materiales e historia, así como un acto de violencia. La transformación es hacer más y mejor con lo que existe, es con ello que el equipo de arquitectos justifica su quehacer, principalmente en la vivienda con verbos que describen el comportamiento del diseño.

- **Habitar:** placer y lujo para todos
- **Lo existente:** que se trata de la estructura previa en sus proyectos desarrollados, superponer, añadir, colocar, sumar, etc., mediante un análisis de la balanza de metrajes del proyecto.
- **Transformación:** interpretación de lo existente, aumentando su capacidad.

- **Sumar:** transformación de lo existente, reactivando los espacios. Siempre hacer mejor lo nuevo de lo que ya estaba
- **Interior:** se construye el espacio desde el interior
- **Uso:** libertad de desplazamiento, posibilidades de evolución e interpretación del usuario
- **Liviandad:** forma de situarse en un espacio en un emplazamiento sin dañarlo, con ahorro con la capacidad de la estructura y costo mínimo de materiales.

Figura 2.04

Esferas de interpretación del equilibrio circular en la arquitectura

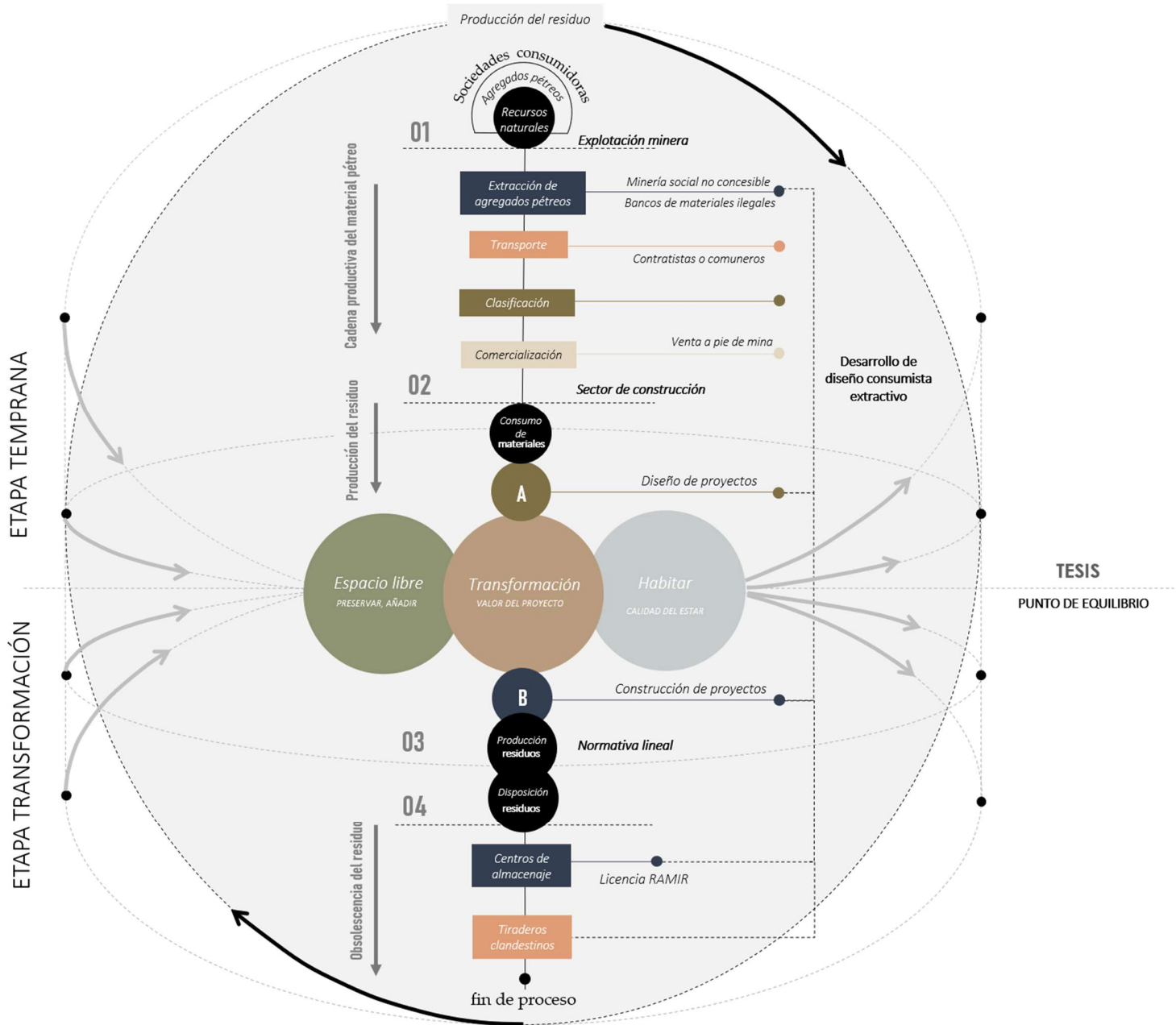


Nota El gráfico representa la interpretación de las esferas del equilibrio del diseño circular y su relación con el proyecto y construcción

Fuente: Elaboración propia

Figura 2.05

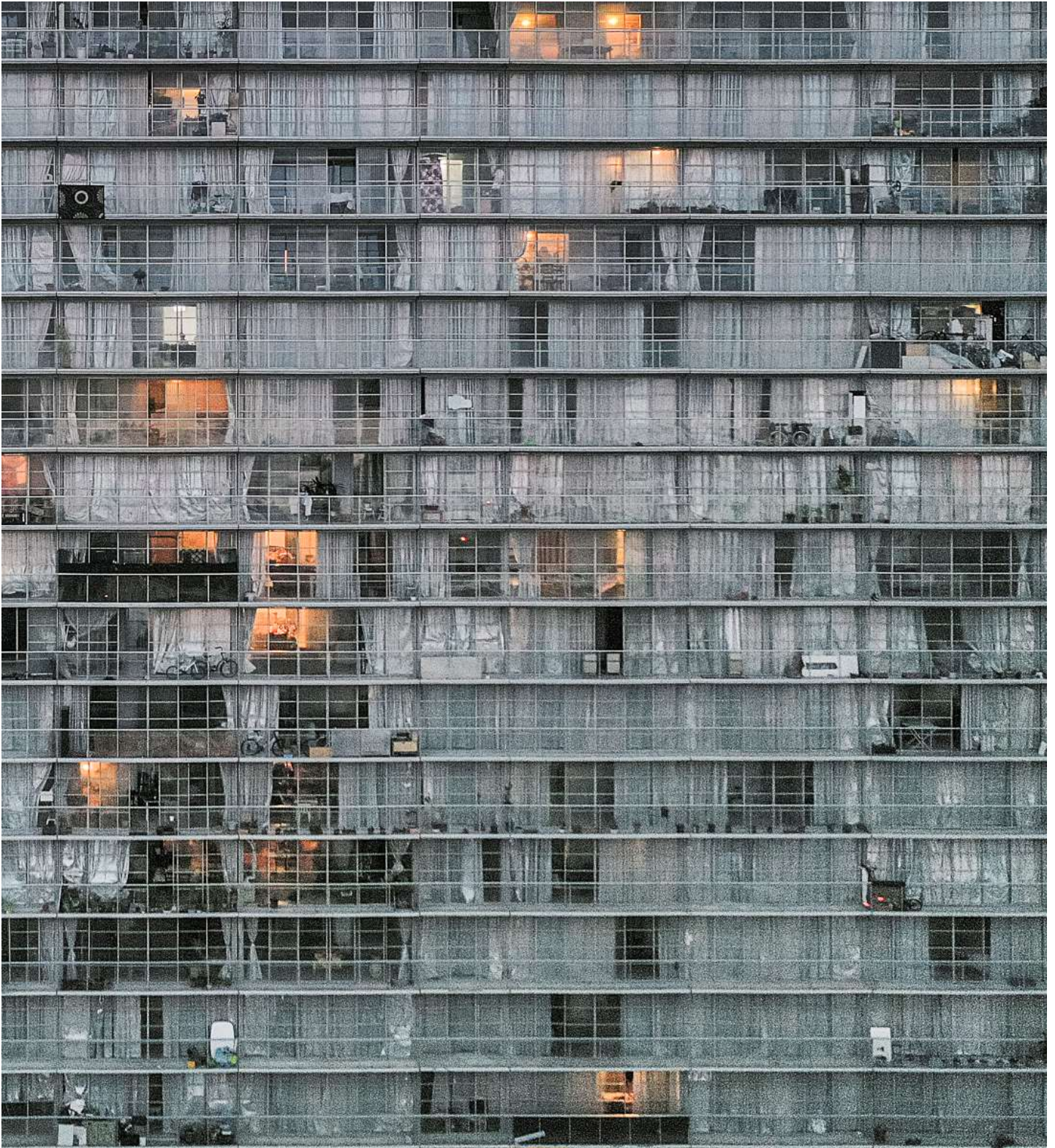
Diagrama de los principios teóricos de la circularidad y el diseño



Nota El gráfico representa el esquema lineal de producción de residuos en la CDMX y la redirección de los principios circulares dentro del proyecto y la construcción

Fuente: Elaboración propia

Envolvente del conjunt Grand Parc, Burdeos



Nota. La imagen representa la intervención final de la envolvente de las unidades habitacionales

<https://www.archdaily.mx/mx/914815/transformacion-de-530-viviendas-sociales-grand-parc-bordeaux-ganador-del-eu-mies-award-2019>

(3) Conclusiones del bucle

3.1 Diseño de bucle de transformación

530 viviendas en Burdeos Grand Parc / Lacaton & Vassal

Francia tiene una larga tradición de intervención estatal en el mercado de la vivienda, que después de la Segunda Guerra Mundial, el gobierno dio pie a la creación de la ley HLM (ley para la vivienda de bajos ingresos) que puso fin a los beneficios económicos de la inversión de la vivienda y la construcción fue regulada estrictamente por el gobierno. El gobierno lanzó un plan de construcción para la creación de nuevas ciudades y nuevos barrios, dentro de los años 60 y 70, se construyeron un conjunto residenciales a gran escala dentro de ciudades francesa, con el fin de resolver la estricta necesidad de vivienda después de la guerra. El estado mantenía el dinero y los medios legales para adquisición de tierras para el desarrollo de complejos de viviendas.

Hubo cambios notables relacionados con la agenda de la planificación, los aspectos sociales adquirieron mayor peso, en especial con la vivienda social. Francia fue un país seriamente afectado por la Segunda Guerra Mundial, especialmente dentro del parque inmobiliario, de acuerdo con Moya (2008) en Francia, medio millón de hogares fueron destruidos por la guerra, fue hasta 1945 que comienzan los trabajos de reconstrucción de las ciudades afectadas a cargo del Ministerio de la Reconstrucción y el Urbanismo, estas intervenciones comenzaron el ensayo de nuevas teorías urbanísticas y arquitectónicas acerca de la vivienda. El fin de la Segunda Guerra Mundial supuso el comienzo de un ritmo frenético de construcción de vivienda, la planificación urbana se definía como la manera de ordenar el crecimiento y el cambio urbano, de acuerdo con Ward (2018) los aspectos sociales para la planificación urbana se desarrollaron con mayor peso en relación de la vivienda social en el periodo de entreguerras. El periodo del boom económico de la posguerra fue también un impulsor para el desarrollo y planificación urbana de los conjuntos franceses.

Vivienda masiva en Francia

En 1954, el gobierno adopta un programa de 12,000 viviendas nuevas a construir en cités de urgencia destinadas a acoger a las familias y desamparados de las calles, fue el Abad Franciscano el impulsor de la forma de concebir la vivienda a través de urbanizaciones completas de nuevas zonas residenciales con vivienda, infraestructuras, dotaciones y servicios necesarios para el conjunto.

La vivienda posguerra se asemeja a la vivienda mínima comunista mediante un grupo de estilos de arquitectura que surgió en la primera mitad del siglo 20 y se convirtió en dominante después de la Segunda Guerra Mundial basado en tecnologías de construcción en particular el uso de vidrio, acero y concreto armado por la escasez de materiales, esto se asemeja a la construcción prefabricada de edificios rectangulares. El fin de la guerra civil marca el comienzo de las tareas encaminadas a normalizar la vida económica y reconstruir los daños materiales producidos, los cuales fueron un factor para el surgimiento de la arquitectura moderna. La vivienda era necesaria para millones de soldados, la escasez de estas condujo al diseño y construcción de enormes proyectos de vivienda financiados por el gobierno, generalmente en un centro deteriorado de ciudades o sitio disponible. Durante la década de 1960, la crisis de la vivienda propició el desarrollo de la construcción, en el norte de Burdeos, de la Cité du Grand Parc, se constituyó un proyecto urbano que respondía a la creciente demanda de alojamiento tras la segunda Guerra Mundial.

*Los **grands ensembles** eran ciudades nuevas, ubicadas en la periferia de las ciudades existentes, con un urbanismo y una arquitectura que atendía de forma radical a los principios del Movimiento Moderno: bloques y torres aislados de gran tamaño ubicados en lo que hasta ese momento había sido la mitad del campo, con una estructura de acceso elemental, prácticamente sin calles ni espacios públicos, nada que pudiera identificarse con una comunidad social, con un asentamiento urbano, que era sustituido por el nuevo concepto d'unité de voisinage, (unidad vecinal). Las torres sobrepasaban frecuentemente las 15 plantas y los bloques tenían usualmente dimensiones desmesuradas. (Moya, 2008)*

Pese al resultado positivo a priori, los parques pronto demuestran sus limitaciones, puesto que la arquitectura del Movimiento Moderno se desarrolló con barrios mecanizados y repetitivos, poblados de cientos de viviendas estándar con densos bloques lineales y torres, espacios carentes de escala humana que acreditan la sensación de deshumanización de estos sectores.

Fue hasta el año 2020 que se buscó mejorar las condiciones de mantenimiento y funcionalidad del conjunto habitacional, el proyecto consiste en la transformación de tres edificios de vivienda social del conjunto urbano Quartier du Grand Parc, construido a comienzos de la década de los sesenta y con más de 4 mil viviendas habitadas, como parte de un programa de renovación urbana de gran escala.

La transformación de 530 viviendas en burdeos, se denominó al proyecto de Lacaton & Vassal architectes, Frédéric Druot Architecture y Christophe Hutin Architecture. La interpretación se fundamenta desde la denominación de "transformación", ya que no solo nos menciona la función general de la intervención arquitectónica desarrollada, sino del quehacer y filosofía del proyecto.

El proyecto del stock de viviendas europeas existentes desde el período de posguerra, en primera instancia se trataba de 3 bloques de viviendas de los años 60 que se destinaban a demoler para la realización de un proyecto nuevo, sin embargo la propuesta realizada por Lacaton y Vassal se enfoca en la transformación de lo existente. Esto ha cambiado a mejor la vida de las personas sin subestimar sus vidas anteriores, porque funciona sobre la base que las personas entienden el espacio y en consecuencia, lo usan de maneras muy diferentes.

La mayoría de las convocatorias de nuevos edificios de viviendas sociales piden una reducción de la superficie de los pisos, aquí el volumen incrementa, ofreciendo dignidad y dando más valor al individuo y al colectivo. El conjunto se convierte en una oportunidad optimista para la vivienda social y la modernidad, siendo generoso y también cambiando la arquitectura y las posibilidades del uso de la arquitectura. *La intervención renuncia a actuar sobre la estructura original de los inmuebles.*

"En todos los proyectos proponemos espacios grandes, los más grandes posibles. Se procura una dimensión vital de escape. Estos espacios más grandes permiten multiplicar los usos, favorecer la apropiación, crear espacios intermedios entre el espacio privado, lo colectivo y lo público. Esto quiere decir entonces construir más grande con los mismos presupuestos y crear en los proyectos tanto espacio libre como espacio programado. Este espacio "plus" no tiene una función definida, se agrega a los espacios tradicionales y permite una posición. Es el espacio que le pertenece a los habitantes, este espacio "plus" permite desajustar, liberar los reglamentos. Entonces la idea de lujo se redefine de esta forma, en términos de generosidad, de libertad de uso y opción de habitar". (Anne Lacaton, 2021)

La filosofía de conservar todos los elementos aprovechables se vincula con cierto sentido de la sostenibilidad, pero también permite adaptar un proyecto de alcance ambicioso a un presupuesto reducido. Así, mediante dos operaciones simultáneas de ampliación y adición, la superficie útil de cada apartamento se incrementa merced a una pantalla de balcones ajardinados habitables que hace posible que cada vivienda cuente con una zona exterior de carácter privado y orientada al Sur.

El enfoque desarrollado dentro del proyecto busca generar nuevas formas de vivienda, que más allá de un lugar protegido o una construcción que se acondiciona para que las personas vivan en lo más sencillo de la definición, se integre a partir de un análisis social, económico y natural. Es una arquitectura que se manifiesta por procurar al contexto, el lugar y la comunidad.

La arquitectura de Lacaton y Vassal se centra en el ser humano y sus necesidades, a través de una arquitectura verbalizada que transmite un sentido de apropiación y respeto por el espacio vivido. De acuerdo con Vassal (2020) la resignificación de la arquitectura se enfoca en la transformación del *habiter*, del valor de vida de lo que se tiene. De acuerdo con Lacaton (2020) los edificios no hay que concebirlas como un rectángulo en medio del paisaje, lo que interesa es pensarlo desde el interior.

Es decir, son 530 viviendas con diferentes formas de transformación que a lo largo de un periodo de tiempo han sido decoradas, transformadas, con cambios y mejoras de forma interna, esa es la riqueza que hay que mantener, ¿cómo componer con esa riqueza, dejando a los residentes y que mantengan sus transformaciones? **Más allá de conservar lo existente de manera de apariencia y simbolismo**, la transformación de lo existente se refiere al cambio de forma de uso social a través de la incorporación de distintas maneras de circulación, movilidad y recorridos dentro de los departamentos.

El diseño de transformación del proyecto

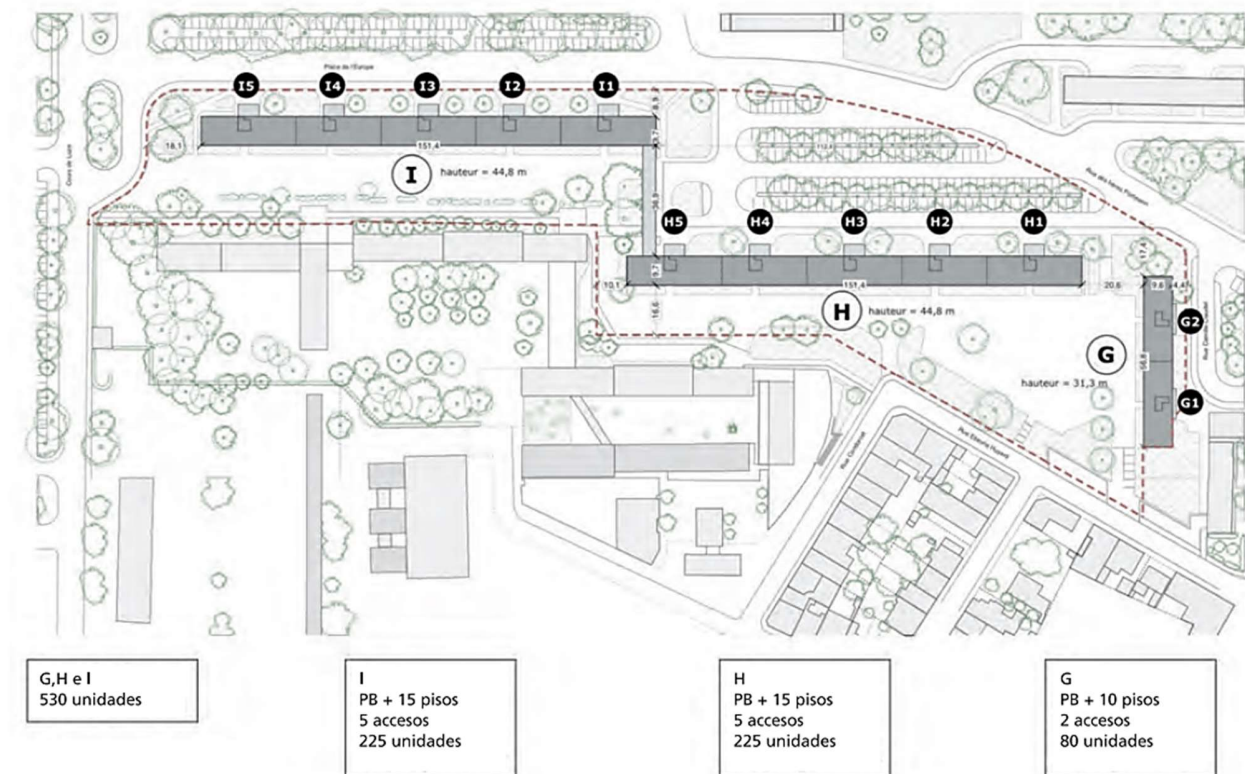
El plan maestro del conjunto Du Grand Parc se encuentra distribuido en tres unidades de vivienda de dos tipos, dos bloques de vivienda tipo H e I construidas en paralelo a las avenidas principales y el bloque de vivienda tipo G perpendicularmente a los bloques H e I (ver imagen 3.01-3.02). Como se menciona anteriormente, el conjunto habitacional de Burdeos fue construido como parte del desarrollo de viviendas posguerra de la Segunda Guerra Mundial en Francia, sin embargo a lo largo de los años el uso y permanencia del espacio ha demostrado sus limitaciones.

