



Facultad de Arquitectura y Diseño
U A E M



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA



METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE MATERIALES CONSTRUCTIVOS DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL EN MÉXICO

MODALIDAD:

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Doctor en Diseño

PRESENTADA POR:

M. en DIS. Diego Armando Arellano Vázquez

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Juan Carlos Arteaga Arcos

TUTORES ADJUNTOS:

Dr. Miguel Mayorga Rojas

Dra. Lorena Romero Salazar

Dr. David Joaquín Delgado Hernández

Dr. Rene Lauro Sánchez Vértiz

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO A 04 DE JUNIO DEL 2020

INTRODUCCIÓN

En esta tesis se plantea el desarrollo de materiales constructivos de bajo impacto ambiental. Por medio de una investigación aplicada del tipo descriptiva correlacional se busca describir la problemática ambiental al año 2020, el desarrollo de materiales constructivos y su relación mediante la edificación sustentable. En la primera parte de este documento se encuentra el marco epistémico desde el cual se analizó el problema, tomando como principal referente el consumo de energía no renovable y el calentamiento global.

El problema planteado surge además de investigaciones pasadas del titular y su trabajo como ingeniero en la edificación sustentable, y la certificación energética de edificios. Los cuales están registrados en la tesis de maestría llamada “Diseño de Tecnologías para Rehabilitación energética”, realizada en la maestría en Diseño, impartida por la Universidad Autónoma del Estado de México. Otros elementos importantes del diseño de la investigación como: objetivos, justificación, alcances y limitaciones, también se encuentran en el primer capítulo. Además, se genera la hipótesis, que busca demostrar en la investigación, que con una herramienta metodológica cuantitativa es posible disminuir el 30% de los impactos ambientales generados, aplicando metodologías cualitativas, utilizadas en México.

En el segundo capítulo se encuentra el marco referencial en el cual la investigación descriptiva, correlacional se lleva a cabo. La primera variable, los problemas ambientales, son descritos desde un punto de vista global, mencionando, los principales acuerdos políticos y su respaldo científico, por medio de instituciones reconocidas en el área. Además, se plantean metodologías con gran aceptación global para la medición de estas variables, las cuales resultan ser transversales para el reporte de estado ambiental y su gestión en el desarrollo sustentable. Después en el mismo capítulo se aborda el desarrollo de los materiales constructivos, desde un punto de vista relacional al edificio, funcional y su comportamiento físico químico deseado. Al final se analiza la relación entre el desarrollo de materiales constructivos y los problemas ambientales, desde el enfoque de la edificación sustentable.

En el tercer capítulo se describe la metodología utilizada para el experimento y se exponen los resultados obtenidos. Con base en la investigación previa, se propone como experimento, una herramienta metodológica basada en estándares internacionales con alta inercia de aceptación, y bases de datos certificadas de gran confiabilidad, centrada en medir los impactos ambientales de un material en fases de diseño. El tipo, la estrategia, la operabilidad y los métodos de recolección de datos, también se encuentran en la primera parte de este capítulo. Por otro lado, se propone como muestra, la evaluación en un material bajo desarrollo en el mismo programa de doctorado, de la UAEMex. Al final de este capítulo, se analizan los resultados de evaluación, su discusión y la contrastación de hipótesis, la cual resulta ser confirmada debido una disminución de 58.2% de los impactos generados entre configuraciones.

En la última parte de este documento, se generan las conclusiones, recomendaciones y la información de soporte científico. En esta sección se concluye que el uso de datos cuantitativos disminuye la incertidumbre del desarrollo sustentable y colabora con el cumplimiento de los acuerdos internacionales contraídos por México. Además, enlista la importancia de contar con datos de rendimiento ambiental en fases tempranas de diseño, cuando aún, se pueden tomar decisiones con mayor importancia. Con lo cual se pueden plantear las bases para una aceleración en la mitigación del cambio climático y aumentar la resiliencia en la construcción.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	A	
CONTENIDO.....	C	
1	CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
	1.1. ANTECEDENTES.....	1
	1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
	1.3. OBJETIVOS.....	8
	1.4. JUSTIFICACIÓN.....	9
	1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	12
	1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	13
	1.7. HIPÓTESIS.....	14
2	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	14
	2.1 EL IMPACTO AMBIENTAL.....	14
	2.1.1 Marco teórico.....	15
	2.1.2 Marco conceptual.....	38
	2.2 LOS MATERIALES CONSTRUCTIVOS.....	40
	2.2.1 Marco teórico.....	40
	2.2.2 Marco conceptual.....	63
	2.3 LA EDIFICACIÓN SOSTENIBLE.....	66
	2.3.1 Marco teórico.....	72
	2.3.2 Marco conceptual.....	90
3	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	92
	3.1 METODOLOGIA.....	92
	3.1.1 Tipo de investigación.....	92
	3.1.2 Diseño de investigación.....	92
	3.1.3 Estrategia de prueba de hipótesis.....	93
	3.1.4 Operacionalización de las variables.....	93
	3.1.5 Población.....	93
	3.1.6 Muestra.....	93
	3.1.7 Técnicas de investigación.....	94
	3.1.8 Procedimiento para la recolección de datos.....	94
	3.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	95
	3.2.1 Metodología para el desarrollo de materiales constructivos de bajo impacto ambiental.....	95
	3.2.2 Análisis e interpretación de los resultados.....	101
	3.3) Contrastación de hipótesis.....	107
4.	CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	108
	4.1) CONCLUSIONES.....	108

4.2)	RECOMENDACIONES	112
4.3)	AGRADECIMIENTOS	113
3.3	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	116
3.4	Lista de tablas.....	125
3.5	Lista de ilustraciones.....	126
3.6	Lista de Anexos	127

1 CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

La eficiencia energética, es en 2016, el motivo para desarrollar tecnología y ciencia. Ya que por medio de estas se busca desacelerar el deterioro ambiental causado por las actividades antropogénicas. La construcción es un ejemplo de este tipo de intervenciones, donde se ha logrado incorporar diferentes conocimientos y valores a la reducción de los impactos ambientales. Como en la edificación sustentable, que busca mediante la incorporación de sistemas de gestión, metodologías de diseño o la incorporación de dispositivos una mejor gestión de los residuos, por ejemplo, los cuales, con el uso de biodigestores o compostas, buscan disminuir la cantidad que va a tiraderos. O la gestión de los del agua, mediante la incorporación de sistemas colectores de agua pluvial que hacen uso de los recursos locales, y disminuyen el flujo a sistemas de tratamiento o desecho. O la energía, que, mediante la incorporación de sistemas de generación eléctrica sumados a sistemas domóticos para la gestión automatizada o inteligente, reducen el consumo extra local. Es así como los edificios se han visto modificados para incluir nuevos sistemas que reduzcan la demanda de energía y recursos (Aranda & Valero, 2010; Garrido, 2013).

Al hablar de reducción de energía Rey Martinez & Velasco Gomez (2006), mencionan que también debe hablarse de su cuantificación, la cual, por medio de la asignación de valores característicos y unidades de medida, posibilita el desarrollo de balances energéticos. Como en economía, el balance general es el resultado de los activos y pasivos, pero al llevarlos a la cuantificación energética, hablaríamos de la energía incorporada o perdida. En el ciclo de vida de los materiales, se llevan a cabo diferentes procesos y usos que requieren de la incorporación o pérdida de energía, como los procesos de transformación que requieren movimiento fuerza o calor para transformar la materia o los procesos de degradación que liberan la energía contenida como en la combustión. Por esto es de vital importancia identificar o delimitar el ciclo de vida para lograr una cuantificación que se acerque en gran medida a lo real.

El desarrollo de los criterios para evaluar y las metodologías para realizar balances son presente en muchos países, por medio de organizaciones que desarrollan este tipo de métodos los evalúan y los certifican; ejemplo de esto son países como Estados Unidos de Norteamérica, con el U.S Green Cónsul (USGC), Inglaterra con Building Research Grupo de poder (BRE) o Alemania con el Passive House Institute (PSI). Ellos han desarrollado las principales metodologías para medir la sustentabilidad de una edificación a principios del siglo XX (Rey Martinez & Velasco Gomez, 2006).

Estos sistemas tienen alta eficacia a la hora de reducir los consumos de energía y una aceptación creciente, mediante la calificación en los siguientes puntos:

- ❖ Gestión del Agua
- ❖ Comportamiento de la envolvente
- ❖ Suelo Ecología y residuos
- ❖ Uso eficiente de la energía e incorporación de energías renovables
- ❖ Transporte de materiales

Sistemas como Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) o BRE Environmental Assessment Method (BREEM) o Passivehouse, asignan una ponderación resultado de la medición de los valores a cuantificar como transmitancia de la envolvente, porcentaje de asolamiento, entre otras. En base a referencias obtenidas al cuantificar edificios promedio y materiales locales se determina una calificación energética; la cual se ve certificada por el organismo creador de la metodología y sus filiales, para después extender un certificado energético al edificio evaluado. Hasta el 2016 BREEM cuenta con 2 254 069 edificios registrados en el mundo y 552 632 certificados. Con ahorros significativos como los edificios certificados por LEED, en los cuales la USGBC ha encontrado que la energía, el carbono, el agua y algunos desechos pueden ser reducidos, desde 30% hasta 97% (BRE, 2019; Zabalza Bribián et al., 2010).

En otro plano el calentamiento global es otro de los grandes retos de la humanidad, el incremento en la temperatura global causado por las emisiones de gases de efecto invernadero aceleran los cambios a una velocidad peligrosa para múltiples sistemas. En los últimos años se han identificado múltiples causas que aceleran el incremento en las temperaturas globales, uno de ellos es la liberación

de carbono, el cual se encuentra contenido dentro de la materia y es liberado en los procesos de transformación de la mayoría de los elementos presentes en la atmósfera. En los materiales constructivos la liberación de dióxido de carbono y otros gases es un problema común, en elementos como los cementantes los procesos de calcinación consumen grandes cantidades de energía y los procesos de transporte y minería destruyen la composición del suelo y transforman los ecosistemas; por esto es importante entender el impacto global de la edificación, no solo desde un aspecto económico. Sin embargo en los últimos años otro término ha surgido cobrando relevancia “la ecoeficiencia”, que nace del enfoque industrial de brindar productos que generen beneficios económicos a sus usuarios y disminuyan constantemente sus consumos e impactos ambientales. Esta filosofía ha sido comprobada y usada en múltiples aplicaciones entre ellas el desarrollo de nuevos materiales constructivos (Aranda & Valero, 2010).

Hoy en día se conocen cuáles son los materiales con menor huella ecológica debido al análisis superficial o extenso de su ciclo de vida, mediante las emisiones de carbono resultado de su producción y aplicación, como la madera que se considera carbono negativo debido al carbono que transforma en oxígeno durante su ciclo de vida, o el concreto que se considera uno de los materiales con mayor emisión de carbono debido a su composición de acero, el cual requiere grandes cantidades de energía para su procesamiento y el cemento que requiere grandes distancias para su extracción y procesos dañinos al ambiente (Darby, 2006; Martínez, 2008).

El desarrollo tecnológico de los países clasificados primermundistas por el Banco Mundial, permite a los países con déficit tecnológico, importar tecnología creada y probada por ellos, pero no siempre con el mismo resultado. Como la incorporación de las centrales fotovoltaicas las cuales han sido

una gran solución a la demanda energética de España, pero han tenido mala aplicación en México por lo cual es casi nula su presencia, debido a fenómenos naturales y a la omisión o desatención de la concurrencia de estos fenómenos; como el proyecto Aura 1 ubicada en Parque Industrial La Paz, Baja California; la cual comenzó a funcionar en septiembre del 2013 con una inversión de 100 millones de dólares en 131 800 módulos policristalinos, planeados para durar 30

años, pero la cual dejó de funcionar en 2014 resultado de el huracán Odile y hasta la fecha sigue sin operar por los daños ocasionados (Leon, 2014; Solar, 2020).

La aplicación de tecnología requiere su previa apropiación, mediante la incorporación de elementos locales, como la cultura, el clima, el medio, los materiales locales, etc. Sin esto es imposible pensar en el resultado deseado; la razón perversa de la tecnología como la economía es decisiva a la hora de aplicar estas medidas. Como antecedente principal se contará con el conocimiento de la tesis realizada en la maestría en diseño titulada diseño de estrategias para la rehabilitación energética de viviendas (Arellano Vazquez, 2015).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial los problemas ambientales tienen a la sociedad preocupada por los recursos y las reservas disponibles para generaciones futuras. El agotamiento de las reservas naturales y el calentamiento global son dos de los principales problemas que comprometen la existencia biológica. Es decir, no solo la humanidad se ve amenazada por los cambios climáticos y el riesgo ambiental; también la biodiversidad, con la destrucción de los ecosistemas o microclimas que favorecen la existencia de las especies y la productividad en los territorios. El riesgo ambiental es grande y ocurre a una velocidad superior a la que la adaptación está acostumbrada, por esto las discusiones globales se plantean como debe ser desarrollo en los siguientes años. El actual modelo de crecimiento plantea un consumo infinito en una tierra finita, la transformación y circulación de materiales está llegando a un límite tangible, ya que en el último siglo el desarrollo industrial y el crecimiento poblacional ha llevado a la transformación descontrolada en de los mismos en productos y servicios; causando muchas consecuencias no deseadas. El calentamiento global es solo uno de los mayores retos globales que mantiene diferentes acuerdos entre países con el objeto de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, las cuales causan el incremento en las temperaturas globales; pero estos acuerdos aún carecen del éxito esperado (Gonzalez et al., 2009; Romero Rodríguez, 2003).

En América Latina la promoción de las ciudades y la urbanización de los territorios son una de las principales actividades económicas y símbolo de desarrollo para

los países. Mediante la movilización masiva de servicios y centralización de estos, las ciudades pretenden ser los centros de desarrollo del siglo XXI conteniendo más del 70% de la población mundial 2030. Con esta necesidad de desarrollo se involucran otras actividades como la creación de espacio público y vivienda ya que 60% de estos asentamientos urbanos aún no han sido edificados. Sin embargo, es de mencionarse que América latina posee uno de los sistemas más retrasados en regulación de construcción, esto debido a que el control sobre las actividades económicas no está completamente vigilado, causando un desconocimiento y falta de aplicación de los controles necesarios para garantizar la gestión correcta de los recursos. Los códigos de edificación incumplidos y el descontrol en la urbanización son características de las grandes ciudades de América latina, como por ejemplo México, cuya ciudad de México es una de las mayores en cuanto a población en el mundo con 8 918 653 habitantes según Arellano Vazquez (2015) esta posee uno de los sistemas de movilidad y servicios más avanzados del país; sin embargo el crecimiento de la ciudad ha llevado a la adhesión de territorios que no forman parte física del estado y a desarrollar vivienda emergente en zonas y bajo condiciones que no cumplen con características especificadas en el código nacional de vivienda o con los planes de desarrollo urbano de la ciudad (Pérez Vilar & Mercado, 2004; INEGI, 2018; WWC, 2017).

El panorama nacional mexicano en edificación no considera por completo la mitigación de los problemas ambientales. Aunque México está dentro de los acuerdos más significativos a nivel internacional, las medidas para cumplir los objetivos generales de estos programas son muy ambiguas. Ejemplo de esto son los objetivos del desarrollo sostenible en los cuales México tiene pactado tomar acción y declarar información en dieciséis de los diecisiete objetivos globales, y aunque las cifras son prometedoras, se debe mencionar que no todos los objetivos pretenden mitigar los problemas ambientales, ya que existen otras prioridades globales como la calidad de vida, el acceso a la educación y erradicar el hambre; sin embargo siete tienen una relación más directa con el ambiente y los problemas del mismo. De estos siete objetivos México cuenta con dieciséis metas establecidas de las cuales solo menos del 50% tienen un impacto potencial en la transición a un desarrollo sostenible, en las cuales la medición del impacto

ambiental de la actividad económica de la construcción no está especificada (INEGI, 2019).

Esto se debe a que el control de las actividades económicas y la generación de información ambiental es una de las potencialidades del país. La falta de información sobre el desempeño ambiental y el desconocimiento de los efectos de las actividades económicas es una de las debilidades a la hora de hablar de mitigación de los problemas ambientales, esto se debe a que el desarrollo sustentable planteado por las organizaciones internacionales, parece difuso en el horizonte de los beneficios, todas las actividades tienen un impacto, impacto en la materia y en la transformación del medio, sin embargo estos impactos parecen invisibles ante el ojo de los organismos reguladores, productores y los mismos usuarios, por eso es necesario establecer mecanismos que visualicen lo invisible sin necesidad de ser un especialista en el área. En México uno de estos mecanismos es el registro nacional de emisiones que entró en vigor por primera vez después de la publicación Ley General de Cambio Climático (LGCC). Su función es compilar la información necesaria en materia de emisión de Compuestos y Gases Efecto Invernadero (CyGEI) de diferentes sectores del país como:

- ❖ Energía
- ❖ Industria
- ❖ Transporte
- ❖ Agropecuario
- ❖ Residuos
- ❖ Comercio y Servicios

Con este tipo de datos es posible establecer métricas y metas cuantitativas que aclaren los beneficios en la implementación y cumplimiento de los acuerdos ambientales, sin embargo, la industria de la construcción no está incluida en este tipo de inventarios, lo cual origina desconocimiento y confusión al tratar de entender el punto de partida o el camino restante (SEMARNAT, 2012; Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales., 2020)

Por otra parte, el agotamiento de los recursos también es consecuencia del consumo de energía, que depende de la quema de recursos no renovables. Aunque el avance científico en el campo de la transformación energética tiene prometedores avances, el constante incremento de la demanda energética reduce

los avances ya que la velocidad es superior. En México el Sistema Eléctrico está conformado en la Comisión Federal de electricidad (CFE), que cuenta con 39 centrales generadoras, en las cuales el 67% depende de transformar la energía térmica de combustibles fósiles en electricidad. Además la demanda sigue en aumento ya que hasta 2015 se contaba con una capacidad instalada de 53 114 Megawatts superior a 1999 cuando se contaba con 35 663 Megawatts y una generación bruta de 260 498 Gigawatts-hora que a comparación del mismo año era de 180 917 Gigawatts-hora (Arellano Vazquez, 2015).

Cada acción tiene consecuencias y estas no pueden ser eliminadas con el simple hecho de ignorarlas. Cada año se gestan nuevos materiales para la construcción, adicionales a los ya existentes, estos con la finalidad de cubrir la demanda de vivienda, espacios públicos y edificios. Estos materiales configuran el espacio físico de acuerdo con la función especificada y poseen una gran potencialidad de impacto a los problemas ambientales, muchas veces ignorada. Múltiples estudios y combinaciones de materiales constructivos gestan nuevos edificios y aplicaciones, las configuraciones son cada día ilimitadas y el uso de estas ve su principal razón de existencia en la posibilidad y la función. Aunque otros materiales constructivos se encuentra el discurso de la eficiencia y la sustentabilidad, pocos resultan ser claros con este adjetivo; ya que los que se venden como sustentables, no resultan ser sostenible; es decir los impactos ambientales se reducen teóricamente, pero no cuentan con el soporte técnico necesario para su adopción o simplemente la velocidad de aceptación no es suficiente para mantener su producción. Este problema de comunicación y enfoque de consumo genera una desconfianza en los mercados, y un desconocimiento de las ventajas de su incorporación, pero en algunos casos, estos resultan ser física y químicamente mejores que los tradicionales, como algunos bio-cementantes o bio-compuestos, los cuales llegan a tener un excelente desempeño. Pero la falta de claridad en sus beneficios tiene como consecuencia su discontinuidad o su bajo incentivo a la proliferación (Arrigoni et al., 2017; Comisión Europea, 2014; Parchomenko et al., 2018; Tseng et al., 2016).

El incremento en las temperaturas globales desencadena una serie de efectos adversos a la vida y a la seguridad de esta. Problemas como grandes sequias, perdida de la fertilidad de la tierra o grandes desastres naturales, son más

comunes con el cambio climático. Estas catástrofes asociadas a la complejidad del clima son asociadas a la contribución de los grandes problemas ambientales, por la actividad productiva y la sobrepoblación, la cual desencadena una serie de acciones y demandas insostenibles. El sobreconsumo de recursos y su transformación es uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero, esto asociado a sus necesidades de transporte e infraestructura (Left, 2004).

Hablado de construcción, la seguridad y disponibilidad de recursos es un tema que pretende solucionarse con nuevos sistemas productivos, el desarrollo de materiales de bajo impacto se perfila como una de las principales oportunidades de desarrollo en la industria de la construcción. Con la intención de reducir las emisiones a la atmósfera, los materiales de bajo impacto ambiental, también etiquetados como sustentables, se basan en una serie de combinaciones de algunas materias primas calificadas como renovables, biodegradables, carbono cero, etc. Ya sea por su origen o por su bajo procesamiento, materiales como residuos agroindustriales, derivados de la tierra, uso de maderas o productos reciclados, han probado en casos específicos, ser excelentes recursos para edificar; además de generar beneficios a la naturaleza. Es bajo este discurso que se promueve su masificación en mercados de edificación como el europeo, donde realizar certificaciones o contar con más información del producto es una práctica requerida cada día por las regulaciones. De esta manera la potencialidad de contar con métodos de diseño que permitan desarrollar productos con un menor impacto ambiental o simplemente conocer la información necesaria sobre su desempeño ambiental en etapas de consumo presenta una importancia elevada a la hora de mitigar el cambio climático o tomar consideraciones sobre la energía consumida.

1.3. OBJETIVOS

GENERAL

Crear una metodología para el desarrollo de materiales constructivos de bajo impacto ambiental en México.

ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar principales impactos ambientales de la actualidad.
- ✓ Identificar cuáles son los métodos para seleccionar materiales constructivos.
- ✓ Determinar la relación existente entre la selección de materiales constructivos y los impactos ambientales.
- ✓ Proponer una herramienta que permita disminuir los impactos ambientales en el uso de materiales constructivos.
- ✓ Evaluar la aplicación de la metodología desarrollada en un material constructivo.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Los códigos de edificación son cada día más estrictos con el uso de algunas sustancias, la comunicación del proceso o sus características físicas, las cuales deben además de combinar un excelente desempeño funcional, una responsabilidad ambiental. Con el mercado de las calificaciones energéticas y las certificaciones ambientales en la edificación, se ha comenzado a promover un nuevo tipo de edificación, la cual ha visto su permeabilidad en sistemas menores llegando a crear nuevos mercados como el caso de LEED o BREEM donde tener información ambiental del producto representa un mayor puntaje y mejor reconocimiento (Hernandez Moreno, 2016; Left, 2004; Pacheco-Torgal, 2014; Rey Martinez & Velasco Gomez, 2006).

Aunque existen múltiples estudios sobre la energía en la edificación, estos solo consideran su etapa de uso. Sin embargo el ciclo de vida de los materiales es mucho más extenso, ya que va desde su extracción, procesamiento, uso hasta la degradación. A pesar de que existen balances energéticos para muchos materiales, estos fueron realizados en países diferentes de México, donde el material tiene otra composición, otros procesos de fabricación y extracción, no solo eso además su aplicación también es diferente. Esto tiene como consecuencia solo una referencia y la incertidumbre de los valores locales (Aranda & Valero, 2010).

Los gobiernos principales organos encargados de incorporar estas ideas a sus planes de desarrollo, se ven superados en su control, ya que las acciones son ejecutadas por todos los habitantes y sus organizaciones. La falta de normatividad aplicable los materiales constructivos utilizados en Mexico, lleva a los fabricantes a desconocer e ignorar los consumos energeticos de sus procesos productivos. Ademas las certificaciones energeticas en Mexico son una opcion innecesaria para el 99% de la edificaciones, muestra de esto es el alcance insignificante de 115 certificaciones hasta 2014 en estos sistemas para los 28.6 millones solo de viviendas habitadas al 2010. Las estadísticas de la vivienda en México representan un incremento anual del 2-3%, lo que dice que en 10 años tendremos 37.18 millones de viviendas, las cuales representan el 30% más del consumo actual de energía solo en la etapa de uso, más la energía incorporada en su construcción (Arellano Vazquez, 2015)

La etapa constructiva de una vivienda la cual puede representar hasta el 60% de la energía total según estudios realizados en otros países, es desconocida en la mayor parte de las viviendas mexicanas, ya que los materiales utilizados dependen de la zona, el tipo de vivienda y su proceso de fabricación. Esto sumado al constante desarrollo de materiales, ha dejado obsoleto a los parámetros internacionales ciclo de vida. El cambio radical en las viviendas ha generado soluciones falsas al problema, planteando modelos de viviendas sustentables desarrolladas en otros países con sistemas constructivos desconocidos en la localidad y con materiales escasos. Adaptar este tipo de viviendas depende de la inclusión de las costumbres y recursos disponibles locales por medio de una cuantificación y previa selección de cuál es el mejor camino para edificar viviendas en la ciudad de Toluca (Aranda & Valero, 2010; Pérez Vilar & Mercado, 2004; Zabalza Bribián et al., 2010).

En cuestiones de energía el camino a seguir es el consumo de energías verdes. Este tipo de centrales se identifican por provenir de fuentes renovables como son, la radiación solar, la presión del viento, la fuerza contenida en el movimiento del mar, algunas reacciones químicas etc. Por su capacidad de recuperarse estas fuentes son las preferentes, ya que las otras como el petróleo tardan millones de años en formarse. Sumado a esto las energías verdes también son energías que no se producen por la combustión de su fuente como las mencionadas en las

cuales se utilizan reacciones físico químicas, movimientos impulsados por fuerzas existentes, etc. (Darby, 2006; Santamaría, 2013). Sin embargo para Sardon (2008), estos sistemas se han visto insuficientes debido a que los sistemas utilizados en la actualidad superan la capacidad de generación. Cuando se habla de energía destaca otra clasificación dependiendo si el tipo de energía a utilizar puede obtenerse directamente o necesita un proceso intermediario ejemplo: energía térmica (fuente primaria) o energía eléctrica (fuente secundaria). Este concepto cobra relevancia en uno de los principales acuerdos de la termodinámica, la ley de la conservación de la energía, la cual afirma que la energía al transformarse sufre una degradación o pérdida, debido a que parte de la energía total es transformada en otro tipo, no deseado como calor

Entonces los sistemas actuales para el aprovechamiento de energía hacen uso principalmente de constantes transformaciones de la energía como el calor en electricidad, para después electricidad en movimiento y el movimiento en fricción o los sistemas de iluminación basados en filamentos incandescentes, que transforman la energía eléctrica (energía secundaria) en calor y es ese calor el que produce radiación luminosa. Entonces el consumo de energía entra en una evaluación a la que llamamos eficiencia. La eficiencia en los sistemas actuales ha presentado desarrollo, pero solo en algunas áreas en otras se ha visto segregada. Por eso cuando se habla de implementación de paneles fotovoltaicos se debe de utilizar una gran área debido a que estos solo transforman el 13% de la radiación solar en energía (Sardon, 2008).

Es incompatible pensar en la implementación de energías verdes sin hablar de eficiencia, pero a su vez imposible hablar de eficiencia sin valores cuantificables. La definición de eficiencia nos dice “hacer más con menos”, entonces es necesario cuanto se producía para así asignar la cualidad de eficiente, ya que la eficiencia es un criterio que se da resultado de una comparación entre proceso, usos, aplicaciones, etc. Por ejemplo, la eficiencia laboral, la cual habla de producir más bienes que los que se hacían en un espacio temporal “x” con la misma cantidad de tiempo “y”. Para hablar de la eficiencia energética en el país es necesario evaluar los componentes o sistemas que lo integran, en el caso de la energía eléctrica se pueden clasificar a sus consumidores principales en el siguiente orden: la gran industria, el sector doméstico y la mediana industria, ya que estos

representan el 84% de su consumo y cuantificar sus consumos. Así podríamos decir que si el mismo país en 1999 consumía 35 663 Megawatts en 2015 consumió 53 114 Megawatts es entonces 1999 un espacio temporal más eficiente en cuanto al consumo de energía, sin embargo la población no era la misma, tampoco la industria y tampoco la calidad de vida, sin embargo los recursos disponibles eran los mismos que hoy en día (Arellano Vazquez, 2015).

Se puede llevar la eficiencia a cualquier comparación sin embargo la cualidad de eficiente solo se le dará al ganador de la comparación, ejemplo son los sistemas de iluminación como la bombilla incandescente y el led, en el proceso de producción de iluminación el led consume menor cantidad de energía para producir los mismos lúmenes que una bombilla incandescente, entonces lo eficiente es la producción de electricidad de la bombilla, no su todo. Sin embargo, el panorama energético actual necesita acercar la eficiencia a todo, lo que consume energía, pero es la energía la fuente de toda actividad y vida (Aranda & Valero, 2010).

Para impactar en la reducción de los consumos de energía es necesario intervenir en los consumidores principales. Ya que según Wilfrido Pareto el 80% de los efectos vienen del 20% de las causas, lo cual trasladado a el consumo de energía podría interpretarse como los factores que influyen en el consumo de energía y uno de ellos es la construcción, la cual a nivel doméstico es el segundo consumidor de energía eléctrica, sin embargo, la industria de la construcción también es el principal consumidor de energía en la gran industria. Como ya hemos hablado para hablar de eficiencia es necesario hablar de términos cuantificables (Zabalza Bribián et al., 2010).

La presente investigación pretende acercar soluciones globales con elementos locales, por medio de la evaluación ambiental de los materiales locales utilizados en la construcción. Mediante el estudio de metodologías globales, se integrará un acercamiento local que integre elementos de México.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcances

- El proyecto elaborará una propuesta metodológica para el desarrollo de nuevos materiales constructivos en México.
- La metodología propuesta integrará normativas locales e internacionales, con la finalidad de adaptar rápidamente su uso a la infraestructura existente.
- Los índices de sustentabilidad serán seleccionados con base en su existencia y solo se propondrán nuevos índices si ninguno existe para esa categoría.
- Se evaluará un material constructivo en desarrollo para comprobar la efectividad de la metodología

Limitaciones

- No existen bases de datos LCI desarrolladas en para productos mexicanos.
- Las bases de datos y la información recopilada de los elementos o componentes directamente de un material es responsabilidad del fabricante.
- En enero de 2020 una crisis sanitaria por la pandemia de COVID- 19 surgió a nivel global, por lo cual la Organización Mundial de la Salud (OMS), declaro necesaria la cuarentena México e Italia, vigente hasta la fecha de publicación de este documento.
- Debido a que la licencia de uso de SIMAPRO® 8.5 pertenece a la universidad de Génova, en Italia y la cuarentena por la pandemia fue declarada, el cálculo de los impactos ambientales de un segundo material en desarrollo, quedo incompleto y será concluido fuera de esta investigación en 2021.

1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES

Impactos ambientales: Son todos aquellos efectos negativos que se generan con la acción humana y colaboran con los grandes problemas ambientales de la actualidad, como el cambio climático.

La medición de los impactos ambientales se realizará por medio de índices y unidades de medida estandarizadas a nivel internacional.

Materiales constructivos: son aquellos compuestos o materia con ciertas propiedades fisicoquímicas, de origen natural o artificial que cumplen una función en la edificación.

Para los datos de los materiales constructivos se estudiará las clasificaciones o métodos para agrupar materiales.

1.7. HIPÓTESIS

La aplicación de una herramienta metodológica que cuantifique los impactos ambientales, en el desarrollo de nuevos materiales constructivos, utilizados en México, permite disminuir 30% de los impactos ambientales generados sin esta.

2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 EL IMPACTO AMBIENTAL

La utilización de la palabra ambiente hace referencia al espacio en el que se desarrollan las actividades humanas, la superestructura biológica que presta a una multitud interpretaciones y apropiaciones a las sociedades. De manera general se le puede entender como el sistema natural o transformado en que vive la humanidad, con todos sus aspectos sociales, biofísicos y las relaciones que estas estructuras desencadenan. Para su desarrollo es necesario una serie de procesos biológicos complejos, fenómenos atmosféricos, clima específico y la entrada y salida de recursos. El ser humano configura el ambiente realizando intercambios entre humanos y no humanos, aquello hecho por el hombre y aquello en que no interviene (Rojas-Higuera & Pabón-Caicedo, 2015)

El desarrollo ambiental es de vital importancia para la existencia humana y de toda la realidad conocida. Sin desarrollo, las reservas naturales se agotan y el crecimiento social se condiciona. Es por eso por lo que en el último siglo los discursos y debates sobre técnicas de gestión, relación ambiental y las consecuencias no deseadas, han surgido como principal motor de desarrollo de algunos países. La protección de no humanos identificados como parte importante del futuro, se reconoce como una prioridad, y esto resurge el sentido de protección y el discurso de que la naturaleza es primero. Sin embargo, estos modelos omiten el hecho de que la protección incluye dependencia humana y eso implica una modificación artificial en el entorno de un sistema complejo que tiene más de dos interacciones. Toda acción humana tiene un impacto sobre el medio

ambiente que implica su degradación o único natural es la acción de la naturaleza (Descola, 2001).

El cuidado o protección de ambiente ha desencadenado una serie de estudios sobre los efectos negativos del uso de recursos y el actual modelo económico. La investigación ambiental del último siglo enlista una serie de problemas ambientales prioritarios a solucionar. Este tipo de fenómenos son de carácter global y su efecto es necesariamente complejo para el desarrollo de esta investigación, por eso se enlistan parcialmente, describiéndolos y mencionando sus efectos notables. Ningún país es ajeno a los efectos de estos y ningún problema es aislado de las practicas sociales, el cambio es algo orgánico pero la velocidad de este depende de disminuir la aceleración de los procesos que lo ocasionan (Niembro & Gonzalez, 2008).

2.1.1 Marco teórico

El calentamiento global

Cuando se habla de cambio climático es necesario establecer parámetros de comparación previa a fin de distinguir en que punto este presenta variabilidad climática. Los cambios ocurren cada 100 000 años, los periodos glaciares de la última glaciación (11 000 - 7 000 años A.C.), son ejemplos del cambio climático. Para entender las alteraciones del clima Pardos (2010), establece ciclos de unos mil años en que el clima presenta cambios dentro de límites predecibles, como en el que se ha desarrollado la vida en los últimos nueve mil años, así es posible entender la variabilidad de las lluvias, la variabilidad solar, en la temperatura y la evolución de los glaciares del hemisferio con cambios culturales. El clima ha sido un factor detonante en el desarrollo de la humanidad, a lo largo de la historia termino con civilizaciones y lo más importante influyo en el sedentarismo; así que puede decirse que es el responsable de la disponibilidad de alimento. En el cultivo de alimentos, el punto más evidente de estos cambios culturales, climas cálidos con lluvias abundantes favorecieron el cultivo de maíz en América central, el sorgo en África y el arroz en extremo Oriente, dando entrada al periodo neolítico, considerado como la primera y más radical revolución verde.

A lo largo de la historia, la producción de alimentos esta direccionada por las condiciones climatológicas, entonces cualquier modificación requerirá la modificación de los saberes, para crear nuevos sistemas productivos que dependan de recursos y las nuevas condiciones disponibles. También la distribución de la vegetación se ha visto modificada con los cambios en el clima, esto es notable en zonas áridas que presentas un crecimiento anormal de plantas o contrariamente la modificación de bosques primarios. En el siglo XX los estudios y los registros del clima representan un inmenso aporte para la ciencia del clima, que se desarrolla en prestigiosas instituciones como el Global Atmospheric Research Program (GARP) y Tropical Ocean-Global Atmosphere (TOGA). Los registros guardan un detallado conocimiento del clima, que permite generar proyecciones por medio de análisis matemáticos, que pronostiquen con mayor certeza el clima futuro. (Pardos, 2010).

La preocupación por el incremento de la temperatura global que guarda relación con el incremento de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) involucra a todos los sectores de la sociedad y suscita el interés de la comunidad científica. El National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) en Estados Unidos de Norteamérica genera un índice climático el North Atlantic Oscillation (NOA) que es utilizado para evaluar pronósticos climáticos en periodos inferiores a 10 años. La Tierra nunca está en estado de equilibrio absoluto, el último periodo interglaciar la temperatura en la superficie tiene variaciones de uno a cien años en un plazo corto y entre 100 y mil años en un plazo largo, atribuibles a factores externos, o por intercambios térmicos entre atmósfera-océano (Fagan, 2008). Estudios sobre el clima en el paleolítico, mencionan una temperatura con pocas variaciones en el hemisferio norte hasta el periodo de la revolución industrial, lo cual genera el conocido efecto de “bastón de jockey” reportado por el Panel intergubernamental para el cambio climático (IPCC, 2007).

Los registros de temperatura han sido relevantes para medir y entender el cambio climático en el siglo XIX. Registros en los cuales se analizan las variaciones naturales en superposición con modelos actuales que pretenden demostrar el calentamiento de origen antrópico (Rojas-Higuera & Pabón-Caicedo, 2015). Si se analiza la temperatura con una medida estadística básica promedio como es la media global, en la superficie puede observarse un incremento entre los años 60's

y 90's, con tendencia de que aumente progresivamente en el tiempo futuro; además de que los incrementos cada vez se dan en periodos más cortos (IPCC, 2015).

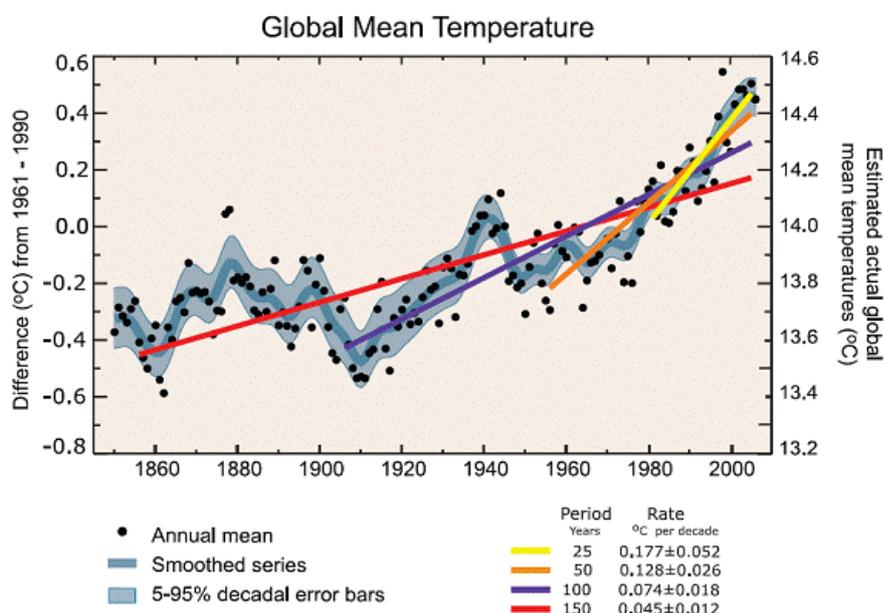


ILUSTRACIÓN 1 RECONSTRUCCIÓN DE LA TEMPERATURA GLOBAL DEL HEMISFERIO NORTE EN LOS ÚLTIMAS 100 AÑOS (IPCC, 2013^a, Figure 1).

El estudio que realiza Füssel (2009) atribuye el calentamiento global a las actividades antropogénicas. Por otro lado el cuarto informe del IPCC (2007), menciona que la tendencia del “palo de hockey” se mantiene y el incremento en la actividad solar no se puede atribuir completamente a este efecto. Además, otros análisis muestran que las emisiones CO₂ incrementaron 1.30% por año de 1990 a 1999, y 3,30 % en los primeros seis años del siglo XXI, periodos en que la economía mundial tiene un gran crecimiento (Huang et al., 2013). Al mismo tiempo la concentración en la atmósfera de CO₂, que era de 200 ppmv hace 7000 años incremento hasta las 280 ppmv a mediados del siglo XVII y llego a las 360 ppmv a finales los años 90's (Godoy Zúñiga & Sánchez Benavides, 2017; IPCC, 2013a). En los últimos años del siglo XX, la frase “calentamiento global” es dominio común para referirse al aumento de temperatura. La creación del IPCC en 1988 por los miembros de las Naciones Unidas es muestra de la preocupación de los estados por los efectos del cambio climático. El tercer informe IPCC en 2001 se concluía que los incrementos en la temperatura y los cambios en el clima era

probablemente atribuido a un incremento en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2001).

El cuarto informe IPCC, se enfatiza en el cambio climático natural y en el cambio climático con el incremento en las actividades humanas. El incremento de 0.74° C en la temperatura del aire, el incremento de 1.2°c en las temperaturas de algunos océanos, el derretimiento de los casquetes polares, etc. Tienen como causa probable en mayor a un 90% las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, se establece un aumento de 2 a 4.5 °C si las concentraciones de CO₂ llegan a 550 ppmv. Incluso, pronósticos como el Special Report Emission Scenarios (SRES) del IPCC han sido rebasados con más del 3% entre los 2000 a 2010. (IPCC, 2007; Pardos, 2010)

El calentamiento global, sus diversos efectos a nivel geográfico y sus efectos en la esfera biológica son otro tema de gran interés por el riesgo que estos representan al sistema económico y social. Las predecibles repercusiones económicas, aun en el marco de incertidumbre, tienen connotaciones políticas implicadas, debido a la naturaleza no gubernamental de IPCC, lo cual ha resultado en un debate abundante, por las repercusiones económicas principalmente como lo menciona el Informe Caparrós Gass (2007) el alerta sobre los grandes cambios del siglo XXI, como son: la contracción económica mundial de 20%, una pérdida en la biodiversidad del 40% y desplazamientos de millones de personas, por efecto de las inundaciones, sequías atribuibles al cambio climático en los siguientes 30 años. Si no se reducen las emisiones de CO₂ con el 1% del PIB global, se expondría a una recesión de hasta el 20% del del mismo PIB (IPCC, 2007).

En lo que va del siglo XXI existe un consenso científico sobre las consecuencias no deseadas del consumo de recursos naturales; sin embargo, también existen opositores al calentamiento global antropogénico. En toda actividad económica el consumo reservas de todo tipo, y en especial de fuentes fósiles, el incremento en las emisiones de CO₂ a la atmosfera son uno de los mayores problemas para el cambio climático. Sin embargo, para algunos científicos los efectos negativos del incremento en las concentraciones de CO₂, carecen de suficiente evidencia y atribuyen los reportes de IPCC a intereses políticos. Estas comunicaciones

científicas sostienen que debido a que no puede expresarse un clima natural; y que él entre incremento de la temperatura es logarítmica no existe evidencia sólida de que éste sea peligroso. (Bermejo Gomez de segura, 2014; Pardos, 2010).

Los efectos de los ciclos climáticos pueden alcanzar niveles críticos para la humanidad, debido a los ciclos climáticos evidenciados en el desarrollo de la agricultura del neolítico, y al incremento de las emisiones de GEI. Por eso es necesario incrementar y desarrollar sistemas de observación climática para así, disminuir los riesgos que el cambio climático conlleva. (Capuz Rizo & Gómez Navarro, 2013).

En México las preocupaciones por los efectos del cambio climático se centran en los recursos hídricos. El clima y el ciclo del agua dulce están estrechamente relacionados; mientras el clima depende de la humedad, y la precipitación; el agua depende de las temperaturas atmosféricas, corrientes, etc. Esta relación trasciende hasta los océanos, como puede verse en el fenómeno “El Niño”, donde las corrientes ascendentes y descendentes cambian de dirección alterando los ciclos hidrológicos en zonas donde las lluvias eran un factor común. Aunque los efectos negativos del cambio climático están presentes a nivel global, con diferentes intensidades, la potencialidad destructiva incrementa de manera sostenida. (Rojas-Higuera & Pabón-Caicedo, 2015).

En México la temperatura promedio incremento 0.3 °C por década del año 2000 a 2020. En cuanto al nivel del mar, se observan incrementos en algunas partes del golfo de México; aunque con valores menores. Con respecto la temperatura, esta podría incrementarse hasta 5 °C en algunas regiones al final del siglo XXI, tomando como referencia el periodo de 1961 a 1990. Al incrementar la temperatura la escasez de recursos hídricos puede aumentar, impactando directamente en la producción por hectárea de diferentes cultivos; llegando incluso a modificar la estaciones de siembra o la desaparición de cultivos (Martínez, 2008; Quirós, 2000). Estudios recientes del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua sobre los recursos hídricos de México, concluyeron en el Atlas de vulnerabilidad hídrica de México ante el cambio climático, en el cual pueden visualizarse estos cambio específicamente por región y en una línea temporal (Martínez Asturia & Patiño Gomez, 2012)

Gases con potencial de efecto Invernadero (GEI)

Gases como el dióxido de carbono y otros gases poseen la potencialidad de contribuir al calentamiento global y afectan directamente el sistema biológico y los ecosistemas. A partir del inicio de la revolución industrial del siglo XIX, la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera se ha incrementado sustancialmente, con mucha mayor intensidad que en las últimas décadas debido a la intensificación de las emisiones, mayoritariamente antropogénicas. La tasa anual de incorporación a la atmósfera del carbono durante largos periodos de tiempo en los bosques fosilizados del Carbonífero se ha calculado en $1-2 \mu\text{mol/ mol}\cdot\text{año}$. Si dicha tasa se mantiene, se prevé superar con creces el valor actual 380 ppmv y alcanzar una concentración atmosférica de CO₂ de 650-700 $\mu\text{mol/ mol}\cdot\text{año}$ para el año 2075. Dicho incremento provocaría un aumento de la temperatura terrestre global de 1,0 a 4,5°C para el año 2100, en función de las tasas de emisión y otros factores condicionantes (Ministerio de Agricultura et al., 2016).

El carbono tiene un proceso conocido de reciclaje entre la atmósfera, océanos y los sistemas biológicos, formando compuestos orgánicos e inorgánicos, mayoritariamente en función de su conversión en dióxido de carbono. Si nos referimos al periodo 1989-1998, el valor medio del carbono incorporado anualmente a la atmósfera es aproximadamente de 3.30 Giga toneladas (Gton) /año, valor derivado de la diferencia entre las emisiones procedentes de la quema de combustibles fósiles y la industria del cementeras de 6.30 Gt/año, menos la absorción por los océanos de 2.00 Gton /año y de los sistemas biológicos de 0.70 Gton /año, con una permanencia de la molécula de CO₂ en la atmósfera de 2.50 años (Pardos, 2010).

Estos rangos tienen un cierto grado de incertidumbre dadas las limitaciones inherentes a su determinación y a la variación en los intercambios entre la atmósfera y los océanos y la biosfera terrestre en respuesta a variaciones climáticas. Asimismo, los autores anteriormente citados dan las cifras de 760 Gton, 2 000 Gt, 500 Gton y 39 000 Gton respectivamente para los contenidos de carbono en atmósfera, suelos y detritus, vegetación y océanos, respectivamente. Estas cifras muestran que el contenido de carbono terrestre es inferior a la décima parte del oceánico. Sin embargo, el flujo de carbono de la superficie terrestre con

la atmósfera es algo mayor que con los océanos; y representa el 90% del flujo anual entre la atmósfera y 26 “Ecosistemas forestales y el secuestro del carbono” la Tierra, de ahí el papel primordial que los ecosistemas terrestres, especialmente los bosques, juegan en el ciclo de carbono (IPCC, 2015)

El metano ha experimentado también un sustancial incremento en su concentración atmosférica, desde 700 ppbv de los tiempos preindustriales a 1700 ppbv, incremento mayormente ocasionado por las emisiones antropogénicas, como el cultivo de arroz, la cría de ganado, y la quema de biomasa (10% de las emisiones entre otras fuentes, las cuales representan el 70% de aquella. Las emisiones anuales, estimadas en unos 550 Mton /año, contrarrestadas con su destrucción, tuvieron en 1996 una tasa de incremento anual, en descenso, de 4 ppbv /año. Las plantas son la última fuente de carbono orgánico que determinados microorganismos utilizan para procesarlo en metano. Los sistemas forestales de montaña son normalmente sumideros de metano, ya que las tasas de consumo exceden a las de producción, aunque en algunos bosques puede revertirse esa tendencia en función del contenido en agua y convertirse en fuentes de metano. Por otra parte, se ha sugerido la existencia de una producción abiótica de metano por tejido aeróbico; aunque se probara experimentalmente, tendría un efecto de poca cuantía en el contenido atmosférico global de metano (Martínez Asturia & Patiño Gomez, 2012; Pardos, 2010; Sanchez & Ortiz, 2016).

El óxido nitroso (NO₂), también con sustanciales incrementos en la atmósfera, tiene un origen natural (procesos biológicos en los suelos) y, principalmente antropogénico (cultivos, quema de biomasa, ganado), con valores de emisión anual estimados en 14 millones de toneladas. Al contrario que el CO₂, el metano y el óxido nitroso no son absorbidos en el ecosistema; incluso los óxidos de nitrógeno pueden tener un efecto reductor en la absorción de CO₂. Datos suministrados por la Organización Meteorológica Mundial en noviembre de 2008 revelan incrementos de 0.50 %, 0.34% y 0.25 % respectivamente en las concentraciones atmosféricas de los tres gases mencionados (Pardos, 2010).

Existe ecuaciones para determinar el potencial de calentamiento global (GWP) de estos gases emitidos a la atmosfera. El IPCC ha determinado una medida equivalente para cuantificar los efectos de los GEI presentes en la atmosfera, estos cálculos pueden ser realizados por la tabla de abajo que fue determinada

por más de dos mil quinientos científicos que integran esta institución. La unidad de medida acordada es CO₂-equivalente que es la multiplicación de las emisiones de un GEI por su potencial de calentamiento global (GWP) en el horizonte temporal determinado. En el caso de las mezclas de GEI, se suman las emisiones de CO₂-equivalente correspondientes a cada gas. La emisión de CO₂-equivalente constituye una escala común para comparar las emisiones de diferentes GEI, aunque no implica una equivalencia exacta de las respuestas correspondientes en relación con el cambio climático. Para determinar el GWP no existe ninguna relación entre las emisiones de CO₂-equivalente y las concentraciones de CO₂-equivalente resultantes (Del Borghi et al., 2010; IPCC, 2007).

Acronym, Common Name or Chemical Name	Chemical Formula	Lifetime (Years)	Radiative Efficiency (W m ⁻² ppb ⁻¹)	AGWP 20-year (W m ⁻² yr kg ⁻¹)	GWP 20-year	AGWP 100-year (W m ⁻² yr kg ⁻¹)	GWP 100-year	AGTP 20-year (K kg ⁻¹)	GTP 20-year	AGTP 50-year (K kg ⁻¹)	GTP 50-year	AGTP 100-year (K kg ⁻¹)	GTP 100-year
HG-30	HF ₂ -(OCF ₂) ₇ -OCF ₂ H	25.0	1.65 ^a	3.77e-10	15,100	6.73e-10	7330	9.68e-12	14,100	4.03e-12	6530	1.06e-12	1940
1-Ethoxy-1,1,2,2,3,3,3-heptafluoropropane	CF ₃ CF ₂ CF ₂ OCH ₂ CH ₃	0.8	0.28 ^b	5.56e-12	223	5.56e-12	61	4.80e-14	70	6.36e-15	10	4.57e-15	8
Fluoroxene	CF ₃ CH ₂ OCH=CH ₂	3.6 days	0.01 ^c	4.97e-15	<1	4.97e-15	<1	3.95e-17	<1	5.58e-18	<1	4.08e-18	<1
1,1,2,2-Tetrafluoro-1-(fluoromethoxy)ethane	CH ₂ FOCF ₂ CF ₂ H	6.2	0.34 ^d	7.68e-11	3080	7.99e-11	871	1.29e-12	1880	1.28e-13	207	6.68e-14	122
2-Ethoxy-3,3,4,4,5-pentafluoro-tetrahydro-2,5-bis(1,2,2,2-tetrafluoro-1-(trifluoromethyl)ethyl)-furan	C ₁₂ H ₁₅ F ₁₉ O ₂	1.0	0.49 ^e	5.09e-12	204	5.09e-12	56	4.53e-14	66	5.86e-15	10	4.19e-15	8
Fluoro(methoxy)methane	CH ₃ OCH ₂ F	73.0 days	0.07 ^a	1.15e-12	46	1.15e-12	13	9.34e-15	14	1.30e-15	2	9.46e-16	2
Difluoro(methoxy)methane	CH ₃ OCHF ₂	1.1	0.17 ^b	1.32e-11	528	1.32e-11	144	1.18e-13	173	1.52e-14	25	1.08e-14	20
Fluoro(fluoromethoxy)methane	CH ₂ FOCH ₂ F	0.9	0.19 ^b	1.20e-11	479	1.20e-11	130	1.05e-13	153	1.37e-14	22	9.84e-15	18
Difluoro(fluoromethoxy)methane	CH ₂ FOCHF ₂	3.3	0.30 ^b	5.65e-11	2260	5.65e-11	617	6.88e-13	1010	7.11e-14	115	4.69e-14	86
Trifluoro(fluoromethoxy)methane	CH ₂ FOCF ₃	4.4	0.33 ^b	6.82e-11	2730	6.89e-11	751	9.59e-13	1400	9.27e-14	150	5.72e-14	105
HG'-01	CH ₃ OCF ₂ CF ₂ OCH ₃	2.0	0.29 ^b	2.03e-11	815	2.03e-11	222	2.06e-13	301	2.42e-14	39	1.68e-14	31
HG'-02	CH ₃ O(CF ₂ CF ₂ O) ₂ CH ₃	2.0	0.56	2.16e-11	868	2.16e-11	236	2.19e-13	320	2.57e-14	42	1.79e-14	33
HG'-03	CH ₃ O(CF ₂ CF ₂ O) ₃ CH ₃	2.0	0.76	2.03e-11	812	2.03e-11	221	2.05e-13	299	2.41e-14	39	1.67e-14	31
HFE-329me3	CF ₃ CFHCF ₂ OCF ₃	40.0	0.48	1.79e-10	7170	4.17e-10	4550	4.85e-12	7090	2.89e-12	4690	1.12e-12	2040
3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,9-Pentadecafluoroheptan-1-ol	CF ₃ (CF ₂) ₈ CH ₂ CH ₂ OH	20.0 days	0.06	3.91e-14	2	3.91e-14	<1	3.12e-16	<1	4.39e-17	<1	3.21e-17	<1
3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,11,11,11-Nonadecafluoroundecan-1-ol	CF ₃ (CF ₂) ₈ CH ₂ CH ₂ OH	20.0 days	0.07	3.00e-14	1	3.00e-14	<1	2.40e-16	<1	3.37e-17	<1	2.46e-17	<1
2-Chloro-1,1,2-trifluoro-1-methoxyethane	CH ₃ OCF ₂ CHFC1	1.4	0.21	1.12e-11	449	1.12e-11	122	1.05e-13	153	1.31e-14	21	9.24e-15	17
PFPMIE (perfluoropoly(methylisopropyl ether))	CF ₂ OCF ₂ (CF ₂) _n CF ₂ OCF ₂ OCF ₃	800.0	0.65	1.87e-10	7500	8.90e-10	9710	5.52e-12	8070	6.11e-12	9910	6.15e-12	11,300
HFE-216	CF ₃ OOCF=CF ₂	8.4 days	0.02	1.92e-14	<1	1.92e-14	<1	1.53e-16	<1	2.15e-17	<1	1.58e-17	<1
Trifluoromethyl formate	HCOCF ₃	3.5	0.31 ^f	5.37e-11	2150	5.39e-11	588	6.73e-13	984	6.85e-14	111	4.47e-14	82
Perfluoroethyl formate	HCOCF ₂ CF ₃	3.5	0.44	5.30e-11	2130	5.32e-11	580	6.64e-13	971	6.76e-14	110	4.41e-14	81
Perfluoropropyl formate	HCOCF ₂ CF ₂ CF ₃	2.6	0.50	3.45e-11	1380	3.45e-11	376	3.80e-13	555	4.19e-14	68	2.85e-14	52
Perfluorobutyl formate	HCOCF ₂ CF ₂ CF ₂ CF ₃	3.0	0.56 ^g	3.59e-11	1440	3.59e-11	392	4.19e-13	613	4.45e-14	72	2.97e-14	54
2,2,2-Trifluoroethyl formate	HCOCOCF ₃ CF ₃	0.4	0.16 ^h	3.07e-12	123	3.07e-12	33	2.55e-14	37	3.48e-15	6	2.52e-15	5
3,3,3-Trifluoropropyl formate	HCOCOCF ₂ CH ₂ CF ₃	0.3	0.13 ^h	1.60e-12	64	1.60e-12	17	1.31e-14	19	1.80e-15	3	1.31e-15	2
1,2,2,2-Tetrafluoroethyl formate	HCOCOCF ₂ CF ₂ CF ₃	3.2	0.35 ⁱ	4.30e-11	1720	4.31e-11	470	5.17e-13	755	5.39e-14	87	3.57e-14	65
1,1,1,3,3,3-Hexafluoropropan-2-yl formate	HCOCOC(CH ₃) ₂ CF ₃	3.2	0.33 ^j	3.05e-11	1220	3.05e-11	333	3.66e-13	535	3.81e-14	62	2.53e-14	46
Perfluorobutyl acetate	CH ₃ COOCF ₂ CF ₂ CF ₂ CF ₃	21.9 days	0.12	1.52e-13	6	1.52e-13	2	1.21e-15	2	1.71e-16	<1	1.25e-16	<1
Perfluoropropyl acetate	CH ₃ COOCF ₂ CF ₂ CF ₃	21.9 days	0.11 ^k	1.59e-13	6	1.59e-13	2	1.27e-15	2	1.78e-16	<1	1.30e-16	<1
Perfluoroethyl acetate	CH ₃ COOCF ₂ CF ₃	21.9 days	0.10 ^l	1.89e-13	8	1.89e-13	2	1.51e-15	2	2.12e-16	<1	1.55e-16	<1
Trifluoromethyl acetate	CH ₃ COOCF ₃	21.9 days	0.07	1.90e-13	8	1.90e-13	2	1.52e-15	2	2.14e-16	<1	1.56e-16	<1

(continued on next page)

ILUSTRACIÓN 2 FACTORES DE CONVERSIÓN DE GEI POR PERIODO DE VIDA ESTABLECIDO (IPCC, 2007).

Acidificación de los océanos

Además de desestabilizar el clima, el cambio climático y las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera tienen un grave y fuerte impacto en los océanos. Los océanos absorben aproximadamente el 30% de las emisiones de dióxido de carbono y el 80% del calor generado por el creciente aumento de los gases efecto invernadero, atenuando de esta forma muchos de los impactos nocivos de la contaminación atmosférica. El aumento de la cantidad de dióxido de carbono en los océanos provoca reacciones químicas que transforman la composición de éstos, realizando un proceso conocido como acidificación, que pone en peligro a organismos marinos con caparazones, como plancton marino, el cual es importante en la cadena alimenticia, otros organismos como corales, las almejas y los cangrejos también se encuentran la primera línea de riesgo. El exceso de dióxido de carbono en los océanos absorbe los elementos necesarios para que estos organismos puedan crear sus conchas y esqueletos. Por eso, les resulta cada vez más difícil fortalecer su coraza y construir una nueva (European Environment Agency, 1997; Godoy Zúñiga & Sánchez Benavides, 2017).

Si el proceso de acidificación del océano sigue incrementando, el propio medio donde viven se volverá tan corrosivo y disolverá los caparazones y esqueletos. Aunque los procesos químicos que se generan en los océanos son cada vez más ácidos, y que la acidez generada puede no eliminar aquellos organismos, su adaptabilidad y capacidad de supervivencia podría verse afectada, disminuyendo la tasa de crecimiento y las funciones de sus sistemas podrían alterarse, para finalmente ser más susceptibles a los depredadores o enfermedades, con efectos difíciles de cuantificar. Los procesos de acidificación podrían transformar de forma definitiva los océanos, reduciendo su diversidad y su productividad, afectando la vida y el sustento de aquellos que dependen del mar (European Environment Agency, 1997)

Entre los organismos en riesgo Reyes-Bonilla et al., (2014) identifica a los arrecifes coralinos son ecosistemas tropicales bien conocidos por la alta diversidad y riqueza de especies que albergan. Ofrecen gran variedad de servicios ambientales que representan importantes ingresos para las comunidades humanas que viven en sus alrededores, como el turismo. No obstante, la situación actual de los arrecifes no parece ser alentadora: las actividades humanas y sus

impactos directos (pesca, turismo, sedimentación) e indirectos (escurrimiento de nutrientes provenientes de tierras altas, aumento de acidez) están afectando de manera irreversible a las barreras de coral

México tiene una gran extensión oceánica 65% de su territorio es mar y 35% tierra firme. El Océano Pacífico y en el Océano Atlántico son dos extensiones de mar que contienen una amplia variedad de ecosistemas y de especies, así como procesos ecológicos. Los litorales de México tienen una extensión de 11 122 km, exclusivamente en su parte continental y sin incluir litorales insulares, de los cuáles 7 828 km pertenecen al Océano Pacífico y 3 294 km al Golfo de México y Mar Caribe (SEMARNAT, 2018).