En análisis de transformación se enfoca desde la verbalización del espacio, de modo que al describirlo lo mencionas mediante sensaciones y emociones espaciales, los 530 departamentos integrados en el conjunto habitacional conservan 1590 habitaciones aproximadamente, de las cuales cada una contiene una historia que valoriza y enfatiza el valor del espacio como tal.

Lacaton y Vassal para el diseño del proyecto se concentran en estudiar la *forma constructiva* del proyecto, priorizando y entendiendo el espacio interior. Uno de los principales objetivos que tienen es el vincular el adentro hacia afuera mediante visuales y conexiones espaciales. *El diseño circular se construye a partir de observar lo existente, no en un sentido de conservación sino de respeto.*

Figura 3.01

Planta de conjunto con intervención de la propuesta



Nota El gráfico representa la composición del conjunto Quartier du Grand Parc, de acuerdo a el emplazamiento de volúmenes y unidades habitacionales del proyecto. Cada unidad de viviendas se caracteriza por estar diseñada a partir de bloques de diseño, es decir, que cada torre contiene módulos tipo que se repiten a lo largo de la torre

Fuente: https://www.lacatonvassal.com/data/documents/20181213-1153121612_Plot.pdf

De acuerdo con Moya (2008) las viviendas posguerra se diseñaban para cumplir la simple necesidad de vivienda, evitando la integración de puntos de reunión y convivencia, que después de 60 años la forma en la que los residentes transforman y evolucionan la forma en la que habitan las torres de viviendas, configurando y creando espacios únicos. Según Lacaton y Vassal, la apropiación de los habitantes dentro de los espacios arquitectónicos describen la riqueza y valor del proyecto. (figura 3.02)

Figura 3.02

Plano maestro del conjunto Grand Parc en Burdeos de 530 unidades de departamentos



Nota El gráfico representa el plano maestro del conjunto Du Grand Parc a través del comportamiento e interacción de lo construido con su contexto inmediato, en este caso los 3 bloques de viviendas se relacionan con la periferia de la Ciudad de Burdeos, en sus alrededores conservan remates de vegetación y amortiguamiento de las calles aledañas. El proyecto intervenido representa la conectividad de los bloques construidos con el entorno a partir de visuales, circulaciones, amortiguamiento y puntos de encuentro, las calles que delimitan el conjunto (1,4 y 7).

Fuente: Elaboración propia

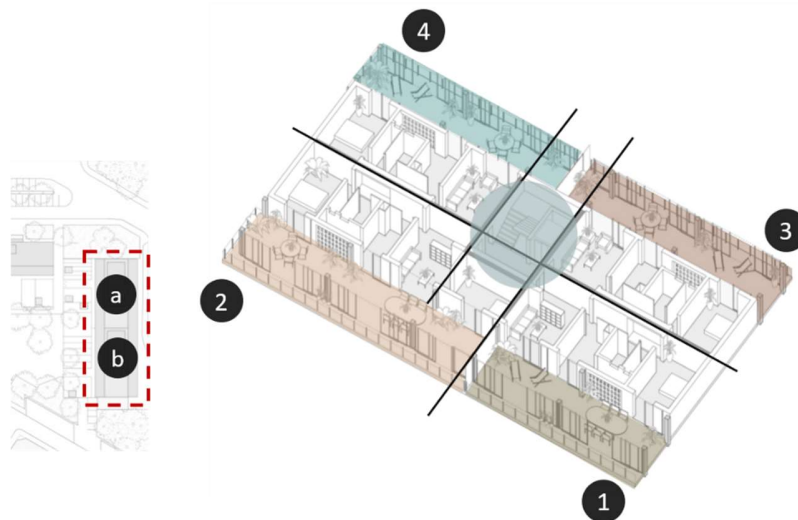
Los módulos de departamentos se caracterizan por mantener una composición tipo por cada bloque habitacional que se encuentra dentro del conjunto, esto se desarrolla de acuerdo a dos bloques tipo a lo largo del conjunto; como se menciona anteriormente, se integran 2 unidades de departamentos que concentran las mismas características de diseño espacial (figura 3.04) como se representa en el gráfico, cada módulo dentro de la unidad se integra de 3 departamentos, 2 perimetrales al núcleo de escaleras y uno central.

Este módulo se repite a lo largo de la fachada H e I por cada nivel; de acuerdo al proyecto, 5 módulos tipo respectivamente conforman un nivel. Así como 15 niveles y P.B. integran el volumen de la unidad. Mientras que la unidad tipo G (ver figur 3.03) se integra a partir de dos módulos tipos de 4 departamentos conjuntos que se ubican alrededor del núcleo de circulación, en el edificio G se desarrollan 10 niveles con dos módulos tipo y una planta baja.

Este dieño de unidades se integraba a través de una modulación específica desde los años 70 setentas, puesto que el uso de materiales y conformación espacial se enfocaba en limitar la conexión de los residentes con el medio natural, así como la limitación en espacios interiores.

Figura 3.03

Análisis de unidad tipo G con departamentos tipos

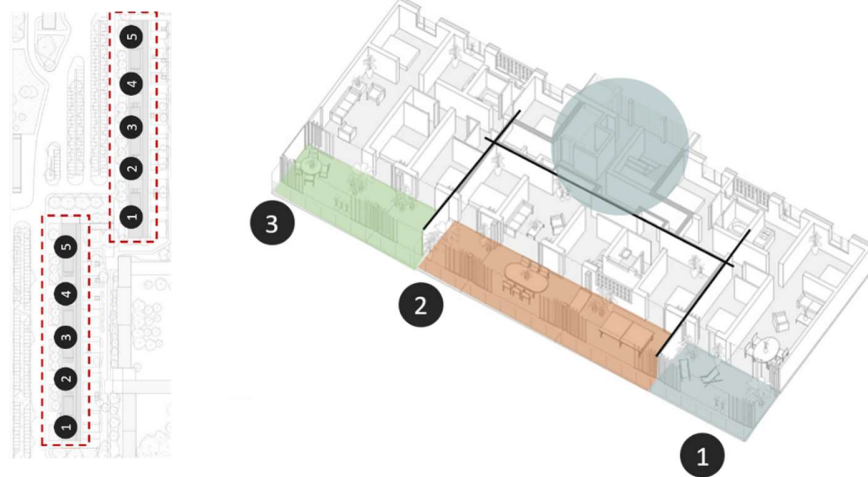


Nota: El gráfico representa el plano de distribución de departamentos en el edificio G del conjunto Grand Parc, el cual se distribuye con 4 departamentos por nivel a los cuales se accede por el núcleo de circulación central. La unidad G tiene 8 departamentos en total = 2 módulos de este tipo.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.04

Análisis de unidad tipo H e I con 3 departamentos tipo



Nota: El gráfico representa el plano de distribución de departamentos en el edificio H e I del conjunto Grand Parc, el cual se distribuye con 3 departamentos por nivel a los cuales se accede por el núcleo de circulación central. Cada módulo tipo se diseña con un núcleo de circulación posterior.

Las unidades tienen 15 departamentos en total por planta = 225 departamentos

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con Lacaton y Vassal, el proyecto se describe por sí solo por medio de sus recorridos dentro de los espacios, la forma en la que las personas se desarrollan y viven los departamentos, (figura 3.05 y 3.06) las imágenes describen el comportamiento de los residentes de los departamentos a través de la transmisión de un lenguaje propio que se describe por medio de la decoración, el mobiliario, la composición espacial y la forma de los recorridos interiores.

El análisis de los departamentos desde el interior permite identificar las diferentes <formas de apropiación espacial (ver figura 3.05), cada departamento comunica la evolución y adaptación de los residentes en un espacio, las vistas interiores cuentan una historia que se ha creado desde los años setenta y que ha perdurado desde entonces. Entonces, la importancia de analizar cada departamento se basa en la valorización y respeto por lo existente, que junto con el diseño de transformación se busca mantener el estilo de vida e incrementar espacio libre. La propuesta se caracteriza por mantener el mismo interior e intervenir desde la fachada principal con *free space* o *espacio libre*, (ver figura 3.06)

Figura 3.05

Vista interior de las viviendas de Burdeos

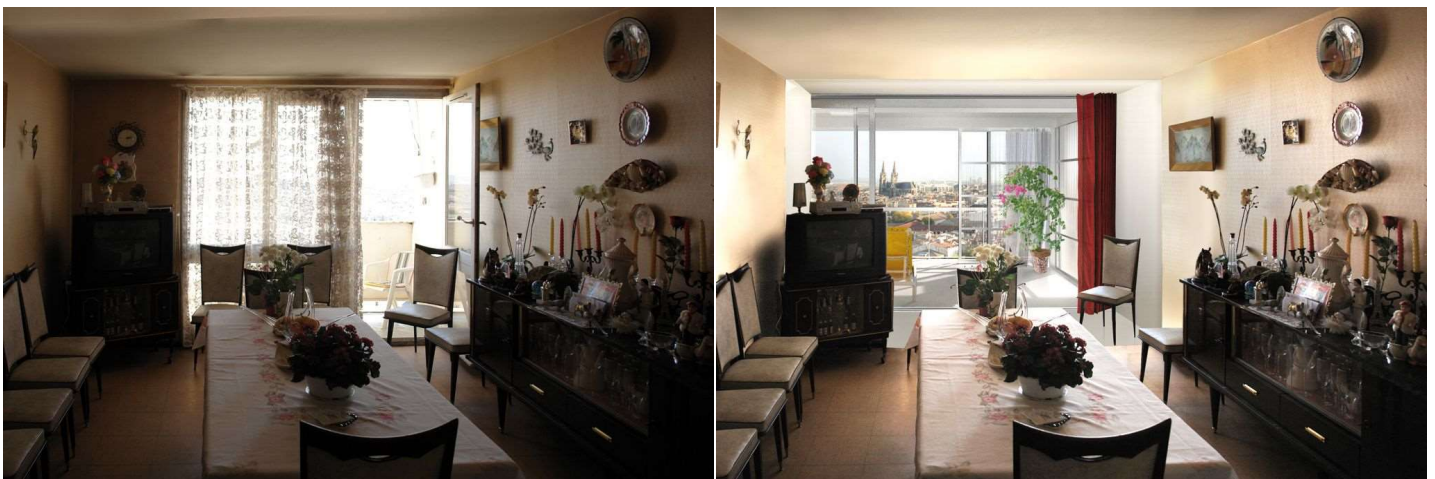


Nota El gráfico representa los espacios interiores de los departamentos desde los años sesenta.

Fuente: https://www.lacatonvassal.com/data/documents/20181213-1153121612_Plot.pdf

Figura 3.06

Transformación del diseño circular en la vivienda



Nota. Departamento del módulo 4 del edificio de Burdeos, con extensión de recámara y balcón

Fuente: <https://www.archdaily.mx/mx/768748/casa-vegana-block-architects>

El diseño de transformación de los departamentos se centro en el desarrollo de circulaciones y recorridos que los habitantes pudieran desarrollar, es decir, que dentro de los departamentos los espacios se conectarán entre sí por medio de la extensión del espacio extra y el balcón.

Lacaton y Vassal se enfocan en la creación de ambientes y sensaciones dentro de los espacios a través de vistas desde cualquier espacio interno del departamento. El análisis social que se realiza para la transformación de lo existente se enfoca en entender el comportamiento de los habitantes en un sentido de apropiación y vivencia de pertenencia, para la conservación y valorización de las actividades dentro de un mismo espacio a lo largo de un periodo de tiempo, esto extiende la riqueza del sitio y recupera la construcción para el servicio de lo cotidiano a través de la liberación de paradigmas e ideologías que jamás fueron cuestionadas.

Se ha afirmado por Fernández Luis que *“Estas revoluciones son verdaderos cambios de paradigma. Afectan a la concepción que tenemos de la vida cotidiana, las costumbres, los hábitos familiares, el confort y el buen gusto. Afectan a lo que hacemos con los materiales, su supuesta nobleza o vulgaridad, su puesta en obra y su estética.”*

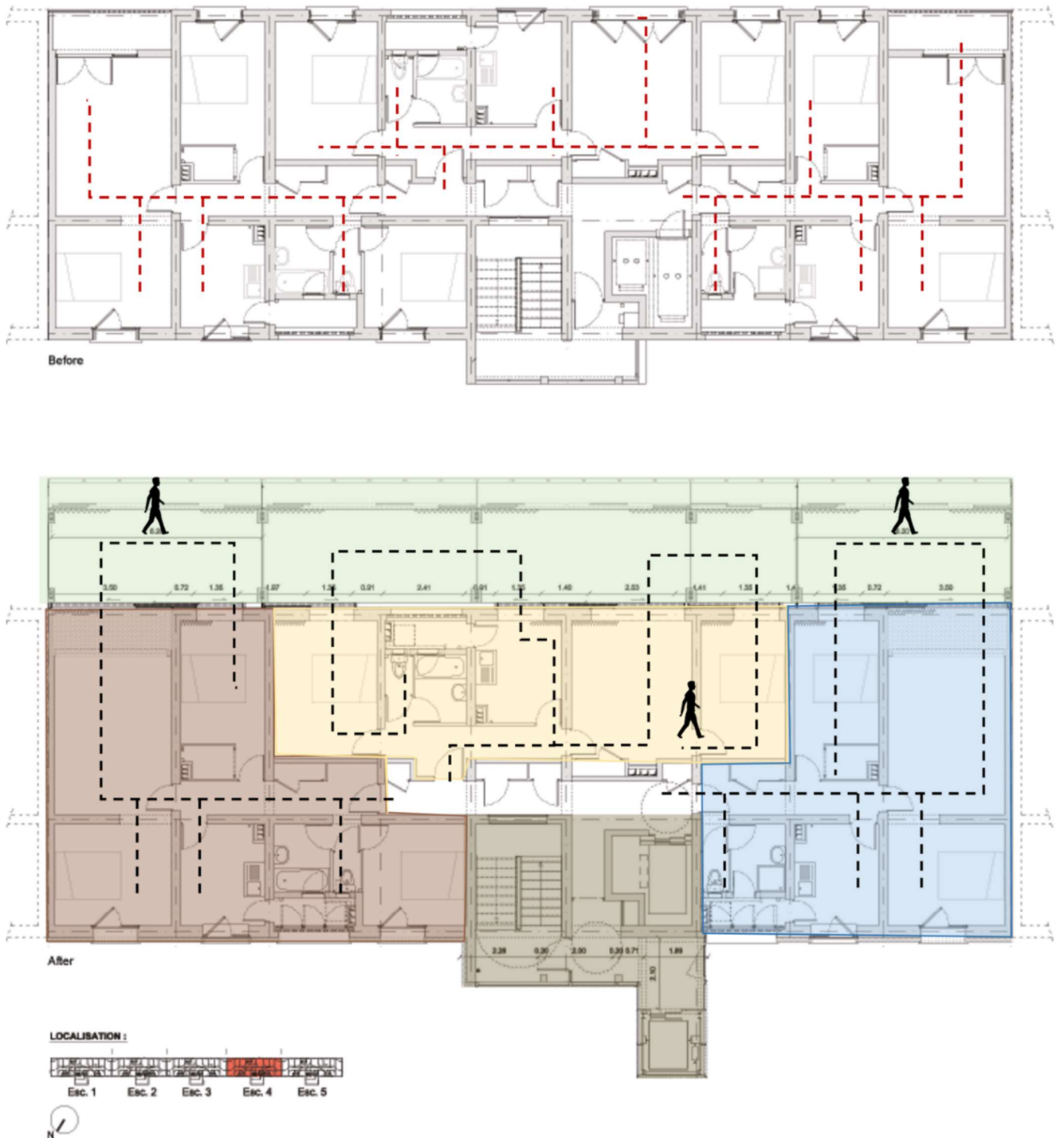
De acuerdo con Fernández, el cambio dentro de los espacios de uso habitacional se gestionan por transformar una célula de vivienda en una casa con mayores posibilidades de apropiación, ahorrando los suelos y evitando el derroche de mayor superficie territorial, controlando los costos dentro de la vivienda y mejorando el sentido de confort y apropiación con temas de movilidad y recorridos dentro del espacio.

Durante una entrevista, Lacaton menciona que densificar es reorganizar los espacios de vida a través de una composición de forma vertical o longitudinal, conociendo lo pragmático¹⁴ del sistema constructivo utilizando menos volumen para aumentar en el espacio libre. Esto hace referencia a conservar estructuras en lo mayor de lo posible, cuidando lo que aún es viable y no derrochando mayores recursos, espacio libre y energía. La virtud de Lacaton y Vassal se basa en la sencillez del entendimiento de la forma de vida de las personas, a través de sus actividades y forma de vida dentro de los espacios, esto se considera como *valoración*. (figura 3.07)

¹⁴ que se refiere a la práctica, la ejecución o la realización de las acciones y no a la teoría o a la especulación.

Figura 3.07

Modificación de recorridos dentro del departamento



Nota El gráfico representa el cambio de recorridos dentro de un mismo módulo.

Fuente: https://www.lacatonvassal.com/data/documents/20181213-1153121612_Plot.pdf

La adición de extensos jardines de invierno y balcones da la oportunidad, a cada apartamento, de disfrutar de más luz natural, más fluidez de uso y más vistas. La economía general del proyecto se basa en la elección de conservar el edificio existente sin realizar intervenciones importantes sobre la estructura, las escaleras o los pisos.

Este enfoque de economía hace posible centrar la energía en ampliaciones generosas que son, según nosotros, la clave para mejorar de manera duradera la calidad y dimensión de las viviendas. Estas crecimientos amplían el espacio de uso, la evolución de la vivienda y dan la oportunidad, como en una casa, de vivir fuera, mientras se está dentro.

De acuerdo con Fernández (2021, pág.5) los prejuicios, las nociones generalizadas son obstáculos que cuando un día se desvanecen surgen nuevas ideas y terminan imponiendo, que de acuerdo a Lacaton y Vassal frecen un panorama de racionalismo¹⁵, responsabilidad ética y política, atención a las cuestiones sociales y frugalidad¹⁶.

Analizando el desarrollo del conjunto urbano de Cité du Grand Parc, Lacaton y Vassal (2021) afirman conseguir al mismo costo, más espacio y más luz. No destruir inútilmente sino conservar lo que se pueda. Aprovechar la belleza de la mera existencia de las cosas que existen, dejando que los habitantes decoren a su gusto aceptando su posible desorden.

La riqueza de la arquitectura de transfromación más allá de enfocarse en la conservación de materiales y espacios, se desarrolla en dar libertad a los habitantes y no oponerse, de modo que los espacios sean los menos determinado posible y flexible. (figura 3.08 y 3.09)

Lacaton y Vassal ven como vive la gente, cómo organizan los espacios y se apropian de ellos, permitiendo proyectar las fachadas monótonas con infinitas variaciones. Su filosofía surge desde la célebre casa Latapie en Floirac remontando la arquitectura hasta la pequeña cabaña rústica hecha con ramas nombrada *abbé* por acercarse a la realización del primer modelo de simplicidad.

Dentro de estos proyectos la cuestión es vivir, libertad de vivencia.

¹⁵ el racionalismo arquitectónico es la arquitectura de post guerra, que nació para pensar únicamente en el funcionalismo y en la construcción masiva de viviendas para la clase obrera.

¹⁶ la cualidad de ser ahorrativo, próspero, prudente y económico en el uso de recursos consumibles, así como optimizar el uso del tiempo y dinero para evitar el desperdicio, el derroche y la extravagancia.

Figura 3.08

Intervención de la unidad G



Nota. La imagen representa la forma de apropiación de los jardines de invierno

<https://www.archdaily.mx/mx/914815/transformacion-de-530-viviendas-sociales-grand-parc-bordeaux-ganador-del-eu-mies-award-2019>

Figura 3.09

Intervención de jardines de invierno



Nota. La imagen representa la forma de apropiación de los jardines de invierno

<https://www.archdaily.mx/mx/914815/transformacion-de-530-viviendas-sociales-grand-parc-bordeaux-ganador-del-eu-mies-award-2019>

La transformación de los edificios otorga a todas las viviendas nuevas cualidades de espacio mediante el inventario muy preciso de las cualidades existentes que deben preservarse. Como resultado, se han agregado grandes balcones y jardines de invierno para permitir que cada apartamento disfrute de más espacio, luz natural y movilidad. Las ventanas pequeñas existentes se reemplazan por grandes puertas corredizas de vidrios que permiten acceder a los jardines de invierno.

El proyecto también cuenta con nuevas salas de acceso y jardines al frente del edificio, entonces las familias no tienen que mudarse durante la construcción. Debido al objetivo de transformar el edificio sin reubicar a los residentes, el proyecto excluyó las intervenciones en la estructura, escaleras o pisos existentes, y solo remodela las instalaciones o los acabados dentro de los apartamentos.

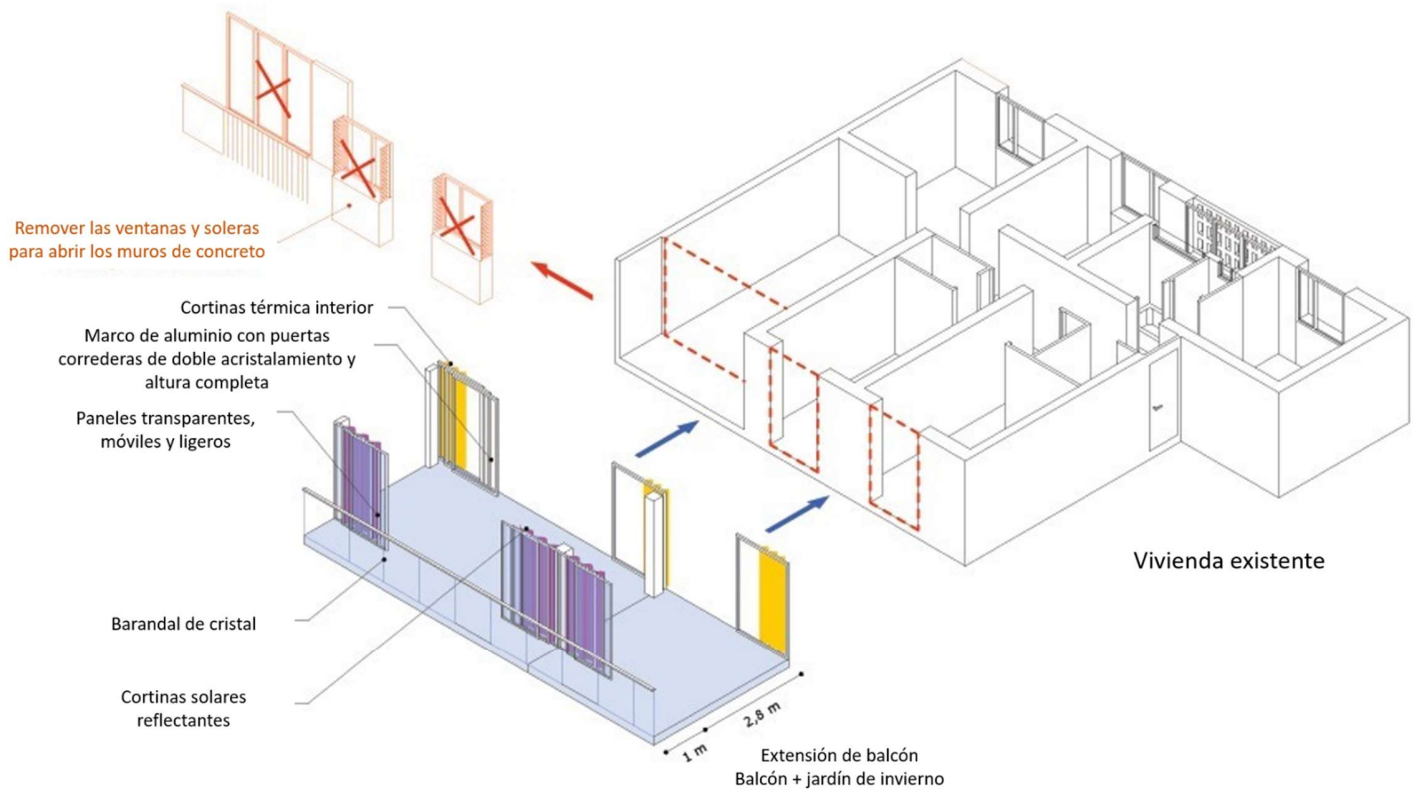
Las extensiones de 3.8 metros de profundidad al edificio están hechas de módulos prefabricados, contruidos con losas prefabricadas y columnas transportadas al sitio y levantadas hasta su posición. Además de ampliar el espacio, las extensiones conectan cada habitación con los jardines de invierno, creando un agradable espacio semi-exterior privado que mejora el rendimiento energético de la envolvente del edificio. (figura 3.10)

A lo largo de la estructura agregada, las ventanas originales se eliminan en una intervención específica para tratar las juntas contaminados con asbestos. Detrás del nuevo vidrio, que va de piso al techo, las cortinas térmicas brindan aislamiento adicional a los interiores con calefacción. En el otro lado, una fachada liviana de paneles de policarbonato corrugados transparentes y vidrios en marcos de aluminio se ensambla y se equipa con cortinas solares reflectantes.

“La obra es una renovación innovadora de tres grandes edificios de apartamentos en Burdeos, que otorga a todas las viviendas nuevas cualidades de espacio y de vida, al hacer un inventario muy preciso de las cualidades existentes que deben preservarse, y las faltas que deben complementarse. La transformación de cada unidad costó 50.000 € (sin IVA) y no aumentó el alquiler de los antiguos inquilinos que no tuvieron que mudarse de sus apartamentos durante las obras de construcción”. Fundación Mies Van Der Rohe https://miesbcn.com/wp-content/uploads/2019/04/CAST_4th-Press-release-Winners.pdf

Figura 3.10

Extensión de balcones y jardines de invierno



Nota. La imagen la intervención de los jardines de invierno, de acuerdo a un análisis de deconstrucción de los existente.

<https://www.archdaily.mx/mx/914815/transformacion-de-530-viviendas-sociales-grand-parc-bordeaux-ganador-del-eu-mies-award-2019>

Se planteó en la creación de nuevos métodos de construcción: se crearon módulos prefabricados que también funcionaban como andamios, se mandaron construir los nuevos elementos afuera del espacio para solo transportarlos e instalarlos, y así, cada apartamento fue renovado en su totalidad en alrededor de quince días. La remodelación más sustancial fue el jardín de invierno que se agregó a cada apartamento, un área cerrada entre el balcón y la sala de estar que también funciona como colector solar pasivo, para ahorrar en aire acondicionado y calefacción. Las pequeñas ventanas exteriores se transformaron en grandes puertas correderas, y todos los baños ahora lucen como nuevos. Así, con un máximo esfuerzo en la rapidez laboral y un mínimo de recursos.

En el norte de Europa, donde la luz solar es tan apreciada, llaman a estos espacios winter garden (jardín de invierno), garden room (habitación-jardín), sunroom (habitación solar), o conservatory, un término que es tanto sinónimo de invernadero como de porche con techo acristalado. De hecho, los jardines de invierno son reconocidos como uno de los principales elementos de arquitectura biocompatible y eco-sostenible; específicamente, son un tipo de construcción que tiene como objetivo lograr el **equilibrio adecuado entre el edificio y el entorno circundante, así como la compatibilidad humana con ellos**. La base conceptual para el proyecto reside en el jardín de invierno. Desde el punto de vista del clima, sirve como un amortiguador y captura la energía del sol. Acústicamente, sirve como un amortiguador contra el ruido del tráfico. Espacialmente, forma una expansión para los apartamentos y asegura un grado de privacidad. El jardín de invierno también se puede leer como una interpretación contemporánea de los balcones típicos a lo largo de las fachadas. (figura 3.11) La disposición de estos jardines de invierno repercute, además, en el comportamiento térmico de la envoltura de los bloques, que también se ve mejorada gracias a la calidad de los materiales introducidos y al aislamiento empleado en las fachadas traseras.

Figura 3.11

Jardines de invierno



Nota. La imagen representa la vinculación de la vivienda y el jardín de invierno

<https://www.archdaily.mx/mx/914815/transformacion-de-530-viviendas-sociales-grand-parc-bordeaux-ganador-del-eu-mies-award-2019>

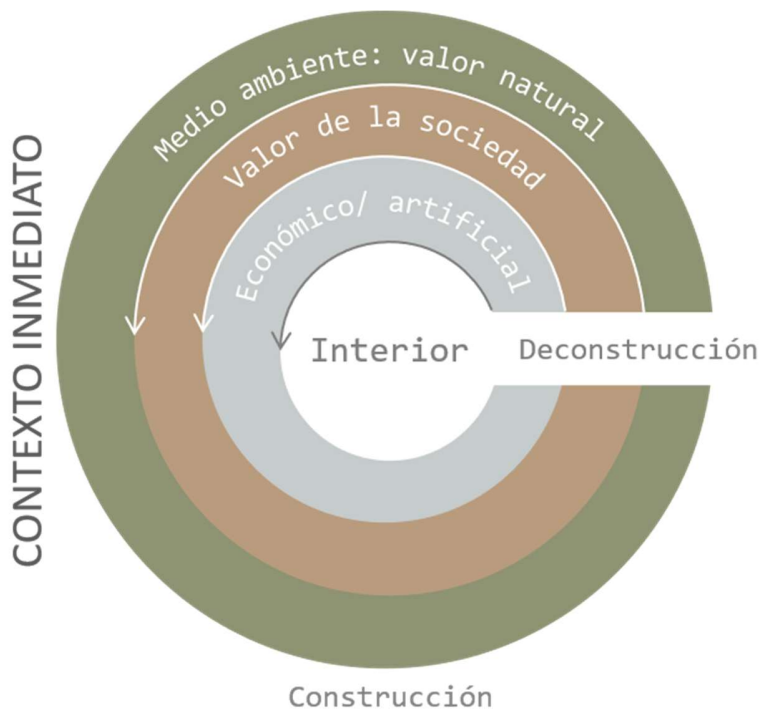
Análisis de interacción:

Habitabilidad (sociedad), medio ambiente y economía

El análisis de interacción del proyecto de transformación se desarrolla a través de la relación de las 3 esferas de conexión, desde el interior de los departamentos, la deconstrucción de sus capas y el emplazamiento con su contexto inmediato. En la figura 3.12, representa el equilibrio de los ejes de conexión y de análisis que interactúan dentro y alrededor de un proyecto circular, esto hace referencia al comportamiento de los indicadores y su valor dentro del diseño de proyectos arquitectónicos.

Figura 3.12

Esferas de conexión del equilibrio en el diseño de transformación



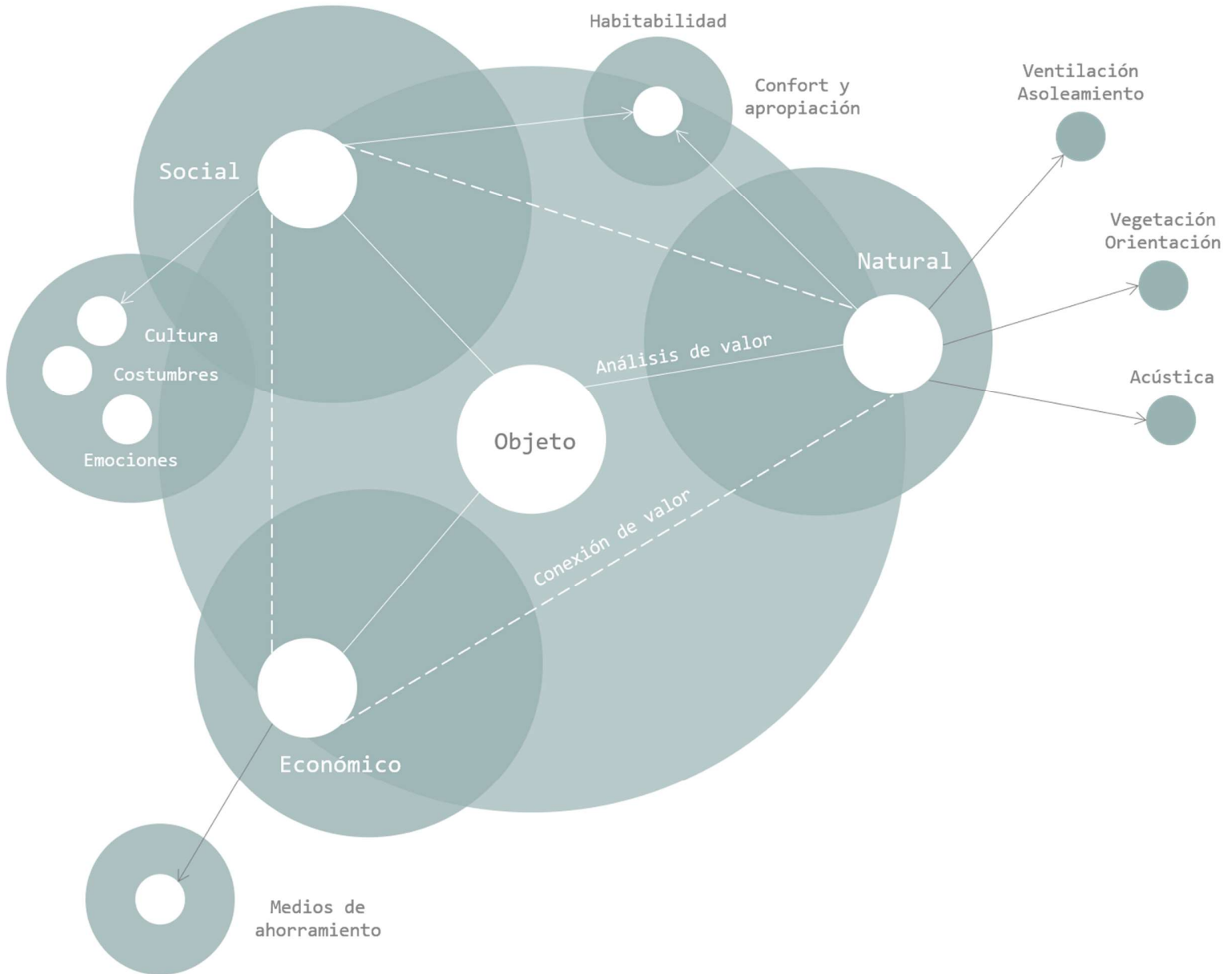
Nota. La imagen representa la conexión de ejes de interacción dentro de un proyecto de transformación de diseño circular para análisis y desarrollo.

Fuente: Elaboración propia

Para la deconstrucción del proyecto arquitectónico, se implementa el análisis de las esferas de conexión desde un enfoque de equilibrio y valor del espacio, a través de categorizar el comportamiento de cada eje de acuerdo al proyecto, esto nos permite identificar los factores e intenciones que se diseñan para la construcción de la transformación arquitectónica. De acuerdo al siguiente análisis se deconstruye el edificio (Esquema 3.01):

Esquema 3.01

Las esferas de conexión y las fuentes de valor determinadas por el proyecto de transformación



Nota: El gráfico representa las condiciones de análisis constructivo interior del proyecto, es decir, a partir de categorizar los indicadores que caracterizan el proyecto desde la espacialidad e indicadores de valor, se desarrolla la metodología de análisis de los proyectos de transformación. Esto a través de los ejes de conexión del objeto arquitectónico, los cuales se integran por las características sociales, naturales y económicas para los medios de ahorroamiento.

Fuente: Elaboración propia

Esfera de medio ambiente

Análisis del contexto inmediato

La interacción del medio natural del conjunto con el bienestar y habitabilidad de los departamentos se describe a través de analizar el comportamiento de los efectos ambientales dentro del proyecto, esto a partir de categorizar los enfoques del exterior:

- Exterior: El habitante

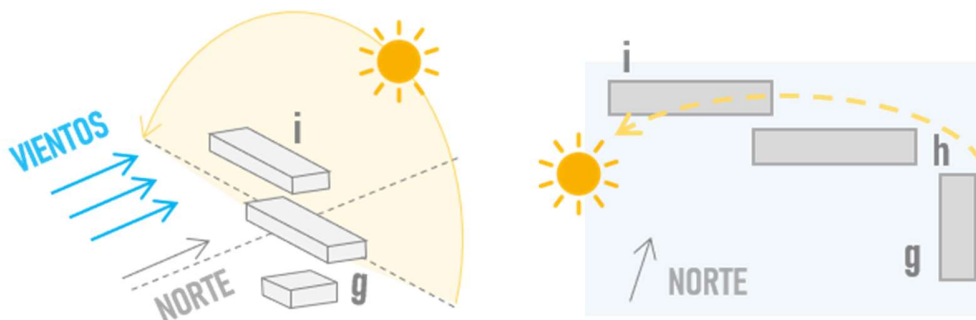
En este tema se hace referencia a la creatividad y libertad de uso que tiene los habitantes dentro del proyecto, desde un entorno de comportamiento cotidiano y el valor del espacio libre. De igual manera, el comportamiento de esparcimiento y convivencia dentro del proyecto por parte de los residentes

- Exterior: El contexto

En este aspecto, Lacaton y Vassal hablan sobre el *extra and free space*, su filosofía se forja mediante entender diferentes puntos del espacio libre en los proyectos, con el objetivo de duplicar el espacio libre de uso con la comunicación del entorno y lo construido a través de lo natural. Por medio de las economías ambientales de ganancia energética, ventilación, iluminación natural y de amortiguamiento acústico, solar y térmico (figura 3.13).

Figura 3.13

Análisis de natural e interacción con el proyecto



Nota. La imagen representa el comportamiento del medio natural en el contexto inmediato del proyecto

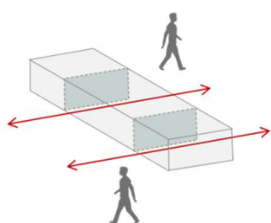
Fuente: Elaboración propia

Esfera de sociedad

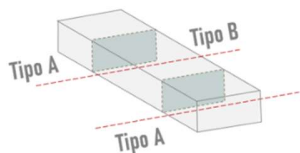
Análisis de habitabilidad: construcción del proyecto

De acuerdo con Lacaton y Vassal el análisis del proyecto se enfoca en la valorización y entendimiento del comportamiento de los residentes del proyecto, en este caso, el conjunto Du Grand Parc se integra por 3 bloques de departamentos que describen y unifican el estilo de vida de más de 1,500 personas que han construido una forma de *habitabilidad* propia dentro de cada departamento. El análisis del proyecto se desarrolla mediante el pensamiento del residente y la forma de vida, a partir de esto, el diseño de la metodología se presenta como dos indicadores con respecto a lo siguiente:

- Interior: El habitante

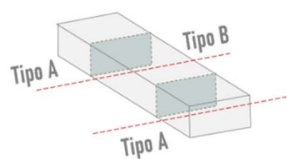


Esto hace referencia al comportamiento y forma de vivir de los residentes, en un sentido de apropiación del habitante; así como la movilidad y recorridos internos en desarrollo de la circulación dentro del espacio.

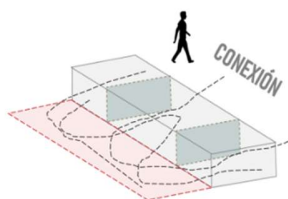


El análisis social busca entender al habitante, sus costumbres y forma de vivir, evaluando emociones y confort de habitabilidad. Así como la convivencia de interrelación social dentro del espacio

- Interior: El espacio



Esto se desarrolla en términos de espacialidad y factibilidad de uso, a través de la distribución de espacios en áreas y metros cuadrados, la conformación de cada departamento o espacio analizado, materiales, decoración y mobiliario. Así como efectos del medio ambiente en el espacio interior como iluminación, ventilación y calefacción



Básicamente este apartado busca analizar la funcionalidad espacial que se tiene de los departamentos, a través de entender la interacción y apropiación de los residentes en el espacio

Esfera de economía

Análisis de deconstrucción del proyecto

La descomposición de las capas del proyecto permite analizar los componentes que integran la construcción, el diseño de un proyecto circular implementa la idea de utilizar lo existente como bienes activos para el desarrollo de un proyecto nuevo. De acuerdo con la filosofía de Lacaton y Vassal, los edificios se integran a partir de tres esferas de equilibrio, mencionadas en el capítulo 3 (pág. 71), la transformación en servicio y uso del espacio, el espacio libre y el habitar de las personas. Entendiendo su filosofía de diseño en un proyecto con preexistencia espacial, el diseño de transformación encamina en un análisis desde el interior. (figura 3.14).