El interés en los últimos años sobre el conocimiento de los flujos de carbono en arrecifes de México se ha acrecentado, en buena parte con el fin de conocer la situación actual de estos ecosistemas y evaluar potenciales efectos del Cambio climático. Uno de los estudios más detallados realizado por Reyes-Bonilla et al., (2014), presenta un análisis de la producción bruta de carbonatos en varias zonas del Pacífico, y el cálculo de la densidad de los esqueletos de las especies y géneros coralinos más comunes en esa región (*Pocillopora* spp., *Pavona* spp., *Porites panamensis*). Con base en su tasa de crecimiento y su abundancia, estimaron la cantidad anual depositada de carbonato de calcio. La conclusión del estudio muestra una disminución en la densidad ósea y la compactación de algunos sistemas internos importantes para el desarrollo.

Sobre los efectos directos y futuros de la acidificación en arrecifes de México hay poca información. Lo que se ha visto en el Caribe mexicano, aunque no en todos lados, es la disminución de los ecosistemas coralinos y sus subsistemas como resultado de la acidificación. Lo anterior indica que es necesaria mayor investigación sobre los impactos específicos en cada región en lo que respecta a la salud de los ecosistemas y el cambio global, ya sea por efectos del calentamiento y/o por la acidificación oceánica. Por otra parte, la belleza de las playas del Caribe Mexicano se debe a la existencia de arrecifes coralinos, y los procesos ecológicos que en ellos tienen lugar derivan en la producción de especies de importancia comercial que generan empleos y alimentos. De igual manera, los arrecifes y comunidades coralinas del Pacífico son ecosistemas cuya conservación debe ser prioritaria, pues aún en su menor desarrollo siguen siendo

los sitios de mayor biodiversidad del margen costero del Océano Pacífico (Reyes-Bonilla et al., 2014).

Eutrofización

La distribución de cuerpos de agua alrededor del mundo genera depósitos hidrológicos en diferentes niveles de la tierra, esto depende del movimiento en las precipitaciones de agua. Las aguas debajo de los terrenos agrícolas o zonas de cultivo son depósitos que se generan por filtración, pero esa filtración a su vez porta minerales diversos y sustancias presentes en el medio, generando formaciones cavernosas o procesos de contaminación por fuentes no puntuales, también llamada contaminación difusa o no localizada. Estas sustancias generan problemas ambientales como la eutrofización de las aguas superficiales. La eutrofización es un proceso natural o antropogénico, que se refiere al enriquecimiento del agua superficial con exceso de nitrógeno y fósforo principalmente, los cuales generan crecimiento excesivo de algas y malezas acuáticas. La eutrofización es un proceso mayormente de origen antrópico que en las últimas décadas ha afectado considerablemente por el crecimiento de las ciudades y el aumento en la producción de residuos sólidos y líquidos en las mismas; los cuales aumentan la concentración de ciertos nutrientes en cuerpos de agua en reposo, ocasionando una degradación del ambiente muchas veces irreversible (Fontúrbel Rada, 2016; Quirós, 2000).

Las grandes cantidades de sedimentos que son depositados en los lagos provienen en su mayoría de ciudades o comunidades alrededor de ellas. Principalmente cuando grandes masas de agua se precipitan, esta materia orgánica es arrastrada. Restos de la actividad humana como: materiales de construcción, materiales de campos agrícolas, sedimentos de minas, restos de fertilizantes y plaguicidas provenientes de los desagües, aportan grandes cantidades de fósforo, nitrógeno y materia orgánica en el proceso de eutrofización. En lagos cuya superficie es mayor en relación con su profundidad, muchos nutrientes proliferan organismos fotosintéticos que se nutren de estos elementos para funcionar. La proliferación y concentración del fitoplancton en la superficie acapara la luz e impide que esta penetre a mayores profundidades, produciendo

descenso en las temperaturas y oscuridad, restringiendo la vida en las capas inferiores. Las plantas muertas en el fondo de estos lagos y el aporte de materia orgánica aumentan la cantidad de materia en descomposición, sobre la que actúan las bacterias. Este proceso químico consume la cantidad de oxígeno disuelto, modificando las condiciones en el agua y restringe la cantidad de vida por debajo de la superficie. El número de especies se reduce considerablemente y la actividad termina por limitarse a la superficie (Fontúrbel Rada, 2016; Northcote et al., 1991).

Un lago sufre eutrofización cuando sus aguas cuentan con una cantidad excesiva de nutrientes para organismos superficiales. Podría parecer a primera vista que es bueno que las aguas estén repletas de nutrientes, porque así podrían vivir más especies. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos, que cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto desagradable, disminuyendo drásticamente su calidad. Este proceso consume una gran cantidad de oxígeno disuelto y el agua deja de ser apta para la mayor parte de los peces que viven allí.

Para Moreta Pozo, “En suma, la eutrofización se refiere a toda esta serie de sucesos que comienzan con el enriquecimiento de nutrientes, el crecimiento y la muerte del fitoplancton, la acumulación de detritos, el aumento de las bacterias y, por último, el agotamiento del oxígeno y la sofocación de los organismos superiores” (2008, p10).

“Si consideramos las necesidades del fitoplancton y de la vegetación acuática sumergida, se aprecia que el equilibrio entre ellos se altera cuando se modifica el balance entre la concentración de nutrientes en el agua. Cuanto menos nutrientes tenga el agua, mayor será la reducción de las poblaciones de fitoplancton; sin esta presencia, el agua es clara y la luz penetra para sostener el crecimiento de la vegetación acuática sumergida. Cuando el contenido de nutrientes aumenta, el fitoplancton prolifera, enturbia el agua y afecta la vegetación acuática sumergida que es una fuente productora de oxígeno”(Moreta Pozo, 2008,p11).

Los nutrientes que más influyen, fosfatos y los nitratos afectan de maneras diferentes a mares y lagos. En algunos lagos de agua dulce el factor mayor es el

fosfato, pero en muchos mares el nitrógeno es el factor mayoritario para el crecimiento de estas poblaciones. En los últimos 20 o 30 años las concentraciones de nitrógeno y fósforo en muchos mares y lagos casi se han duplicado. La mayor parte les llega por los ríos. En el caso del nitrógeno, llega a través de la contaminación atmosférica, precipitado en forma de ácido nítrico, HNO_3 . El nitrógeno posee una movilidad mayor que el fósforo ya que puede ser arrastrado por el agua a través del suelo o estar en el aire por evaporación. El fósforo por otra parte es absorbido con más facilidad por las partículas del suelo y es arrastrado por la erosión o disuelto por las aguas de escurrimientos superficiales. En condiciones naturales entra a un sistema acuático menos de un kilogramo de fosfato por hectárea y año, con los vertidos humanos esta cantidad se multiplica hasta por diez en zonas agrícolas. Durante muchos años los jabones y detergentes fueron los principales causantes de este problema. A mediados del siglo XX el gran porcentaje de la composición de los detergentes era un compuesto de fósforo; pero a partir de 1973, Canadá y luego otros países, prohibieron el uso de detergentes que tuvieran más de un 2.2% de fósforo, incluso algunos países han llegado a prohibir detergentes con más de 0.5% de fósforo (Moreta Pozo, 2008; Romero, 2010).

En las sociedades modernas se arrojan gran cantidad de desechos a los lagos, desde el punto de vista ecológico. Además del fosforo y el nitrato existen productos químicos tóxicos más peligrosos que los simples nutrientes de las aguas fecales y basura, como: DDT (pesticida), el 2.4D (herbicida), mercurio, arsénico, los afluentes sulfurosos de las fábricas de papel y desperdicios ácidos de las minas; estos suelen ser más letales por envenenamiento. Sin embargo, se sigue haciendo fluir a los lagos una serie de contaminantes que generalmente provienen de los asentamientos humanos que los rodean y de sus múltiples actividades (agrícolas, industriales, comerciales, textiles, turísticas, etc.). En México se ha usado el fosforo total como indicador del estado trófico de cuerpos de agua, de manera que más de 0.118 mg/l en los lagos tropicales se consideran eutrofizados o cuerpos de agua en ambientes templados con más de 0.035 mg/litro Con este criterio para caracterización de estado trófico, Arredondo Figueroa et al. (2002), identificaron muchos cuerpos de agua en México con problemas de eutrofización. En Tepatitlán, Jalisco, Flores López et al. (2009), en un estudio determinaron el

contenido de nitrato y fosforo en muestras de agua de dos puntos y dos profundidades de la presa el Jihuite, resultando en una concentración mayor a 0.1 ppm de fosforo total en el fondo del embalse, con lo cual concluyeron que la presa se encuentra eutrofizada y el nutrimento limitante fue el fosforo. (Northcote et al., 1991)

Otro tipo de contaminación por eutrofización estudiada en México es la calidad del agua en la costa, la cual está siendo alterada por el incremento de los desechos propios de las actividades humanas y el turismo. En el estado de Yucatán, una zona tropical sometida al gran crecimiento poblacional y por consecuencia a el aumento del vertido de desechos, se favorece la infiltración del agua y de contaminantes al acuífero sistema cárstico de carbonato de calcio por la característica de su subsuelo. Durante el año 2000, las principales fuentes de nutrientes de Yucatán fueron en orden de importancia, los aportes continentales procedentes de la porcicultura, avicultura, la agricultura, la precipitación atmosférica y los desechos de origen humano domésticos; sin embargo en años recientes este orden se ha visto modificado por residuos de la industria y el turismo, ya que más nutrientes ingresan al litoral de Yucatán en la descarga del agua subterránea en la costa, causando un incremento en las poblaciones de algas. La calidad del agua costera de Yucatán está regida por el agua subterránea que descarga con un volumen similar al de los ríos y es una fuente de nitrógeno y silicio; pero los procesos biogeoquímicos están alterados por la fertilización externa procedente del vertido de aguas residuales generadas por el turismo y la acuicultura (Flores López et al., 2009; Herrera Silveira et al., 2005).

Además, Aubriot et al.(2005), también resalta que en otras zonas del país las altas concentraciones de nutrientes y de clorofila a en los puertos son una evidencia de que la eutrofización puede incrementar al restringir el libre flujo del agua. El fósforo probablemente sea el nutriente limitante de la producción primaria en esta región. El estado trófico del agua costera se valoró con dos índices, el Índice de eutrofización por nutriente (IE), y el índice del estado trófico (TRIX). El IE clasificó las aguas costeras de Yucatán como oligotróficas para el nitrito y el fósforo y como mesotróficas para los nitratos, amonio y silicio. Los puertos de abrigo fueron eutróficos para todos los nutrientes, con excepción del fósforo. El TRIX clasificó el agua costera de Yucatán con un nivel trófico medio y alto y a los puertos de abrigo

con un nivel trófico alto. Las localidades costeras de Yucatán responden diferente al estímulo del aporte de nutrientes, por la discrepancia de sus condiciones geomorfológicas. La resistencia a la eutrofización puede deberse al gradiente de salinidad, los pastos marinos y los procesos biogeoquímicos del sedimento, que son atributos del medio ambiente costero de Yucatán. Estos biofiltros que actúan como en contra de la eutrofización costera, disminuyendo la velocidad con que incrementa este fenómeno y dándole tiempo a la adaptación a los subsistemas que en este habitan (Aranda Cirerol, 2004).

Disminución de la capa de ozono y la oxidación fotoquímica

El ozono se encuentra sobre todo en dos regiones de la atmósfera de la Tierra. Aproximadamente el 90% del ozono en la tierra se encuentra en una capa situada entre 10 -50 kilómetros sobre la superficie terrestre, en la estratosfera. Esta zona es conocida científicamente como la capa de ozono. Aunque existe en la troposfera, ozono que se extiende desde la superficie hasta una altura de 10-18 kilómetros, la capa de ozono en la estratosfera absorbe la radiación ultravioleta (UV-B) procedente del sol mayoritariamente nociva para la salud. Un exceso de radiación UV-B puede causar cánceres de la piel y cataratas, y tener efectos negativos en plantas, animales terrestres y marinos, recursos abióticos y repercusiones en el clima. En los años 70's los científicos detectaron, que los halocarbonos compuestos que contienen varias combinaciones de los elementos químicos como: cloro, bromo, flúor carbono e hidrógeno, producción barata, versatilidad y almacenamiento, incluidos por el hombre en productos de consumo en la refrigeración, aire acondicionado, producción de espumas, como solventes, esterilizantes y propulsores en aerosol, fumigantes en la agricultura, entre otros; llegan a la estratosfera destruyendo la capa de ozono mediante reacciones químicas (García et al., 2008; Sánchez, 2006)

Acuerdos internacionales como el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, firmado el 16 de septiembre de 1987 es un modelo de concertación entre todos los grupos interesados, países, comunidad científica, industria y sociedad en general. Ratificado por 165 países ha logrado disminuir la producción y consumo de las diversas sustancias que destruyen el ozono y reducir

la tasa de crecimiento de la concentración atmosférica de varias de estas sustancias. México forma parte de uno de esos 165 países que firmaron el acuerdo de Montreal desde su inicio y aun así la zona metropolitana de la ciudad de México (ZMCM), es considerada actualmente como la Ciudad con más problemas de contaminación en México. Se estima que poco más de 9.5 millones de habitantes, del total de la población en la ZMCM, están expuestos diariamente a diferentes grados de contaminación de ozono por arriba de la norma de calidad del aire de 0.11 ppm promedio máximo de ozono en una hora (Bravo et al., 1991; Octubre, 2016).

El ozono existe en forma natural en la atmósfera debido a dos factores: producción fotoquímica a partir de trazas naturales de monóxido de nitrógeno, metano y monóxido de carbono, o bien a intromisiones de ozono estratosférico a las capas bajas de la troposfera. Bravo et al. (1991) menciona, que el ozono “natural” se encuentra en concentraciones promedio de ~ 0.05 ppb; sin embargo, en atmósferas urbanas, la formación del ozono antropogénico involucra la interacción de cientos de reacciones simultáneas en las que los mecanismos tipo-radicales libres actúan sobre un gran número de subproductos de compuestos orgánicos reactivos (ROG) y compuestos inorgánicos como los Óxidos de nitrógeno (NO_x), los cuales llevan a producir niveles de ozono por arriba de los 0.11 ppm. La presencia del ozono en los fenómenos meteorológicos favorece la producción fotoquímica de otros subcompuestos; ya que, iniciada la emisión, existe un mezclado y un transporte atmosférico simultáneos sostenido de reacciones de químicas en la atmosférica.

El ozono es reconocido como el principal contaminante de los oxidantes debido a su mayor porcentaje en la atmósfera urbana; pero oxidantes como el Nitrato de peroxiacilo (PAN), el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y muchos otros subproductos intermedios, son producidos fotoquímicamente por la acción de la energía ultravioleta del sol sobre las emisiones de los óxidos de nitrógeno ($\text{NO}_x = \text{NO}_2 + \text{NO}$) resultantes de procesos de combustión a alta temperatura, así como de los ROG. Una característica importante de los oxidantes es que éstos no son emitidos directamente a la atmósfera, sino que son formados en el aire a través de complicadas reacciones fotoquímicas, las cuales han sido ya extensamente estudiadas a nivel mundial. La cantidad de oxidantes formados en la atmósfera

tiene una dependencia total de la hora del día, las condiciones meteorológicas y de la naturaleza de las fuentes emisoras de precursores como lo son los NO_x y los ROG. Adicionalmente a la degradación y la oxidación fotoquímica del aire se favorecen otros problemas como: formación de otras reacciones potencialmente tóxicas, lluvia ácida, y degradación de la visibilidad (Bravo et al., 1991; Toscano & Arellano, 2017).

La contaminación fotoquímica por oxidantes, mejor conocida como “smog”, es realmente la mezcla de diversos compuestos gaseosos y aerosoles, de entre los que destacan el ozono (O₃), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y los nitratos (NO₃). La atmósfera de la ZMCM padece de estas problemáticas como consecuencia de que se han fortalecido dos actividades promotoras de la actividad fotoquímica. Primero la emisión de compuestos ROG con alto potencial de reactividad, y segundo la emisión excesiva de NO_x por la alteración de los procesos típicos de combustión. La intensidad de esta actividad fotoquímica es el resultado de una serie de compuestos que incrementan su presencia en el medio, como la composición de la gasolina. PEMEX a mediados 1991 introdujo la gasolina (MAGNA-SIN) 1991 con alto porcentaje de olefinas y aromáticos de alto octanaje. Sin embargo, si no se usa el convertidor catalítico, las emisiones de ROG y de NO_x quedan libres y son descargadas directamente. La función del convertidor catalítico es convertir los ROG y el CO a CO₂, y los NO_x a N₂; con esto, se destruyen precursores de la formación de ozono que de otra forma saldrían por el escape a la atmósfera (Bravo et al., 1991; Olivera, 2008).

Agotamiento de los recursos abióticos

Los recursos abióticos son uno de los elementos que condicionan la diversidad biológica y posibilitan el desarrollo productivo de los ecosistemas. Los recursos abióticos son recursos no procedentes de los seres vivos. Elementos como el agua, minerales rocas, metales etc., conforman esta clasificación. Para comprender esto adicionalmente es importante diferenciar dos conceptos básicos: “recursos” es la morfología y “reserva” la materia existente disponible (comprobada o no comprobada). El agotamiento en las reservas de recursos abióticos genera degradación de ecosistemas o pérdida de biodiversidad debido

a que la configuración de los ecosistemas se ve limitada o modificada por la sobreexplotación. Otro punto para considerar es que este tipo de recursos se consumen en un tiempo mucho mayor que el tiempo de regeneración (Arellano Vazquez, 2015; Valero Capilla, Antonio Valero Capilla, 2014).

En México, en algunas de sus principales cuencas hidrológicas, ya presentan escasez conforme a estándares internacionales. El crecimiento poblacional, el desarrollo económico regional y la concentración en algunas zonas urbanas, que se espera para 2030, no concuerda con las reservas disponibles en varias regiones hidrológicas de importancia y gran extensión. Debido a que estas ya se encuentran en condiciones de disponibilidad extremadamente baja, entre ellas la cuenca binacional del río Bravo, sin considerar los efectos del cambio climático. En cuanto a la precipitación, se espera que ésta se reduzca en promedio 15.2% en el país, una cifra importante en una nación que ya enfrenta condiciones de escasez en varias regiones. Los estados más afectados, en cuanto a la disminución en el volumen precipitado se ubican en el sureste: Yucatán (18.9%), Quintana Roo (17.6%) y Tabasco (18.87%). En estas zonas de abundantes lluvias, los efectos serán menos severos que en las regiones áridas del norte, en las que, con porcentajes menores de precipitación, los recursos hídricos enfrentan ya condiciones de estrés. Así, la precipitación disminuirá previsiblemente 12.9% en Coahuila, 21.3% en Baja California, 14.2% en Chihuahua, 21.3% en Sonora, 17% en Sinaloa y 14.9% en Tamaulipas. En estos estados se ubican los mayores distritos de riego del país y de no adoptarse medidas importantes de adaptación, el riesgo de insuficiencia alimentaria podría afectar todo el país (Martínez Asturia & Patiño Gomez, 2012).

La minería, otra actividad económica de mayor tradición en México, contribuye al suministrando insumos a una serie de industrias. Dentro de las tecnologías utilizadas en la minería, la de cielo abierto (o de tajo abierto) es una actividad industrial de alto impacto ambiental, social y cultural; pero también es insostenible por definición, en la medida que la explotación de minerales supone su agotamiento. La minería a cielo abierto remueve la capa superficial del suelo para hacer accesibles los extensos yacimientos de mineral de baja calidad. Existe consenso en la literatura especializada en el tema, en el sentido de que ninguna actividad industrial es tan agresiva ambiental, social y culturalmente como este

tipo de minería. La minería a cielo abierto utiliza grandes cantidades de cianuro de manera intensiva, que le permiten recuperar el oro del resto del material removido. Para desarrollar este proceso, se requiere que el yacimiento abarque grandes extensiones y que se encuentre cerca de la superficie. Además, se cavan cráteres grandes en extensión y en profundidad (Sánchez & Ortiz, 2016; Valero Capilla, Antonio Valero Capilla, 2014).

En México, la separación del mineral de los materiales sin valor se lleva a cabo básicamente a través de dos métodos: flotación e hidrometalurgia. Los efectos ambientales ocasionados por la flotación aumentan potencialmente con el uso de tóxicos como son plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), arsénico (As), selenio (Se) y mercurio (Hg). El arsénico, el cadmio y el plomo, junto al mercurio, son los elementos químicos más tóxicos en la naturaleza, a los que no se les conoce alguna función biológica, y que, en concentraciones bajas, pueden contaminar los ecosistemas, con efecto nocivo para los organismos vivos. Otros contaminantes de la minería a cielo abierto son los metales pesados, que se consideran elementos muy peligrosos para los seres vivos en general, debido a su toxicidad. Los metales pesados son cualquier elemento químico metálico que tenga una alta densidad relativa, que sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas y que no se pueda degradar por medios naturales. La exposición ambiental crónica a los metales compromete la salud de las personas. Los métodos de extracción y procesamiento de recursos minerales han producido durante siglos grandes cantidades de residuos y han contaminado sitios a lo largo del país. La minería aporta el mayor porcentaje de los residuos industriales que se producen en México (Alonso Rodríguez et al., 2006; Sanchez & Ortiz, 2016; Valero Capilla, Antonio Valero Capilla, 2014).

Sumado a esto, no existe suficiente información para apreciar el costo del impacto ambiental que ha causado la minería, pero sí se reconoce que es significativo y mayor que el de otras ramas industriales. La explotación minera a cielo abierto como menciona Sanchez & Ortiz (2016), conlleva a:

- ❖ El uso de sustancias contaminantes,
- ❖ El consumo de grandes necesidades energéticas,
- ❖ El consumo de importantes volúmenes de agua por periodos largos
- ❖ La producción y amplificación de drenaje ácido de mina y roca,

- ❖ Niveles de tráfico elevados
- ❖ Etc.

Las operaciones mineras se han convertido en un grave problema de salud pública, debido a la contaminación del ecosistema y a la exposición de la población a ella. Los principales efectos en el ambiente durante la fase de exploración son la destrucción del ecosistema y la inhabilitación de suelos, al cubrirlos con material mineral subterráneo.

Consumo de energías no renovables

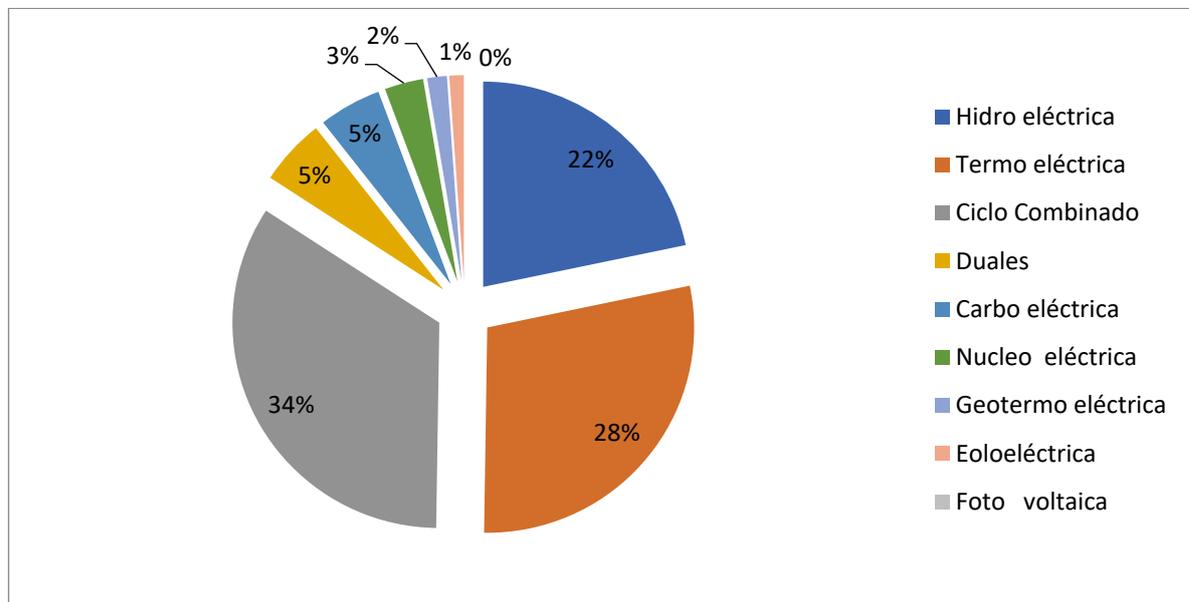
La energía es responsable de toda actividad de vida, ya que los cambios en la materia y las actividades humanas; el uso desmedido de energía aumenta la devastación ambiental y altera el funcionamiento del planeta. Aunque existen diferentes fuentes, alguna de ellas como las no renovables que presenta un mayor impacto ecológico que las renovables, ya que la energía contenida en ellas es extraída por su quema, lo que libera el dióxido de carbono a la atmósfera y contribuye al calentamiento global. La explotación de energías renovables, es cada vez mayor, pero insuficiente, ya que no presenta el mismo crecimiento que la tecnología, la cual incrementará un 30% la demanda de energía mundial, en los próximos 20 años; el derroche energético de los sistemas y el uso de reservas de energía no renovables (basadas en combustibles fósiles), coloca a la sociedad en un problema de uso y distribución, que compromete la vida humana como se conoce (Arellano Vazquez, 2015; Rey Martínez & Velasco Gomez, 2006).

Es indispensable disminuir la dependencia energética a fuentes no renovables, ya que, sin esto, el desarrollo sostenible seguirá siendo una utopía. Para lo cual es necesario dotar de los conocimientos necesarios y la tecnología a los grandes consumidores de energía como la construcción, que consume la mayor parte de energía en el mundo, por lo cual es la mayor responsable de emitir la mayor parte de GEI. Los desarrollos en el campo de la construcción sustentable han generado grandes avances en este sentido, pero estos resultan ser insuficientes cuando se miden sus por su escasa práctica, debido a que múltiples de estos estudios se realizan para etapas de la construcción dejando de lado las de producción de

insumos; por lo cual es necesario proponer soluciones que involucren a los procesos previos a la construcción, para así involucrar a otro grande consumidor como las industrias con este objetivo (Arellano Vazquez, 2015; FCIRCE, 2014).

Según Arellano Vazquez (2015), en México el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) está conformado por dos sectores, el público y el privado; el servicio público se integra por CFE y centrales construidas por Productores Independientes de Energía (PIE), éstos últimos entregan la totalidad de su energía a CFE para el servicio público. Por otro lado, el sector privado agrupa las modalidades de cogeneración, autoabastecimiento, usos propios y exportación. Actualmente el potencial de México para generar energía eléctrica está compuesto por 39 centrales generadoras, no incluidas las del sector privado; con una capacidad instalada de capacidad instalada de **53 114 Megawatts** y una generación bruta de **260 498 Giga watts-hora**; contrastando el año 1999 en el cual la capacidad instalada era de 35 663 Megawatts de capacidad instalada y una generación bruta de 180 917 Giga watts-hora (Arellano Vazquez, 2015).

TABLA 1 CAPACIDAD INSTALADA POR FUENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO (Arellano Vazquez, 2015).

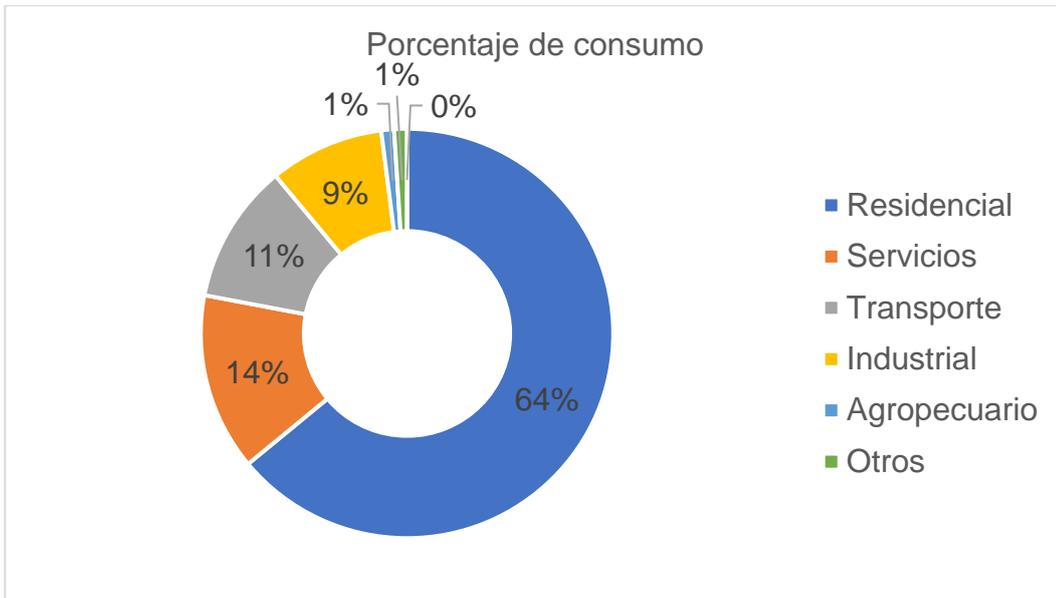


Otro tipo de energía con gran demanda en el país es la energía térmica, la cual depende en su mayoría del uso de Gas licuado del petróleo (gas L.P.) y carbón mineral. Sin contar el consumo de energía térmica de las plantas generadoras

eléctricas, el gas l.p. es el más usado en el 70% de las viviendas mexicanas para cocción de alimentos y actividades sanitarias. Según la Fernandez (2011), México es el país que consume mayor cantidad de este combustible a nivel mundial con 74.0 kilogramos por habitante anual; además de aportar el 40% de la producción en Latinoamérica, otros usos de este son para transporte y como materia prima para procesos petroquímicos. La región Centro del país presenta la mayor densidad en el volumen de ventas abarcando el 41% de la demanda nacional; además las importaciones de gas LP representaron, en 2006, cerca de una cuarta parte de la oferta disponible del país. El 89% del abasto en la producción del gas LP corresponde a Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB) y el restante lo suministra Pemex Refinación por medio de sus seis refinerías, de la cual la vivienda representa el 64% del total (Arellano Vazquez, 2015; Olivera, 2008).