Figura 3.14

Capas de diseño de proyecto



Nota. La imagen representa las capas de un edificio

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, se concluye que el análisis de un proyecto preexistente predomina en el carácter técnico y espacial en beneficio del habitante, es decir, el diseño circular de un proyecto arquitectónico comienza desde el sitio en un sentido de presencia en el contexto y que alude al medio inmediato.

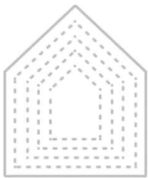
La asignación de las capas de diseño circular, se gestionan de acuerdo a las etapas de un proyecto, en este caso, la estructura y el sistema constructivo de la envolvente, las albañilerías se refieren a los muros divisorios o sistemas interiores, las instalaciones, materiales y desarrollo, de igual manera los acabados, el mobiliario utilizado y el espacio.

La contribución de un análisis de descomposición hace referencia y entendimiento de los componentes que integran cada capa de diseño, es decir el diseño circular aporta el corte y análisis de cada elemento y su vida útil. El objetivo es mantener los elementos con mayor beneficio dentro del ciclo de diseño como activo propio. Las capas de diseño de un proyecto se identifican a partir de etapas de diseño y composición de un edificio en este caso, el complejo de Du Grand Parc, se encuentra desarrollado mediante 3 bloques de construcción que albergan diferentes tipos de

departamentos y escenarios. El análisis de deconstrucción se desarrolla a partir de cada etapa de diseño circular planteado en un edificio, como se menciona anteriormente, los proyectos arquitectónicos se encuentran integrados por medio de capas de diseño donde cada una de ellas, se caracterizan por mantener una vida útil propia, es decir que cada una de las 5 capas (figura 3.15) tiene una estadística cuantitativa de temporalidad y factibilidad de uso:

1. La primera fase de análisis de circularidad hace referencia a la *envolvente (la fachada o piel del edificio)* y *estructura* (sistemas constructivos y estructurales) que confinan el espacio habitable:

- El conjunto habitacional se identifica por tener dos unidades iguales en su composición: los bloques de edificio H e I:



El conjunto de Du Gran Parc se caracteriza por tener dos unidades de departamentos tipo H e I que se integran por 6 bloques de 3 departamentos cada uno, estas unidades se desarrollan mediante una tipología de vanos y macizos.

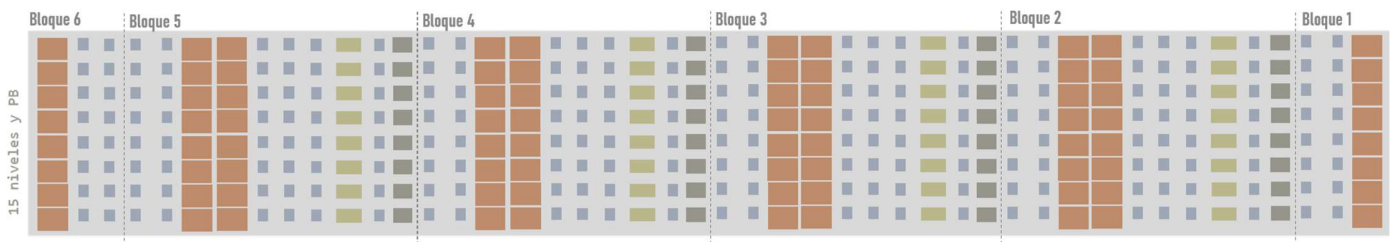
- Los macizos se describen por los muros perimetrales que se desarrollan mediante muros carga de concreto armado con sus respectivos cerramientos y castillos que enmarcan cada bloque. Los muros de concreto se encuentran desarrollados desde la época de 1957, conjuntos desarrollados posguerra.
- Vanos: Se desarrollan diferentes tipos de vanos en la fachada: ventanas modulares de aluminio con diferentes composiciones y modulaciones con respecto a lo siguiente (figura 3.16):

- Tipo 1: Ventanas abatibles exteriores de dos hojas
- Tipo 2: Ventanas corredizas de dos hojas
- Tipo 3: Balcones con puertas corredizas de 3 hojas y muros de concreto
- Tipo 4: Celosías modulares de concreto o sillar prefabricado

En la figura 3.15 se representa la conformación de los vanos con respecto a la distribución de bloques y sus correspondientes ejes existentes para el entendimiento del diseño circular en la envolvente del edificio y la intervención de la estructura y las albañilerías.

Figura 3.15

Composición de fachada de unidad tipo H e I



Nota. La imagen representa los tipos de vanos diseñados en la envolvente y composición repetitiva de en los bloques que conforman las unidades habitacionales

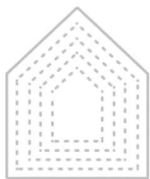
Fuente: Elaboración propia

Dentro del parque habitacional se desarrolla una unidad de 10 niveles con 3 departamentos en cada módulo, de igual manera, la fachada se desarrolla mediante vanos y macizos.

- Unidad G

Macizos: se componen por medio de muros de carga de concreto armado

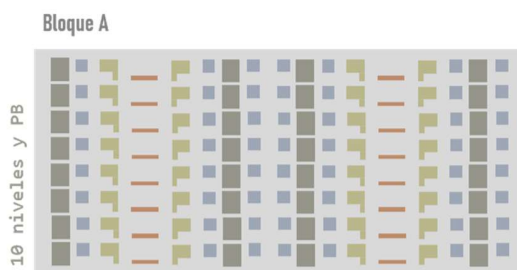
Vanos: Se desarrollan diferentes tipos de vanos en la fachada de acuerdo a lo siguiente (figura 3.16)



- Tipo 1: Ventanas abatibles exteriores de dos hojas
- Tipo 2: Ventana fija y puerta abatible en balcón
- Tipo 3: Ventanas bajas fijas
- Tipo 4: Celosías modulares de concreto o sillar prefabricado

Figura 3.16

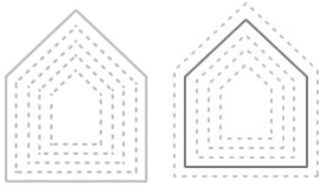
Composición de fachada de unidad tipo G



Nota. La imagen representa los tipos de vanos diseñados en la envolvente y composición repetitiva de en los bloques que conforman las unidades habitacionales

Fuente: Elaboración propia

Estructura y albañilerías:



La estructura se analiza a partir de la composición de cada módulo con respecto a sus ejes y claros de cada uno, con respecto a los muros de carga de concreto armado y losas macizas de concreto que integran los entrepisos (figura 3.17).

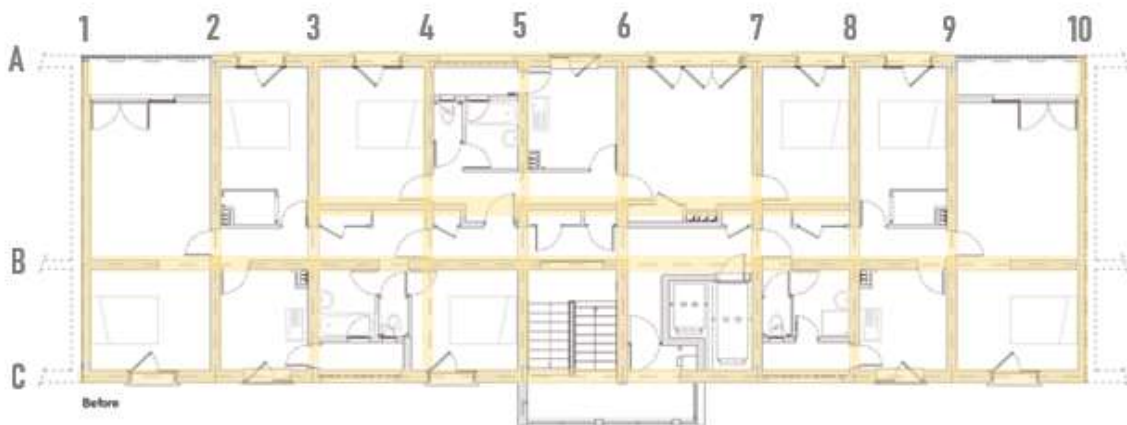
De acuerdo a Frank Ruff (1970) los edificios se construyen en capas separadas y entrelazadas cada una con una ida útil diferente, a lo que se refiere que:

- En cada torre I y H, se desarrolla 1 módulo de 3 deptos.
- Por módulo de 10x28 mts aprox. Son 280 m² por módulo. Es decir que por el nivel total de 5 módulos de 10x140 mts aprox. Son 1,400 m² por nivel
- La torre tipo I y H tienen 22,400m² por los 16 niveles

Sin embargo, la torre G se integra de 2 módulos completo de 4 deptos. de 12.5 x 28 mts aprox., de los cuales son 680 m² por nivel de la torre. Es decir que la torre tipo G tienen 7,480 m² por los 11 niveles de construcción.

Figura 3.17

Distribución de ejes de diseño en módulo tipo de la unidad H e I



Nota. La imagen representa el desarrollo de cada módulo de diseño existente de la torre H e I, de acuerdo con los ejes de construcción que integran la torre

Fuente: Elaboración propia

Como se menciona anteriormente, el proyecto se desarrolla con el objetivo de mantener todo lo necesario para valorización del espacio interior y la forma existente, es por ello que en el análisis de desconstrucción propone considerar lo necesario en términos técnicos para el desarrollo de una propuesta circular:

En este caso la Torre I y H como se menciona anteriormente, se integra a partir de muros cargas con respectivos castillos y cadenas, que de acuerdo con la distribución de la planta se concentran:

- 3 ejes longitudinales de 28 mts por módulo= 420 mts por nivel
- 10 ejes transversales de 10 mts por módulo= 500 mts por módulo
- Es decir: *14,720 mts de cerramientos aprox. En la torre*

Mientras que el desarrollo de la Torre G se distribuye a partir de:

- 3 ejes longitudinales de 28 mts por módulo= 84 mts por nivel
- 10 ejes transversales de 10 mts por módulo= 100 mts por módulo
- Es decir: *1,184 mts de cerramientos aprox. En la torre*

Esto a manera de conclusión nos permite entender la composición de los muros de carga que integran el desarrollo de la cada torre, de manera cuantitativa y esquemática para el desarrollo de un diseño. El conjunto de Du Grand Park se planeta con 46,512 mts de cerramientos aproximadamente, que de los cuales la intervención de 896 mts en torre H e I y 288 mts en torre G = 1,184 mts en total que porcentualmente representa menos del 3% del valor total. La propuesta de Lacataon y Vassal se plantea a través de *AÑADIR* espacio extra a los departamentos a partir de módulos de concreto prefabricado, estos módulos se desarrollan de la siguiente manera (ver figura (3.18):

- Columnas base V de 2.50 x 2.80 mts
- Columnas K cuadradas
- Losas tipo 1 de 3.80 x 6.40 mts
- Losas tipo 1 de 3.80 x 3.20 mts
- Trabes empotradas en losa de 2.80 mts

Figura 3.18

Distribución de ejes estructurales según diseño circular de intervención



Nota. La imagen representa la propuesta de Lacaton y Vassal con respecto a los ejes existentes por cada módulo de la torre H e I, los ejes que se ocupan corresponden a los ejes estructurales principales. Se indican las columnas que se colocan de forma prefabricada en cada eje.

Fuente: Elaboración propia

Diseño de propuesta estructural en la circularidad:

La estructura se encuentra diseñada a partir de la factibilidad y el ahorro de economías, que a manera de conclusión se refiere a la creación de un *plan de diseño* para la construcción del proyecto, a través del análisis deconstructivo se concluye que (figura 3.16):

- Se diseñan las losas de extensión de los entresijos mediante módulos prefabricados de 6.40 x 3.80 mts, cada uno que se apoyan sobre los marcos prefabricados de concreto.
- Los ejes estructurales que se incorporan, se consideran a partir de los ejes existentes del proyecto habitacional de 1957, que permiten la creación de los módulos de las losas, en este caso (ver figura

3.17) distribuyen los ejes estructurales a partir del eje 1- 3, 5 - 7 y 8- 10 que tienen entre ejes de 6.40 mts en ejes transversales originales y refuerzo en eje de elevadores con los ejes 7-8 de entre eje de 3.20 mts. La creación de una modulación estructural con respecto a lo existente, permite incorporar dentro del plan de diseño, la planificación de construcción, eliminando la posibilidad de residuos sin justificación.

- Los ejes estructurales propuestos corresponden a la creación de dos ejes longitudinales y los 6 ejes transversales existentes que permiten la creación de una modulación donde se colocan 2 columnas por cada eje, el cual corresponde a (ver 3.16):

Bloque I y H:

La creación de los marcos estructurales con respecto al plan de diseño circular, se analiza por medio de los elementos incorporados, en este caso se refiere a (ver figura 3.19):

- El planteamiento de **12 columnas tipo K por módulo, es decir 960 columnas K por torre**. En total se añaden **1920 columnas cuadradas prefabricadas** en torres H e I.
- En cada eje transversal de planta baja se diseña una **columna tipo v para la transmisión de cargas** a la cimentación. En cada bloque de departamentos se colocan 6 columnas V, es decir 480 columnas V por torre. En total se colocan **960 columnas tipo V prefabricadas aprox.** En torres H e
- Para el montaje de las losas en las columnas prefabricadas se colocan **6 trabes transversales y 10 longitudinales** por bloque de departamentos. Es decir **3,072 trabes prefabricadas en total.**

Mientras que en la torre tipo G

- Se plantean **20 columnas V** por torre para la transmisión de cargas de los jardines de invierno a la cimentación propuesta. De acuerdo con ello, se concluye que se proponen **40 columnas K** por nivel, es decir **400 columnas** por torre G.
- De igual forma, para montaje de las losas en las columnas prefabricadas se colocan **5 trabes transversales y 8 longitudinales** por entrepiso. Es decir **143 trabes prefabricadas en total.**

Figura 3.19

Análisis de composición de plan de diseño circular del proyecto Grand Parc, Burdeos



Nota. La imagen representa la intervención de la estructura propuesta con respecto a la preexistencia de la torre.

<https://www.archdaily.mx/mx/914815/transformacion-de-530-viviendas-sociales-grand-parc-bordeaux-ganador-del-eu-mies-award-2019>

Instalaciones:



Las instalaciones dentro de las capas de diseño se encuentran relacionadas con el funcionamiento interno del proyecto, en este caso, el proyecto se concentra en 4 categorías: la instalación hidrosanitaria, instalación eléctrica, instalación de calefacción y extracción, así como instalaciones especiales (internet y cableado)

- Hidrosanitaria:

De acuerdo con el proyecto preexistente (ver figura 3.20), la instalación hidrosanitaria se conserva a partir de 3 núcleos de baños completos por bloque de viviendas, de los cuales se conservan 480 núcleos de baños por la torre H e I. Esto corresponde a **15 salidas sanitarias por torre**.

- Eléctrica:

Con respecto a la instalación eléctrica, la distribución de elevadores se encontraba a partir de 1 sólo núcleo por bloque de viviendas, es decir 5 por torre. Sin embargo, una parte del proyecto de transformación incorpora un elevador externo en la parte posterior del proyecto. En casa módulo hay 2 elevadores y 1 ducto o centro de carga, en total **10 elevadores por torre**. Además de que la propuesta de diseño concentra el desarrollo de la instalación eléctrica de sobreponer en los jardines de invierno propuestos.

- Internet y cable:

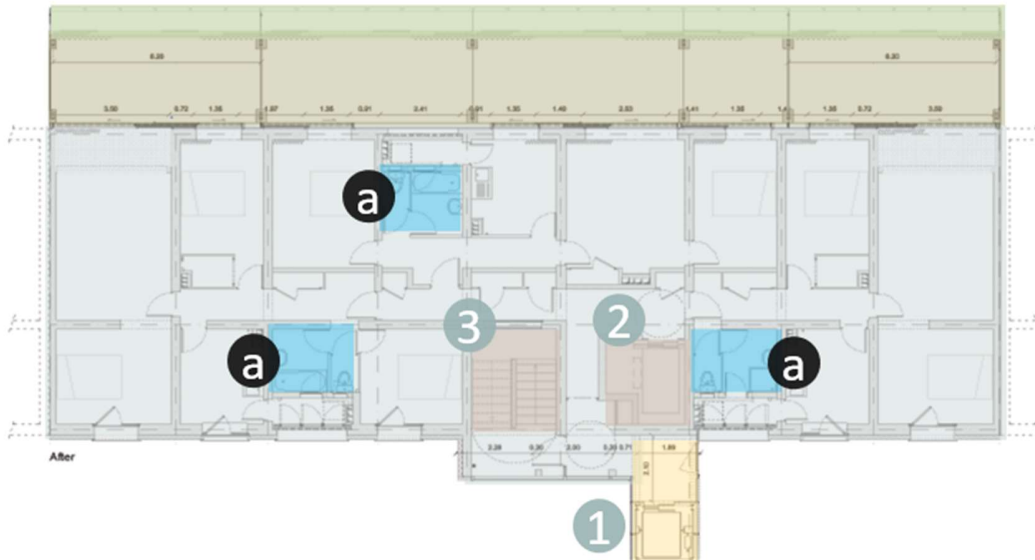
Dentro del proyecto de transformación se concentran las unidades y ramaleo de las instalaciones especiales colocadas por cada habitante, determinando un mejor ordenamiento y distribución a las viviendas.

- Extracción de gases y calefacción:

De igual manera la propuesta de calefacción y sistema de extracción se encuentran ubicados en las azoteas de cada torre de viviendas, sin embargo, se desconoce de los núcleos o funcionamiento de esta instalación. Parte de la propuesta para la transformación de uso de la energía, se enfoca en la creación de los jardines de invierno como sistema de calefacción y de amortiguamiento térmico.

Figura 3.20

Localización de ductos y núcleos de instalaciones



Nota. La imagen representa la ubicación de ductos y núcleos de instalaciones existentes y propuestas en cada bloque de viviendas en torre H e I

Fuente: Elaboración propia

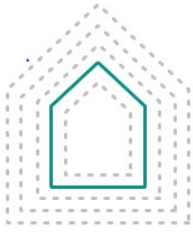
Acabados:

Para la propuesta dentro de la capa de acabados se plantea el análisis de los metros cuadrados de material dentro de cada departamento, en la torre I y H se identifican 47,200 m² de loseta y 3,680 m² zoclo aprox. Mientras que los pisos se encuentran en toda la torre G son 3,740 m² de loseta y 510 m² zoclo aprox. Los materiales utilizados corresponden a lo siguiente:

En la parte interior del departamento se conservan los pisos de loseta modulada preexistente que se caracterizan por utilizar beige, gris y anaranjado; mientras que los acabados en los muros se analizan a través de aplanados y terminado con yeso liso o repellado, posteriores la colocación de la pintura, tapiz en muros u otro material de terminado. Con respecto a las losas de entrepiso son terminadas con uso de cielo Razo o aplanado fino.

De acuerdo con la propuesta de transformación, los módulos prefabricados se proponen con un acabado aparente y fino, sin la asignación de técnicas ni decoración externa.

Mobiliario y complementarios:



La propuesta de Lacaton y Vassal se enfoca, primero que nada, en el habitar de las personas dentro de cualquier espacio, teniendo como objetivo la apropiación y convivencia del espacio, El mobiliario existente dentro de los departamentos se coloca por el propietario, así como el uso de muebles fijos en de los respectivos baños por torre.