“El gas licuado es una mezcla de hidrocarburos compuesta principalmente de propano y butano; su producción se registra desde principios de siglo; sin embargo, es en 1946 cuando se inicia su comercialización como estrategia para sustituir, en las casas habitación de las zonas urbanas, la utilización de combustibles vegetales. Es una de las principales fuentes de energía en el país, aunque por años, su uso se ha enfocado principalmente al sector residencial; recientemente, el comportamiento de la demanda ha mostrado un crecimiento importante en sectores como la industria y el transporte” (Arellano Vazquez, 2015, p46).

TABLA 2 PORCENTAJE DE CONSUMO DE GAS L.P. POR ACTIVIDAD (Arellano Vazquez, 2015).



El consumo de recursos no solo componente las reservas, está directamente vinculado a la producción de GEI y a su vez a la acidificación de los océanos la cual puede también vincularse a otros fenómenos de transporte asociados a la oxidación fotoquímica y a la degradación de la capa de ozono. Estas relaciones también pueden darse de manera independiente y de manera individual.

2.1.2 Marco conceptual

Ambiente: Superestructura biológica, en que vive la humanidad; este establece los límites de desarrollo y existencia, con todos sus aspectos sociales, físicos y sus relaciones (Descola, 2001).

Antrópico: Producido o modificado por la actividad humana (RAE, 2020).

Cultura: Conjunto de conocimientos y técnicas que se encuentran en el saber colectivo de una parte de la sociedad segmentale (Alvares Vallejo, 2016).

Impacto Ambiental: alteración caracterizada provocada por acciones humanas que contribuye al incremento de los problemas ambientales globales (Bellart & Mesa, 2011).

CO2-equivalente: Unidad de medida para las emisiones de GEI o de una mezcla de GEI (IPCC, 2013b).

Macrófitas acuáticas: plantas que se desarrollan sobre un cuerpo de agua que son visibles a simple vista, lo opuesto a micrófitos (Martelo & Lara-Borrero, 2012).

Centrales de generación hidroeléctrica: instalaciones aprovechan el potencial gravitatorio contenido en agua de ríos, para producir energía eléctrica; por medio de grandes turbinas, acopladas a generadores eléctricos (Arellano Vazquez, 2015).

Centrales de generación termoeléctrica:

- Por turbogas: se genera mediante el movimiento un arreglo turbina-generator, producido por de la energía cinética resultante de la expansión de aire comprimido y los gases de combustión como: gas natural o Diesel.
- Por combustión Interna: mediante la obtención de energía mecánica, resultado de la expansión de gas de combustión (combustóleo y gasóleo), se transforma la energía en eléctrica por medio de un arreglo turbina-generator (Arellano Vazquez, 2015).
- Por ciclo de Vapor; Producen vapor de agua mediante la combustión de combustóleo, gas natural o diésel; que a su vez mueve una turbina, acoplada a un generador eléctrico.

Centrales de ciclo combinado: una vez realizado el proceso de las plantas de generación termoeléctrica, se utiliza el calor de los gases de escape, para producir vapor, y generar energía adicional con un ciclo de vapor. (Arellano Vazquez, 2015).

Centrales carboeléctricas: Funcionan en esencia como las termoeléctricas de vapor, pero usando como combustible el carbón mineral (Arellano Vazquez, 2015).

Centrales Nucleoeléctricas: Estas utilizan el calor generado por la fisión de uranio, sumergido en un fluido de alta transferencia térmica, como el agua, para así producir vapor para mover una turbina-generator. (Arellano Vazquez, 2015).

Centrales Geotermoeléctricas: Utilizan el calor existente en capas más cercanas al núcleo de la tierra, como son respiraderos volcánicos, para producir vapor que mueve un arreglo turbina-generator (Arellano Vazquez, 2015).

Centrales Eoloeléctricas: Utilizan un fluido como es el viento para mover un arreglo de palas que concentra el movimiento axial en un par de torsión que mueve un generador eléctrico (Arellano Vazquez, 2015).

Centrales Fotovoltaicas: Se genera mediante la transformación de cierto espectro de la radiación solar que incide sobre la tierra, que es transformada en su mayoría por reacciones físicas en materiales a base de silicio (Gonzalez et al., 2009).

Centrales de Fusión Nuclear: Esta se produce al fusionar dos núcleos atómicos, para dar lugar a un núcleo más pesado pero menor a la suma de los dos anteriores.

Centrales de Energía de la Biomasa: Este tipo de centrales utilizan el ciclo de vapor, mediante la quema de residuos de materiales de origen biológicos, como residuos agroindustriales, para producir el calor necesario (Gonzalez et al., 2009).

Mesotrófico: depósitos de agua y lagos que poseen condiciones de vida limitadas para peces o plantas (Agua.org, 2020).

Oligotrófico: Cuerpo de agua con calidad por debajo requerido para la vida, debido a sus nutrientes (Romo Pérez, 1989).

2.2 LOS MATERIALES CONSTRUCTIVOS

Los materiales utilizados para la construcción son una serie de elementos y compuestos del sistema abiótico y biológico que poseen una caracterización conocida, así como ciertas propiedades fisicoquímicas y sensoriales, que permiten configurar espacios artificiales (Galicia-Aldama et al., 2019; Portilla-Aguilar et al., 2015; Valero Capilla, Antonio Valero Capilla, 2014).

2.2.1 Marco teórico

La clasificación de materiales utilizados en la construcción depende de su origen, la función a realizar y las propiedades fisicoquímicas. La cantidad de materiales disponibles para la edificación es inmensa, tanto como que cada año más de mil nuevas configuraciones se presentan en por productores en congresos y nuevos proyectos. Ya sea por el desarrollo o el mejoramiento, nuevas posibilidades se presentan día a día, esto favorece las posturas de la arquitectónicas llenando de posibilidades el objeto de diseño. Esto sumado a la globalización y disponibilidad

de transporte de casi cualquier mercancía, permiten que un material en específico pueda ser aplicado en cualquier parte del mundo (Mata Cabrera, 2010; Programa de naciones unidas para el medio ambiente & Tecnológico de Delft, 2007).

Propiedades fisicoquímicas

Se llama propiedades de la materia al conjunto de características específicas. Algunas características son comunes en toda la materia y por eso se las reconoce como propiedades generales. Otras difieren según el grupo semántico y se conocen como propiedades particulares y se dividen en físicas y químicas. Los cambios en las propiedades físicas de un sistema describen sus transformaciones en el espacio como el color: puede ser visto y medido. Es decir, son aquellas características, que al ser observadas no producen nuevas especies químicas, Por otro lado, las propiedades químicas de la materia cambian la estructura interna de la materia y aunque pueden ser no observables habitualmente, producen nuevas sustancias químicas (Galvañ Llopis & Palaia Pérez, 1986).

Las propiedades físicas y químicas en un material constructivos dependen de las condiciones del medio, aunque cada día se descubren nuevas propiedades, estas se especifican en la siguiente lista, sin olvidar que pueden existir algunas otras deseables en otro tipo de materiales.

Origen

Los materiales constructivos se clasifican por su origen generalmente en:

- a) Maderas
- b) Plásticos
- c) Metales
- d) Pétreos
- e) Cerámicos
- f) Pinturas
- g) Compuestos

(Compuestos, 2006; Crespo Escobar, 2010)

a) Maderas

Las maderas se obtienen de las partes leñosas de los árboles, también son utilizadas como combustibles y por la industria papelera. En las dimensiones económica, social y ambiental, los bosques y las plantaciones forestales son fuente de recreación y esparcimiento, hábitat para la vida silvestre, protectores de la erosión de los suelos, productores de oxígeno e importantes secuestradores de carbono, absorbiendo el dióxido de carbono causante de los cambios climáticos y del calentamiento global del planeta. En países con cultura forestal, la madera es altamente tecnificada y considerada un material básico en la industria de la construcción. Los estudios científicos de los últimos años sobre ella y sus derivados (contrachapados, laminados, etc.) lo consideran un material de amplias aplicaciones, especialmente en vivienda y cuando se exige una alta relación resistencia-peso. Contrario a lo que se pueda pensar, el uso de la madera en estos países actualmente no implica la destrucción de sus bosques. Con las modernas técnicas de explotación forestal, hoy hay más árboles en Estados Unidos que hace 70 años: más de 295 millones de hectáreas de bosques. En Estados Unidos, los propietarios particulares, las compañías madereras, los gobiernos estatales y el gobierno federal plantan alrededor de 1 700 millones de árboles al año, es decir, unos 4.6 millones de árboles al día, para garantizar la provisión de madera en el futuro (Cuevas, 1988; Fournier Zepeda, 2008)

En países como Estados Unidos, la madera es utilizada masivamente, en contraposición, de muchos países de Latinoamérica, como México, los avances tecnológicos logrados en torno al acero, el concreto y los plásticos, y el poco conocimiento que tienen constructores sobre las propiedades, técnicas de cultivo y procesamiento de la madera, son factores que han contribuido a que la madera termine considerándose como un material apto solamente para construcciones rústicas o temporales de poco valor, o limitada adornos de casas y muebles. El desestimulo que están sufriendo las plantaciones e industria maderera nacional, al no contar con un mercado amplio y rentable para sus productos, encarece la madera, reduce su calidad tanto en la plantación como en el aserradero, y propicia la dilapidación de nuestros bosques tropicales, al haber poca oferta en el mercado de maderas económicas y de calidad provenientes de plantaciones sostenibles que desestimen la tala de bosques primarios. Paradójicamente México es un

país con grandes recursos forestales, pero su construcción sigue basada en el concreto y el acero(Cuevas, 1988; SEMARNAT, 2014a).

También por su predisposición a la descomposición y debido al origen orgánico de la madera, la pudrición y el ataque de insectos puede ocurrir cuando confluyen cuatro condiciones: temperatura favorable, entre 15 y 30 grados centígrados; presencia de oxígeno; contenido de humedad superior al 20% y fibra de madera. No es común que estas condiciones combinadas se den en ambientes interiores de una vivienda. Hongos y esporas sólo aparecen cuando hay defectos constructivos, como techos con goteras, aislamientos deficientes, roturas en las cañerías, humedad ascendente por capilaridad, etc. Pero existen modernas técnicas de preservación, tanto en su vertiente xilófaga como abiótica, que incluyen preservantes de origen orgánico no tóxicos que hacen de la madera un material incomedible. No debe olvidarse que los productos inorgánicos también necesitan de tratamiento para su conservación: es necesario proteger contra la corrosión el acero y el hierro con pinturas especiales y nadie discute esta necesidad (Fournier Zepeda, 2008).

Diseñadores y constructores por lo general desconocen el manejo, propiedades, comportamiento y ventajas estructurales y decorativas de la madera. Esto sumado a prácticas forestales, de procesamiento, secado, preservación, manipulación y almacenamiento inadecuadas, que afectan la calidad de la madera, principalmente la de plantación, desestimulan su uso. Su inestabilidad dimensional. Por ser un material higroscópico, que se hincha cuando absorbe agua y se contrae cuando la pierde, si el contenido de humedad de la madera no corresponde con la humedad de equilibrio higroscópico del lugar donde se va a utilizar, la madera puede experimentar cambios en su forma y color, grietas, rajaduras y deformaciones o torceduras, además del ataque de hongos e insectos. Este problema también está perfectamente solucionado con el correcto secado de la madera, ya sea a base de aire natural o por métodos especiales. El secado de la madera aporta las siguientes ventajas: estabilidad en forma y dimensiones; mayor resistencia mecánica; mejores propiedades térmicas, acústicas y eléctricas; menor peso, favoreciendo su transporte y manipulación; y mayor resistencia biológica, especialmente contra la pudrición y las manchas(Fournier Zepeda, 2008; Industrias, 2011).

Por otro lado, su comportamiento ante la acción del fuego. Las estadísticas demuestran que la mayoría de los incendios se inician en elementos combustibles contenidos en la construcción siniestrada (muebles, alfombras, cortinas, papeles, sustancias inflamables, etc.) o por cortocircuitos. Iniciado el incendio, lo que sí tiene importancia es la existencia de elementos de construcción que al quemarse despidan gases tóxicos. La madera, si bien es combustible, no es inflamable, debido a su estructura celular y muy baja conductividad del calor, resiste el desarrollo del fuego; la posibilidad de que arda depende de su distancia respecto al foco de fuego y de que sea alcanzada directamente por las llamas. No ocurre lo mismo con el hierro, el cual, por efecto del calor, colapsa: un ejemplo sobrecogedor de este comportamiento es lo que le ocurrió al World Trade Center en Nueva York. La estructura de madera, al encenderse, pierde de medio a un milímetro por minuto de espesor o altura, dependiendo del tipo de madera, por carbonización de las caras expuestas al fuego. El proceso de carbonización genera, además, cenizas que retardan la acción del fuego. Cuando la temperatura alcanza de 400°C a 500°C, la madera arde sin dejar de carbonizarse. Otro aspecto por considerar es que la madera posee un coeficiente de dilatación térmica muy bajo (0,000004 mm/°C), por lo cual los empujes por calentamiento en apoyos y empotramientos son mínimos, evitándose los colapsos por esta razón. Además, la madera tratada con retardantes para fuego puede soportar cargas de diseño por un largo periodo de tiempo (Fournier Zepeda, 2008; Keenan & Tejada, s/f).

b) Plásticos

Los plásticos tienen múltiples aplicaciones en el sector de la construcción y en equipamiento para interiores y exteriores. El hecho de que sean costo efectivo permite que sean accesibles a mayor cantidad de personas. Su alta resistencia al impacto a la corrosión y a las condiciones a la intemperie hace que soporten muy bien las condiciones climáticas extremas, como tormentas, viento, lluvia y granizo por tiempos prolongados, sin perder su integridad y protegiendo a la vivienda de estas adversidades (Dietz, 2003).

En efecto, son las propiedades de los plásticos, explotadas en forma aislada o combinada, las que hacen una contribución cada vez mayor a las necesidades de la construcción y equipamiento:

- **Durables y resistentes a la corrosión:** Por eso los plásticos son ideales en aplicaciones como los marcos de ventanas y cañerías, y en algunos casos en donde se requieren aditivos especiales que les confieran propiedades de resistencia a la luz UV, pudiendo así estas aplicaciones durar por décadas sin requerir reparaciones o tareas de mantenimiento.
- **Efectivos aislantes:** tanto del frío como del calor, lo cual permite ahorrar energía, por lo tanto, disminuir riesgos de contaminación. También aíslan los ruidos, por lo que reducen la contaminación auditiva y contribuyen a un ambiente más agradable y sano, reduciendo un factor de stress, como el ruido.
- **Son costos efectivos,** es decir tienen una muy buena relación costo/beneficio
- **No requieren de mantenimiento** (como pintura, por ejemplo). Reducción de riesgos de contaminación.
- **Son higiénicos y limpios:** por ser impermeables y fáciles de limpiar contribuyen a la dinámica y limpieza del hogar, protegiendo así también a la salud.
- **Son de fácil procesado e instalación:** así protegen la salud de quienes deben manipular con estos materiales, al disminuir las posibilidades de accidentes.
- **Son amigables con el medio ambiente:** pues ahorran recursos a través de una producción costo efectiva, por su fácil instalación y por su larga vida. Al finalizar su vida útil, los plásticos de la construcción pueden ser reutilizados, reciclados o transformados en una fuente de energía.
- **Son livianos:** por su bajo peso específico frente a otros materiales utilizados en la construcción y la posibilidad de utilizar menores espesores para iguales resistencias mecánicas y/o químicas reducen las horas hombre y protegen la salud de quienes manipulan los plásticos, al no

exponerlos a grandes esfuerzos físicos. También minimizan la necesidad de equipos pesados, como grúas. Los plásticos son más fáciles de transportar y almacenar. Todos estos factores disminuyen los riesgos de accidentes, de contaminación y protegen la salud (Albert Dietz G. H., 2008).

Tenemos en la clasificación más tradicional de los plásticos es aquella que la identifica según su temperatura de fusión y su comportamiento a la intemperie existen 3 tipos de plásticos:

Termoplásticos: Fluyen al ser calentado por encima de cierta temperatura. Por calentamiento y opresión se vuelven deformables, adquieren plasticidad y adoptan un estado viscoso líquido. Son termo conformables o remodelales por calor.

Termoestables: Permanecen insolubles y sin fluir hasta su temperatura de descomposición. Su temperatura de fusión es superior a la de los termoplásticos. A temperatura ambiente son rígidos y más estables. A pesar del aporte calórico no son moldeables como no adquieren plasticidad.

Elastómeros: Permanecen insolubles al fluir hasta su temperatura de descomposición. Su temperatura de fusión es superior a la de los termoplásticos y a temperatura ambiente se pueden deformar elásticos y deformables, además no son termo conformables.

- Termoplásticos
 - Esteres de celulosa
 - Polimetacrilato de metilo
 - Poliacrilonitrilo
 - Poliamida
 - Poliestireno
 - Policloruro de vinilo
 - Poliolefenicos
 - Policarbonato
 - Poliaramida
 - Geotextiles (formados por polietileno, poliamida y aramida)
- Termoestables
 - Resinas de silicona
 - Resinas de poliéster
 - Resinas de poliuretano

- Resinas de epoxi
- Resina de melaminicas
- Resinas fenólicas
- Elastómeros
 - Caucho
 - látex
 - Neopreno

Los plásticos se encuentran en productos como paneles simples con refuerzos de fibra de vidrio, paneles sándwich formados por espumas de poliuretano o poliestireno, perfiles para ventanas de PVC, siliconas, selladores, adhesivos, masillas, espumas, burletes, casetones, tuberías, baldosas, membranas, cintas, etc. (Albert Dietz G. H., 2008; Europe, 2012).

c) Metales

La mayoría de los metales se encuentran en la naturaleza combinados químicamente, en minerales conocidos con el nombre de menas, como la bauxita, la austenita, la piritita, el cementita o la sorbita. Solo el cobre, la plata y el oro son tan poco reactivos que, pueden encontrarse en estado natural sin combinarse, por esto se les llama metales nobles. Son densos, duros y tienen un elevado punto de fusión. Son todos sólidos, excepto el mercurio, el cesio, el galio y el francio, que se encuentran en estado líquido. Los metales son buenos conductores de calor. Son buenos conductores de la electricidad, debido a que sus electrones de valencia se mueven fácilmente cuando el metal se conecta a los terminales de un generador de corriente. Tienen un gran poder reflector y escasa absorción de la luz. Los electrones de los átomos se trasladan continuamente de un átomo a otro, generando una densa nube electrónica. Por eso los metales tienen brillo. Por el color pueden clasificarse en blancos: la plata, el platino, el aluminio, el estaño, el níquel; blancos azulados: el plomo, el zinc, el estaño; grises: acero y fundición; amarillos: el oro y las aleaciones, el cobre, etc. (Crespo Escobar, 2010; Valero Capilla, Antonio Valero Capilla, 2014).

Los metales más utilizados en la construcción son:

- Hierro
- Cobre

- Aluminio
- Titanio

Hierro. - El hierro (Fe) es un elemento químico de número atómico 26 y es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre 5% y entre los metales sólo el aluminio es más abundante. El núcleo de la Tierra está formado principalmente por hierro y níquel. Fundamentalmente se emplea en la producción de aceros, que son aleaciones de hierro (Fe) y carbono (C) en las que el contenido de carbono en disolución sólida en el hierro está por debajo del 2.1% si el porcentaje es mayor, recibe el nombre de fundición. Por tanto, no hay un solo tipo de acero sino muchos diferentes. El acero es el metal más utilizado en la industria de la construcción, debido a, su uso en estructuras de bajo costo y rápido armado. Además, se puede encontrar a menudo en placas de puentes, edificios educativos, rascacielos, hospitales, oficinas, estadios, y elementos de seguridad de viviendas. El acero de uso estructural es un material de fabricación industrializada, lo que asegura un adecuado control de calidad. Este material se caracteriza por una elevada resistencia, rigidez y ductilidad, por lo cual su uso es muy recomendable para construcciones sismorresistentes. Es importante recordar que la ductilidad del material representa su capacidad de soportar deformaciones plásticas sin disminuir su resistencia.

Aluminio. - El aluminio (Al) es un elemento metálico de la tabla periódica con el símbolo y el tercer elemento más común de la corteza de nuestro planeta, con un 8%. Hoy es difícil encontrar edificios sin aluminio. Sus propiedades físicas lo convierten en un material perfecto para los proyectos de construcción. El aluminio es ligero, pero es fuerte. Tiene una alta resistencia a la corrosión y su fluidez da una gran libertad a los arquitectos y diseñadores. El aluminio se utiliza a menudo en techos y paredes, marcos de ventanas, cubiertas de tejado, sistemas HVAC, y para la construcción de estadios y puentes.

Cobre. - El cobre (Cu), es un elemento metálico de la tabla periódica con el símbolo 29. El cobre es el metal conocido más antiguo usado por el hombre. Es uno de los metales más preciados para el desarrollo tecnológico, pues hasta ahora ningún otro material, por sí solo o en aleación, presenta sus propiedades de conductividad térmica o eléctrica con los mismos parámetros.

además, es uno de los materiales de ingeniería más versátiles disponibles en nuestro planeta, debido a, propiedades físicas como la conductividad, la resistencia a la corrosión, la ductilidad, etc., lo hacen adecuado para una amplia gama de proyectos. Dentro de la industria de la construcción, el cobre se usa con más frecuencia para revestimientos, cableado eléctrico, sistemas de calefacción, líneas de gas, sistemas de agua de lluvia y techos.

Titanio. - El titanio (Ti), es un elemento metálico de la tabla periódica con el símbolo 22. Las principales características del titanio como material de construcción son su peso ligero, gran resistencia e inmunidad a la corrosión y durabilidad. El color natural de titanio es un plateado metálico claro, con una superficie bastante brillante y reflectante que se mantiene a la intemperie. El titanio posee un coeficiente bajo de expansión térmica, la mitad del acero inoxidable y del cobre, y un tercio de aluminio, por esto es actualmente uno de los revestimientos más valorados. Las hojas de titanio que se pueden utilizar en techos son mucho más largas que las de los demás metales, reduciendo así el de coste de la instalación. Otros usos son en sistemas de calefacción y refrigeración debido a su alto nivel de resistencia a la corrosión. Pero el titanio también se puede encontrar en tuberías, techos, y algunos sistemas de seguridad que instalan placas o marcos para el refuerzo adicional de las estructuras (Crespo Escobar, 2010; Kottas, 2016).

d) Pétreos

La piedra es un material muy utilizado por el hombre a lo largo de la historia, por propiedades como: dureza, resistencia, durabilidad y textura. En la edificación también existen otros materiales pétreos artificiales, es decir configurados por el hombre a base de los naturales, como son el ladrillo y el hormigón; no obstante, la piedra natural sigue siendo utilizada y apreciada como signo de calidad, especialmente en edificaciones notables, concebidas para perdurar durante generaciones, como las construidas por civilizaciones como la egipcia, maya etc. Los materiales pétreos naturales utilizados en construcción en el pasado y presente normalmente se encuentran alrededor de las zonas de construcción, por lo cual sus costos de extracción y procesamiento son bajos. Así, los bloques de

piedra presente en pirámides poseen piedras presentes en zonas cercanas a su ubicación (Arteaga-Arcos et al., 2013; Martín Moreno, 1994).

Para Alonso Rodríguez et al. (2006), los materiales pétreos son formaciones naturales que tardan grandes periodos de tiempo en formarse, por eso su composición es tan diversa. El ciclo de las rocas o ciclo litológico se refiere a la descripción de los procesos geológicos, que atraviesan las rocas para transformarse en alguno de estos tres tipos de roca: ígneas, sedimentarias o metamórficas. Alrededor del 65% de la superficie continental (excluyendo la superficie de los océanos) está formada por rocas sedimentarias, y las rocas ígneas y metamórficas forman el 35% restante. Los pasos para la formación de una roca en general son los siguientes:

“El magma, por ejemplo, que se forma a una gran profundidad por debajo de la superficie de la Tierra, se enfría y se solidifica (*cristalización*), ya sea debajo de la superficie terrestre o en la superficie, originando las rocas ígneas. Cuando las rocas ígneas afloran en la superficie experimentarán un *proceso sedimentario*, dando lugar a una roca sedimentaria; si esta roca sedimentaria, además, es enterrada a profundidad y es sometida a *procesos metamórficos*, la roca reaccionará ante el ambiente cambiante y se convertirá en una metamórfica. Finalmente, cuando ésta última es expuesta a cambios de presión adicionales o a temperaturas aún mayores se fundirá, creando un magma que nuevamente acabará cristalizando en rocas ígneas. Cabe decir que algo común a todos estos cambios es que requieren de grandes cantidades de tiempo para realizarse.” (Mexico, 2020)

Las piedras utilizadas en construcción son materiales pétreos, aunque es evidente que no todas las rocas presentes en la naturaleza son aptas para dicho fin. En concreto, las rocas utilizadas como piedras naturales deben ser materiales coherentes, obtenidos a partir de bloques de roca libres de discontinuidades. Cuando las condiciones de explotación son favorables y pueden obtenerse bloques de una roca relativamente dura, coherente y que mantiene esas propiedades en el tiempo, se extrae la roca en canteras y, elaborada por el hombre en talleres, se utiliza en construcción. Actualmente se utilizan cada vez

más las rocas ornamentales, en forma de losas de revestimiento, y su difusión es mucho mayor (Crespo Escobar, 2010).

e) Cerámicos

Los materiales cerámicos utilizados en la actualidad tienen en composición, la arcilla como materia prima en combinación con el agua. Sin embargo, hoy en día los agregados son adicionalmente materiales fundentes como el óxido de hierro, carbonato de calcio, feldespato, etc.; estos facilitan la cocción mejorando los tiempos y reduciendo la demanda de energía. Entre las cualidades más destacables de los materiales cerámicos se encuentran, resistencia mecánica, la resistencia a la temperatura y la durabilidad. Se trata de un material que puede resistir la vida útil de un edificio, permitiendo que hoy en día podamos observar las baldosas originales de construcciones de miles de años. Otra es su elevada inercia térmica, lo que permite que actúe de manera muy eficiente como regulador del calor (Crespo Escobar, 2010).

En la actualidad las arcillas están muy caracterizadas y se pueden encontrar en casi todos los lados alrededor del mundo. Las arcillas son materiales minerales laminares de partículas muy pequeñas de silicatos hidratados de alúmina. Minerales como caolín, montmorillonita y lilita con propiedades de Plasticidad, Anisotropía, Capacidad aglutinante y óxidos presentes que otorgan el color característico. Las arcillas son un compuesto de la pulverización de la roca madre original y se considera como una acumulación natural. Además, poseen un comportamiento físico muy peculiar frente al agua, la plasticidad, e incluso se endurecen cuando son secadas o sometidas a tratamientos térmicos a alta temperatura. Las arcillas pueden ser clasificadas atendiendo a multitud de parámetros; como la mineralogía de su roca madre (ricas en caolinita), a su quimismo (alto contenido en alúmina), a su origen geológico (de tipo sedimentario), a sus propiedades físicas (plasticidad, reología, etc.), a su utilización industrial (sector refractario), a su comportamiento geotécnico (ingeniería geológica), etc. (Díaz Rodríguez & Torrecillas, 2002).

Arcilla común es utilizada en el sector cerámico de la construcción y en alfarería. Se llama arcilla común a toda materia prima arcillosa de amplia distribución de afloramiento, que, por sus propiedades físicas y sus no muy exigentes especificaciones químico-mineralógicas. Principalmente el grupo de las micas (illitas, moscovitas, etc.) y en menores proporciones los de los grupos del caolín, cloritas, esmécticas y hormitas. La presencia de desgrasantes, como el cuarzo, los carbonatos, etc., y sus diferentes tamaños de grano hace que sus propiedades cerámicas sean muy variadas, tendiendo hacia plasticidades bajas y puntos de vitrificación inferiores a los 1100°C. Los principales usos son en ladrillos huecos o caravista, tejas, y azulejos para pavimentos y revestimientos; también se emplean en cemento como agregados ligeros (Díaz Rodríguez & Torrecillas, 2002; Garcia Leon et al., 2018).

f) Pinturas

La pintura es una mezcla líquida o pastosa de agentes químicos y pigmentos pulverizados. Aplicada sobre la superficie, por inmersión o imprimación desarrolla un proceso de curado que la transforma en una película sólida, plástica y adherente, que la protege la superficie de un material y cambio el color de un elemento. El color es una percepción visual, de señales electromagnéticas que están en la parte visible del espectro electromagnético, que llegan a los nervios ojo humano, y son procesadas por el cerebro. Los pigmentos refractan la luz y el color percibido es lo reflectado. Los elementos que las conforman son diversos, esto debido al avance tecnológico y científico de las pinturas. Sin embargo, se pueden identificar elementos principales en ellas como son:

- ❖ Pigmentos: La función principal es la de conferir color y opacidad a la capa de pintura. Son generalmente sustancias sólidas de forma de polvo de muy fina granulometría existen diferentes tipos
- ❖ Cubrientes: Genera opacidad en la película de pintura
- ❖ Anticorrosivos: utilizados en las imprimaciones o primeras capas para evitar o inhibir la corrosión.
- ❖ Extendedores o cargas: son utilizados en capas de fondo para conseguir películas mates o satinadas con relleno en la estructura de la película, y

para mejorar la protección anticorrosiva. No poseen opacidad y apenas influyen en el color final.

- ❖ **Ligantes:** es usado como como aglutinante que confiere la posibilidad de formar una película curada del que dependen las propiedades mecánicas y químicas de la pintura y por tanto su capacidad protectora.
- ❖ **Disolventes:** su función es básicamente permitir la aplicación de pintura por el procedimiento adecuado, confiriéndole viscosidad apropiada, facilitar la fabricación y estabilidad una vez envasada (Crespo Escobar, 2010; Galvañ Llopis & Palaia Pérez, 1986).

Además de estos elementos existen otros especiales como elementos metálicos, nacarante o intumescentes, antisopos, tóxicos, aditivos, espesante, mateantes, secantes, estabilizantes, fungicidas, estabilizantes y plastificantes. Las propiedades Fisicoquímicas, que motivan la aplicación de una pintura, van desde buena adhesión, resistencia a la abrasión, durabilidad, dureza, resistencia a la corrosión, impermeabilidad, etc.