El espacio:



El principal objetivo y el enfoque filosófico que tienen Lacaton y Vassal, es la arquitectura verbalizada del proyecto existente. Dentro de esta propuesta de transformación se interviene el proyecto a través de añadir espacio a cada uno de los departamentos, conservando el proyecto en 95% aprox. de su capacidad máxima. Esto quiere decir que la propuesta se desarrolla de la siguiente manera:

Torre I y H:

- *Departamento tipo 1 y 3* = 105 m² por cada uno más 35.5 m² de balcones
- Departamento tipo 2 = 85 m² por cada uno más 35.5 m² de balcones
- Esto corresponde a 5 bloques de 3 departamentos por módulo, es decir a 15 departamentos por nivel. En total se identifican 1,475 m² nivel + 532 m² balcones

Es decir que:

- 225 departamentos por torre equivalen a 23,600 m² por torre + **7,980 m² balcones**
- Esto se refiere a que en total son 47,200 m² por torre I y H + **15,960 m² balcones**

Torre G:

- Departamento tipo A = 85 m² por cada uno
- 8 departamentos por nivel = **682 m² nivel más 284 m² de balcones**

Es decir que:

- 80 departamentos por torre = 7,524 m² por torre + **2,840 m² balcones**

Conclusiones de uso

Análisis de diseño de capas en transformación:

El proyecto de la unidad habitacional Du Grand Parc, se realiza mediante un **diseño de transformación y de circularidad**, el diseño circular dentro de este proyecto se identifica y enfoca en utilizar el cascarón de los tres bloques de modo que la capa de estructura se conserva y se modifique la envolvente.

1. La envolvente se modifica a través de los materiales y con la filosofía de Lacaton y Vassal, del proyecto se retiran 280 mts de la fachada del edificio I y H, así como 48 mts del edificio G

- *Envolvente de las torres I y H*



· La intervención se desarrolla con el retiro de 140 mts lineales y 40 mts de altura, los cuales corresponden a 5,600 m² de muro de concreto de la fachada que se retiran como escombros = 11,200 m² en total de escombros de las unidades tipo.

Esto en unidades de medida hacen referencia a 2,240 m³ de escombros en total aprox.

- *Envolvente de la torre G*



· Con respecto a la intervención de la fachada de este edificio se retiran 48 mts lineales y 27.5 mts de altura, lo que corresponde a 1,320 m² de muro de concreto de la fachada

Esto se refiere a 264 m³ de escombros en total que se retira de la fachada.

El proyecto de intervención corresponde a la modificación de dos capas de diseño: la envolvente y la estructura del proyecto, a través de su deconstrucción circular y su ejecución, lo que corresponde a retirar en total: 2,504 m³ de escombros de las envolventes de los 3 edificios. (figura 3.21)

El análisis de transformación se integra a través de comparar datos sólidos con respecto al proyecto en la primera y última etapa, en este caso, el conjunto habitacional Du Grand Parc. En la etapa inicial del proyecto se tenía como objetivo, demoler el conjunto del proyecto en su totalidad correspondiente a 56,000 m³, pero se demolieron 2,504 m³

Como se menciona anteriormente, se proponía realizar la demolición total del conjunto habitacional que corresponde un total de 41,860 m² de albañilerías, sin embargo, se demolieron 264 m² en total del proyecto. Así como la ampliación de los metros cuadrados de construcción de 550,940 m², a 17,340 m² en jardines de invierno y balcones, que en total son 5688,280 m² aprox. De obra nueva.

Figura 3.21

Análisis proporcional y porcentual del escombro retirado del edificio



Nota. La imagen representa cuantitativamente los m³ de escombro retirados en proporción a la construcción total:

Este análisis representa los metros cúbicos de construcción por torres de vivienda de cada tipo, lo cual ejemplifica el porcentaje de demolición total en generación de escombro con respecto al porcentaje demolido por el proyecto de transformación.

Los 2,504 m³ de demolición total aproximadamente equivalen a 2.5 toneladas de material viable para reincorporación dentro del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

En términos generales, la demolición de los 69,200 m³ de escombro del proyecto completo, representaría un incremento de gasto energético y económico para el proyecto, en conclusiones generales, la demolición de un proyecto implica trabajo doble, en gasto de materiales vírgenes, obsolescencia de capas de diseño y generación excesiva de escombro.

Recircular

Sistema de economías de ahorro y diseño circular

Uno de los enfoques principales que se tiene dentro del diseño circular, y que se busca aplicar en el diseño de los proyectos arquitectónicos es el análisis de ahorro de economías que en términos técnicos se refiere cada análisis cuantitativo y estadístico de las capas de diseño de un proyecto. En este caso, el análisis de deconstrucción realizado se concluye a partir de lo siguiente:

Economía en procesos de mano de obra, ahorro energético, material, económico y tiempo.

- **Procesos de mano de obra:**
 - Colocación de cimentaciones prefabricadas en ejes principales para montaje de entresijos
 - Sincronicidad de procesos (mediante ruta crítica) para la colocación de módulos con torre grúa y demolición de fachada existente
 - Anclajes de columnas y losas en sitio: Las losas de los módulos que se integran se utilizan como andamos en posteriores trabajos
- **Materiales:**
 - Colocación de materiales prefabricados realizados en taller, para reducir desperdicios y optimizar los procesos de ejecución en obra
 - Las losas de los módulos incluyen, las trabes perimetrales y transversales, así como el anclaje con el barandal, reduciendo diferentes tipos de unión y exceso de materiales.
 - Unión losa prefabricada y columnas con adhesivos de concreto en nodos
 - Junta de amortiguamiento o colindancia con aislante tipo espuma entre la preexistencia y la propuesta
 - Canceles y paneles aislantes modulados de acuerdo a ejes preexistentes
- **Ahorro energético:**
 - Disminución de energía de procesos: fabricación en taller y montaje en sitio
 - Ganancia energética, de iluminación y ventilación en fachadas
 - Amortiguamiento acústico, de asoleamiento y control de vistas
- **Economía:**
 - La recirculación del edificio ahorra en costos de demoliciones y obra nueva:
 - Demoliciones de estructura, albañilerías, acabados y escaleras

- Desmantelamientos y retiros de cancelerías, instalaciones, muebles fijos, etc
- Obra nueva del proyecto con consumo de materiales naturales y generación de más de 100% de residuos
- Consumo energético y de agua durante construcción
- Aumento de la plusvalía de los departamentos y conjunto habitacional
- **Tiempo:**
 - Valor de los habitantes: la construcción prefabricada para beneficio de tiempos muertos
 - La ejecución de los trabajos se elaboró durante la permanencia de los habitantes en los departamentos
 - La colocación de los módulos se ejecuta en corto plazo:
 - Colocación de cimentación
 - Colocación de columnas base
 - Colocación de entrepisos, unión de columnas posteriores y columnas base
 - Retiro de soleras, ventanas y puertas
 - Demolición de fachada y medios muros de balcones
 - Colocación de cancelas corredizas de primera tapa
 - Colocación de paneles aislantes
 - Colocación de cortinas
- **Posibilidades de uso:**
 - Residuos de concreto de fachada:

Los 2,500 m³ de concreto se pueden ocupar para elaborar:

- Pavimentos dentro del proyecto urbano
- Mobiliarios urbanos
- Rellenos o muros divisorios
- Residuos de herrería y aluminio:
 - De las ventanas corredizas, fijas y puertas de fachada original
- Elaboración de ventanales nuevos en planta baja
- Mobiliario urbano

Tabla 3.01*Conclusiones del análisis de deconstrucción de las capas de diseño*

Existencia	Propuesta	Intervención
ENVOLVENTE 69,200 m3 aprox. De material viable de la unidad habitacional completa	Se retiran 2,504 m3 aprox. De material en envoltorio de las 3 torres	Representa el 3.5 % de escombros
ESTRUCTURA Se conservan ejes estructurales: 1-3, 5- 7, 7-8 y 8-10	Se integran 2880 columnas por las tres torres de departamentos	Representa el 0 % de escombros
ALBAÑILERÍAS Se contemplan 46,512 mts de cerramientos aprox. En las tres torres	Se retiran 1,184 mts aprox. De material en cerramientos de las 3 torres	Representa el 3 % de escombros
INSTALACIONES <ul style="list-style-type: none"> · Se contemplan 15 salidas hidrosanitarias por torre de acuerdo a los núcleos · Se consideran 5 elevadores por torre 	<ul style="list-style-type: none"> · Se conservan 15 salidas hidrosanitarias · Se incrementan a 10 elevadores por torre H e I 	Representa el 1 % de escombros
ACABADOS Se conservan los acabados al interior del departamento	Se conservan acabados interiores, y se incrementan las losas prefabricadas en jardines de invierno, así como pintura en volúmenes	Representa el 1 % de escombros
MOBILIARIO Y COMPLEMENTARIOS El mobiliario se conserva y modifica por los habitantes	El mobiliario se conserva y modifica por los habitantes	Representa el 0 % de escombros
ESPACIO Torre H e I = 47,200 m2 totales Torre G = 7,524 m2 totales	Torre H e I incrementa 15,960 m2 Torre G incrementa 2,840m2	Representa el 30 % de incremento

Nota. La tabla representa la comparación de las capas de diseño en el proyecto existente, en la propuesta por Lacton y Vassal, a través de un porcentaje de intervención aproximada de capa de diseño desarrollada,

Fuente: Elaboración propia

Conclusión de metodología

En la definición sencilla de la palabra *transformar*, describe el comportamiento del quehacer arquitectónico y nuestro papel como arquitectos, es decir que, el quehacer de la *arquitectura circular* nace del hacer que algo cambie o sea distinto, sin alterar totalmente todas sus características esenciales. Dentro de los indicadores de la economía circular en la arquitectura, se fundamenta por entender el edificio o construcción desde sus características de apariencia y funcionalidad, a través de un *análisis de deconstrucción*, que desintegra cada capa (ver figura 3.12) del proyecto y de este modo enfocarlo hacía una nueva estructura.

EL diseño de la metodología deconstrutiva para el análisis de el proyecto

La propuesta que se realiza para analizar a detalle el proyecto de Du Grand Parc, se fundamenta a través de la economía de circularidad y sus principios de aplicación (capítulo 3) que difieren de la construcción de pensamiento por medio del análisis de deconstrucción, el cual se caracteriza por separar, segmentar, deshacer, desmenuzar o desfragmentar un componente en sus correspondientes elementos como un *rompecabezas*. El entender cada pieza del proyecto, en un sentido de singularidad e integración a las demás capas, mediante características y funcionamiento permite concluir y construir conocimiento sobre cada una de ellas.

Construir en capas en el diseño circular nos ayuda a trabajar cada una de las ellas como entidades independientes, integradas con otros sistemas de construcción, pero no entrelazadas con el tejido del edificio, evitando el desperdicio a gran escala de activos, reduciendo el consumo de recursos y eliminando la demolición total. Esto reduce la obsolescencia temprana e innecesaria, aumentando la flexibilidad de uso y longevidad del tiempo mediante el diseño de deconstrucción (separando, reemplazando, moviendo o adaptando en diferentes momentos sin afectar el edificio o activo construido). Como se diseñan los edificios es clave para la forma de utilización, el impacto que tiene en su entorno y el tiempo que permanecen aptos para su propósito. ´

Las capas de diseño desarrolladas dentro de la tesis, se fundamentan por las partidas para el desarrollo de un proyecto ejecutivo, las cuales son: la envolvente o fachada de la construcción, la estructura (sistema estructural), las albañilerías, las instalaciones, los acabados, los complementarios, el mobiliario y el espacio interior.

Dentro de la tesis se concluye que la aplicación del diseño circular dentro de los proyectos arquitectónicos de transformación, se constituye con el desarrollo de tres ejes de circularidad representados de acuerdo a lo siguiente (figura 3.23).

- *Categorizar*: Esto hace referencia al análisis de los tres esferas de conexión que permite categorizar y desarrollar un enfoque: económico, medio ambiente y sociedad
 - Interior: El habitante
 - Interior: El espacio
- *Analizar*: entender las capas de diseño del proyecto para conocer su conformación y analizar sus componentes

Se puntualizan las capas de diseño del proyecto de acuerdo a la figura 3.13 (pág 76) para analizar cada una de sus características e indicadores de desarrollo cuantitativos y cualitativos del proyecto en preexistencia. Se concluye que cada capa se analiza de forma técnica, de acuerdo a cuantificaciones para obtener indicadores cuantitativos que describa la factibilidad.

- *Recircular*: al categorizar y analizar los componentes del proyecto preexistente, se identifican los elementos o capas de diseño que se reasignan y regresan al proyecto de diseño circular de transformación planteado.

El beneficio de desarrollar un proyecto con objetivos circulares permite tener ahorros en economías *con plan de diseño y ejecución*.

Figura 3.23

Integración de aparato de pensamiento de 3 ejes circulares de diseño circular en arquitectura



Nota. La imagen representa el proceso verbalizado de la economía circular en el diseño de arquitectura para la construcción de un aparato de pensamiento circular.

Fuente: Elaboración propia

3.2 Transformación del diseño

El papel como diseñador y constructor

La arquitectura se concentra hoy en día en el modelo económico, que como ya sabemos es especialista de la acumulación de residuos, y a pesar de ello nuestro gremio se enfoca en mantener actividades de derroche natural y obsolescencia temprana de recursos. A partir del análisis de comportamiento económico y social de la producción de arquitectura en la CDMX (pág. 40), se identifica que el sistema lineal se centraliza en el diseño y construcción de proyectos, al ser el punto medio del consumismo de materiales de origen natural y el desecho de los residuos en un porcentaje menor a su capacidad de uso.

La producción lineal arquitectónica está llegando al límite de su capacidad física, por su dependencia directa de la naturaleza. Es por ello, por lo que la búsqueda de una alternativa con menor impacto nos conduce a la economía circular, desde el sentido literario tiene sus orígenes años atrás por más de un mismo autor y por diferentes escuelas de pensamiento que integraron un modelo económico que busca disociar la actividad económica del consumo de recursos naturales, eliminar los residuos del sistema mediante el diseño y mantener materiales en uso. El modelo hace énfasis en los ciclos técnicos y biológicos en el que el consumo es diseñado para regresar al sistema, mediante flujos continuos de materiales en un círculo del valor.

No obstante, desde la arquitectura se interpreta en como integrar un residuo dentro del diseño y construcción de proyectos, pero más allá del sencillo significado teórico, la circularidad se refiere a la transformación progresiva de los proyectos existentes, es decir, que el proceso de conexión de las etapas del diseño y concepción de los proyectos arquitectónicos se centra en la reducción, reciclaje y reutilización de los recursos dentro del proceso; sin embargo este principio se mantiene en un ciclo o bucle cerrado con retorno repetitivo. En el que el movimiento cíclico de los recursos dentro de un sistema se mantienen siempre siendo los mismos componentes con las mismas variaciones, de acuerdo con la Fundación Ellen Macarthur, la economía se centra en el desarrollo de movimientos de retorno como el medio natural, en el que a partir de un recurso depende la existencia de otro para su supervivencia y así sucesivamente hasta regresar al punto de inicio del primer componente, que hace diferencia de la producción lineal de unen en cada uno de los extremos del sistema para cumplir con la reutilización de los recursos.

Sin embargo, analizando este principio desde la arquitectura y construcción, entendemos que el diseño es un punto primordial dentro del desarrollo de los proyectos, más allá de lo estético y técnico de concentra desde la funcionalidad, en el que consideramos a la arquitectura como un todo y no como una composición de sus segmentos. Varios autores han analizado este principio de integración arquitectónica, según ARUP y la fundación Ellen Macarthur la constitución de un modelo arquitectónico se presenta mediante capas de diseño, las cuales constituyen un componente en partes de construcción; a través de un análisis se puntualizan 5 capas: envolvente, estructura, instalaciones, mobiliario y espacio en un sitio o contexto. De acuerdo con esto podemos entender que la arquitectura también es un juego de módulos compuestos dentro un sitio, que mediante un plan de diseño de integran para cumplir una función. Con ello, se hace referencia a la estructura modular que se define por tener módulos con características similares en su forma física y teórica para integrar un todo, esto permite que el retirar una un módulo pueda sustituirse por otro con características similares sin cambiar el esquema inicial.

Sin embargo, de acuerdo con Lacaton y Vassal cada proyecto constituye un conjunto de características diferentes entre que sí que permite tener variaciones en el diseño. ¿Cómo se integran las variaciones en el diseño circular de los proyectos arquitectónicos?

Las variaciones de apropiación de los espacios transmiten una riqueza única en cada proyecto, esto comunica una lectura distinta en cada componente o capa de diseño, haciéndolo único y no un tipo. La apropiación espacial es la forma de comunicación y vivencia de los habitantes en un espacio, dándole valor y versatilidad a su uso, sin embargo, el gremio actual o en su mayoría convergen con tener una intervención desde lo lógico y no lo práctico. La forma de pensar en el diseño se concentra en usar y tirar por la temporalidad del uso.

¿Qué pasaría si respetáramos el concepto de uso para crear un proyecto desde lo existente?

Con el objetivo de suprimir la idea de que valorizar el espacio hace referencia a la restauración absoluta cuidando lo existente y conservando su tipología. La arquitectura circular debe enfocarse en valorizar el comportamiento humano para crear desde el interior del espacio, descartando la idea de sustituir.

La arquitectura verbalizada transmite un nombre a las acciones que se integran en un proyecto, dentro de este proyecto se respeta lo existente en un sentido de apropiación y pertenencia de los habitantes, no monetario sino de emociones y recuerdos vividos dentro del espacio. Más allá de conceder un proyecto con funcionalidad técnica, está busca mantener lo existente sin igualar su morfología sino su uso.

Dentro del proyecto de transformación de Grand Parc de Burdeos, el proyecto se transformó con soluciones más interesantes para el habitante, analizando sin prejuicios los espacios habitados, Lacaton y Vassal se enfocaron en la esfera social, económica y del medio natural, a partir de destinar nuevos recorridos interiores de aprecio y confort, aplicando la añadidura de un módulo dentro de la capa de envolvente y estructura, ofreciendo un proyecto con liviandad y transparencia para evocar la apropiación del espacio por los habitantes.

Esquema 3.02

La verbalización de la creación del diseño



Nota: El esquema representa la forma de análisis de un proyecto de diseño mediante la verbalización

Fuente: Elaboración propia

Capas de diseño

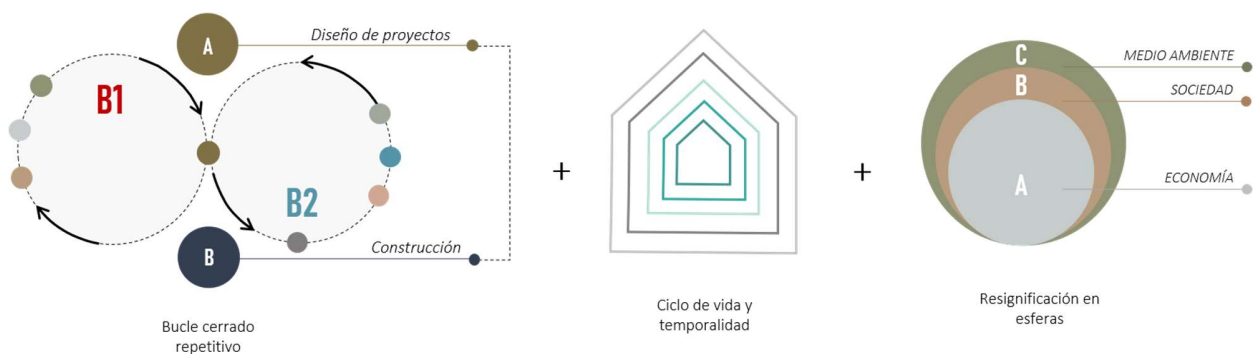
La construcción es una de las actividades productoras que más y afecta los ecosistemas, desarrollando productos con un único fin, que se integra de recursos para beneficiar a las comunidades humanas; la forma de implementación del concepto se basa en el acercamiento a sociedades relacionadas, puesto que el desarrollo de modelos que beneficien al entorno natural debe de desarrollarse directamente en el ámbito social.

Conociendo el principio de circularidad, desde el sentido básico teórico se construye un plan de diseño para la arquitectura circular mediante el uso de capas de diseño del proyecto; es decir, los proyectos arquitectónicos en su complejidad se integran mediante capas, etapas o niveles que resumen el ciclo de vida de los materiales y su temporalidad. Entender cada una de las capas de un proyecto, permite estructurar por secciones la construcción, a partir de módulos de diseño sistémico que ayuda a añadir o sustituir cualquiera de las capas sin comprometer la composición. (pág. 51)

El desarrollo de un arquitectura circular y verbalizada se encuentra integrada por tres principios que fundamentan la composición de la circularidad en el diseño arquitectónico (esquema 3.03), esto hace referencia a sistema cíclico de los componentes de los proyectos, las capas de diseño para construcción de los proyectos y las esferas de conexión.