Las pinturas por el proceso de aplicación se clasifican en:

Pinturas de secado por evaporación

En estas el ligante no sufre variación durante el proceso de secado. Ya que, contienen una adherencia excelente entre capas, bajo contenido de sólidos y alta viscosidad.

Pinturas de secado oxidativo

Se caracteriza por poseer ácidos grasos en su estructura. El secado se realiza por absorción de oxígeno del aire después de la evaporación de los disolventes.

Pinturas de secado al horno

Estas deben ser sometidas a altas temperaturas para su secado, entre los 100 y 200° centígrados por un periodo de 5 a 30 minutos. Estas pinturas adquieren propiedades finales después de haberse curado en el horno a diferencia de las que utilizan ligantes de secado oxidativo, en las que la adherencia máxima o dureza o resistencia a los agentes agresivos puede tardar meses en llegar a su nivel máximo.

Pinturas de secado reactivo

En ellas la reacción debe producirse con un segundo componente denominado catalizador o endurecedor añadido previamente a su aplicación. Estas pinturas, aunque precisan algunos días para catalizar el endurecimiento total, después de conseguido presentan propiedades similares e incluso superiores a las de secado por evaporación, oxidativo y al horno.

O por la función que desempeñan en las siguientes:

Imprimaciones

Son las primeras capas de pintura en contacto directo con la superficie, fuertemente ligada y con bajo contenido del ligante. Sirven de anclaje para las siguientes manos y evitan la oxidación en superficies metálicas por medio de pigmentos anticorrosivos.

Capas de fondo o intermedias

Se aplican sobre la imprimación para aumentar el espesor del sistema de pintura para evitar dar varias capas de acabado. La relación pigmento ligante es inferior a las imprimaciones, pero superior a las pinturas de acabado.

Pinturas de acabado

Son recubrimientos no cubrientes por opacidad es decir compuesto solamente por ligando y disolvente punto se emplean para embellecer y proteger la madera, plásticos y metales. Pueden ir en ocasiones pigmentados con colores solubles o pigmentos transparentes

Pinturas al temple

Tiene como aglutinante colas celulósicas y como pigmento el yeso o el sulfato de calcio, es una pintura barata y de poca calidad, no lavable y resistente a la humedad por lo que no debe ser aplicada en interiores.

Pintura a la cal

Está compuesta por cal apagada disuelta en agua y algunos pigmentos. Su principal utilización es el blanqueado y no debe ser aplicada sobre metales maderas.

Pintura al cemento

Es otro tipo de pintura al agua compuesta por silicato de potasio y pigmentos minerales. Es un buena en exteriores sobre superficies de hormigón, cemento, vidrio y hierro, pero no es apta sobre el yeso.

Pintura al aceite

las pinturas al aceite actualmente han caído en desuso por haber sido superadas por otras con mejores características de acabado y resistencia al paso del tiempo como barnices o esmaltes sintéticos punto estás formuladas en base a aceites naturales como la linaza Hola teka con pigmentos que logran colorear distintas superficies de madera o metales y sin ellos para la protección donde se destaca su perfecta penetración en las fibras

Pintura plástica

Pintura que se usa como aglutinante en un tipo de resinas acrílicas o plásticas.

Esmalte sintético

Es una combinación química de resinas sintéticas y aceites secantes que se disuelve en un solvente como el aguarrás punto su acabado puede ser apta para la protección de superficies.

Pintura bituminosa

Están formuladas a base de Brea sí alquitranes, y se diluyen con solventes como el aguarrás.

Esmalte graso

Está compuesto por los mismos elementos que el esmalte sintético, pero con diferencia en que en vez de ser una combinación química es una simple mezcla.

Pintura al cloro-caucho

También llamada resina de cloro-caucho, se obtiene de la industria petrolera. Para mayor elasticidad se le agrega un agente plastificante.

Pintura epoxi

Se fabrican separadas en dos componentes, una resina epoxi y el endurecedor, en el momento de la aplicación se mezclan formando una sustancia que debe aplicarse rápidamente previa a su endurecimiento

Pintura Brea epoxi

Se compone al igual que la anterior con el agregado de sustancias bituminosas resistentes al agua e impermeables.

Pintura vinílica

Similar a la pintura plástica, pero utiliza un como aglutinante la cola vinílica.

Barnices

Está compuesto por sustancias resinosas que se disuelven en algún disolvente como el aguarrás punto puede ser de origen natural o sintético.

Pintura ignífuga

Este tipo de pintura es a prueba de fuego, no arde ante la exposición de las flamas e incluso capaces de contenerlas momentáneamente (Crespo Escobar, 2010).

g) Compuestos

Un material compuesto es una combinación de materiales de la clasificación previamente enlistada constituido a partir de una unión no química, insolubles entre sí, de dos o más componentes. Esta unión crea un nuevo material con propiedades y características específicas diferentes a sus elementos. Podemos identificar dos fases en la configuración de un material compuesto, una continua, constituida por la matriz, y una discontinua denominada refuerzo. Los componentes de un material compuesto no deben disolverse ni fusionarse completamente unos con otros. La identificación de los materiales y la de su composición, debe de ser distinguible por medios físicos. Las nuevas propiedades

del nuevo material dependen del tipo de interfaz y de las características de los componentes. Los materiales compuestos se clasifican generalmente en:

- a) Materiales compuestos de matriz metálica
- b) Materiales compuestos de matriz cerámica
- c) Materiales compuestos de matriz polimérica

Los materiales compuestos de matriz metálica se ocupan principalmente en industrias aeroespaciales o automotrices. Sus características son, que poseen alta resistencia mecánica y bajo peso. Estos se dividir en tres grandes grupos

1. reforzados con fibra continua
2. reforzados con fibras discontinuas
3. reforzados con partículas

Ejemplo de estos materiales son aleaciones de aluminio con refuerzos de fibra, con refuerzos de boro y otras aleaciones reforzadas con partículas de alúmina y silicio (Galicia-Aldama et al., 2019; Mecánica et al., 2016; Santamarina, 2015).

Por otra parte, los materiales compuestos de matriz cerámica se caracterizan por tener propiedades mecánicas de resistencia y la tenacidad similar a los cerámicos, pero agregando la ductilidad y otras propiedades de otros, son especialmente buenos con las altas temperaturas. Para su entendimiento se pueden clasificar generalmente de la misma manera que los compuestos de matriz metálica. Las principales fibras de refuerzo que se combinan con las matrices cerámicas son carburo de silicio y de óxido de aluminio (Galicia-Aldama et al., 2019; Moreno, 2008).

En cuanto a los materiales compuestos son aquellos materiales en los cual es la matriz está constituida por un polímero y un refuerzo de fibra sintética u orgánica. Los materiales compuestos de matriz polimérica cuentan con buenas propiedades contra la corrosión y a los agentes químicos. Además, por sus características químicas, pueden ser moldeados en formas libres. Entre los materiales compuestos por matriz polimérica podemos identificar los termoestables, cuyos principales materiales son las resinas de poliéster, el vinil, el epoxi y las resinas fenólicas. Ejemplo de estos materiales son las fibras de vidrio fibra, de carbono etc.

Clasificación funcional

En el ámbito comercial los materiales constructivos tienen una gran diversidad, su existencia responde a múltiples criterios, sin embargo, su elección, responde a su objeto de existencia principalmente.

“Su selección debe estar clara esto evitara un mal desempeño e inconformidad en los espacios, además de que brindara a estos últimos de las condiciones de confort especificadas para su uso. Una negación en la diferenciación de los elementos, así como la homogenización de los materiales puede desencadenar una vivienda bajos niveles de habitabilidad. Otra clasificación relevante es la funcional, que está condicionada al tipo de edificación y la delimitación del área geográfica. Un edificio es considerado como un espacio cerrado, delimitado por una serie de elementos que configuran el mismo, estos elementos pueden ser de múltiples materiales y medidas, sin embargo, es necesario establecer las definiciones necesarias para su discurso y así identificar las diferencias en su función. Cerramientos se consideran a todos aquellos elementos construidos que delimitan el espacio de la vivienda y pueden o no están en contacto con el medio ambiente, estos se dividen de acuerdo con su medio de contacto como lo explica el siguiente diagrama (ARELLANO VAZQUEZ, 2015, P 20-21).”.

TABLA 3 TIPO DE CERRAMIENTO DE ACUERDO CON SU FUNCIÓN EN LA DELIMITACIÓN ESPACIAL
(Arellano Vazquez, 2015).



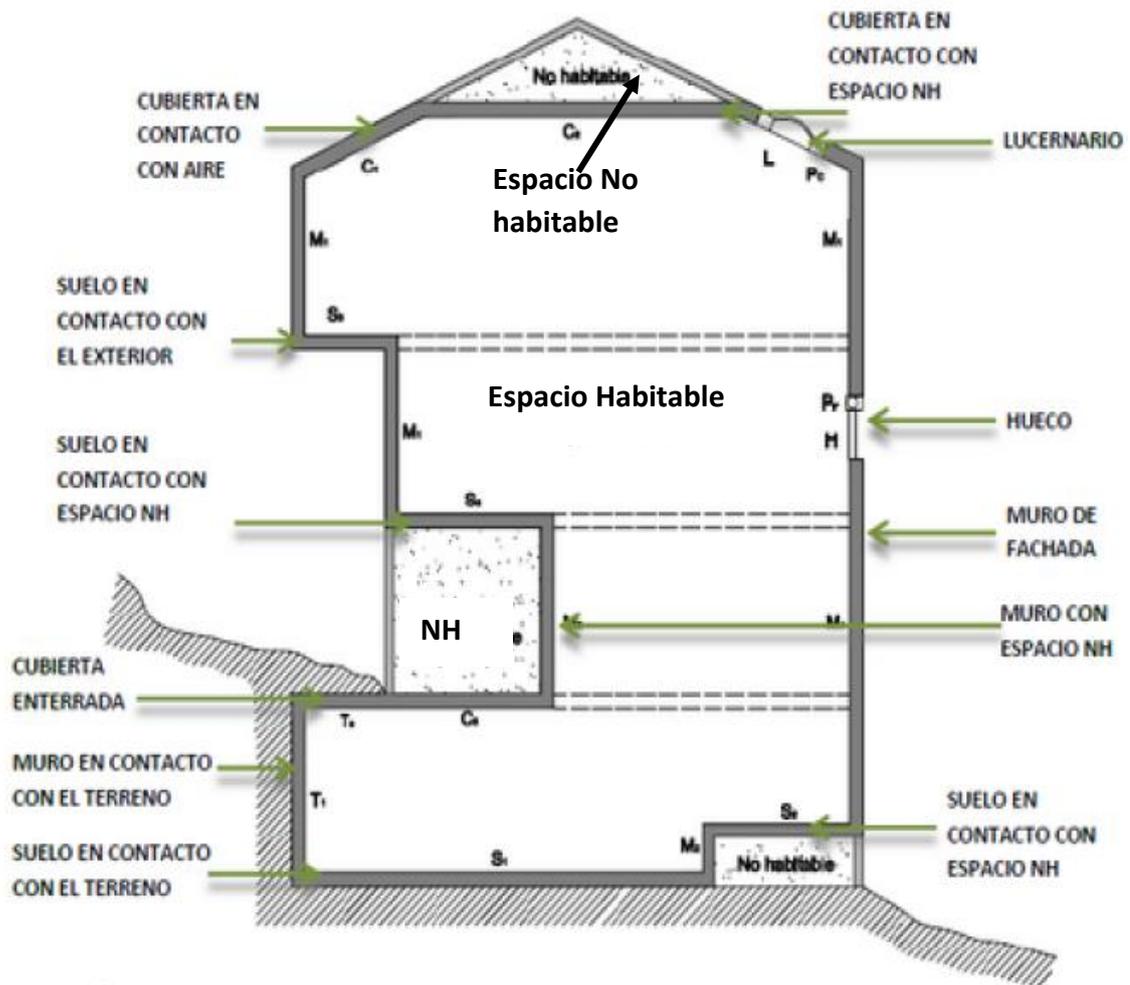


ILUSTRACIÓN 3 APLICACIÓN DE LOS CERRAMIENTOS EN UNA VIVIENDA (Arellano Vazquez, 2015)

Fachada

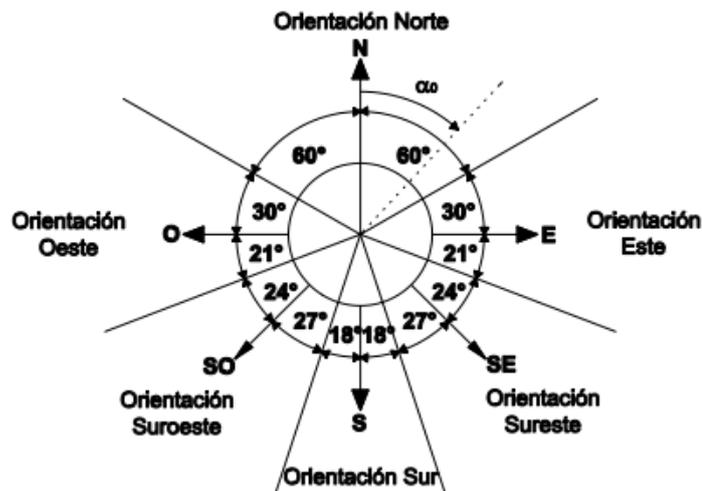
La fachada es la parte principal del edificio, cumple una función sensorial más importante que el resto de los cerramientos, ya que esta configura la forma del edificio. Las fachadas además deben ser impermeables al agua, y aislar el interior térmico. Aunque las fachadas son tan variadas por su función pueden clasificarse de la siguiente manera (FCIRCE, 2014).

- a) De obra: realizada con el ladrillo expuesto o revestido con cemento o mortero.
- b) De tipo prefabricado: pueden ser de paneles prefabricado de yeso, acero, hormigón, sándwich, o madera
- c) De tipo Ventilada: con una cámara de aire embebida entre sus materiales.

- d) De tipo ligero: elaboradas como sistemas de sombra.
- e) De tipo prefabricada: pueden ser de paneles prefabricado de yeso, acero, hormigón, sándwich, o madera (FCIRCE, 2014).

Muros

Los muros son cerramientos que se configuran con elementos estructurales y de delimitación, impermeables, aislantes y ligeros. Todos los muros expuestos a la vista exterior y en contacto con el aire se convierten en parte de la fachada. Sin embargo, se clasifican como muros los cerramientos que tienen una inclinación máxima del 60% respecto a la normal y se agrupan de acuerdo con su orientación en seis:



Norte	$\alpha < 60; \alpha_0 \geq 300;$
Este	$60 \leq \alpha_0 < 111$
Sureste	$111 \leq \alpha_0 < 162$
Sur	$162 \leq \alpha_0 < 198$
Suroeste	$198 \leq \alpha_0 < 249$
Oeste	$249 \leq \alpha_0 < 300$

ILUSTRACIÓN 4 CLASIFICACIÓN DE LOS MUROS DE ACUERDO A SU ORIENTACIÓN (Arellano Vazquez, 2015; Ministerio de Fomento, 2017).

Los muros a su vez configuran en el espacio interior cumplimiento la función de segmentar. Los muros divisorios a contraste con los muros medianeros cumplen fragmentar el espacio interior, para mantener la privacidad, el calor, el ruido, dentro de los espacios asignados.

Huecos

Los huecos tienen la función de transferencia de fluidos y energía entre el espacio y el medio. Sistemas de iluminación natural y tránsito entre los diferentes espacios de la vivienda, son ejemplos de situaciones para la aplicación de huecos. Con objetos como puertas, ventanas, lucernarios y otros, los huecos brindan la cantidad de iluminación necesaria en un edificio para cumplir su función.

Cubiertas

La cubierta cumple una de las funciones principales encuentro a la protección climática del espacio, además estas delimitan la transferencia de calor con el medio, representada hasta en un 30% de las pérdidas de energía interna. Su resistencia mecánica es menor a los suelos, sin embargo, debe considerarse las cargas eventuales como granizo, y el soporte sistemas de aprovechamiento solar.



ILUSTRACIÓN 5 EJEMPLO DE CUBIERTA CON SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO (Arellano Vazquez, 2015)

Suelos

Los suelos son los responsables de cargar el peso total de la edificación. Las cargas varían entre cargas estáticas y cargas dinámicas, entre las estáticas podemos considerar la estructura, cerramientos y otros, entre las dinámicas, mobiliario, tránsito, nieve, maquinaria, etc. La transferencia de calor entre el suelo y la edificación es otra consideración importante para la adecuación o acondicionamiento de estos. Los suelos a su vez están en contacto con el aire o con la tierra, lo cual es de gran importancia para determinar su estabilidad a lo largo del tiempo, debido a su exposición con la radiación solar y deslavamiento pluvial (Arellano Vazquez, 2015).

2.2.2 Marco conceptual

Absorción acústica: capacidad que poseen todos los materiales para absorber una porción de la energía de las ondas sonoras cuando éstas inciden sobre ellos, reduciendo así la cantidad de energía sonora que es reflejada por el material (Jones & Brischke, 2017).

Adherencia: Resistencia tangencial que se produce en la superficie de contacto de dos cuerpos cuando se intenta que uno se deslice sobre otro (Crespo Escobar, 2010).

Anisotropía: es la tendencia de un material a presentar una diferencia en el valor de sus propiedades, en función de la dirección en la que se miden. Aplicado a un laminado polimérico, cuando las propiedades en direcciones paralelas a la longitud y anchura de este difieren, o cuando la propiedad en la dirección paralela al espesor no coincide con las de laminación (Alonso Rodríguez et al., 2006).

Combustibilidad: es una propiedad química que mide la facilidad con la que una sustancia se incendia, ya sea a través de fuego o combustión (Hasanbeigi et al., 2012).

Conductividad térmica: es una propiedad física que describe la capacidad de un material de transferir calor por conducción (Crespo Escobar, 2010).

Resistencia a la corrosión: se refiere a la dificultad con que un material puede tener deterioro a consecuencia de un ataque electroquímico su entorno.

Resistencia a la intemperie: Propiedad que permite a un material resistir la acción de los agentes externos y atmosféricos (Crespo Escobar, 2010).

Dureza: Propiedad que permite a un material resistir la acción de los agentes externos y atmosféricos (Crespo Escobar, 2010).

Ductibilidad: propiedad de los materiales de deformarse bajo la acción de una fuerza, plásticamente de manera sostenible sin romperse (Crespo Escobar, 2010).

Maleabilidad: es la propiedad de adquirir una deformación mediante una compresión sin romperse (de Obeso Partida, 2007).

Dureza: resistencia que opone el material a su deformación plástica superficial por rayado o penetración (Crespo Escobar, 2010).

Elasticidad: propiedad mecánica de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan (de Obeso Partida, 2007).

Resistencia a la Fatiga: es la propiedad de un material de resistir cualquier tipo de deformación a cargas cíclicas (Crespo Escobar, 2010).

Fragilidad: es la facilidad para romperse un material por la acción de un impacto (de Obeso Partida, 2007).

Tenacidad: es la capacidad de un material de soportar, sin deformarse ni romperse, los esfuerzos bruscos que se le apliquen (Centro de Información Gerencia Técnica & Ambiente, s/f).

Higroscopicidad: Propiedad de algunas sustancias de absorber y exhalar la humedad según el medio en que se encuentran(Crespo Escobar, 2010).

Impermeabilidad: Propiedad física d de materia para ser penetrado por un fluido (Crespo Escobar, 2010).

Conductividad térmica: propiedad física de los materiales que mide la capacidad de transferencia de calor entre dos cuerpos en contacto (Calderón et al., 2010).

Resistencia térmica: es la oposición de los materiales al flujo de calor por conducción (Garcia Leon et al., 2018).

Dilatación térmica: es el proceso por el cual los cuerpos aumentan su volumen debido a su temperatura (Crespo Escobar, 2010).

Conductividad eléctrica: capacidad de un material o sustancia para facilitar el flujo de electrones a través de él (Crespo Escobar, 2010).

Resistencia eléctrica: es la oposición de los materiales al flujo electrones a través de él (de Obeso Partida, 2007).

Plasticidad: Propiedad que tiene un material de ser moldeado o trabajado para cambiarlo de forma.

Resistencia mecánica: Es la resistencia de un material a una carga puntual o distribuida de compresión, flexión, torsión o a un esfuerzo cortante (Crespo Escobar, 2010).

Resistencia al impacto: Es la resistencia de un material a recibir una fuerza acelerada (Crespo Escobar, 2010).

Resistencia a la abrasión: Es la propiedad de una superficie a generar fricción con otra contigua (Crespo Escobar, 2010).

Resistencia acústica: Es la capacidad de absorción de la energía en forma de onda sonoras y su disipación en un material (Crespo Escobar, 2010).

Viscosidad: es la resistencia al movimiento de las partículas de un fluido, la cual emerge de las colisiones entre las partículas del que se mueven a diferentes velocidades (Crespo Escobar, 2010).

2.3 LA EDIFICACIÓN SOSTENIBLE

El cambio climático, la pérdida en la biodiversidad, la degradación del ecosistema y su productividad, se perfilan como asuntos trascendentes del siglo pasado; así como los más grandes desafíos de la humanidad en el siglo XXI, no solo por mantener el actual modelo de desarrollo, también para garantizar el futuro de la humanidad. Cuando se analiza el agotamiento de los recursos abióticos y más de sus reservas; así como el consumo de energía partir de recursos fósiles es difícil no pensar en la construcción, la cual en proceso de elaboración del cemento el material constructivo más utilizado en el mundo genera enormes cantidades de GEI, además consume enormes cantidades de recursos pétreos por procesos como la minería. Es urgente desacoplar la construcción en medida de lo posible de los efectos ambientales que colaboran con los actuales problemas. A partir del protocolo de Kyoto la edificación sustentable, ha sido impulsada en todo el mundo, esta se ve como las prácticas de desarrollo con menor impacto, procesos que no consuman tanta energía, soluciones arquitectónicas que permitan reducir los recursos en la etapa de uso y muchas otras. Además, este tipo de edificaciones que se realizan “con características de diseño y construcción orientados al ahorro de agua y energía, el confort, la accesibilidad, la seguridad y la creación de un desarrollo económico y social.” La diferencia principal entre la edificación y la edificación sustentable morfológicamente es la palabra sustentabilidad (Arellano Vazquez, 2015; Carmona & Whiting, 2015; Hernandez Neria, Gerardo Rubio Toledo, Miguel Angel Santamaria Ortega, 2017).

La sustentabilidad es un concepto introducido por primera vez en el siglo XVIII en biología, para indicar la evolución de los individuos jóvenes hacia la fase adulta. Pero el concepto evoluciono debido al informe de Brundtland de 1987 originalmente llamada *Our Common Future* y creado por la Comisión Mundial Para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, y define el concepto de desarrollo sostenible como:

“El desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Segura, 2018, p)

Esta interpretación tridimensional, la dimensión económica, la social por último la ambiental. El concepto de desarrollo sostenible es muy aceptado y utilizado actualmente, tanto por la comunidad científica como por la política, inclusive como herramienta de la mercadotecnia; pero en su esencia más profunda se a evaluar en el desempeño de cualquier acción en las tres dimensiones; y ejecutarla sin comprometer la posibilidades de ejecutar la misma tarea por parte de las futuras generaciones (Aranda & Valero, 2010; Segura, 2018)

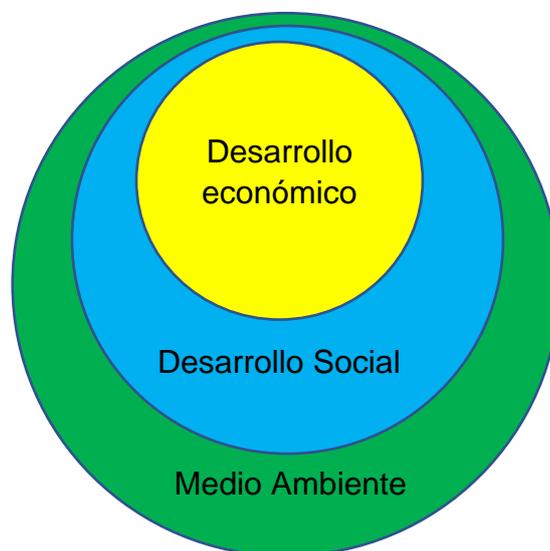


ILUSTRACIÓN 6 EL DESARROLLO SUSTENTABLE SEGÚN BRUNDTLAND Y SEGURA (Pérez Peláez, 2017) (Arellano Vazquez, 2015)

Discusiones más recientes vinculan al desarrollo sostenible con la búsqueda sostenida y igualitaria de las mejores condiciones de vida para la humanidad, tomando en cuenta medidas de conservación ambiental. Para alcanzar esto es importante no sobrepasar la ciclicidad de absorción de la naturaleza, mediante el control de los desechos descargados al ambiente. Aunque el desarrollo sostenible pareciera ser un concepto muy dimensionado, es necesario reconocer que es un concepto más complejo, ya que este persigue la reintegración a la superestructura biológica del ser humano. Para avanzar hacia ese estado se requiere un equilibrio

en los ecosistemas, ya de eso depende la disponibilidad de los recursos. Para eso es necesario modificar la relación con el ambiente y las posibles realidades derivadas; ya que solo así se pueden gestionar los cambios con el fin de no poner en peligro su potencial de desarrollo. En las relaciones hombre naturaleza es posible identificar tres modelos según Descola (2001), la rapacidad, la reciprocidad y la protección; estos modelos relacionales, explican la postura de la sociedad o un individuo con su medio (Bermejo Gomez de segura, 2014; IPCC, 2007; Pérez Peláez, 2017).

Cuando se habla de desarrollo sustentable en todas sus definiciones, se comparte un ideal común; la necesidad de compatibilizar la estabilidad ambiental con el continuo crecimiento económico. Sin embargo, esto en la práctica ha resultado contradictorio, ya que el desarrollo económico se sostiene, pero el desarrollo ambiental no, el desarrollo sustentable lo promueve los economistas y el modelo económico, buscando mantener la economía antes que la equidad social. Para trascender del concepto de desarrollo sustentable, es necesario ir más allá de la inclusión de la esfera ambiental en las actividades económica y sociales; avanzar en la administración y la eficiencia en el uso de los recursos naturales, mediante nuevos modelos de interacción en la vida, que tengan una permeabilidad mayor en las sociedades locales, y que la división entre países, ya no sea una limitante para estos modelos que buscan atender un tema global. Ya que es aceptado que lo que sucede en un rincón del planeta puede causar un efecto no deseado en otro punto distante.

Esto debe ser considerado para trascender a una economía regenerativa, donde las medidas que se adopten facilitan la implementación de acciones racionales en función de impactos producidos, tomando en cuenta la economía, pero no como razón principal. Sólo de esta manera la política ambiental podrá ver su trabajo reflejado en hechos concretas de la práctica y despertará un interés mayor por evitar el deterioro ambiental. Es urgente conocer de manera cuantificable que cantidad del ambiente es sacrificada en nombre del progreso y qué tipo de desarrollos se ven entorpecidos por los efectos de otra actividad.

USO DE INDICADORES AMBIENTALES

El interés por el desarrollo sustentable y la creciente preocupación pública por el cambio climático y otros problemas ambientales ha obligado a la sociedad a generar sistemas para monitorear su estado, y detectar anticipadamente tendencias de cambio o posibles riesgos. Pero también es importante conocer el desempeño ambiental de la implementación de políticas de prevención y la verificación de la normativa ambiental. Es de esta necesidad que surgen los indicadores ambientales que en la actualidad tienen gran desarrollo y aceptación como herramientas indispensables para dirigir las futuras acciones hacia un desarrollo futuro sustentable (van Oers et al., 2002).

En especial, los indicadores ambientales brindan, en primera mano un informe sobre el estado de una característica específica del medio ambiente, en segunda, permiten conocer las relaciones entre las diversas actividades y su impacto en los subsistemas que componen el medio ambiente. Por último, brindan información necesaria para elaborar planes de contingencia ante el deterioro. Los indicadores ambientales pueden ser vistos como equivalentes a los indicadores de bienestar social o de desarrollo económico, los cuales tienen mayor desarrollo y aplicabilidad en la comunidad internacional. Aunque los indicadores son sintéticos y tienen propósitos puntuales, requieren cierta flexibilidad debido a su entorno dinámico, deben ser revisados constante en orden de reflejar los objetivos cambiantes de las políticas públicas, priorizando problemas ambientales de su actualidad (Mercader et al., 2012).

Los indicadores son índices que evalúan la aportación de las actividades humanas, en los principales problemas ambientales. Entonces es indispensable conocer cuales son ese problemas, que ya se encuentra establecidos y priorizados, ejemplo de estos problemas y sus indicadores son los siguientes:

TABLA 4 IMPACTOS AMBIENTALES INCLUIDOS EN EL MODELO EPD 2013 Y SUS UNIDADES EQUIVALENTES

Impacto reportado	Unidad
Acidificación	kg SO2 eq
Eutrofización	kg PO4 eq

Potencial de calentamiento global	kg CO2 eq
Oxidación fotoquímica	kg C2H4 eq
Degradación de la capa ozono	kg CFC-11 eq
Agotamiento de los recursos abióticos	kg Sb eq
Agotamiento de los recursos abióticos, combustibles fósiles	MJ

La inquietud central respecto a un impacto ambiental es establecer el tipo de alteraciones que son molestas. En este sentido, los principales componentes químicos o unidades de energía están establecidos con base en estudios científicos y reflexiones de organismos especializados internacionales, sobre los principales factores que influyen en la problemática. También otros procesos de estandarización de unidades o equivalencia entre los factores han sido desarrollados en estos acuerdos. Como la equivalencia de GEI elaborada por el IPCC en su cuarto reporte. Así podemos encontrar equivalencias para generar datos en cada uno de los problemas mencionados (Del Borghi et al., 2010; IPCC, 2007).

En lo respecta a México se han retomado ciertas iniciativas para fortalecer los objetivos del desarrollo sustentable, para Jardon (1995), se ha estado buscando la manera de instaurar un régimen jurídico normativo, el cual coordine las problemáticas ambientales y la utilización sustentable del stock de capital natural, previniendo que el grado de capacidad de dichas normas y su aplicabilidad hagan de ellas mecanismos efectivos de preservación del ambiente y de los recursos naturales. En este sentido, se han generado distintas estrategias para para alcanzar dicho desarrollo sustentable, desde 1988 se establecido la ley del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, en donde específicamente en el artículo 3° - inciso XI, define que el desarrollo sustentable se concibe como

“el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa

la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras”
(SEMARNAT, 2012, p9)

México ha sido en los últimos años un actor fundamental en la definición de los principios establecidos en la agenda 2030, ya que tuvo una participación muy activa en los foros. Además, es uno de los miembros activos en otros acuerdos como el de París, antes protocolo de Kyoto, el cual ha ratificado y tiene como objetivo desacoplar la economía de la emisión de GEI. En la agenda 2030 México tiene acuerdos en 16 de los 17 objetivos entre los cuales, se compromete a declarar, la energía renovable consumida, destaca la ausencia de generar indicadores de una producción sostenible o indicadores de comunidades y ciudades sostenibles (INEGI, 2019). El acuerdo de París a:

- Una reducción no condicionada del 25% de sus emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes climáticos de vida corta espacio se (CCVC) como es decir 22% de gases de efecto invernadero y 51% de carbono negro.
- A reducir sus emisiones del sector industrial generando el 35% de energía limpia en 2024 y 43% al 2030 (IMCO, 2016).

Este tipo de evaluaciones en el desempeño ambiental forma solo una parte en la disminución de los efectos no deseados, ya que medir por completo el impacto es imposible, mediante la intervención del hombre. Aun así, la sustentabilidad es la visión más acertada para reintegrar los valores ambientales y disminuir los impactos, en el desarrollo de las edificaciones. Para transformar el paradigma dominante en la actual sociedad de consumo, el valor económico es primordial y los beneficios sociales deben ser tangibles; de esta manera los valores olvidados y omitidos en los comportamientos de la humanidad tendrán una reintegración más orgánica. Por ejemplo, los ecomateriales, que pueden ser monetariamente más costosos, sin embargo, estos se consumen debido a que estos obtienen un beneficio social tangible, el reconocimiento de lo diferente (Industrias, 2011; Irigoyen Castillo, 2008; Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente & Tecnológico de Delft, 2007).

2.3.1 Marco teórico

La edificación sustentable tiene diversos beneficios económicos y ambientales, que son logrados pueden ser obtenidos mediante estándares, como son las normativas y certificación de prácticas de bajo impacto ambiental. Según un estudio de edificios certificados LEED y BREEM, los desechos, el agua, el carbono y la energía pueden ser reducidos, desde un 30% hasta el 97%, respectivamente utilizando están normativas. Los costos operativos también pueden reducir en un 8 al 9%; además su valor monetario se incrementa hasta un 7.5% anualmente. Oros datos económicos son que algunos edificios sostenibles también han tenido un incremento del 6.6% en los retornos a la inversión, incrementos de hasta 3.5% en la ocupación, e incrementos de hasta 3% en sus rentas. En el aspecto social los beneficios de este tipo de edificios son, mayor productividad mejoras en la salud de sus ocupantes y aumento de la productividad, atribuibles a una mayor calidad del ambiente interior, materiales más saludables y una mejor intensidad. (Arellano Vazquez, 2015; Rey Martinez & Velasco Gomez, 2006)



ILUSTRACIÓN 7 PRINCIPALES CRITERIOS Y CERTIFICACIONES PARA LA EDIFICACIÓN SUSTENTABLE

Un estudio realizado por la U.S. General Service Administration (GSA), en 12 edificios sostenibles determino que los costos operativos eran menores que un edificio no certificado para el mismo uso, ya que tenían un excelente

aprovechamiento energético, y sus usuarios presentaban mayor satisfacción en las actividades realizadas en el interior que los ocupantes de edificios comerciales típicos. Los doce edificios del estudio de la GSA fueron comparados en cuando a su desempeño contra estándares de la industria para la energía, el agua, el mantenimiento y operaciones, los desperdicios, el reciclaje, el transporte, y métricas de satisfacción de sus ocupantes (Martinez, 2006).

Estas certificaciones consisten entonces en realizar cálculos de la zona climática, contexto, consumo de energía, características físicas, confort y recursos disponibles, a través de metodologías, instrumentos de medición, normas, códigos, software, tecnologías que disminuyen el consumo de energía y estudios económicos; con el objetivo de crear un mejor diseño y a su vez reducir los impacto ambientales (Martinez, 2006).

Por otra parte, la certificación energética de los productos o sistemas brinda una disminución en los impactos ambientales; ya que investigaciones han demostrado que la energía incorporada puede ser el equivalente a muchos años de energía operativa. La energía incorporada a los productos representa un indicador de gran interés para determinar los impactos ambientales de la producción industrial. Las metodologías utilizadas para generar estos indicadores dependen en general del cálculo de entradas e impactos en el ciclo de vida del producto, pero debido a la complejidad en el desarrollo de estos tipos de estudio se han seccionado en diferentes tipos como son:

Gross Energy Requirement (GER)

Es la suma de todos los recursos energéticos no renovables consumidos para poner a disposición un producto o servicio, y se expresa en unidades de energía por unidad física del producto o servicio entregado.

Process Energy Requirement (PER)

Es una medida de la energía directamente relacionada con la fabricación del material. Esto es más fácil de cuantificar. La gran mayoría de las cifras correspondientes a la energía incorporada se basan en el PER. Esto incluye la energía utilizada en el transporte de la materia prima a la fábrica, pero no la energía utilizada para el transporte del producto final a la obra.

En general, PER representa el 50 a 80% de GER. Incluso dentro de esta definición más restringida, llegar a una cifra única en un material es poco práctico (Rey Martinez & Velasco Gomez, 2006).

Los procesos fabricación individual requieren desacoplarse del consumo de combustibles fósiles, inmediatamente, pero no radicalmente. En la fabricación de los materiales constructivos la cantidad de energía empleada en el transporte, y transformación varía de acuerdo con el fabricante y la ubicación geográfica del mismo, también en función de cómo la energía incorporada ha sido evaluada. La energía incorporada real de un material fabricado y utilizado en China será muy diferente si el mismo material es transportado por mar hasta México. Por ejemplo, en el aluminio fabricado a partir de una fuente de reciclado contendrá menos de 10 por ciento de la energía incorporada en la fundición. Es importante recordar que además la energía incorporada tiene un costo monetario que se vería reducido (Industrias, 2011; Mata Cabrera, 2010).

Para entender la relación entre el consumo de energía y la edificación es esencial como primer paso conocer la energía incorporada en los materiales. Los materiales con las intensidades de energía más bajo, como concreto, ladrillos y madera, por lo general se consumen en grandes cantidades. Los materiales con alto contenido de energía, tales como el acero inoxidable se utilizan a menudo en cantidades mucho más pequeñas. Como resultado, la mayor cantidad de energía incorporada en un edificio puede provenir de los materiales seleccionados, más que de su forma geométrica (Freire Guerrero & Marrero, 2015).

Edificios ligeros a base de estructura de madera son generalmente más bajos en energía incorporada a unos edificios de estructura pesada. Pero no siempre como cuando se utilizan materiales tales como el acero o aluminio. Inclusive hay muchas situaciones en las que un edificio ligero no es la solución más adecuada y puede resultar en un mayor uso de energía. Una investigación realizada por la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) ha encontrado que la vivienda familiar promedio contiene alrededor de 1 000 GJ de energía incorporada en los materiales utilizados en su construcción. Esto es equivalente a cerca de 15 años de uso de energía en operación. Para una casa

que dura 100 años, este es más del 10 por ciento de la energía utilizada en su vida (Garrido, 2013).

Es innegable que, conociendo el contenido de energía por metro cuadrado de construcción, es más fácil para los diseñadores buscar los materiales con menor cantidad de energía incorporada en la etapa de diseño. Datos muy relevantes sobre la incorporación de energía en los materiales en la construcción, han resultado del diseño sustentable, por ejemplo: Cada metro cuadrado habitable construido requiere de 2.3 ton de materiales en un edificio convencional. Pero si se agrega la cantidad de recursos consumidos por el proceso de fabricación de los mismos materiales, entonces se multiplica tres veces, es decir 6 ton por m². En España para fabricar un kilo de ladrillos cocidos se requieren 1.89 litros de agua y 3.56 mega joule (MJ) de energía primaria, además de que se emiten 270 gramos de CO_{2eq} a la atmósfera (Zabalza Bribián et al., 2010).

Existen algunos tipos de ladrillo que reducen considerablemente estos impactos. Como el ladrillo de arcilla aligerada (compuesto por un 85% de arcilla y un 15% de paja) y los ladrillos silico-calcáreos (con arena de sílice) que tienen valores menores a los ya mencionados. Entonces sustituir los ladrillos puede resultar más efectivo que otras medidas de diseño. Sin embargo, los ladrillos de arcilla cocidos comerciales, no son los que tienen un mayor impacto ambiental en una vivienda. De acuerdo con el “ranking” ambiental elaborado por Zabalza Bribián et al. (2010), a partir de la base de datos Ecoinvent 2.5, los **materiales de construcción con mayor impacto ambiental** serían el **aluminio** (8.57 kilos de CO₂ por cada kilo), el **poliestireno expandido** (7.34 kilos de CO₂ por cada kilo), la **espuma rígida de poliuretano** (6.79 kilos de CO₂ por cada kilo), el **PVC** (4.27 kilos de CO₂ por cada kilo) y el **cobre** (2 kilos de CO₂ por cada kilo). Por otro lado, los **que tienen el impacto ambiental más bajo** serían el **corcho**, los compuestos de **madera** o **ladrillos de arcilla aligerada** (Aranda & Valero, 2010; Garcia Leon et al., 2018)

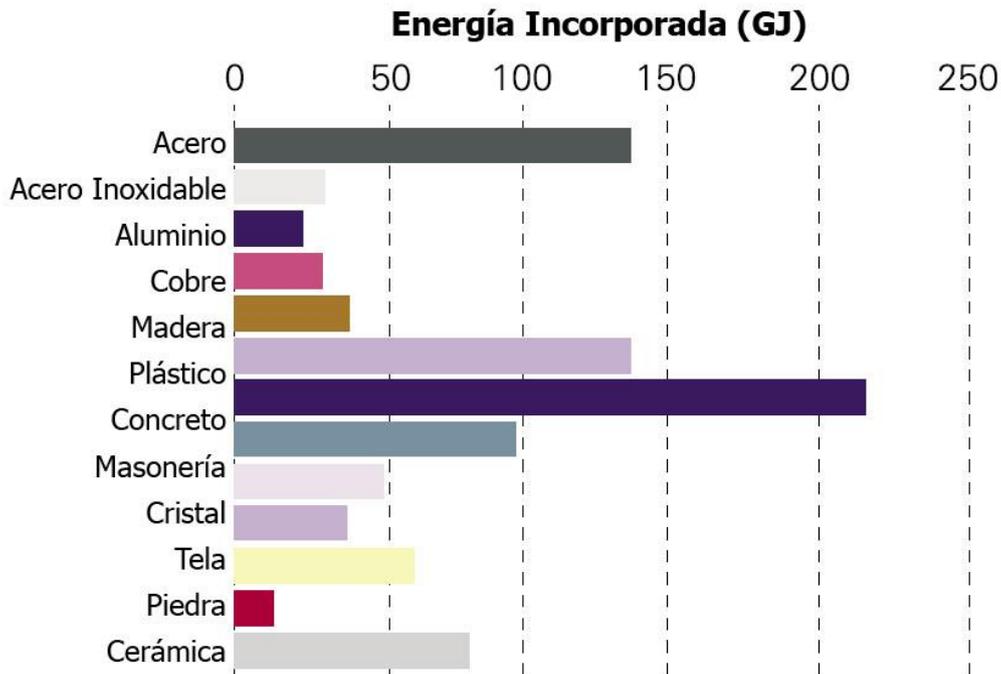


ILUSTRACIÓN 8 ENERGÍA INCORPORADA EN PRINCIPALES MATERIALES CONSTRUCTIVOS EN ESPAÑA (FREIRE GUERRERO & MARRERO, 2015).

El GER y el PER son metodologías de fácil aplicación, aunque un poco obsoletas si hablamos de estudios con mayor alcance y aceptación. La ISO es una organización encargada de generar estándares para la elaboración y transformación de la materia; cuenta con normativas muy aceptadas a nivel mundial. ISO tiene más 18 600 normas ofrece a las empresas, gobiernos y a la sociedad, las cuales contribuyen positivamente al mundo facilitando la mejora, medición, facilitando el comercio, y promoviendo las buenas prácticas de gestión y evaluación de productos. ISO desarrolla normas por medio de expertos en la materia que proceden directamente de los sectores industriales, técnicos y empresariales consientes de la necesidad de la norma, y que posteriormente la pondrán en aplicación. A diferencia del GER y PER las normas ISO no solo buscan estimar la energía, si no también promover una producción más sustentable. Con la serie 14000 ISO busca integrar a las industrias y a sus productos en un entorno de responsabilidad ambiental por medio del reconocimiento y la validación de productos que reconocen las necesidades actuales y fomentan la producción sustentable (Bellart & Mesa, 2011; ISO, 2006; Morillon, 2012)

En esta serie se encuentra la 14040:2006 Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia y consta de 4 fases interrelacionadas:

- a) Definición de objetivos y del ámbito de aplicación.
- b) Análisis de inventario, donde se cuantifican todos los flujos energéticos y materiales entrantes y salientes del sistema durante toda su vida útil, los cuales son extraídos o emitidos hacia el medioambiente.
- c) Evaluación de los impactos, donde se realiza una clasificación y evaluación de los resultados del inventario, relacionando sus resultados con efectos ambientales observables por medio de un conjunto de categorías de impactos (energía primaria acumulada, potencial de calentamiento global, huella hídrica, etc.).
- d) Interpretación, donde los resultados de las fases precedentes son evaluados juntos, en consonancia con los objetivos definidos en el estudio, para poder establecer las conclusiones y recomendaciones finales. Para ello se incluyen diversas técnicas como el análisis de sensibilidad sobre los datos utilizados, análisis de la relevancia de las etapas del proceso, análisis de escenarios alternativos, etc.(ISO, 2006; Zabalza Bribián et al., 2010)

La realización de LCA, también conocido como estudios de la cuna a la tumba, proponen una metodología para medir los impactos ambientales de un producto, lo cual, a su vez, permite reducir operaciones o proponer alternativas que sustenten su producción (Romero Rodríguez, 2003).

“La construcción es una actividad humana que deteriora el medioambiente de forma considerable. La actividad arquitectónica es responsable, de forma directa, (según el CENER) del 42% de la energía consumida en España (un 50% en Europa según la Comisión Europea), y de forma indirecta, aproximadamente del 60% del consumo energético (contando las actividades directamente asociadas a la construcción, tales como construcción de herramientas, maquinaria, comunicación, publicidad, promoción y actividad inmobiliaria” (Garrido, 2013, p23).

Es por eso por lo que estudiar todo el ciclo de vida es de vital importancia para entender en que punto o proceso los impactos son mayores con el objeto de reducirlos. El LCA se puede aplicar a un producto entero (una casa o edificio) o a un elemento individual (proceso o material). Con la aplicación de esta normativa, la elección de los materiales y métodos de construcción se pueden cambiar de

manera significativa, también la cantidad de energía incorporada puede disminuir, y obtener más información del desempeño. Además, las certificaciones ambientales de edificios más avanzadas adoptan un enfoque de reducción de impactos más amplia, y la energía incorporada no es suficiente. (FCIRCE, 2014; Gutowski, 2018)

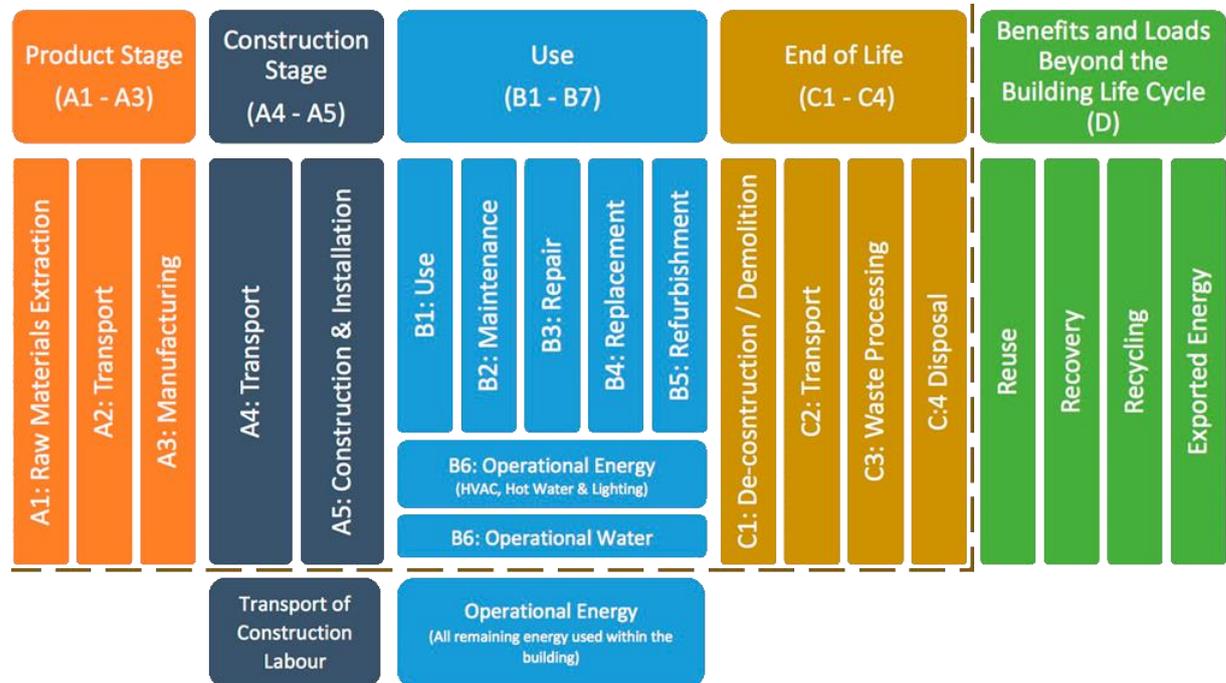


ILUSTRACIÓN 9 LCA LIMITES (Villalobos, 2012)

Los estudios de análisis de ciclo de vida reducen la incertidumbre de la sustentabilidad, alcanzando una cuantificación de mayor alcance en impactos ambientales. Con datos es posible tener una referencia de que decisiones son mejores desde el punto de vista ambiental. Esos datos varían de acuerdo con la metodología y el objeto del estudio. Para su obtención deben ser utilizado métodos estandarizados como los de ISO 14040. Estandarizar los métodos y datos es una manera de solucionar el problema de la comparación entre similares. Es decir, con la cantidad de metodologías y objetivos que tiene la medición ambiental, es fácil tener valores, unidades de medida o incluso fronteras de análisis distintas. El problema se transporta ahora a la fase de comparación de resultados o la toma de decisiones (Gallo et al., 2016; Villalobos, 2012).

Para cubrir este tipo de problemas existen otra normativa derivada del LCA, que usa métodos y las unidades incluidas en el ISO 14040 pero con un sistema de

evaluación estandarizado de acuerdo con unidades funcionales (ISO, 2000). LA ISO 14020 Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales. Principios generales se divide en:

- ISO 14021 Etiquetas ecológicas y declaraciones medioambientales. Autodeclaraciones medioambientales (Etiquetado ecológico Tipo II)
- ISO 14024 Etiquetas ecológicas y declaraciones medioambientales. Etiquetado ecológico Tipo I. Principios generales y procedimientos
- ISO 14025 Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos (ISO, 2000).

Con el ecoetiquetado a diferentes niveles se busca establecer los requerimientos mínimos para calificar a un material de acuerdo con su impacto ambiental. El ecoetiquetado en las normas ISO tiene tres niveles. Primero Ecoetiquetas de grado uno establecidas en la norma ISO 14024 en las que se establecen los requerimientos necesarios para reconocer una o más características destacables en la producción o funcionamiento de un producto. Ejemplo de esto es la etiqueta del FIDE tipo a y b. El ecoetiquetado de nivel dos está respaldado bajo la norma ISO 14022 estas son declaraciones ambientales voluntarias, las cuales cuentan con una metodología, pero la certificación de los datos es por parte del fabricante. La tercera y quizá la más importante es el ISO 14025 declaraciones ambientales de producto, las cuales son reguladas por International EPD System el cual regula y certifica las Product Category Rules (PCR) bajo las cuales se realizó en análisis de ciclo de vida y se especificaron las características.



ILUSTRACIÓN 10 PROYECTO DE ECOETIQUETA APLICADA AL TEQUILA, PARA CERTIFICAR LA PRESERVACIÓN DE MURCIÉLAGOS EN SU PRODUCCIÓN (Juarez, 2016)

Los proyectos de ecoetiquetado en México no han tenido buenos resultados a nivel federal y aunque existen ecoetiquetas internacionales como en energystar© o nacionales como la el sello del FIDE© en eficiencia energética, son muy pocas reconocibles según el Inex (2020). Entre los intentos federales por el ecoetiquetado se encuentra el proyecto de la SEMARNAT (s/f) fase piloto de Eco-etiquetado de productos y servicios, que declara que;

“La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) anunció el Lanzamiento de la Fase Piloto del “Proyecto de Eco-etiquetado para la Producción y Servicios en México” en tres sectores: cemento, vidrio y tequila, con el objetivo de que reduzcan su huella de carbón y su huella hídrica mediante la mejora de sus procesos de producción, lo que permitirá fomentar un consumo sustentable y alcanzar la competitividad a nivel internacional. La Directora General de Fomento Ambiental Urbano y Turístico de la SEMARNAT, Sylvia Treviño Medina, refirió que el Eco-etiquetado se encuentra dentro de la reciente Ley General de Cambio Climático y del Programa Especial de Producción y Consumo Sustentable enmarcados dentro del Plan Nacional de Desarrollo del Gobierno de la República en su eje cuatro de alcanzar un México Próspero. Treviño Medina acotó que la SEMARNAT, en coordinación con la Secretaría de Economía promoverá la identificación de productos, bienes, insumos y servicios con menor impacto ambiental basándose en parámetros y criterios ambientales en su ciclo de vida mediante un distintivo o certificado, en un principio voluntario y posteriormente mediante el establecimiento de normas oficiales mexicanas. La funcionaria federal refirió que el objetivo principal del Proyecto de Eco-etiquetado busca promover las

compras sustentables entre consumidores, compañías y gobierno de México, con lo que se contribuirá a que nuestro país cuente con estándares acordes a los escenarios internacionales en materia de compras sustentables y migrar hacia sociedades con un mejor nivel de vida y estilos de vida sustentables para hacer sinergias con otros programas que contribuyan en la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a fin de reducir el calentamiento global (SEMARNAT, s/f) .

Al año 2020 este proyecto continúa inconcluso o pospuesto sin informes de sus avances en el proceso. Las ecoetiquetas son medio de comunicación especializados cuyo objeto es transmitir más información al consumir un producto, estas se asocian a la imagen, pero dependen mucho de la estética del consumidor. En el ejemplo de Batfriendly, una ecoetiqueta en desarrollo por el instituto de ecología de la UNAM el valor estético que le dé el usuario al murciélago es subjetivo, puede generar en él una emoción positiva o no, por eso encontrar la eco estética entre los que debe destacarse en un producto es una tarea de evaluación LCA (Acha, 2008; Villalobos, 2012).

Por otro lado, las declaraciones ambientales de producto involucran sistemas de evaluación más objetivos, que dependen de ecuaciones desarrolladas por organismos especializados de alto nivel científico. Una de las principales deficiencias en el LCA es la incapacidad de comparar diferentes valores o diferentes estudios por la posibilidad que la norma brinda en declarar sus indicadores. Al realizar un análisis de ciclo de vida es posible establecer los impactos ambientales a evaluar teniendo como límite los intereses del desarrollador; la conveniencia para declarar aquellos impactos ambientales que son de interés o son de conveniencia, así como ocultar aquellos más elevados. Esto dificulta la toma de decisiones para seleccionar un mejor producto hablando desde un punto de vista ambiental.

Seleccionar el material con menor impacto ambiental es una prioridad y esto depende de la cantidad de información compatible. En este punto la ISO 14025 declaraciones ambientales de producto solventa esta situación por medio de:

- ✓ La estandarización de los impactos a declarar.
- ✓ La obligación de los problemas ambientales a evaluar.
- ✓ La delimitación del análisis de ciclo de vida.

- ✓ La unidad funcional bajo la cual se establecerán las cantidades de materia prima a evaluar.
- ✓ Así como el modelo de cálculo matemático a utilizar.

El uso de la norma ISO 14025: 2006 se encuentra en crecimiento y su adopción e interpretación para el desarrollo de otras metodologías o regulaciones es una práctica utilizada. La Unión Europea (UE) tiene en uno de sus objetivos “favorecer un desarrollo sostenible basado en un crecimiento económico equilibrado y en la estabilidad de los precios, una economía de mercado altamente competitiva con pleno empleo y progreso social, y la protección del medio ambiente”(UE, 2020) Para esto y en el marco de los ODS y Producción y Consumo Sostenible del Consejo de la Unión Europea se encuentra en la fase de aplicación de la Product Environmental footprint (PEF) una metodología de carácter obligatorio para la declaración de los impactos ambientales generada a partir de la experiencias con ISO 14025: 2006, con algunos impactos similares en la evaluación como: el potencial de calentamiento global y la degradación de la capa de ozono e incluyendo indicadores sanitarios como: Toxicidad en humanos- cáncer, toxicidad en humanos- sin efectos graves y ecotoxicidad que es el efecto toxico en no humanos. Esta metodología además propone una mejora respecto a ISO 14025 en la gestión y transparencia en la recolección de los datos, Sin embargo, en análisis realizado por Gallo et al. (2016), menciona que la PEF al ser desarrollada por un organismo gubernamental, no evaluar la retroalimentación de los productores y tampoco la evolución de las Product category rules (PCR) (EEB, 2018).

Para la estandarización de los objetos, la ISO 14025:2006 incorpora la definición de unidad funcional. La unidad funcional es aquella relacionada a la función principal que realizara el objeto, esta puede ir desde un producto a un servicio, y está basada en una característica fisicoquímica y su medición. Por ejemplo, en la clasificación de ladrillos se usa la unidad funcional de un metro cuadrado cubierto por el producto colocado, o en el caso de un aislamiento térmico es un metro cuadrado por el espesor necesario para brindar una resistencia térmica de uno en el SI. Estas unidades funcionales clasifican a los productos con base su función y están registradas en las PCR. Estos documentos son de vital importancia para el funcionamiento de la ISO 14025 y su metodología de desarrollo está establecida

en la misma norma (Almeida et al., 2015; Gallo et al., 2016; International EPD system, 2016).

Las PCR, son documentos que además de contener la unidad funcional, contienen una serie de requisitos para la evaluación estandarizada de la ISO 14025. Una vez definida la función principal, es necesario establecer el alcance o los límites del análisis de ciclo de vida, para esto existe en las PCR's una sección que determina las fases del análisis de ciclo de vida obligatorias a declarar, esto desarrollado en consenso con fabricantes, comunidad científica y Organización, con la retroalimentación de la capacidad técnica y la disponibilidad de la información. Los límites del LCA en las PCR se dividen en tres:

Upstream: incluye la fase A1 del LCA que involucra los procesos de extracción y procesamiento de las materias primas, excluyendo los residuos generados por estos. En el caso de materiales reciclados solo se considera su mantenimiento bajo el concepto de pollution pay principle (ppp) (Glazyrina et al., 2006)

Core: Ese va desde el A2 hasta el A3 del LCA e incluye el transporte de la materia prima al lugar de procesamiento y la manufactura del producto a desarrollar. Incluye materiales de empaque, transporte de los residuos a su sitio final y tratamiento de los residuos.

Downstream: Esta abarca del A4 hasta el C4 final de vida. Del A4 al a5 es la etapa de construcción en esta se evalúa el transporte requerido al sitio de uso, los materiales requeridos para su uso, energía y residuos. Del B1 al B6 los impactos generados en la etapa de uso. Incluyendo mantenimiento, reparación, remplazo de parte y reacondicionamiento. Por último, del C1 al C4 que evalúa la desconstrucción, recuperación, reciclaje o energía generada a partir de los residuos del objeto(Almeida et al., 2015; System, 2019).

Otra información importante contenida en la PCR es la asignación de impactos. Cuando se genera más de un producto a partir de un mismo procesamiento es necesario asignar los impactos generados a las dos unidades funcionales ya que

es imposible separar los impactos o asignar un porcentaje en ciertos procesos. Además, debe indicarse en la EPD que subproductos o multi productos son generados. LA EPD es una estructura organizada de la información a declarar basada en ISO 14025:2006, estas se generan en consenso con las instituciones de interés como lo es el international EPD System®, la organización más importante a nivel mundial para la elaboración de PCR, elaboración de EPD y su certificación. En México una institución de este tipo es el Centro de análisis de ciclo de vida y diseño sustentable CADIS®. Este centro es el más importante del país y aunque no tiene la misma trayectoria que el international EPD System, tiene vinculación internacional y se encuentra desarrollado el primer LCI mexicano (CADIS, 2020; System, 2019; The international EPD system, 2020).

- Por último, la PCR para permitir el uso de bases de datos LCI, estas deben cumplir una serie de características:
- Usar los datos en un área con el mismo marco normativo
- Los mismos límites del LCA

Para esto se enlistan una serie de LCI que pueden ser usadas en Europa atendiendo el año de su publicación.

TABLA 5 LCI VÁLIDAS PARA USO DE DATOS GENÉRICOS EN EUROPA(System, 2019).

Material	Principales LCI aceptadas en Europa
Acero	World Steel Association Ecoinvent (The Swiss centre for Life Cycle Inventories)
Cobre	ICA (International Copper Association) Ecoinvent (The Swiss centre for Life Cycle Inventories)
Subproductos del cobre	ICA (International Copper Association) IME (Institut für Metallhüttenwesen und Elektrometallurgie, Aachen)

	Ecoinvent (The Swiss centre for Life Cycle Inventories)
Energía electricidad y combustibles	Ecoinvent (The Swiss centre for Life Cycle Inventories) ELCD data-base (European Reference Life cycle Data System)
Transporte	Ecoinvent (The Swiss centre for Life Cycle Inventories) ELCD data-base (European Reference Life cycle Data System)
Aluminio	EAA (European Aluminium Association) Ecoinvent (The Swiss centre for Life Cycle Inventories) ELCD data-base (European Reference Life cycle Data System)
Plásticos	Plastics Europe Ecoinvent (The Swiss centre for Life Cycle Inventories) ELCD data-base (European Reference Life cycle Data System)
Químicos	Plastics Europe IVAM LCA Data Version 4 Ecoinvent (The Swiss centre for Life Cycle Inventories) ELCD data-base (European Reference Life cycle Data System)
Componentes electrónicos	Ecoinvent (The Swiss centre for Life Cycle Inventories) ELCD data-base (European Reference Life cycle Data System)
Componentes	EMPA, Swiss Packaging Institute

IDEMAT, Delft University of
Technology
Ecoinvent (The Swiss centre for Life
Cycle Inventories)
ELCD data-base (European
Reference Life cycle Data System)

Una base de datos con todas la PCR´s del international EPD System es accesible en el sitio web <https://www.environdec.com/>.