Esquema 3.03

La creación de la arquitectura verbalizada para el plan de diseño



Nota: El esquema representa la integración de las capas de diseño, las esferas de conexión y las posibilidades de uso de los residuos dentro de un diseño arquitectónico. Fuente: Elaboración propia

Sabiendo esto, se integra la composición de capas de: estructura, envolvente, albañilerías y divisorios, instalaciones, acabados y complementarios, mobiliario y espacio. Con ello se secciona la composición del diseño arquitectónico de forma teórica que se presenta en la *figura 4.03*. La creación de las capas de diseño dentro de la arquitectura verbalizada permite entender la arquitectura de manera física, es decir en referencia a los constructivo y técnico del proyecto; sin embargo, la gestión de las capas dentro del diseño se transmite de diferentes formas y composiciones que varían por el tipo de proyecto.

Esto se integra a partir de:

- Capas de diseño circular
 - Envolvente
 - Estructura
 - Albañilería y divisorios
 - Instalaciones
 - Acabados y complementarios
 - Mobiliario
 - Espacio libre
- Esferas de conexión
 - Sociedad
 - Economía
 - Medio natural o medio ambiente
- Tipo de proyecto
 - Remodelación o reconstrucción
 - Obra nueva
- Posibilidades técnicas
 - Uso de materiales vírgenes
 - Uso de residuos en capas de diseño

Véase en diagrama de posibilidades (p.86)

Análisis del aparato diagramático de posibilidades circulares en el diseño arquitectónico

La creación de un aparato diagramático que concluye con posibilidades de diseño engloba en términos teóricos los tres ejes de circularidad que permite componer un *sistema de pensamiento teórico práctico* para el análisis y desarrollo de proyectos con enfoque circular sin abordar temas de reciclaje en producción masiva. El objetivo que se tiene al desarrollar este diagrama es para identificar las diferentes formas de abordar un proyecto que busca mantener los bienes materiales dentro de su diseño propio.

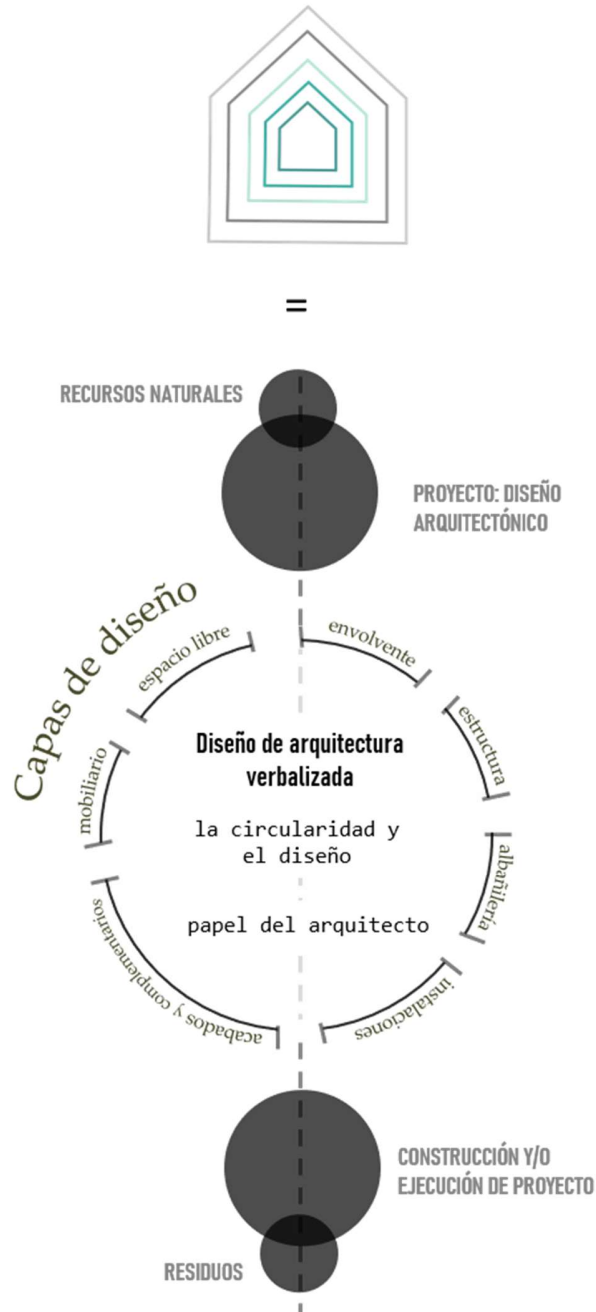
El esquema 3.04 identifica que el diseño circular no es posible sin la contraposición de la producción lineal que se tienen en la CDMX actualmente, considerando el esquema 1.04 (p.40) se desarrolla un punto de equilibrio entre el consumismo de recursos naturales y la producción de residuos por el papel como arquitectos en el diseño de proyectos, a partir de identificar las capas de diseño del eje de circularidad de ARUP y la fundación Ellen Macarthur para la creación y diseño de arquitectura verbalizada.

El esquema 3.05 y 3.06 trata de recircular los componentes identificados en el proyecto a partir de categorizar el tipo de proyecto de acuerdo a la CDMX para analizar las esferas de valor y creación desde los bucles del principio de circularidad. Mientras que el esquema 3.07 hace mención de las posibilidades de diseño y ejecución de los componentes de acuerdo a las normas técnicas complementarias de la CDMX, esto acuña el esquema 3.08, a través de las fuentes de valor que gestionan el diseño circular de transformación a partir de la postura de intenciones relacionadas al conjunto proyectual.

El esquema de creación de diseño circular busca plantear posibilidades de uso de diseño y conformación de proyectos, a partir de la justificación teórica y filosófica de diferentes ejes de circularidad estudiados a lo largo de la tesis; efectuando diferentes puntos de partida para la creación de un **plan de diseño** que contribuya a la relación del proyecto existente con la propuesta de transformación circular.

Esquema 3.04

Diagrama de posibilidades circulares de diseño arquitectónico en capas de proyecto



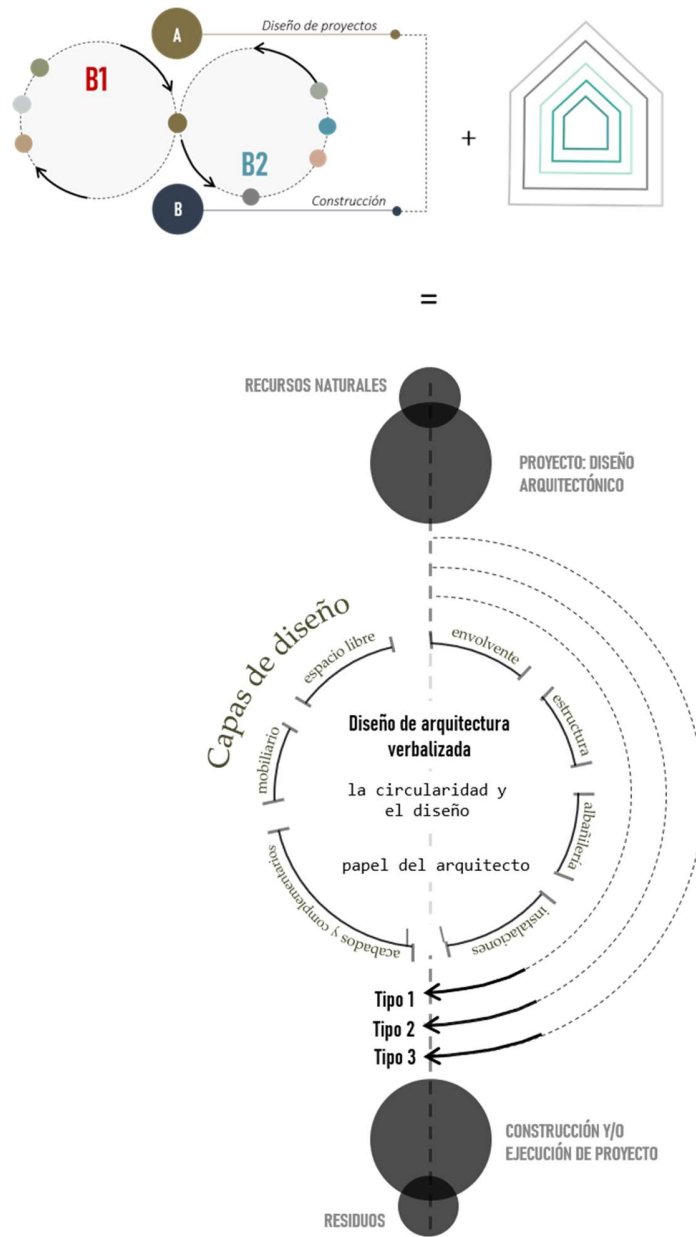
Véase en Aparato diagramático (p.86)

Nota: El esquema representa la integración de las capas de diseño dentro de desarrollo de y construcción de proyectos

Fuente: Elaboración propia

Esquema 3.05

Diagrama de posibilidades circulares de diseño arquitectónico con tipos de proyecto



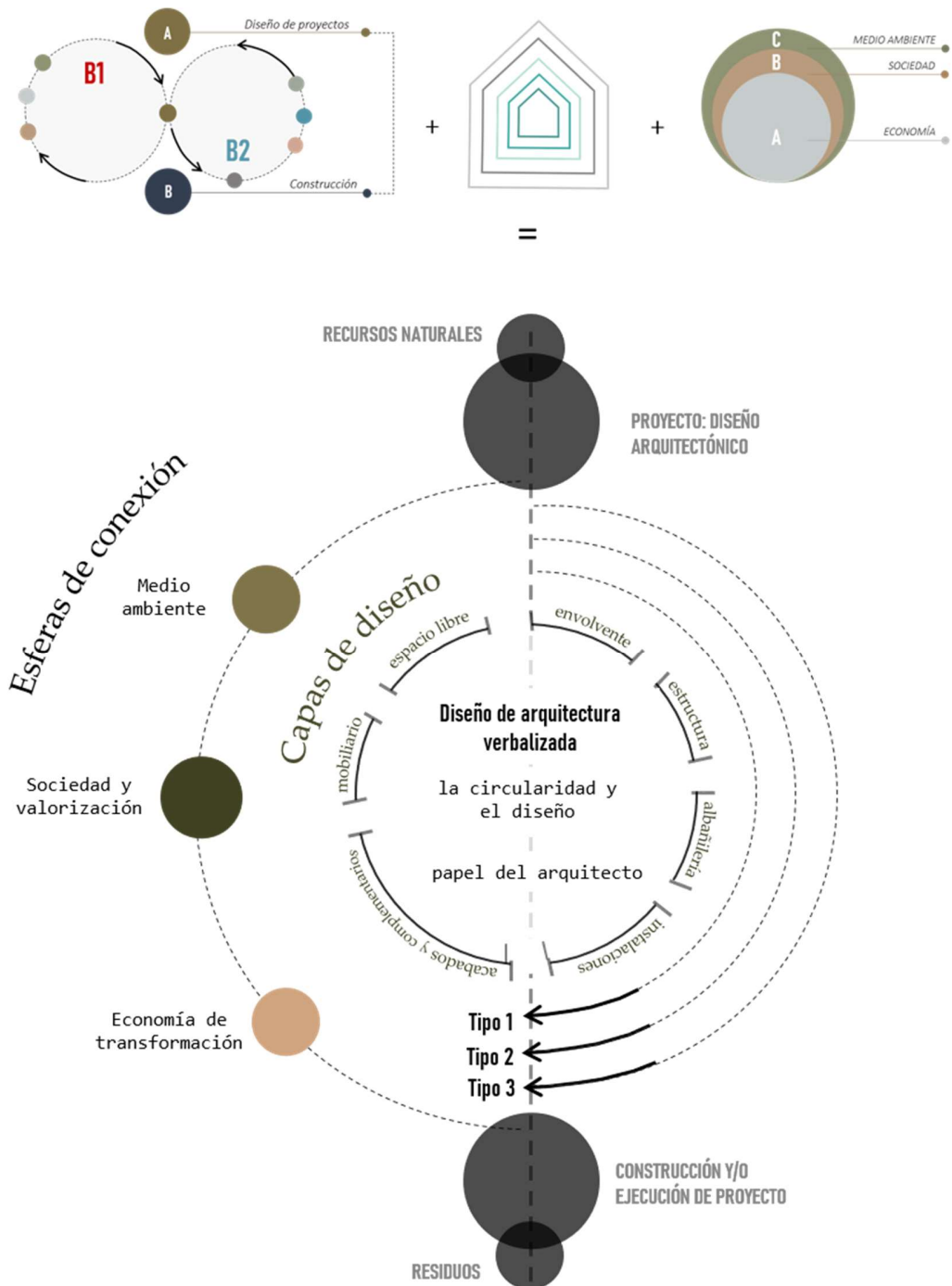
Véase en Aparato diagramático (p.86)

Nota: El esquema representa la integración de las capas de diseño y los tipos de proyecto dentro de un diseño arquitectónico.

Fuente: Elaboración propia

Esquema 3.06

Diagrama de posibilidades circulares de diseño arquitectónico con esferas de conexión



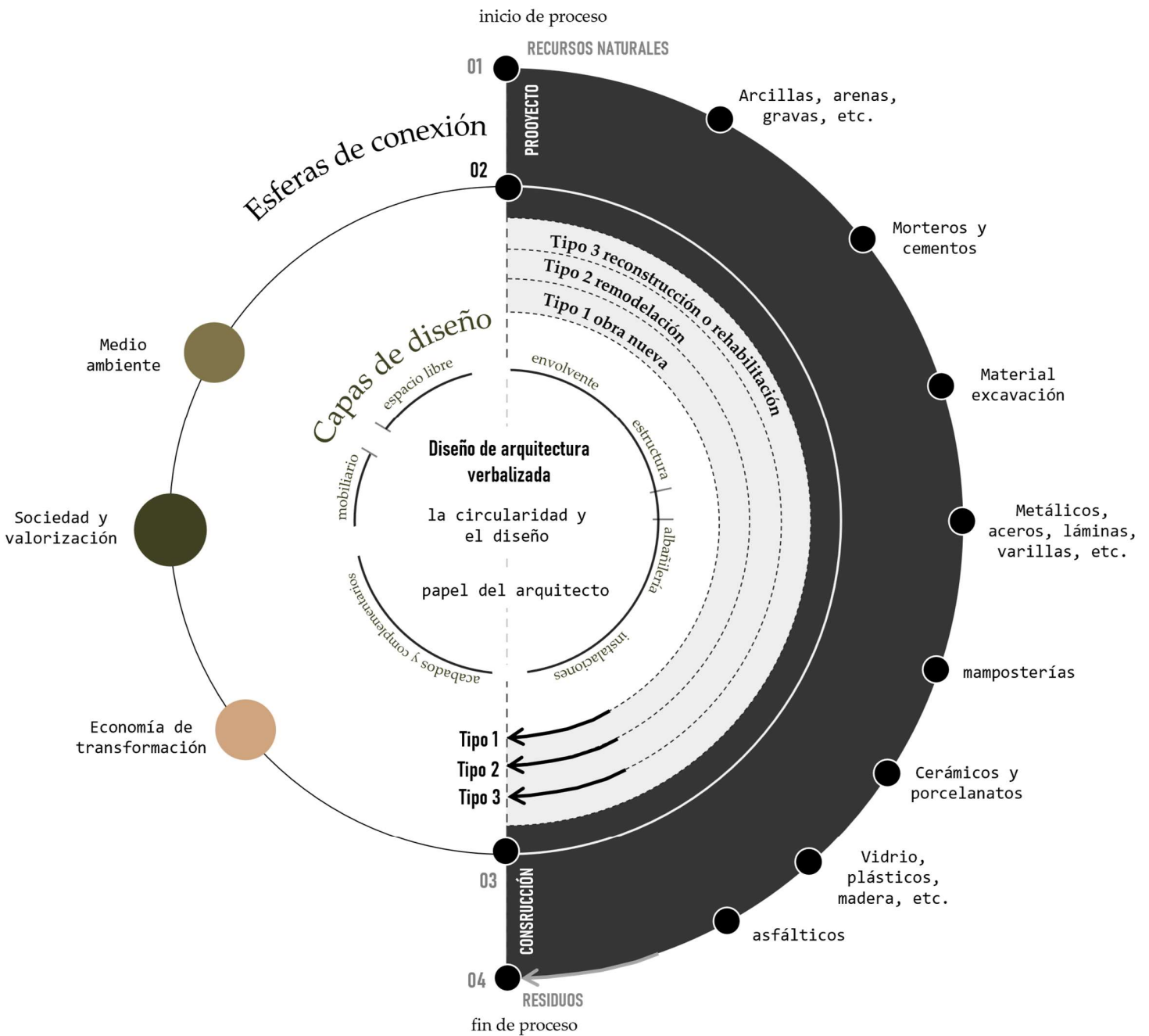
Véase en Aparato diagramático (p.86)

Nota: El esquema representa la integración de las capas de diseño, las esferas de conexión y los tipos de proyectos dentro de un diseño arquitectónico.

Fuente: Elaboración propia

Esquema 3.07

Diagrama de posibilidades circulares de diseño arquitectónico

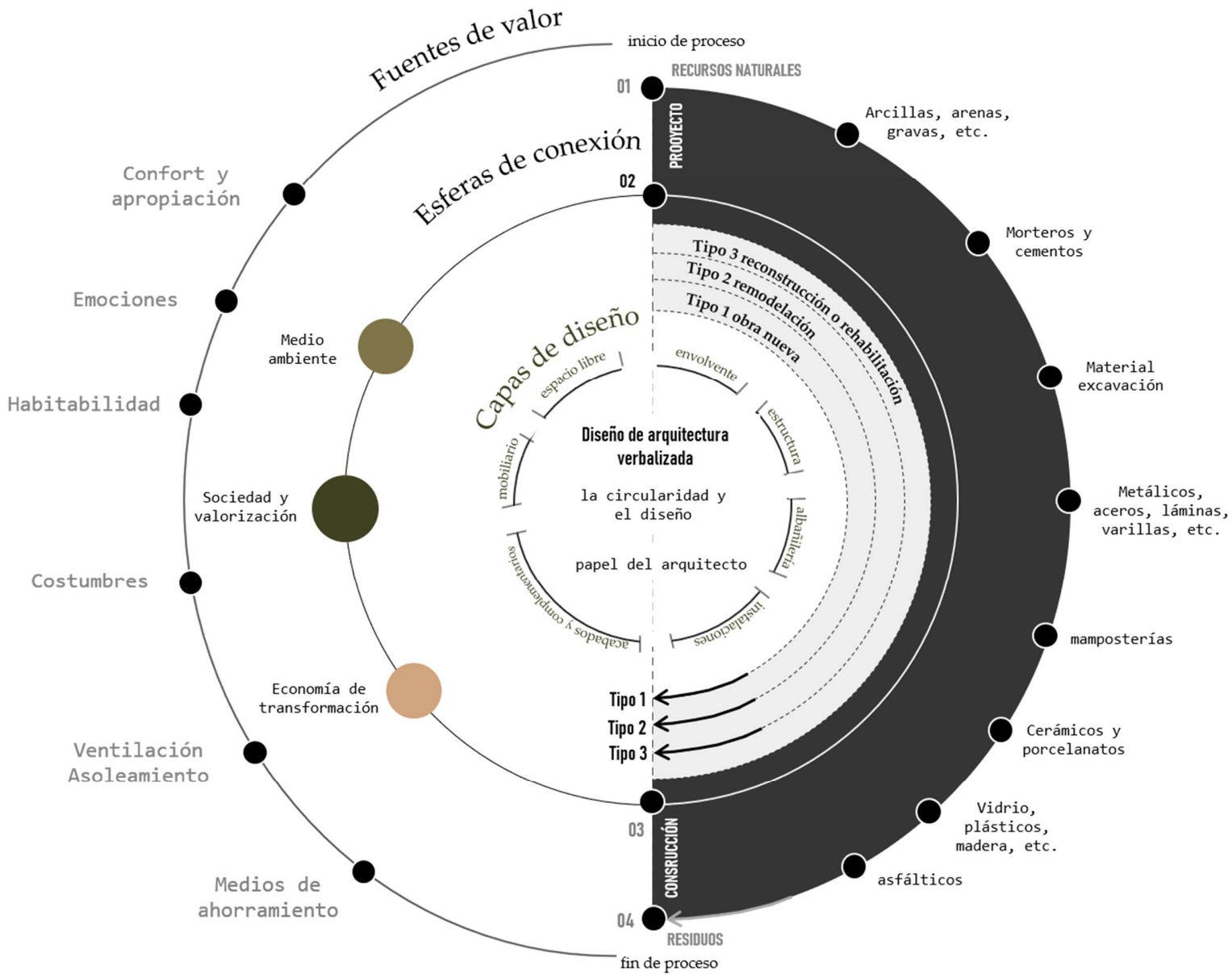


Véase en Aparato diagramático lineal (p.36)

Nota: El esquema representa la integración de las capas de diseño, las esferas de conexión y las posibilidades de uso de los residuos dentro de un diseño arquitectónico. Fuente: Elaboración propia

Esquema 3.08

Diagrama de posibilidades circulares de diseño arquitectónico



Véase en Aparato diagramático lineal (p.36)

Nota: El esquema representa la integración de las capas de diseño, las esferas de conexión y las posibilidades de uso de los residuos dentro de un diseño arquitectónico y las fuentes de valor que integran un diseño circular. Fuente: Elaboración propia

Critica al consumismo arquitectónico en la CDMX: Plan de Diseño Circular

En la CDMX el desarrollo de la arquitectura se concentra dentro de un proceso de un mismo uso y obsolescencia temprana, que se ha desarrollado bajo el esquema de sociedad conformista y de consumismo de los bienes naturales del medio ambiente. La problemática principal se presenta a lo largo de la tesis, a través de plantear una crítica al proceso de producción de los proyectos arquitectónicos dentro de la sociedad profesional y el gremio de arquitectos, puesto que el diseño de los proyectos mantiene un constante desarrollo lineal de la construcción.