Normatividad Nacional

Otro punto imprescindible en el desarrollo de materiales es el conocimiento de las normas establecidas por los organismos federales. Ese tipo de referencias determinan los requisitos mínimos permitidos, métodos de verificación y criterios requeridos en un material constructivos.

“Las Normas Oficiales Mexicanas son las regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40 de Ley Federal sobre Metrología y Normalización, que establecen las reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistemas, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, mercado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación (PROFECO, 2020).”

La responsabilidad en la elaboración de normas se encuentra en cada una de las 17 secretarías de gobierno, de acuerdo con la regulación de los recursos y sistemas de país bajo gestión. La normar mexicanos están divididas de acuerdo con su aplicabilidad. Por una parte, las normas NOM son de carácter obligatorio y las normas NMX, son elaboradas por un organismo nacional de normalización, o la Secretaría de Economía (SE). Su uso está dividido en las mismas secretarías y para su localización es necesario usar el catálogo digital, debido a la vigencia y actualización. Las normas nacionales son publicadas en el diario oficial de la

federación y su consulta puede ser realizada en Sistema Integral de Normas y Evaluación de la Conformidad (SINEC)(SINEC, 2020).

Otros documentos de interés o marcos legislativos son las leyes, programas y estrategias elaboradas para cumplir el plan de desarrollo nacional el cual es emitido cada 6 años por la cámara de diputados y el presidente de la nación vigente. Entre las leyes actuales de más relevancia para la gestión ambiental en México se encuentran las siguientes:

- Ley de cambio climático en México (SEMARNAT, 2012).
- Plan nacional de desarrollo 2019 -2024 (Presidencia de la República, 2019).
- Estrategia nacional cambio climático 2013 (SEMARNAT & INECC, 2013).
- Impuesto al carbono para combustibles (México2, 2019).
- Programa especial de producción y consumo sustentable (SEMARNAT, 2014a).
- Reglamento rene 2014 (Materia et al., 2014).

En abril del 2020 fue aprobada una norma mexicana con fundamento en la norma internacional ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works — Core rules for environmental product declarations of construction products and services, la norma NMX-C-21930-ONNCCE-2019 Industria de la Construcción-Sustentabilidad en las Edificaciones y Obras de Ingeniería Civil-Reglas Base para Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) de Productos y Servicios para la Construcción. Esta norma incluye:

“Los principios, las especificaciones y los requisitos para desarrollar una declaración ambiental de producto (DAP) para los productos y servicios para la construcción, elementos de construcción y sistemas técnicos integrados utilizados en cualquier tipo de obra de construcción. Este documento complementa la Norma NMX-SAA-14025-IMNC-2008, al proveer requisitos específicos para las DAP de productos y servicios para la construcción. Este documento establece un conjunto base de requisitos para ser considerados como reglas de categoría de producto (RCP) base para desarrollar una DAP para cualquier producto o servicio para la construcción (DOF, 2020)”

Incluyendo:

- a) Los límites del análisis de ciclo de vida, modelos matemáticos a caracterizar y los impactos ambientales a declarar.
- b) Menciona las reglas de asignación.
- d) Como declarar información adicional a la requerida.
- e) Como presentar la DAP
- g) Establece las condiciones para una comparación entre productos.

Las DAP de esta norma para productos para la construcción, se describen como herramientas de comunicación B2B principalmente, pero también pueden ser utilizadas como herramientas B2C. Sin embargo, los impactos sociales o económicos a nivel de no están considerados en esta DAP de ninguna manera, tal cual la norma internacional de la que deriva (DOF, 2020). Esta Norma es el resultado de la gran aceptación de las PCR del sistema internacional EPD, y la gran demanda de la PCR 2019:14 v1.0.

El futuro de las Declaraciones ambientales de producto (DAP) basadas en ISO 14020:2006 es de gran importancia, ya que el desarrollo de regulaciones y normativas apunta hacia la estandarización y evolución del LCA. Aunque los dos tipos de análisis pueden trabajar juntos, su aplicación y so depende del producto y el alcance; ya que por un lado el enfoque Cradle to Cradle (C2C) de la ISO 21930:2017 puede ser no favorable para algunos LCA, especialmente en productos con alto consumo energético durante el uso, como son los sistemas de calefacción (Almeida et al., 2015; Pré-Sustainability, 2018).

En la actualidad otras teorías sobre la gestión y transformación del ambiente han surgido a partir de la visión del LCA y el alcance de la EPD, la economía circular.

“El modelo de economía circular sintetiza varias escuelas de pensamiento, incluso la economía del rendimiento de Walter Stahel; la filosofía del diseño Cradle to Cradle de William McDonough y Michael Braungart; la idea de biomimética presentada por Janine Benyus; la ecología industrial de Reid Lifset y Thomas Graedel; el capitalismo natural de Amory y Hunter Lovins

y Paul Hawken; e el abordaje blue economy, como el descrito por Gunter Pauli (ELLEN MCARTHUR FOUNDATION, 2020).”

La economía circular se presenta como un sistema de aprovechamiento máximo de los recursos. Que busca la reducción de las entradas, minimizar la producción al mínimo indispensable, reutilización de materiales e incremento en los ciclos de la materia. Esto dividido en dos ciclos el biológico y el tecnológico.

OUTLINE OF A CIRCULAR ECONOMY

PRINCIPLE

1

Preserve and enhance natural capital by controlling finite stocks and balancing renewable resource flows
RESOLVE levers: regenerate, virtualise, exchange

Renewables flow management



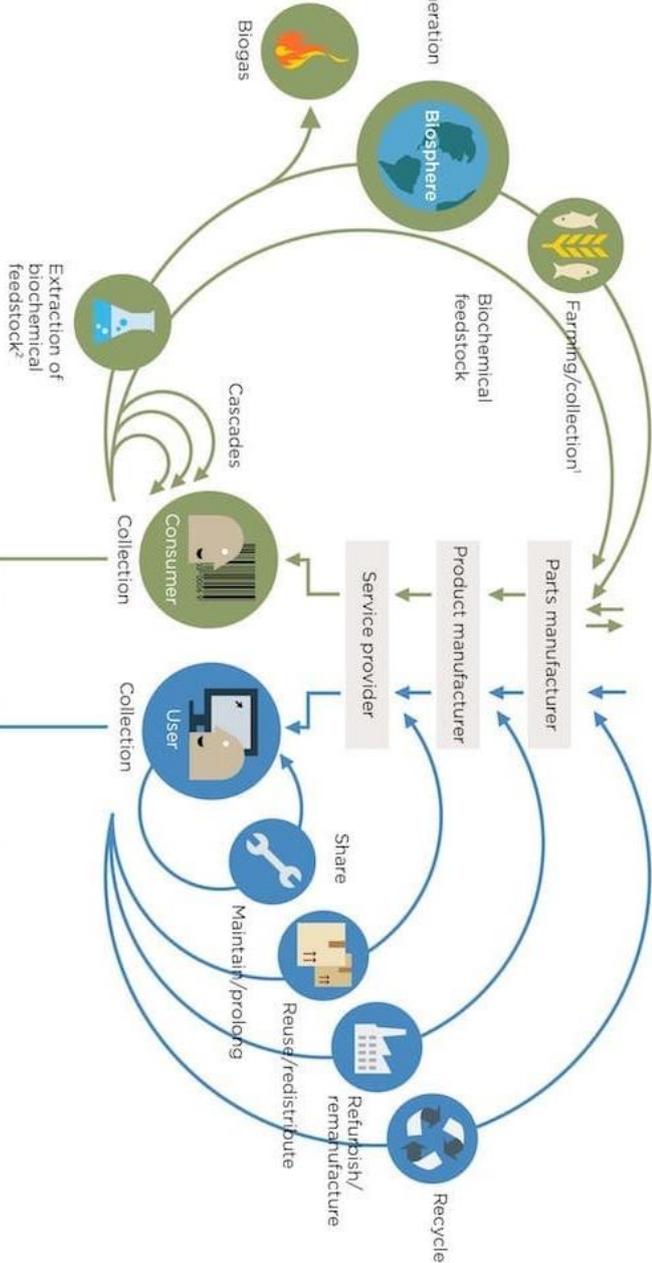
Stock management

PRINCIPLE

2

Optimise resource yields by circulating products, components and materials in use at the highest utility at all times in both technical and biological cycles
RESOLVE levers: regenerate, share, optimise, loop

Regeneration



PRINCIPLE

3

Foster system effectiveness by revealing and designing out negative externalities
All RESOLVE levers

Minimise systematic leakage and negative externalities

1. Hunting and fishing
2. Can take both post-harvest and post-consumer waste as an input
Source: Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment. Drawing from Braungart & McDonough, Cradle to Cradle (C2C).

ILUSTRACIÓN 11 DIAGRAMA MARIPOSA, CONCEPTO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR (The Ellen MacArthur Foundation, 2019)

2.3.2 Marco conceptual

Edificación: es el proceso de configuración y delimitación espacial, realizado por el ser humano, empleando la materia disponible de manera natural y artificial, con la finalidad de obtener resguardo a las condiciones climatológica, confort, identidad, beneficios económicos o esparcimiento social (Arellano Vazquez, 2015).

Rapacidad: Modelo de relación humano- naturaleza mencionado por el animismo, en el que el humano sobreexplota los recursos, consumiendo sin permitir la recuperación de las reservas (Descola, 2001).

Reciprocidad: Modelo de relación humano- naturaleza mencionado por el animismo, en el que el humano gestiona los recursos de la naturaleza permitiendo el equilibrio entre consumo y reservas (Descola, 2001). Proteccionismo: Modelo de relación humano- naturaleza mencionado por el animismo, en el que el dependencia humana para la existencia de lo natural se entiende como necesaria (Descola, 2001).

Animismo: Creencia religiosa que atribuye a todos los seres, objetos y fenómenos de la naturaleza un alma o principio vital (Descola, 2001).

LEED: LEED es un programa de certificación independiente y es el punto de referencia al nivel internacional, para el diseño, la construcción y la operación de edificaciones sustentables de alto rendimiento. Desarrollado en el año 2000 por el U.S. Green Building Council (USGBC), el consejo de construcción sustentable en los Estados Unidos, sirve como herramienta para construcciones de todo tipo y tamaño (U.S Green Building Council, 2000).

BREEM: es un método de evaluación y certificación de la sostenibilidad de los edificios, de carácter privado y voluntario, evalúa impactos en 10 categorías: Gestión, Salud y Bienestar, Energía, Transporte, Agua, Materiales, Residuos, Uso ecológico del suelo, Contaminación, Innovación, y otorga una puntuación final que sirve de referencia, para una construcción más sostenible tanto en fase de diseño como en fases de ejecución y mantenimiento, disponiendo de diferentes esquemas de evaluación y certificación en función de la tipología y uso del edificio.

Edificios ecológicos: son todas aquellas edificaciones que incorporan en su diseño, soluciones pasivas para la gestión de la energía, materiales d debajo

impacto ambiental, así como procesos constructivos certificados ambientalmente (Arellano Vazquez, 2015)

3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación aplicada realizada es del tipo, descriptiva-correlacional. En la cual se pretende describir las variables de investigación y su relación, para en la parte final proponer una herramienta experimental a comprobar en dos materiales constructivos en desarrollo en el mismo programa de investigación y universidad.

3.1.2 Diseño de investigación

Para crear una herramienta que permita desarrollar materiales constructivos de bajo impacto ambiental, se realizó en la primera parte, una investigación descriptiva-correlacional de las variables, que son los impactos ambientales y los materiales constructivos, para después explicar su relación por medio de la edificación sustentable. Este tipo de acercamientos a integrar el cuidado del ambiente en la construcción, permiten entender los avances, el desarrollo y posibilidades, que tiene una herramienta nueva. Como la propuesta para acoplarse a la infraestructura, conocimiento y estándares existentes, y de esta manera aumentar la velocidad de aceptación y adaptación por parte de los desarrolladores de materiales.

En la segunda parte de los resultados se presenta un nuevo método que involucra las normativas existentes e indicadores desarrollados para la cuantificación de los impactos ambientales, así como sus requerimientos y leyes aplicables en el territorio mexicano. En la última parte de la investigación, se presentan los resultados de su evaluación en el desarrollo un nuevo material constructivo seleccionados por su conveniencia geográfica, temporal y el acceso

al proceso. Este material tiene como lapso temporal de desarrollo un periodo de tres años, de agosto del 2016 a julio del 2019.

3.1.3 Estrategia de prueba de hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis se realiza una exposición de los resultados obtenidos al aplicar la herramienta en el material propuesto en la muestra, así como sus resultados antes de esta. Además, se enuncian las ventajas y desventajas de la aplicación de la herramienta para el desarrollo de biocompuesto basado en residuos agroindustriales de piña en México.

3.1.4 Operacionalización de las variables

Para medir los impactos ambientales, se utilizan los índices propuestos en el cuarto Informe de Evaluación del cambio climático, realizado por el IPCC, y las unidades establecidas en el ISO 14040:2006 Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia. Por otra parte, para la medición de los materiales constructivos se utiliza la unidad funcional establecida en la ISO 14025 Etiquetas y declaraciones ambientales — Declaraciones ambientales tipo III — Principios y procedimientos. Así como su cumplimiento con las normas y leyes mexicanas.

3.1.5 Población

Los materiales analizados en esta investigación son materiales constructivos que se realizan con el objeto de disminuir los impactos ambientales, materiales constructivos que se desarrollan con el argumento de la sostenibilidad, o ecomateriales. Para segmentar con mayor precisión el objeto de esta investigación, y establecer un paso más, la metodología se enfoca en el desarrollo de nuevos materiales constructivos del territorio de México.

3.1.6 Muestra

Esta investigación como criterios de inclusión se evalúa el alcance de la metodología desarrollada en un material constructivo de bajo impacto ambiental, desarrollado en el mismo periodo de desarrollo de la herramienta, 2016-2019 del doctorado en diseño, de la facultad de arquitectura y diseño, de la Universidad Autónoma del Estado de México; además perteneciente al mismo grupo de investigación.

Son excluidos en esta investigación, materiales constructivos en desarrollo en otras universidades, instituciones, investigaciones, o zonas geográficas, así como materiales industrializados, materiales no constructivos, y materiales con procesos de manufactura experimentales.

El material por desarrollar tiene como objetivo general, desarrollar un bio-compuesto para la industria de la construcción a partir de fibras de la sorosis de piña y una matriz polimérica bio-basada. Este material está basado en una metodología ecodiseño y diseño ambientalmente integrado; ya que tiene como base los residuos de la producción agroindustrial de la piña (Islas Valverde, 2020).

3.1.7 Técnicas de investigación

Los datos necesarios para la evaluación son la función principal y funciones secundarias de una lista de funciones especificadas en la metodología y basadas en la product category rules (PCR) del sistema internacional EPD®, basado en la ISO 14025 Etiquetas y declaraciones ambientales — Declaraciones ambientales tipo III — Principios y procedimientos. Adicionalmente las cantidades de materia, energía y desechos producidos deben ser expresada en la unidad funcional requerida en la misma PCR. Para la evaluación de los impactos ambientales de la materia prima se utilizan bases de datos de inventarios de ciclo de vida certificados y con gran aceptación internacional. Los elementos que no cuentan con información certificada, se les debe realizar una evaluación de los impactos ambientales basado en el modelo de evaluación EPD 2013 con la información recolectada de su existencia. Para el cumplimiento de la parte normativa y legal mexicana se utilizarán las normas NOM y NMX, así como criterios del código de edificación vigente de la Comisión nacional de vivienda CONAVI y leyes aplicables por las secretarías del gobierno nacional.

3.1.8 Procedimiento para la recolección de datos

La recolección de datos se realiza en comunicación directa con los desarrolladores, los cuales deben indicar la función principal

propuesta, los elementos que conforman el nuevo material constructivo propuesto, las cantidades basadas, energía térmica y eléctrica, el origen de las materias primas y su proceso de transporte. Para la obtención de los impactos generados por las materias primas se utilizan bases de datos certificadas de inventarios de ciclo de vida, disponibles en software siempre que exista un análisis para esa materia prima o información pública del fabricante, especificada en el producto o en informes disponibles del mismo. Para el cumplimiento de la parte legal cada material puede requerir otra información como algunas pruebas mecánicas o químicas, que son de carácter específico de acuerdo con el material desarrollado.

3.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.2.1 Metodología para el desarrollo de materiales constructivos de bajo impacto ambiental

Paso 1 Función

Para determinar el alcance y como primer paso de uso de la herramienta metodológica, es necesario establecer la(s) función(es) principal(es). La función principal determina el objeto del objeto del material a desarrollar, este puede ser un paso diferente a la experimentación de materiales en otra área del conocimiento, pero con esta metodología se busca generar un objeto de diseño que solventa una necesidad específica en la construcción. Con el objeto de tener un parámetro de comparación y solventar una debilidad en la declaración de impactos ambientales, las unidades funcionales a utilizar serán las establecidas por el sistema internacional EPD®, y enlistadas en el Anexo C PCR 2012:01 Construction products and construction services (**PCR, 2017**), Anexo D PCR 2019:14 Construction products (EN 15804: A2) (**SYSTEM, 2019**), y Anexo E PCR 2014:13 V 1.2 Insulation materials (**INTERNATIONAL EPD SYSTEM, 2016**). Las unidades funcionales se enlistan en Anexo A Unidades Funcionales y límites del LCA con base en su función principal (**SYSTEM, 2019**).

Paso 2.1 Entradas

Una vez puntualizada la función(es) principal(es), es necesario recolectar la información de la conceptualización(es) o configuración(es) del material(es) a desarrollar. Esta puede incluir una serie de componentes que, aunque no han sido probados en la realidad, teóricamente pueden generar un nuevo material al procesarlos entre sí. La ventaja principal en esta etapa es evaluar diferentes configuraciones resultado de experimentos sencillos o nuevas conceptualizaciones a partir de una función principal. Para que al realizar los cálculos posteriores disminuyan los impactos ambientales, mediante iteración o creaciones de nuevos límites para el desarrollo. Por ejemplo, establecer el límite de consumo de energía térmica, cambiar un elemento por uno con menos impacto ambiental o seleccionar establecer el tipo de transporte requerido.

Este(os) listado(s) de componentes debe(n) contener, las cantidades requeridas para producir la unidad funcional enlistada en el Anexo A Unidades Funcionales y límites del LCA con base en su función principal (**SYSTEM, 2019**). En cantidades que resultan de sumar todos los procesos de manufactura, permitiendo conservar secretos en el desarrollo de los productos. Por ejemplo, para desarrollar adoquines de arcilla es necesario especificar la materia prima requerida para realizar una tonelada de adoquines, en unidades del SI. Incluyendo: materiales directos, indirectos, transporte, energía eléctrica, energía térmica y residuos de la producción, con base en los límites del LCA especificados en el mismo anexo.

TABLA 6 LISTADO DE ENTRADAS PARA LA METODOLOGÍA DE DESARROLLO PARA MATERIALES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL EN MÉXICO

Materia prima	Cantidad	Origen del material	del Tipo de transporte
Materiales directos			
Materiales indirectos			
Energía eléctrica			
Energía térmica			
Desechos			

Paso 2.2 Normatividad

En paralelo o después del listado de entradas y con la función principal, se deben identificar las normativas nacionales aplicables al producto en desarrollo. Hay que recordar que las normas NOM son obligatorias y las NMX son normas opcionales, pero con un buen desarrollo y plusvalía, ya que en muchas ocasiones estas son una adaptación de normativas internacionales de muy alta demanda como las normas ISO. En el Anexo B Normas Mexicanas NOM y NMX aplicables a materiales para la edificación (**SINEC, 2018**), se encuentran las normas NOM y NMX disponible para la referencia de propiedades fisicoquímicas aplicables a materiales constructivos y validas al 2019 con su respectivo organismo encargado del desarrollo.

Paso 3 Impactos de entrada

Con el listado de elementos disponible, en la siguiente etapa es necesario determinar la existencia, de registros análisis de ciclos de vida previstamente realizados a materias primas iguales o similares. Estos registros pueden encontrar en:

- 3.1 Impactos LCI** mencionados en el marco teórico.
- 3.2 Impactos publicados** en artículos científicos o estudios publicados LCA.
- 3.3 Impactos Calculados** a partir de información obtenida directamente del fabricante bajo el mismo modelo EPD (2013).

TABLA 7 PRINCIPALES BASES DE DATOS LCI Y BASE DE DATOS LCI MEXICANA

Principales LCI Bases de datos	Enfoque	Sitio
Agri-footprint	Agricultura y sector alimenticio	https://www.agri-footprint.com/
Ecoinvent	General	https://www.ecoinvent.org/
U.S. Life Cycle Inventory (USLCI)	General	https://www.nrel.gov/lci/

ELCD, the European life cycle database	Industria química, metalurgia y producción de energía	https://simapro.com/databases/elcd/
Industry data LCA library	Plásticos Europeos, Acero, Detergentes, etc.	https://simapro.com/databases/industry-data-lca-library/
Mexicaniuh®	Única base de datos mexicana (bajo desarrollo)	https://centroacv.mx/mexicaniuh.php

Esta información es indispensable para sumar los impactos generados por los materiales, transporte, energía y residuos del listado de elementos de entrada. Para el cálculo de los impactos de entrada con información obtenida del fabricante, aplicar el paso 2, 3, 4 de esta metodología con los mismos límites para el análisis de ciclo de vida, en cada una de las entradas a calcular. Es importante mencionar si se produce más de un producto o subproducto, con la finalidad de asignar los impactos ambientales a la carga en el total de productos producidos. O si bajo el principio de Polluter Pay principle (PPP) no existen impactos ambientales a asignar por la producción de esa materia.

Paso 4 Calculo

En el siguiente paso se realizará un cálculo de los impactos ambientales, con los indicadores establecidos para los siete impactos ambientales de interés, bajo los modelos de cálculo estipulado en el EPD (2013). El software utilizado puede ser de licencia libre o de pago, o un software de cálculo matemático en el que se los modelos.



thinkstep
GaBi



ILUSTRACIÓN 12 PRINCIPALES SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN EL MODELO EPD 2013.

TABLA 8 MODELO DE CÁLCULO EPD 2013 Y SUS REFERENCIAS

Impacto reportado	Unit	Referencia original
Acidificación	kg SO2 eq	<u>Hauschild & Wenzel (1998)</u>
Eutrofización	kg PO4 eq	<u>Heijungs et al. (1992)</u>
Potencial de calentamiento global	kg CO2 eq	<u>IPCC (2013)</u>
Oxidación fotoquímica	kg C2H4 eq	Van Zelm et al 2008
Degradación de la capa ozono	kg CFC-11 eq	
Agotamiento de los recursos abióticos	kg Sb eq	Oers, et al (2002)
Agotamiento de los recursos abióticos, combustibles fósiles	MJ	Oers, et al (2002)

Una vez realizados los cálculos bajo el modelo de EPD 2013 publicado por el Swedish Environmental Management Council (SEMC) y obtenidos los resultados, se realiza el mismo paso para cada una de las configuraciones propuestas. En algunos softwares como SIMAPRO es muy sencillo cambiar los valores e iterar con los resultados para establecer nuevos límites en el desarrollo del material. Con dos o más iteraciones de las configuraciones posibles es posible establecer una comparación y determinar numéricamente la configuración con el más bajo impacto ambiental.

Paso 5 Benchmarking

Con los resultados de los cálculos y previo a la comparación de ellos. Se puede realizar una búsqueda en bases de datos disponibles con EPD´s certificadas en el sistema EPD 2013 para la misma(s) función(es) principal(es). Ejemplo de estas bases de datos es el international EPD System, contiene más de 1100 productos con una EPD publicada, y certificada por ellos.

Paso 6 Comparación

En este paso se realizan las comparaciones entre configuraciones con la misma función principal, o con las EPD´s recabadas en el paso 5 Benchmarking. LA comparación se puede hacer en cada una de las categorías del modelo EPD (2013) y su selección dependerá de cual de las configuraciones basadas en cada unidad principal tiene los valores mas bajos para cada categoría. En caso de que una configuración no disminuya sus valores en todas las categorías, se puede recurrir a la disminución promedio o la selección de problemas ambientales de prioridad. Es decir, la imposición de un impacto ambiental evaluado sobre otro, con base en planes de emergencia, prioridades nacionales, u objetivos específicos.

Paso 7 Reconfiguración

Con la información disponible se puede reconfigurar el material, cambiar componentes, reducir transporte, eliminar residuos u otra antes de volver al paso 1. La información obtenida inclusive puede ser publicada en el mismo formato especificado por el EPD international System o lo requerido en la ISO 14025 Y servir como base para una certificación en el sistema EPD (Villalobos, 2012).



ILUSTRACIÓN 13 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE MATERIALES CONSTRUCTIVOS DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL EN MÉXICO

3.2.2 Análisis e interpretación de los resultados

BIOCOMPUESTO A BASE DE LA FIBRA DE PIÑA

La función principal y configuraciones fueron propuestas por el M. en DIS. Gustavo Jesús Islas Valverde, investigador del mismo programa de doctorado y propietario del material desarrollado en la tesis “Uso y aplicación de la sorosis de (Ananás comosus) como biocompuesto en la industria de la construcción” (Islas Valverde, 2020).

TABLA 9 FUNCIONES PRINCIPALES Y SECUNDARIAS DEL BIOCOMPUESTO A BASE DE FIBRA DE PIÑA

Función principal	Unidad funcional	Configuraciones	Límites del LCA
Aislamiento térmico	1 m ² *K*W-1 de resistencia térmica	Con arcilla CLAYball4, y un espeso de 24mm	A1-A4 con opciones de C2 a C4
		Con Ácido poli láctico PLA y arcilla de Veracruz	A1-A4 con opciones de C2 a C4

En el diseño de materiales constructivos las posibilidades de configuración son enormes, ya que los límites se establecen de acuerdo con el objeto de diseño y los conocimientos sobre materiales disponibles. El desarrollo de nuevos materiales constructivos presenta muchos avances en los años recientes, nuevos materiales como los ya mencionados, en nuevas clasificaciones; sin embargo, como en el diseño su oferta es solo una posibilidad entre millones. Establecer esos límites es una de las tareas principales en el diseño, para eso es indispensable saber que muchos de ellos existen no solo en los límites del conocimiento del diseñador, en su cultura y su capacidad de observación; existen otros ya establecidos por reglamentaciones y requerimientos técnicos de la región, otros más establecidos por normativas industriales, sumado a los estándares internacionales a los cuales el material puede apegarse para estar dentro de las mejores prácticas de desarrollo.

TABLA 10 LISTA DE COMPONENTES DE CONFIGURACIÓN UTILIZANDO LA METODOLOGÍA PROPUESTA (Arellano Vázquez et al., s/f)

Componentes	Proporción in Kg	Proporción in %
Resido agroindustrial de piña	29.3	26.10%
Agua de grifo	57.3	51.04%
Arcilla calcinada	23.355	20.80%
Acido acético	1.6	1.43%
Harina de trigo	0.71	0.63%

Total	112.265	100.00%
--------------	---------	---------

TABLA 11 LISTA DE COMPONENTES DE CONFIGURACIÓN UTILIZANDO LA METODOLOGÍA EPD
(Arellano Vázquez et al., s/f)

Componentes	Proporción in Kg	Proporción in %
Resido agroindustrial de piña	22.424	38.18%
Agua de grifo	15	25.54%
Acido Poli láctico (PLA)	10.296	17.53%
Arcilla calcinada	7.272	12.38%
Cera virgen	1.376	2.34%
Glicerina	1.212	2.06%
Ácido Acético	0.357	0.61%
Harina de Trigo	0.16	0.27%
Yuca	0.64	1.09%
Total	58.737	100.00%

TABLA 12 ENERGÍA INCORPORADA A LA PRIMERA CONFIGURACIÓN (Arellano Vázquez et al., s/f)

Fuente	Electricidad	Calor	Fuente de datos LCA
Mix mexicano	0.014 kW		LCI
PEMEX mix, Gas L.P.		814.148 kcal	LCI

TABLA 13 ENERGÍA INCORPORADA A LA SEGUNDA CONFIGURACIÓN

Fuente	Electricidad	Calor	Fuente de datos LCA
Mix mexicano	0.012 kwh		LCI
PEMEX mix, Gas L.P.		706.148 kcal	LCI

Los detalles completos sobre la evaluación en este material se encuentran aceptados para su publicación en la revista Sustainability en el Special issue, Climate adaptation and mitigation through Sustainable Energy solutions, el cual estará disponible en enero del 2021 (Arellano Vázquez et al., s/f).

TABLA 14 LISTA DE NORMATIVAS MEXICANAS APLICABLES AL DESARROLLO DE UN AISLAMIENTO TÉRMICO

Normativas nacionales y regulaciones aplicables	Descripción	Aplicabilidad
NOM-018-ENER-2011	AISLANTES TÉRMICOS PARA EDIFICACIONES. CARACTERÍSTICAS Y MÉTODOS DE PRUEBA.	Obligatoria

Hablando de normativas nacionales es importante considerar las normas como un requerimiento obligatorio u opcional. En este caso México cuenta con uno de los sistemas de normatividad más rígidos de Latinoamérica cómo son las normas NOM o las normas NMX. Las normas no son de carácter obligatorio y son regidas por el sistema de metrología nacional las cuales se encuentran disponibles y son aplicables a cada uno de los productos o servicios disponibles en el país. Por otra parte, las normas NMX son de carácter opcional, sin embargo, cabe mencionar que muchas de ellas son desarrolladas por organismos especializados en materia que cuentan con una gran capacidad técnica, científica y un gran avance tecnológico para hacer referencia.