De acuerdo con el capítulo 1 (p. 14) el consumismo desmedido de los recursos naturales se frecuente por la falta de conocimiento de los procesos y la aplicación de las formas de economías de un proyecto circular, claramente se encuentra analizado este comportamiento en la producción lineal que tenemos actualmente en la CDMX; que como se ha visto, enfatiza cuatro fases de diseño: el consumo de los recursos minerales pétreos de la corteza, la incorporación en el diseño y ejecución de las obras, así como la generación de residuos con un punto de obsolescencia final al finalizar su etapa de vida útil en un tiradero clandestino que implica afectaciones al medio natural.

Sin embargo, se descartan métodos de producción masiva para la reutilización de residuos en materiales con posibilidad de uso; la aplicación de la economía circular en la arquitectura se enfoca en crear un plan de diseño que valore e interactúen los componentes de un proyecto existente de acuerdo a su vida útil y posibilidades de uso. La metodología que se busca implementar enfatiza en la deconstrucción del proyecto en capas o componentes que definen y controlan la composición de un edificio, es decir, que cada capa representa una etapa de construcción, consumo energético, material, económica y las afectaciones en la sociedad.

Este análisis de deconstrucción se enfoca en representar cuantitativamente el valor existente y el valor agregado, determinando el enfoque de proceso de diseño del proyecto a desarrollar; este enfoque se determina de acuerdo a la etapa del proyecto (ver tabla 3.03), la cual representa el tipo de proyecto que se realizara: de diseño temprano o de diseño de transformación. Sin embargo, el planteamiento del diseño da inicio con categorizar las capas, el comportamiento de cada espacio (ver figura 3.09)

Tabla 3.03

Características del bucle de diseño temprano y el bucle de diseño de transformación

ETAPA DE DISEÑO TEMPRANO	ETAPA DE DISEÑO DE TRANSFORMACIÓN
<ul style="list-style-type: none">· Proyecto nuevo de construcción· Producción lineal de construcción· Suministro de materiales para inicio de obra de construcción· Desarrollo de proyecto mediante técnicas de logística inversa· Desarrollo de proyecto mediante capas nuevas de corte de proyecto	<ul style="list-style-type: none">· Proyecto de remodelación, ampliación, rehabilitación o de reconstrucción· Producción lineal de demolición· Sumar, añadir, ampliar, enlazar, conectar en lo existente del proyecto· Análisis de capas de corte de proyecto existente· Suministro de material para transformación
<ul style="list-style-type: none">· Se desarrolla mediante el modelo de producción lineal de la CDMX planteado en el capítulo 1 con la producción de residuos al final del proceso· El inicio del proceso comienza en el proyecto de diseño de acuerdo a las esferas del equilibrio· Se conectan en el punto de crisis de la tesis: nuestra participación como arquitectos	

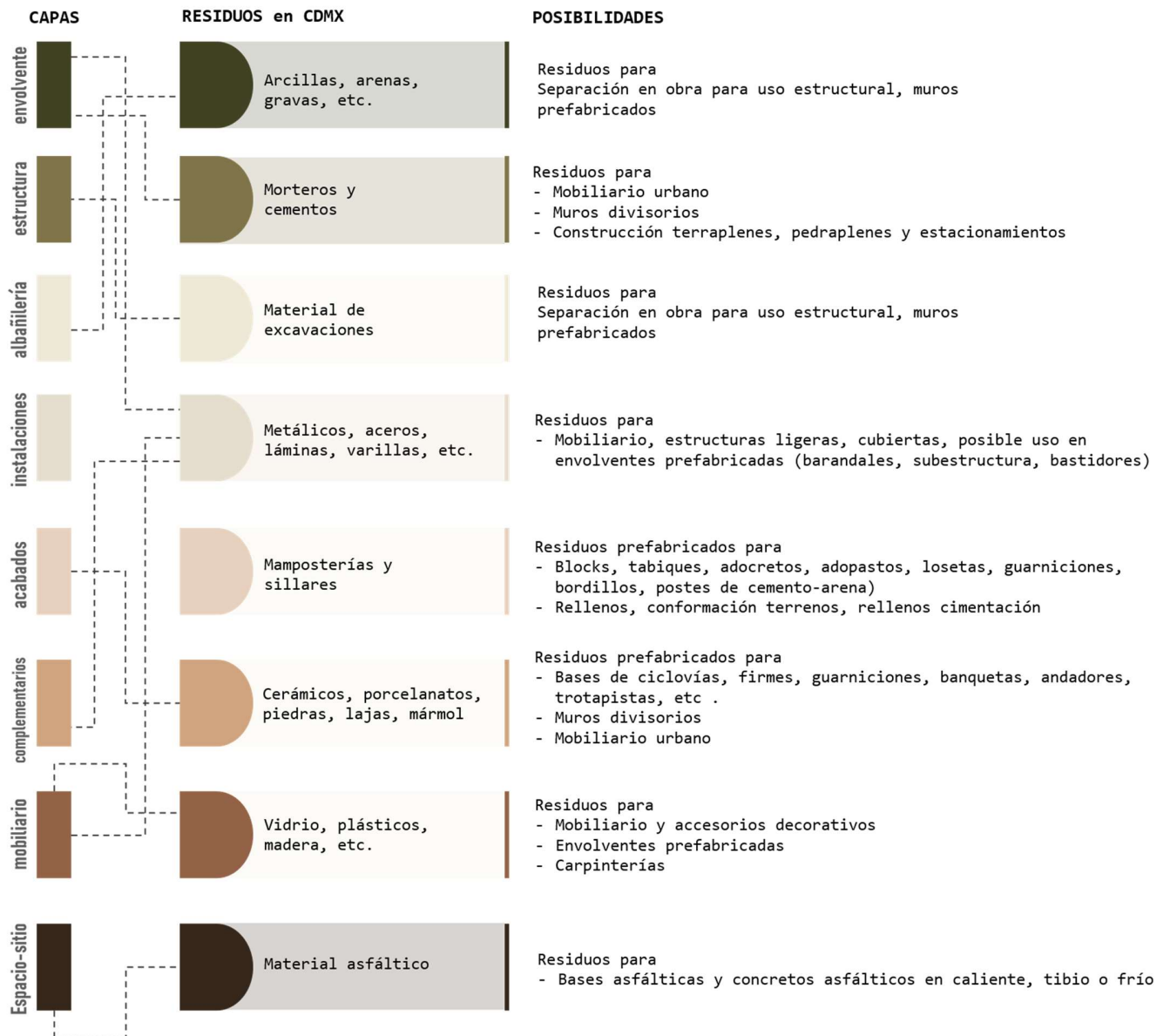
Nota: La tabla representa los bucles de diseño de acuerdo al tipo de proyecto y método de intervención desarrollado con el modelo de producción lineal de la CDMX

Fuente: Elaboración propia

Esquema 3.09

Diagrama de posibilidades circulares de diseño arquitectónico en capas de proyecto

Diagrama de posibilidades de uso de los materiales y residuos en las capas de diseño según la norma



Véase en esquema de posibilidades (p.113)

Nota: El esquema las posibilidades de uso de los residuos dentro de un diseño arquitectónico.

Fuente: Elaboración propia

(4) Conclusiones de la economía circular en la arquitectura

El consumismo arquitectónico en la CDMX

La construcción actual en su mayoría compete de una modelo de producción lineal que utiliza materiales imprescindibles para la naturaleza, consumidos desmedidamente y eliminados como residuos; provocando cambios radicales en el entorno, eliminando por completo zonas naturales y provocando a largo plazo daños irreversibles.

En los últimos años, el crecimiento de la población en México se ha incrementado exponencialmente y el cambio en el medio ambiente se ha visto presente de una manera acelerada, debido al proceso de urbanización y la producción constante de bienes y servicios indefinidamente por medio del uso del suelo sin plantearse la importancia del capital natural, ha generado condiciones límites en el sistema natural. Los impactos resultantes de la urbanización se reflejan no únicamente en el territorio ocupado, se ve extendido en ecosistemas lejanos donde se extraen recursos para consumo urbano. A pesar de ello, para los economistas un recurso se entiende directa o indirectamente como un componente capaz de satisfacer una necesidad humana, planteadas en tres categorías; capital, trabajo y recursos naturales; los recursos para consumo directo sufren modificaciones que se utilizan como medios de producción con fines estrictamente económicos.

La relación de la urbanización y el desarrollo sostenible, se manifiesta con transformaciones en el medio por el impacto de consumo de los recursos natural y la generación de desechos que por su magnitud sobrepasan la capacidad que el medio tiene para absorberlos, así como los cambios del uso de suelo como la pérdida de vegetación. Esto ha provocado profundos impactos ambientales negativos en el ambiente debido la explotación de materiales de la construcción y a la disposición de los residuos sólidos.

Es por ello que, el desarrollo de la economía circular dentro del documento permite entender el modelo cerrado que ofrece la revalorización de los residuos, al permitir la implementación de estos en un ciclo productivo nuevo y utilizarlo como materia prima para otros productos; esto permite el desarrollo de nuevos enfoques de reciclaje o reutilización para los componentes con potencial que llenan los vertederos o tiraderos clandestinos, al incrementar la vida útil de cada uno de ellos. La incorporación de circularidad en la arquitectura, se considera necesario ya que puede modificar o cambiar premisas de producción y de este modo mejorar procesos alternos en la construcción

mediante un enfoque reutilizable, así como, nuevos procesos en el desarrollo de un proyecto para reutilizar materiales y/o residuos dentro de una obra arquitectónica; esto implica el seguimiento de una serie de requerimientos para el aprovechamiento adecuado. Sin embargo, el desarrollo de proyectos circulares se construye desde el diseño con una recuperación y reutilización subsecuente, de modo que los residuos de las actividades contribuyen en los recursos para otras y se disminuye paulatinamente los residuos acumulados.

Esto permite permear en la educación y desarrollo de profesionistas los ideales de la economía circular, directamente en las sociedades vinculadas, aporta una perspectiva consiente del consumo actual y la generación de residuos; que a partir de la mejora de los planes educativos asignados se pueda incentivar la reutilización. Esto implica desarrollar planes de aplicación, que mediante la consolidación de enfoques teóricos y normativos se construya un nuevo proceso de aprendizaje.

La economía circular se caracteriza por considerar al consumidor como un bien activo y clave para el desarrollo de un bucle de producción, al generar dentro de la educación el desarrollo de circularidad en la arquitectura mediante procesos que se implementan en la zona de producción. La educación infiere de manera directa con los profesionistas encargados del desarrollo de obras y proyectos, por lo que al considerar prevenciones de diseño y ejecución de los materiales se busca producir un ciclo. El diseño de los proyectos que consideran los residuos y materiales dentro de la obra, permiten gestionar adecuadamente los componentes, al clasificarlos, reutilizarlos o proporcionarlos a un sitio autorizado. De igual forma, el diseño que utiliza materiales reutilizados ya sea de la obra o externos nos permiten mantener el producto con utilidad el mayor tiempo posible.

Se considera necesario atender cuestiones con respecto a la formación, puesto que se implementa de forma directa, un cambio de paradigma de los planes de estudio o el método de enseñanza proporcionaría información con respecto al tema de circularidad. La producción y consumo actual se encuentra desarrolladas dentro de una sociedad sin preocupaciones con respecto al medio ambiente, una sociedad que se especializa en explotar bienes materiales y obtener beneficio de ello. La falta de interés por mantener y no cuidar el entorno natural ha provocado daños irreversibles, al eliminar zonas naturales por completo y contaminar con residuos. La sostenibilidad en este documento, se basa en comprender e integrar un desarrollo dentro de la construcción que se plantee mediante acciones que favorezcan el medio ambiente.

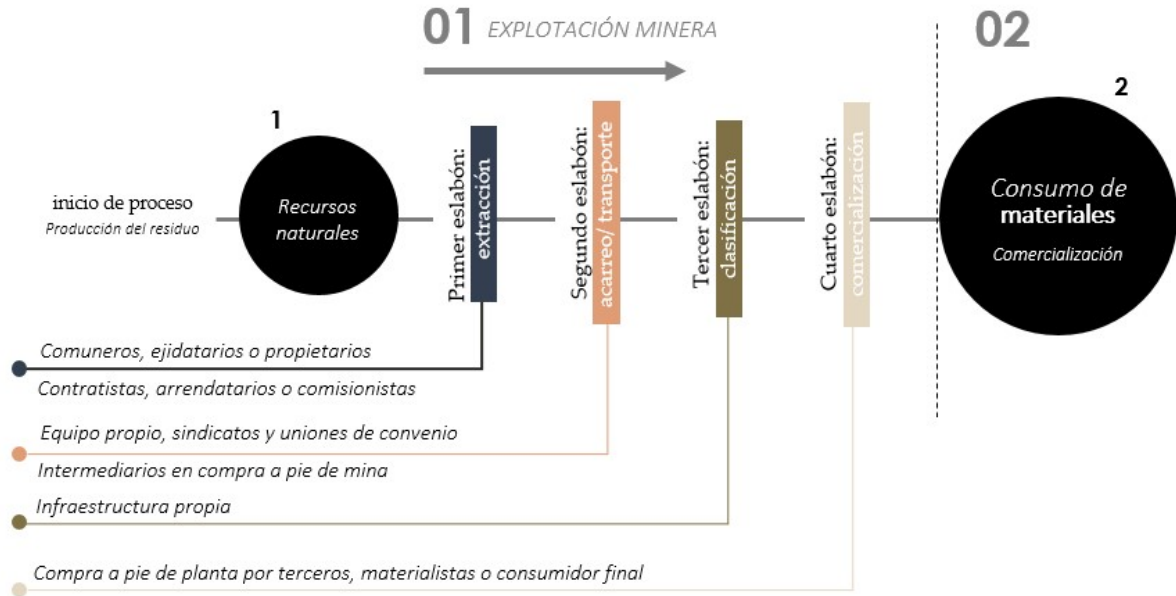
El concepto de sostenibilidad se relaciona con el consumo desmedido de los recursos naturales, así como la gestión de residuos que contaminan ecosistemas debido al comportamiento humano; el desarrollo sostenible dentro de la arquitectura permite incrementar el diseño basado en la reutilización, al implementar un diseño integrador con las actividades sociales y la importancia de la naturaleza se evita la dependencia directa de entorno.

La economía circular se caracteriza por considerar al consumidor como un bien activo y clave para el desarrollo de un bucle de producción, al generar dentro de la educación el desarrollo de circularidad en la arquitectura mediante procesos que se implementan en la zona de producción. La educación infiere de manera directa con los profesionistas encargados del desarrollo de obras y proyectos, por lo que al considerar prevenciones de diseño y ejecución de los materiales se busca producir un ciclo. El diseño de los proyectos que consideran los residuos y materiales dentro de la obra, permiten gestionar adecuadamente los componentes, al clasificarlos, reutilizarlos o proporcionarlos a un sitio autorizado. De igual forma, el diseño que utiliza materiales reutilizados ya sea de la obra o externos nos permiten mantener el producto con utilidad el mayor tiempo posible.

Se considera necesario atender cuestiones con respecto a la formación, puesto que se implementa de forma directa, un cambio de paradigma de los métodos de diseño y construcción, con respecto al tema de circularidad.

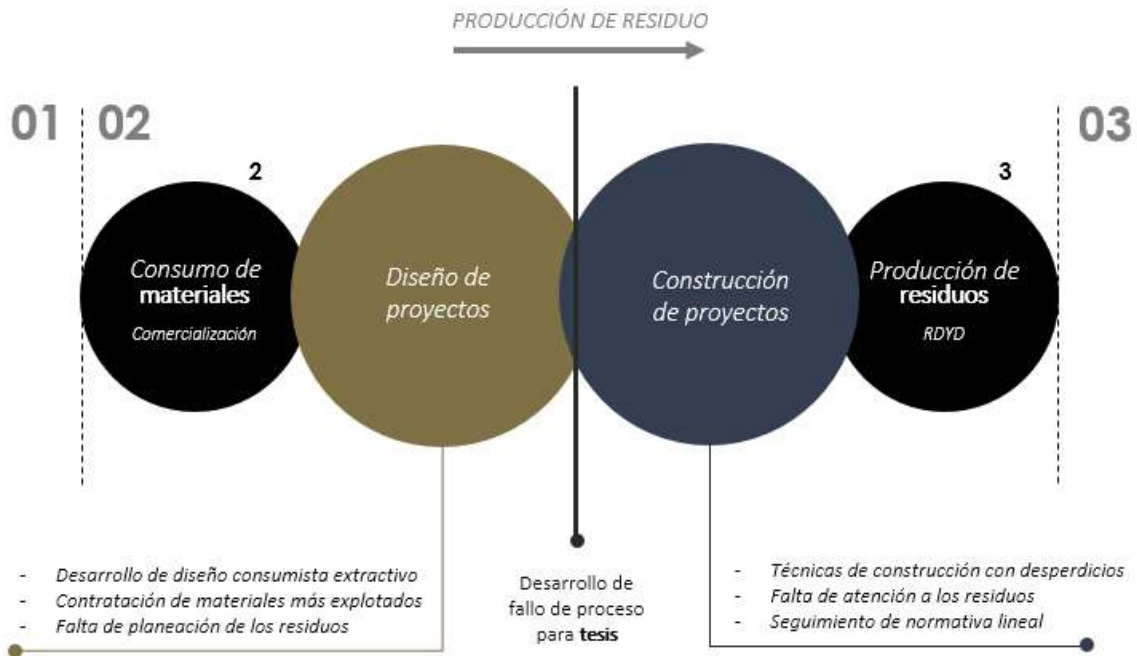
(5) Aparato diagramático

1. Cadena productiva de los materiales pétreos: Explotación minera



Véase: Esquema 1.01 (p.26)

2. Producción del residuo en la CDMX



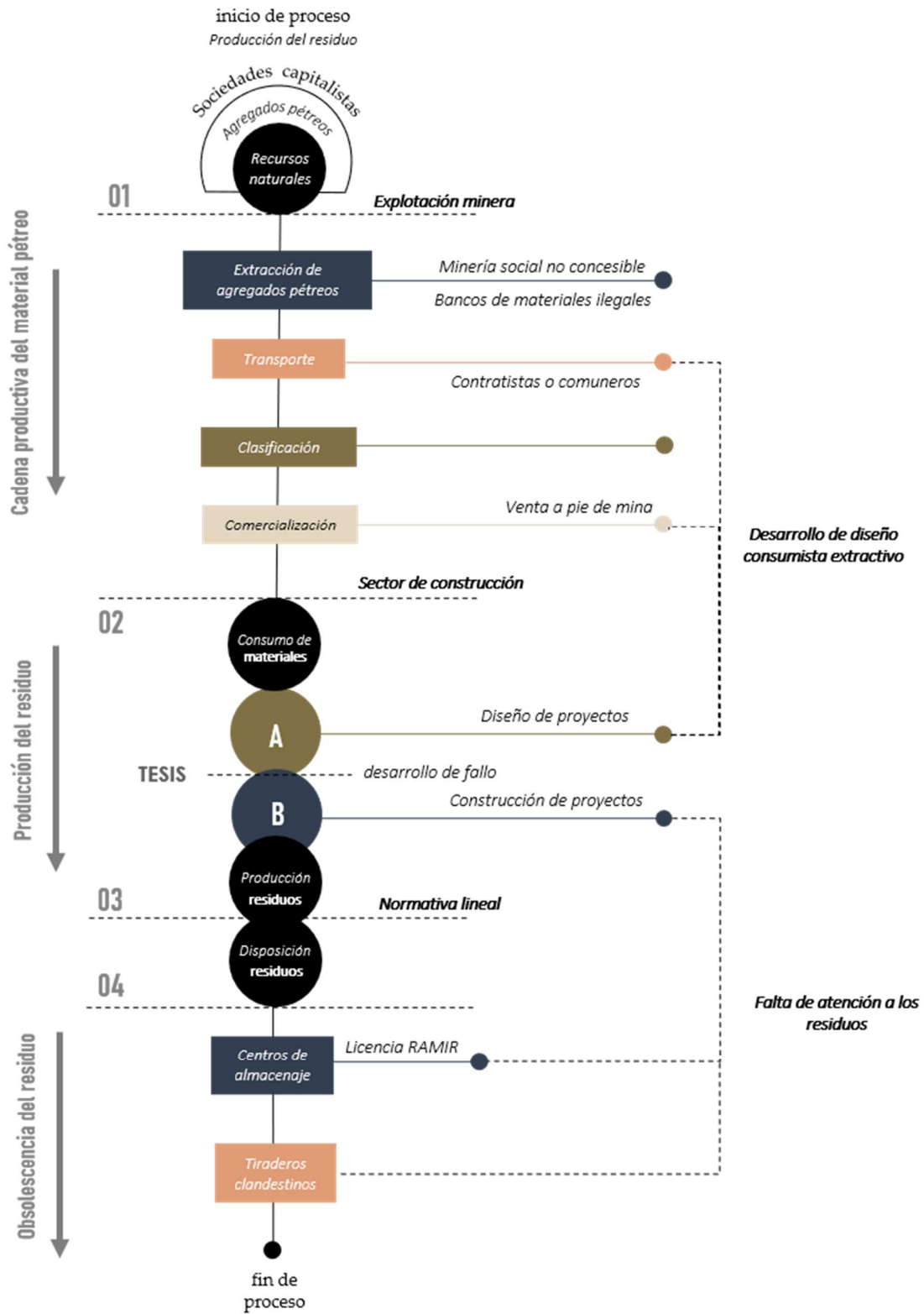
Véase: Esquema 1.02 (p.29)

3. Mapeo de obsolescencia del residuo



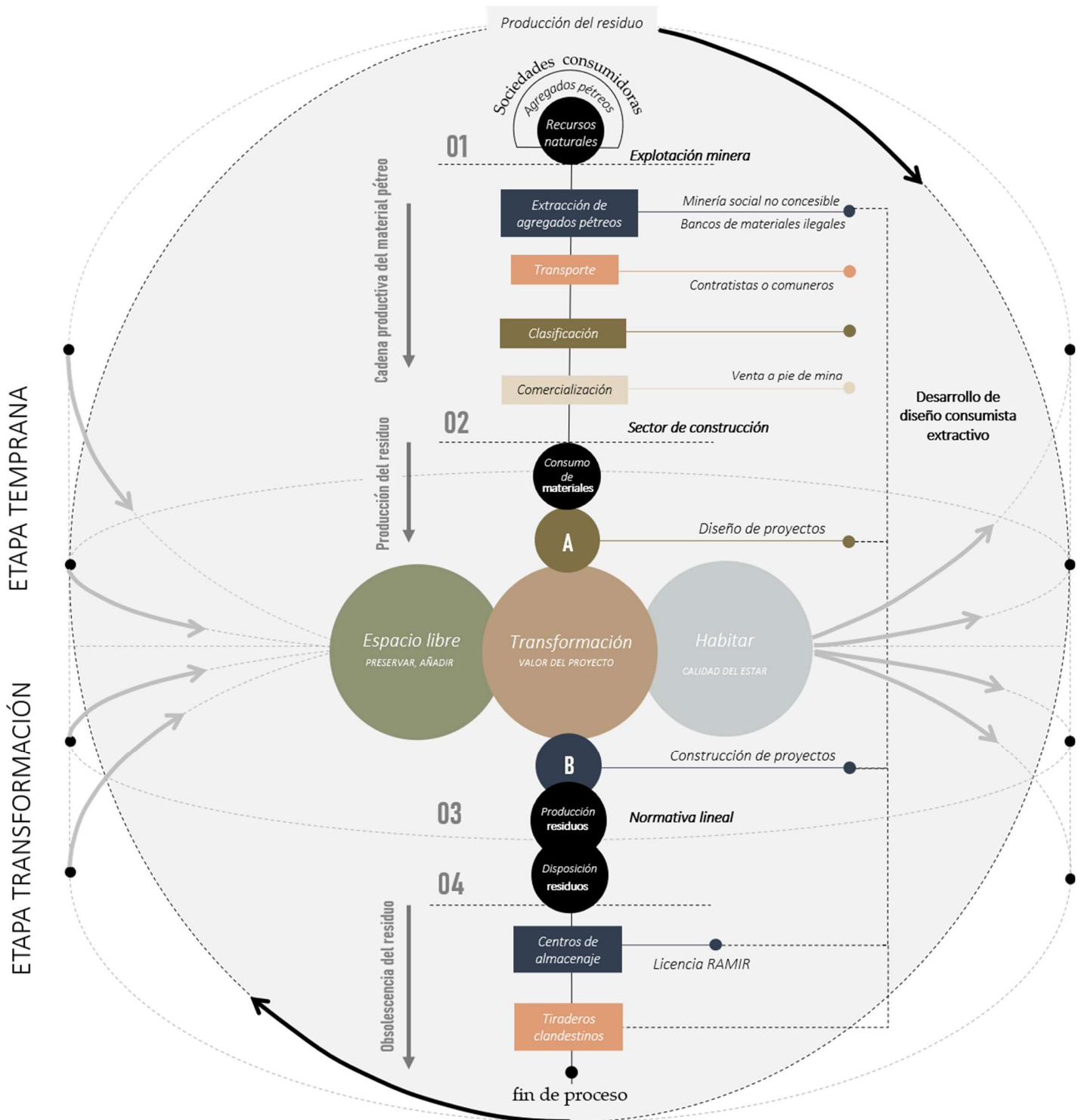
Véase: Esquema 1.03 (p.36)

4. Cadena de producción lineal en la CDMX



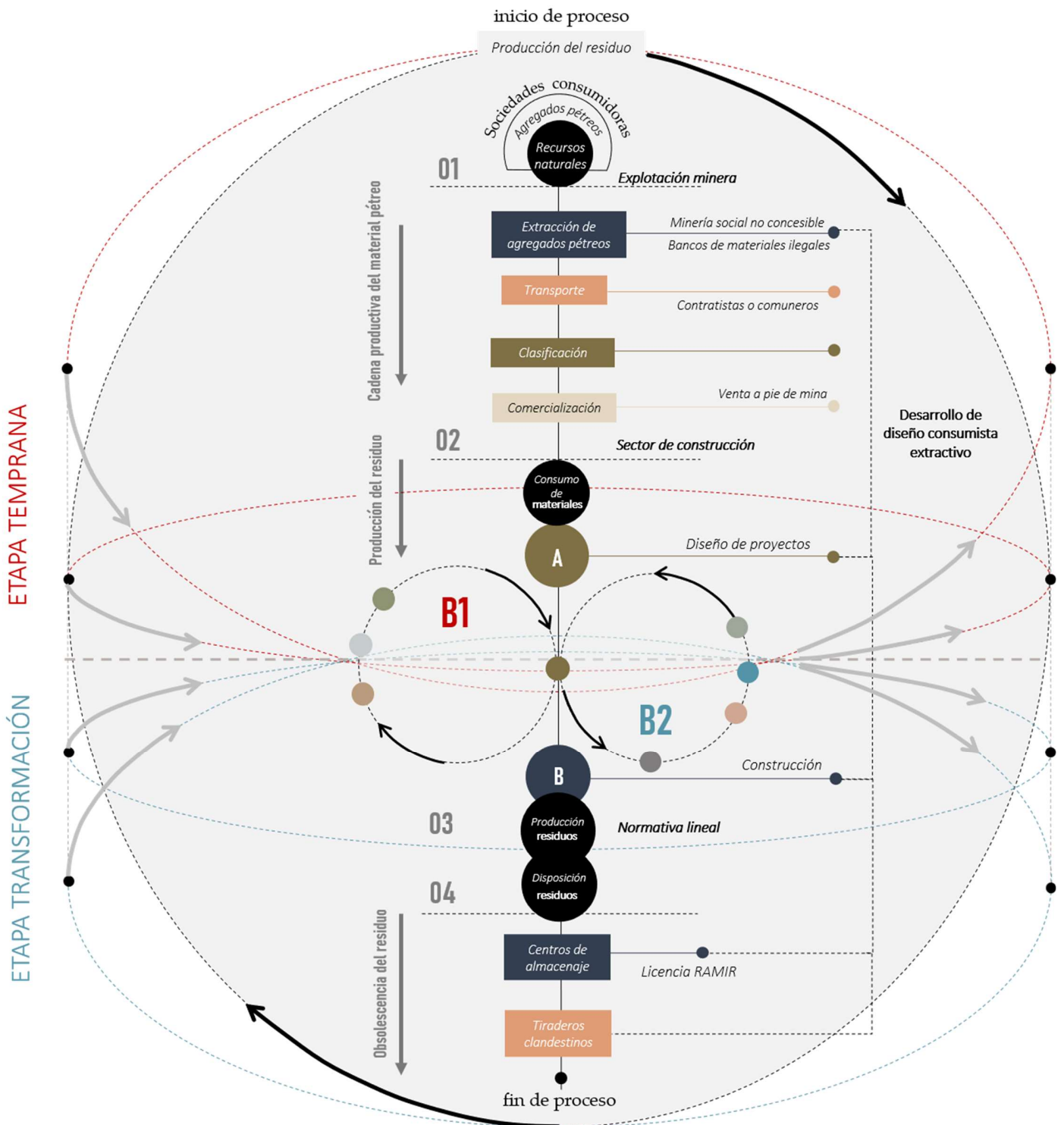
Véase: Esquema 1.04 (p.38)

5. Metodología de cadena de producción circular en la CDMX



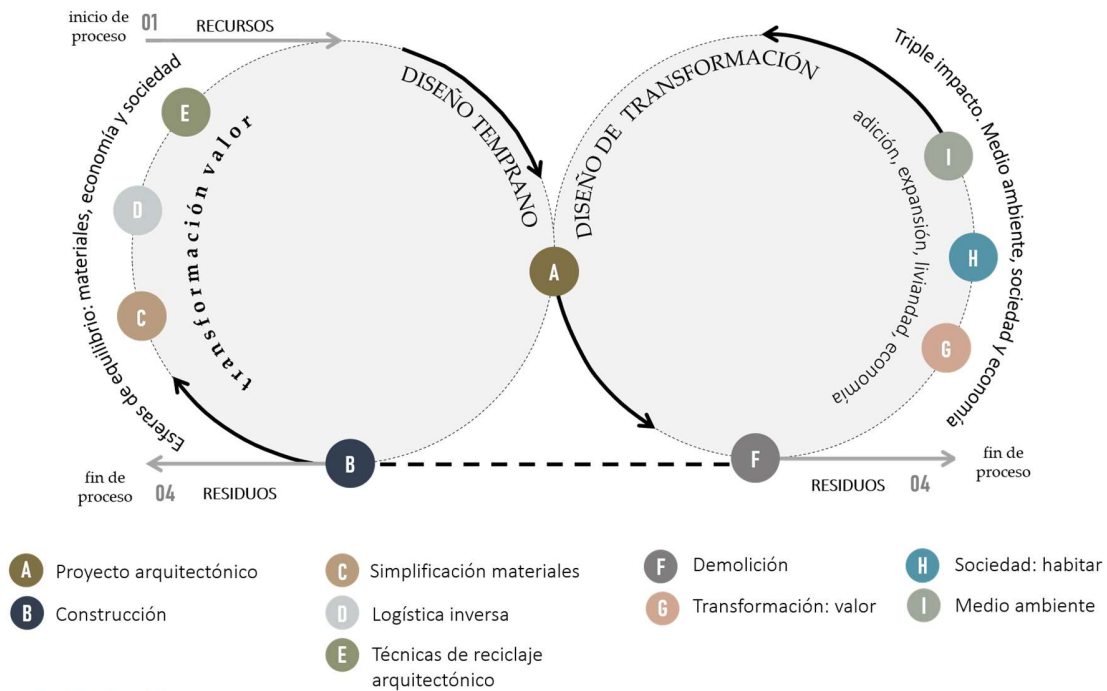
Esquema 2.02 (p.56)

6. Cadena de producción circular en el diseño de arquitectura



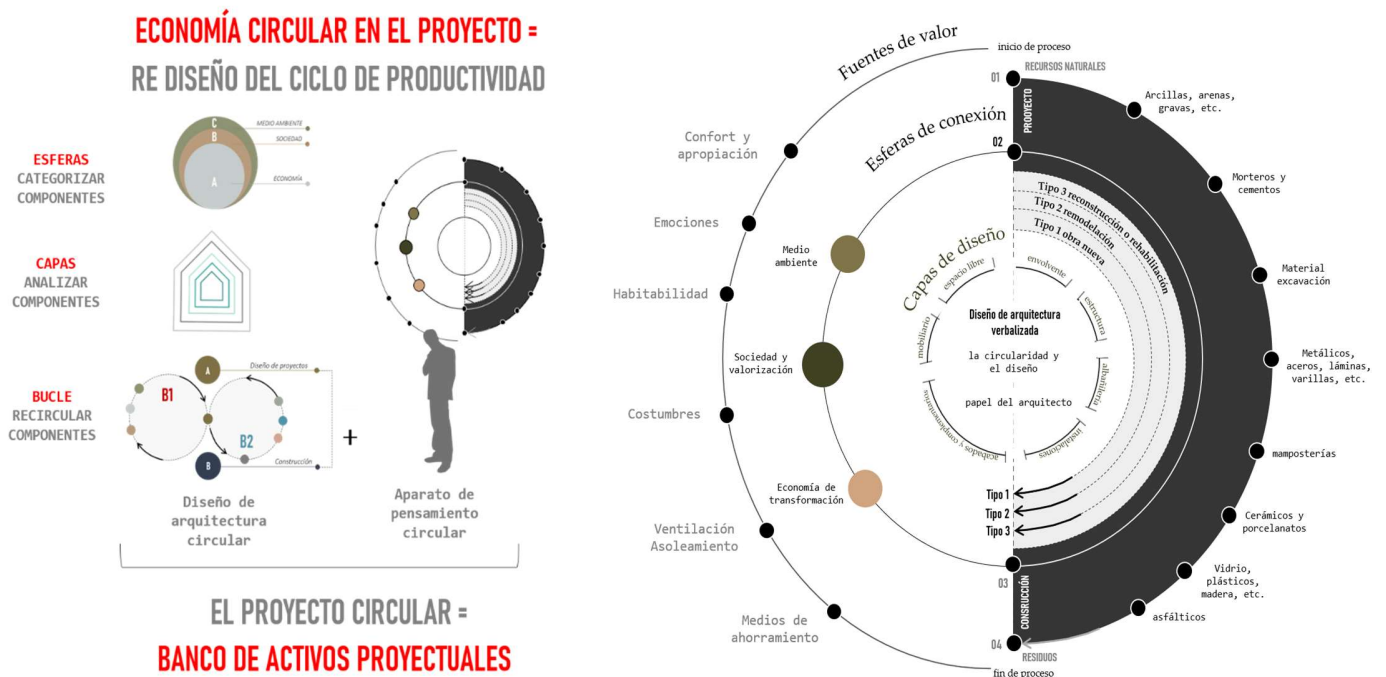
Véase: 3.01 (p.60)

7. Bucle de diseño de transformación



Véase: 3.03 (p.64)

8. Creación de aparato diagramático de posibilidades



Veáse 3.20 (p. 94) y 4. 07 (p. 105)

(6) Referencias

- Aguilar, A., Brambila, C., C, G., Graizbord, B., & Sobrino, J. (2015). *Ciudades sostenibles en México: Una propuesta conceptual y operativa*. Prouddción creativa .
- Azamar, A., & Ponce, J. (2014). Extractivismo y desarrollo: Los recursos minerales en México. *Problemas del desarrollo*, 179 (45), 137-158.
- Batalla, Á. (2006). *Recursos naturales de México*. CDMX: Nuestro tiempo.
- Búrquez, A. y. (2000). *El desarrollo económico y la conservación de los recursos naturales*. CDMX: Almada-Bay. I.
- Cantú, P. (2002). El deterioro ambiental y el futuro de la humanidad. *ResearchGate*, 30-34.
- Canu, M. (2017). *Economía circular y sostenibilidad: Nuevos enfoques para la creación de valor*. Santiago de Chile: CreateSpace.
- CAR.1.01.008/00, N. (2008). Conceptos de obra. En *CTR. Construcción* (págs. 1-7).
- Casiopea*. (s.f.). Obtenido de Rue Saint Dominique de Vivienda Social, París, Francia: https://wiki.ead.pucv.cl/Rue_Saint_Dominique_de_Vivienda_Social,_París,_Francia
- Ciriacy, W. (1957). *Conservación de los recursos, econonlía y política*. México: FCE.
- Construcción, C. M. (s.f.). *Plan de manejo de residuos de la construcción y demolición*. México: Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción.
- Durand, B. (10 de Septiembre de 2018). Extracción del tezontle, riesgos en zona de Nuevo Aeropuerto. *El Universal*.
- Economía, S. d. (2015). *Estudio de cadena productiva de la arena*. México: Dirección General de Desarrollo Minero.
- Enshassi, A. K. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *SciElo*, 10.
- González, A. S. (2009). La administración de los materiales en la construcción. *Ingeniería 13-3*, 11.
- Hernández, S. (7 de Marzo de 2019). Secretaría de Medio Ambiente clausura cuatro minas en Iztapalapa. *El Universal*.
- Jiménez, A., & Conzález, L. (1998). Manejo de los Recursos Naturales. En CONABIO, *La diversidad biológica de México: estudio de país* (págs. 158-180). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de Biodiversidad.
- Lobato, I. (2017). *Economía circular: de la "eco-obligación" a la "eco-oportunidad"*. Autopublicaciones Tagus.

- Lynch, K. (1990). *Echar a perder: Un análisis de deterioro*. San Francisco: Sierra Club Books.
- Martínez, A. (2000). El desarrollo económico y la conservación de los recursos naturales. *Academia*, 267-321.
- Martínez, D. (2019). Especulación residencial. Experimentos arquitectónicos y negocio inmobiliario en la conformación del suburbio estadounidense de posguerra. *SciELO* , 15.
- Mexicano, S. G. (2012-2020). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana*. CDMX: Servicio Geológico Mexicano.
- Minero, D. G. (2015). *Estudio de la Cadena Productiva de los materiales pétreos*. México: Coordinación General de Minería.
- Moya, L. (2008). *La vivienda social en europa: Alemania, Francia y países bajos desde 1945*. Madrid: Maira Libros.
- Poo, A. (s.f.). El sector de la construcción en México. En CYAD, *Administración para el diseño* (pág. 21). CDMX.
- Santiago, A. (2009). La globalización del deterioro ambiental. *Aldea Mundo*, 63-72.
- transportes, S. d. (2019). *Inventario Nacional de Bancos de Materiales*. México: Dirección general de servicios técnicos.
- Ward, S. (2018). Innovación e intercambio de conocimiento en la historia de la planificación: una mirada desde Europa. *SciELO* .

(7) Índice de normativa

- NADF-007-RNAT-2013
- NOM-161-SEMANART-2011
- Reglamento de construcciones 2019
- NTC De Concreto 2017
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Ambiental
- Ley General Para La Prevención Y Gestión Integral De Los Residuos
- NMX-AA-164-SCF1-2013 de Edificación Sustentable