Además de las normas existen los reglamentos obligatorios y los parámetros requeridos por cada uno de los códigos técnicos del país. En México el código de vivienda y edificación está regido por los organismos municipales, sin embargo, existe una organización que se encarga del desarrollo de un código de edificación de vivienda a nivel nacional, el cual incorpora los últimos desarrollos y criterios de construcción, así como las buenas prácticas en el desarrollo y edificación de nuevas viviendas. Este código nacional de edificación es el más completo como referencia en el país, sin embargo, su aplicación se ve parcialmente mermada por las leyes nacionales que está otorgan a los municipios, la libertad de incorporar o aplicar criterios del código nacional de vivienda a conveniencia, lo cual conlleva a

que los códigos municipales sean aún muy simples y sin criterios de edificación específicos, como ejemplo el código de edificación de vivienda de la ciudad de Toluca, que no especifica valores y hace referencia escasas NOM.

Aunque para este material el material el código nacional de vivienda solo requiere el cumplimiento de la norma enlistada, en el proceso de edificación debe adaptarse a otras regulaciones como la norma NMX- AA-164-SCFI-2013 EDIFICACIÓN SUSTENTABLE - CRITERIOS Y REQUERIMIENTOS AMBIENTALES MÍNIMOS, si se aplica en el desarrollo y certificación de una vivienda sustentable bajo esta. Estas decisiones dependen del desarrollador y edificador.

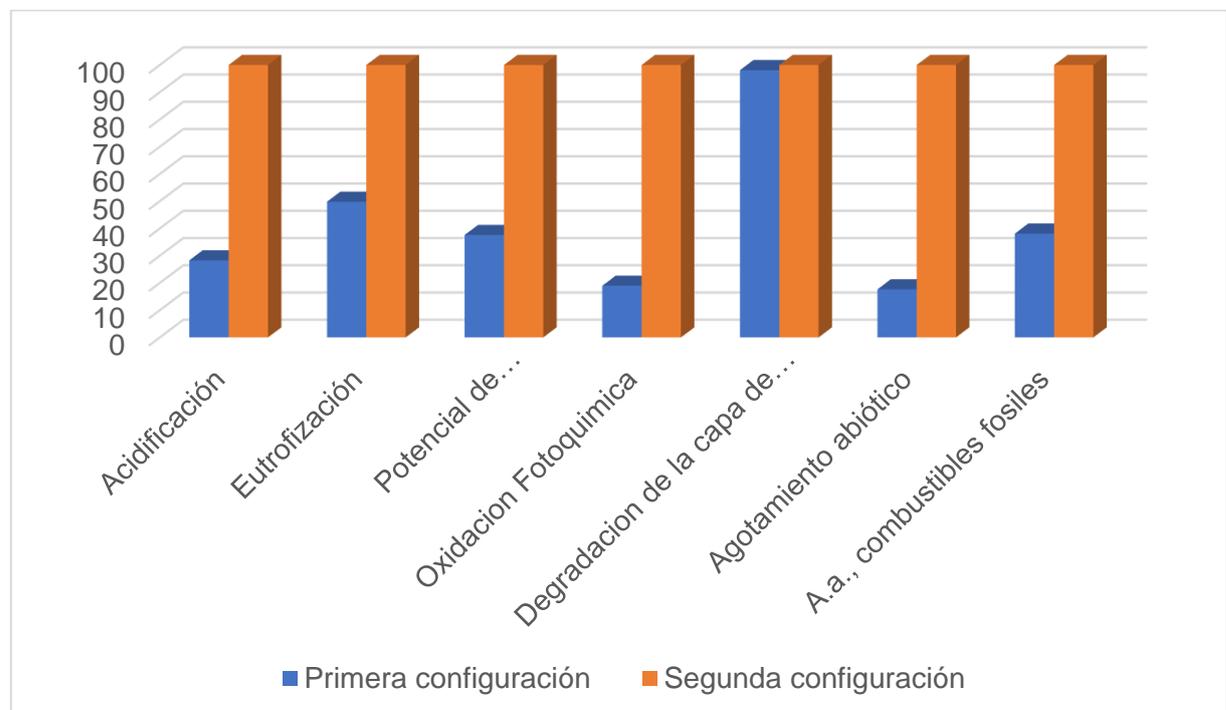


ILUSTRACIÓN 14 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS ENTRE LAS DOS CONFIGURACIONES

Se aprecia que la primera configuración tiene un rendimiento ambiental mayor en comparación con la segunda configuración. Es decir, los impactos ambientales de la segunda superan en todas las categorías a la primera. Por lo cual continuar con el desarrollo de la primera es la mejor opción. Adicionalmente con los datos a detalle incluidos en la publicación de Arellano Vázquez et al. (s/f) se aprecia que

se pueden incluir criterios o materiales de la primera para reducir lo impactos ambientales.

En la evaluación se aprecia una disminución de hasta el 81.03% de los impactos en algunas categorías, lo cual resulta ser considerablemente más bajo que la otra configuración, la cual, sin datos ambientales, pudiese haber llegado a pruebas finales o inclusive la comercialización, ya que la metodología utilizada en su desarrollo se basa en criterios cualitativos que cualquier configuración cumple. Por último, bajo las metodologías cualitativas es complicado abarcar el impacto en diferentes problemas ya que estos dependen de la estética de diseñador y las prioridades del material, llevando a materiales difíciles de promover o comparar.

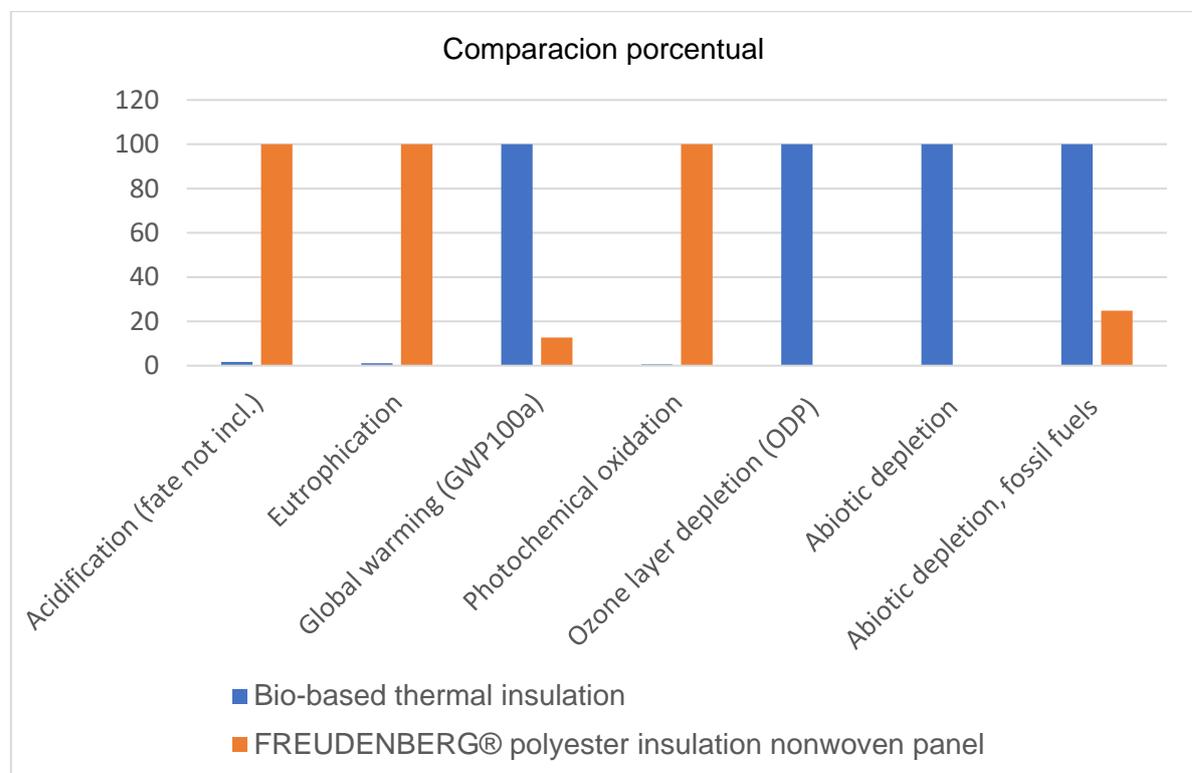


ILUSTRACIÓN 15 RESULTADOS DE COMPARACIÓN ENTRE LA CONFIGURACIÓN CON EL MENOR IMPACTO AMBIENTAL Y UN PRODUCTO COMERCIAL CON EPD DISPONIBLE EN EL SISTEMA INTERNACIONAL EPD

Por ultimo la comparación con elementos comerciales permite elaborar una estrategia de diseño que además aventaje el mercado. Teniendo en cuenta que los productos que cuentan con una EPD certificada son materiales, que se encuentran comercialmente y que sus datos de entrada fueron certificados por un organismo internacional o nacional como EPD internacional System ®, y que la calidad de los datos de entrada utilizados en esta metodología puede ser menor.

La comparación realizada, aun así, genera una referencia e identifica cuáles son los principales retos de un material o función, cuando se habla de impactos ambientales. Permite crear materiales o conceptualizarlos rápidamente de manera concientizada. Inclusive planear esa ciclicidad requerida por la economía circular (filosofía muy aceptada en recientes años por el sector productivo).

3.3) Contrastación de hipótesis

4. TABLA 15 PORCENTAJE DE IMPACTO AMBIENTAL ENTRE CONFIGURACIONES (ARELLANO VÁZQUEZ ET AL., S/F)

Impacto ambiental evaluado	Impactos ambientales utilizando la metodología	Impactos ambientales sin usar la metodología
Acidificación	28.3%	100%
Eutrofización	49.8%	100%
Potencial de calentamiento global	37.61%	100%
Oxidación fotoquímica	18.97%	100%
Degradación de la capa ozono	98.1%	100%
Agotamiento de los recursos abióticos	17.66%	100%
Agotamiento de los recursos abióticos, combustibles fósiles	38.11%	100%

La hipótesis es confirmada debido a que los resultados mostrados en esta investigación permitieron una disminución promedio del 58.82% de los impactos ambientales solamente al seleccionar la configuración a desarrollar. Establecer los límites de un material únicamente en las propiedades fisicoquímicas, con poca o nula información de su desempeño ambiental, incrementa los impactos, debido a que no se consideran todas las etapas del ciclo de vida. La base de las metodologías cualitativas es generalizar ecomateriales o materiales que han probado tener buen desempeño ambiental, sin embargo, con una evaluación cuantitativa en siete problemas ambientales globales, se demuestra que

considerar solo un impacto incrementa las consecuencias no deseadas en otros problemas.

En México el uso de ecoetiquetas o declaraciones ambientales esta en desarrollo y en la práctica su existencia es escasa. En contraparte los compromisos globales con el ambiente y los efectos ambientales son cada día mayores. En las hojas de ruta para la eficiencia energética y ley para producción y consumo sustentable, se identifica la urgencia de contar con datos ambientales y crear códigos o metodologías que los generen. Sin embargo, en la practica no existen herramientas especializadas o mas avanzadas en temas de comparación que la EPD, pero su aplicabilidad en México es casi nula, porque se deben certificar gran cantidad de datos debido a la poca existencia de bases de datos LCI. Entonces contar con una herramienta que utiliza la EPD y les brinda importancia a las regulaciones nacionales desde un inicio, cuando el tiempo, el conocimiento y el dinero invertido no es tan grande como en un producto ya desarrollado, cumple con lo requerido en todas esas regulaciones.

4. CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1) CONCLUSIONES

El diseño es un proceso de análisis y acumulación de conocimientos basados en la solución de un problema específico, con la finalidad de aplicarlos en la integración de un objeto de diseño. Este no tiene fronteras ya que es transdisciplinar. Entonces los diseñadores pueden venir de diferentes áreas del conocimiento y los procesos de diseño también. Adaptar métodos y herramientas en otras áreas requiere el involucramiento de expertos, que faciliten la traducción de los objetos y una investigación lo mayor delimitada posible. Esto con la finalidad de no perder en la inmensidad de la nueva área del conocimiento al diseñador. Por otra parte, los procesos de diseño aceleran el procedimiento creativo y lo complementan, incluyendo valores que a primera vista o con el enfoque de un solo especialista en el área son difíciles de alcanzar. El diseño basado en el desarrollo sustentable, aunque con avances significativos, debe avanzar a la adaptación de metodologías más integrativas con los modelos de evaluación, ya que la

complejidad de los problemas y la acumulación de estos parece difusa con los métodos actuales.

Con una disminución promedio del 58.82% la hipótesis queda confirmada en casi el 100%; porque, al agregar nuevas dimensiones a los impactos ambientales, como lo es evaluar diferentes categorías, los porcentajes pueden diferir entre ellas o inclusive aumentar en algunas. Entonces la disminución del 30% de los impactos ambientales solo se cumple en el promedio ya que existen categorías en las que solo el 2% fue disminuido. El impacto ambiental y las consecuencias no deseadas sobre la superestructura biológica son tan complejos como diversos. Los actuales problemas ambientales, son el resultado de una acumulación de elementos que forman parte de procesos de transformación natural. Problemas como el calentamiento global o la acidificación, son el resultado del proceso que tienen los GEI, y la precipitación de estos. Estos procesos se llevan a cabo en la atmosfera aun sin la intervención del hombre, pero el real problema del cambio climático no es en si el cambio, es la velocidad con que este sucede. Por eso es importante aumentar la resiliencia y alternativas de los sistemas, porque hoy en día no existe en ellos una velocidad de adaptación comparable al cambio.

Para desarrollar y proponer nuevos problemas que solucionen otros, es necesario tener una mayor comprensión del menor de ellos. Todas las acciones humanas tienen un impacto en la naturaleza, es decir la transforman y la alteran. El desarrollo ambiental paralelo al desarrollo económico es imposible en una sociedad dualista, donde naturaleza y humanidad son dos cosas distintas. Por eso se proponen dos soluciones en camino una economía regenerativa, donde la humanidad reconoce y reconcilia su existencia en la naturaleza. La primera es la creación de la infraestructura necesaria para comprender el cambio ambiental, y la segunda es el control y aplicación de mejores prácticas de gestión por medio de modelos recíprocos. Para ser más claros y basados en el *Life Cycle thinking*; sin normativas, leyes o metodologías que permitan obtener datos sobre lo que está sucediendo es imposible proyectar cambios o entenderlos. Proyecciones necesarias para contraer acuerdos realmente efectivos, y que más que por una presión política tengan la potencialidad de regeneración requerida.

Cada elemento debe ser controlado, ya sea centralizando el control o segmentándolo, pero siempre teniendo en cuenta que su razón de existencia no

es en sí su control, si no las relaciones con su entorno. Para los materiales constructivos esas relaciones son una tarea más compleja, que su configuración física, ya que, solo incluyendo valores que nazcan del conocimiento y reconocimiento de estas, es que se pueden formar parte de la regeneración mencionada. La edificación sustentable, es un acercamiento a esto, dejando de lado la percepción y aceptación de la sustentabilidad como modelo de desarrollo, es innegable que en esencia ser recíprocos dentro de un sistema cerrado como el planeta es la mejor manera de alargar o ralentizar los efectos adversos a la existencia. Mientras algunas economías empujan este discurso, mediante la promoción de tecnologías que hacen uso de recursos con menor impacto o que plantean la reducción de lo necesario, existen otras como México que carecen de la infraestructura necesaria para su adaptación.

México debe avanzar en el control y aplicabilidad de sus normativas, obligando a los sistemas y las mismas a evolucionar por medio de la experiencia; ya que adaptar normativas internacionales a un marco cultural y tecnológico con carencias, ha resultado en el distanciamiento de la teoría y la práctica. Es notable que mientras los códigos técnicos se encuentren entre el desarrollo de mejores prácticas como el código nacional de vivienda y la escasa tecnicidad de los códigos municipales, estaremos lejos de este objetivo. El desarrollo teórico existe solo hacen falta herramientas que apoyen en la aceptación de este.

Para esto el uso del desarrollo y la cooperación internacional es de vital importancia, ya que en el mundo existen múltiples esfuerzos, y las experiencias internacionales pueden ser útiles ejemplos de aplicabilidad. Herramientas metodológicas como las ISO poseen un desarrollo de alto nivel científico y su nivel de aceptación es elevado en comparación con las producidas por otros organismos. La inercia generada por estas en el sector industrial representa una ventaja en velocidad de adaptación. En el caso de la ISO 14025 Declaraciones ambientales de tipo III, ofrece ventajas en la comparación entres similares, y permite obtener los datos ambientales necesarios que la gestión ambiental necesita. Además, incorpora unidades y modelos que además forman parte de los grandes acuerdos internacionales, con un gran crecimiento en su certificación.

El uso de información cuantitativa en la evaluación ambiental es una práctica necesaria y poco desarrollada a nivel global. Sin datos no hay referencia y sin

referencia es imposible disminuir la incertidumbre. Como en la metrología los procesos de calibración dependen del patrón certificado, sin este el metrologo puede realizar modificaciones en la escala que se alejan de lo común. Así en la gestión de datos ambientales es fácil declarar impactos a conveniencia e ignorar problemas que no resultan destacados en los números. Los datos son necesarios para entender los avances requeridos en la mitigación de las consecuencias no deseadas, y así vincular por medio de redes las practicas sociales y el ambiente. Estas redes son un elemento esencial en la reconfiguración social, y la reintegración humano-naturaleza.

Los beneficios de las metodologías cualitativas están generalmente respaldados por teorías de reincorporación y biodegradabilidad; sin embargo, en esta metodología se ha demostrado que una herramienta integrativa con suficiente vinculación y adherencia a los indicios globales, y la información disponible en las bases de datos LCI, genera información con una confiabilidad mayor. También con el uso de estas referencias es posible determinar si los materiales generados reducen los impactos ambientales de los ya disponibles comercialmente con información ambiental, ya que las unidades equivalentes y los impactos son los mismos. Además, puede ser integrada a otras metodologías, por su flexibilidad y respaldo de instituciones destacadas en el tema como lo es el EPD international System, la ISO o el IPCC.

Esta metodología no busca sustituir a otras relacionadas con el diseño de materiales, busca integrarse como un valor más en el desarrollo y reducir la incertidumbre de algunas metodologías cualitativas. Genera información temprana sobre el desempeño ambiental y sobre las posibles consecuencias al ambiente de las acciones a tomar. Además, demuestra la importancia de vincular los desarrollos con otros existentes, facilitando la construcción del conocimiento y aprovechando la inercia y aceptación de otras metodologías con muchísimos años de desarrollo. Esta velocidad de aceptación representa un punto clave para alcanzar el desarrollo de economías desarrolladas, sin pasar por el mismo proceso que ellas. En los compromisos México no puede esperar a que después de veinte años sus normativas se fortalezcan, el camino más corto es usar las vías de aplicación ya asentadas, hasta contar con la experiencia y aceleración necesaria para crear nuevas.

Aplicada al desarrollo de nuevos materiales constructivos el beneficio de la mitigación de los impactos ambientales es considerable, como muestran los resultados, las decisiones y el ensayo de resultados determinan las mejores prácticas, cosa que con la selección cualitativa no. Con los resultados el desarrollo es más fácil seleccionar procesos industrializados o de masificación con menor impacto, que en las etapas donde la industrialización ya esta desarrollada. Además, los resultados obtenidos son el esquema básico y la base para la certificación posterior de la EPD, que es la herramienta de comunicación ambiental más completa al momento. Esto también permearía en la evaluación ambiental de otro tipo de materiales o servicios, que requieren metodologías de transición o herramientas que permitan a partir de la infraestructura existente adaptarse a los problemas ambientales y su mitigación.

Derivado de la situación causada por el COVID 19 en 2020, esta metodología puede ser incluso desarrollada para otras cuestiones fuera de lo ambiental, proyectando una declaración de tipo voluntario como primer paso, de los impactos a la salud que generan los materiales, en los cuales como en el EPD se pidieran evaluar los problemas de salud mas importantes de la humanidad, no en temas de complejidad, si no en temas de alcance de población, y de igual manera recurrir al conocimiento científico de las organizaciones internacionales como la Organización Mundial de la salud, para buscar que indicadores existen y cuales tienen mayor aceptación a nivel internacional y así crear materiales con el mismo objeto de esta investigación, que reduzcan la incertidumbre en una crisis sanitaria así como reducen los impactos ambientales.

4.2) RECOMENDACIONES

- Si el objeto de estudio es desarrollar un material con una función experimental, de lo cual no existe comparación, puede tomarse como unidad funcional general el peso.
- Para reducir el tiempo de evaluación es recomendable evaluar la primera configuración y con base en los resultados crear nuevas configuraciones a

evaluar, ya que así se reduce el tiempo de procesamiento de datos y se evita aumentar impactos ambientales.

- Si el material es un material multifuncional puede justificarse la suma de dos materiales en su comparación, siempre y cuando la sustitución de estos sea completa.
- Para el uso de esta metodología es recomendable contar con el acceso a un software para la realización del LCA, con la finalidad de facilitar el cálculo, y tener acceso a las bases de datos LCI, que vienen por default en software como Simapro®.
- Para el uso de la metodología es recomendable buscar información certificada en primer nivel, como lo son LCA certificados por organizaciones como Ecoinvent® o Agrifootprint®.
- El seleccionar la mayor cantidad de límites, facilitara el proceso de diseño reduciendo las posibilidades y aumentando los beneficios.
- Utilizar productos o materias primas rastreables de origen, facilita la obtención de datos.
- Se recomienda crear un registro de usuario del sistema EPD internacional, para acceder gratuitamente a sus PCR's.
- Existen un centro de investigación de la EPD en México, el centro de análisis de ciclo de vida y diseño sustentable CADIS que se encuentran creando bases de datos LCI basado en productos mexicanos en 2020.

4.3) AGRADECIMIENTOS

Al consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACYT), por el apoyo económico para continuar mis estudios y por su labor en el desarrollo científico del país.

A mi Universidad Autónoma del Estado de México, por brindarme un espacio de conocimiento y programa educativo con un nivel que trasciende lo académico.

A mi tutor el Dr. Juan Carlos Arteaga Arcos, que me brindo su siempre su apoyo a lo largo del doctorado, y su conocimiento para este y otros proyectos.

A mis tutores por brindarme un lugar en sus proyectos y orientarme hacia el desarrollo de todas mis capacidades.

A mis compañeros por compartir el conocimiento, amistad y ser una ventana a lo desconocido.

A la Università degli Studi di Genova, Dipartimento di ingegneria civile, chimica e ambientale, por brindarme las facilidades en el uso de sus instalaciones y un lugar como investigador.

A la Dra. Adriana del Borghi, Luca Moreschi, Selena Candia, Guido Busca, y Michella Gallo, miembros del grupo de investigación de ricerca per lo sviluppo della sostenibilita dei prodotti, por compartirme los avances de sus investigaciones, integrarme a sus trabajos y a Vincenzo Vitale por hacer de Génova una segunda casa.

A mi esposa Andrea por el apoyo emocional y físico en todo este proceso de transformación.

A mi familia por haberme brindado los valores necesarios para llegar a buscar ser parte de una mejor relación con el ambiente.

A la naturaleza por darme salud y longevidad para vivir estas experiencias.

OTROS PRODUCTOS DEL DOCTORADO

Artículos

D A Arellano Vázquez, L Moreschi, G J Islas Valverde, M Gallo, A Del Borghi and J C Arteaga Arcos (2020), **Evaluation of by-products' potentiality for the reincorporation in new building materials**. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES)

D A Arellano Vázquez, L Moreschi, G J Islas Valverde, M Gallo, A Del Borghi and J C Arteaga Arcos, M Mayorga Rojas, L Romero Salazar (2020), **Use of EPD system for design of new building materials: the case study of a bio-based thermal insulation panel from the pineapple industry by-product**. Sustainability.

Movilidad internacional en la *Università degli Studi di Genova, Dipartimento di ingegneria civile, chimica e ambientale*, en Genova, Italia de 2018 a 2019. Con la

Dra. Adriana del Borghi, delegada del canciller para la Sostenibilidad Ambiental y miembro activo del comité técnico del EPD System®.

Participación en el foro, Génova Smart week 2019, dedicado a la transición de Génova como una ciudad inteligente.

Otros

Participación y copropietario de la marca Greenfluidics® unas de los startups más importantes de Latinoamérica en 2020.

Participación en Hult prize 2017, representando a la UAEMex.

Fundador de Exerficient empresa emergente dedicada a la evaluación y certificación de sistemas de producción limpia.

3.3 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Acha, J. (2008). *La apreciación estética y sus efectos: Vol. Primera*. Trillas.
- Agua.org. (2020). *Fondo para la comunicación y la educación ambiental A.C.*
<https://agua.org.mx/glosario/mesotrofico/>
- Albert Dietz G. H. (2008). *Plásticos Para Arquitectos y Constructores*.
- Almeida, M. I., Dias, A. C., Demertzi, M., & Arroja, L. (2015). Contribution to the development of product category rules for ceramic bricks. *Journal of Cleaner Production*, 92, 206–215. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.073>
- Alonso Rodríguez, F., Ebert Alemany, R., Ordaz Gargallo, J., & Vázquez, P. (2006). Análisis del deterioro en los materiales pétreos de edificación. *Revista electrónica ReCoPaR*, 3, 23–32.
- Alvares Vallejo, A. (2016). *Epistemología en el diseño*.
- Aranda, A., & Valero, A. (2010). Ahorro, eficiencia energética y ecoeficiencia. *Ecologista*, 2.
- Aranda Cirerol, N. (2004). *Eutrofización y calidad del agua de una zona costera tropical*.
- Arellano Vazquez, D. A. (2015). *Diseño de Tecnologías para Rehabilitación energética*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Arellano Vázquez, D. A., Moreschi, L., Arteaga Arcos, J. C., Mayorga Rojas, M., Romero-Salazar, L., Gallo, M., & Islas Valverde, Gustavo JesusIslas, G. (s/f). Use of EPD system for design of new building materials: the case study of a bio-composite thermal insulation panel from the pineapple industry by-product. En *Sustainability* (Número Climate Adaptation and Mitigation through Sustainable Energy Solutions).
- Arredondo Figueroa, J. L., Diaz Zabaleta, G., & Ponce Palafox, J. t. (2002). A simplified model for the evaluation of trophic lakes and dams of Mexico. En *Limnology in Mexican dams* (pp. 469–483). AGT editor S.A.
- Arrigoni, A., Pelosato, R., Melià, P., Ruggieri, G., Sabbadini, S., & Dotelli, G. (2017). Life cycle assessment of natural building materials: the role of carbonation, mixture components and transport in the environmental. *Journal of Cleaner Production*.
- Arteaga-Arcos, J. C., Chimal-Valencia, O. A., Yee-Madeira, H. T., & Díaz De La Torre, S. (2013). The usage of ultra-fine cement as an admixture to increase the compressive strength of Portland cement mortars. *Construction and Building Materials*, 42, 152–160. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.01.017>
- Aubriot, L., Conde, D., Bonilla, S., Hein, V., & Britos, A. (2005). Vulnerabilidad de una laguna costera en una Reserva de Biosfera : indicios recientes de eutrofización. *Taller Internacional de Eutrofización de Lagos y Embalses*, 65–85.
- Bellart, M., & Mesa, S. (2011). Impacto ambiental y ciclo de vida de los materiales de construcción. *Energy and Buildings*, 34(6), 1 recurs electrònic. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00005-1)
- Bermejo Gomez de segura, R. (2014). Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis. En *Del desarrollo Sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis*.

http://publ.hegoa.efaber.net/assets/pdfs/315/Sostenibilidad_DHL.pdf?1399365095

- Bravo, H., Roy-Ocotla, G., Sánchez, P., & Torres, R. (1991). Contaminación atmosférica por ozono en la zona metropolitana de la ciudad de México: evolución histórica y perspectivas. *Rev Coord Gral Estud Posgrad-23, 1986*, 39–48.
<http://www.posgrado.unam.mx/sites/default/files/2016/05/2305.pdf>
- BRE. (2019). *Building Research Establishment*. Certificación Breem.
<http://www.breeam.com/>
- CADIS. (2020). *Mexicanuih®*. <https://centroacv.mx/mexicanuih.php>
- Calderón, R., Arredondo, A., Cadenas, E., & Mayagoitia, F. (2010). *Vivienda Net-Zero En Mexicali., B.C, Un Camino Hacia Las Políticas Energéticas En Desarrollos Habitacionales Sustentables*. 460.
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/12828/06_Calderon_Arredondo_Cardenas_Mayagoitia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Caparrós Gass, A. (2007). El Informe Stern y la despolitización de la “economía del cambio climático”. *Ecosistemas, 16*(1), 124–125.
- Capuz Rizo, S., & Gómez Navarro, T. (2013). *Ecodiseño: ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*.
https://www.researchgate.net/publication/312549138_Ecodiseno_Ingenieria_del_ciclo_de_vida_para_el_desarrollo_de_productos_sostenibles
- Carmona, L. G., & Whiting, K. (2015). Pandora y Thanatia una visión termodinámica del agotamiento de los recursos minerales. *Gestión y Ambiente, 17*(2), 119–127.
- Centro de Información Gerencia Técnica, C., & Ambiente, E. T. P. E. en P. y M. (s/f). Boletín Técnico Informativo N° 15 - Plásticos en la Construcción su contribución a la Salud y el Medio Ambiente. *Plastida Argentina*.
- Comisión Europea. (2014). Acción por el clima. *Comprender las políticas de la Unión Europea, m*, 1–16. <https://doi.org/10.2775/8341>
- Compuestos, M. (2006). 2. *El uso de materiales compuestos en la construcción 2.1*. 11–38.
- Crespo Escobar, S. (2010). *Materiales de construcción para edificación y obra civil*. CLUB UNIVERSITARIO.
- Cuevas, H. R. (1988). Un criterio de selección y consideraciones de uso de la madera en construcción. *Bosque, 9*(2), 71–76. <https://doi.org/10.4206/bosque.1988.v9n2-01>
- Darby, S. (2006). *THE EFFECTIVENESS OF FEEDBACK ON ENERGY CONSUMPTION*.
- de Obeso Partida, I. (2007). *EVALUACIÓN DE VIABILIDAD PARA LA FABRICACIÓN, ANÁLISIS DE SUSTENTABILIDAD Y COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PANELES CON PLÁSTICOS RECICLADOS*. INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE.
- Del Borghi, A., Blengini, G., & Gallo, M. (2010). Definition of the methodology for a Sector EPD (Environmental Product Declaration): case study of the average Italian cement. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 540–548*.

- Descola, P. (2001). construyendo-naturalezas. *Ecología Simbólica y Práctica Social*.pdf. En *Naturaleza y Sociedad* (pp. 101–123).
- Díaz Rodríguez, L. A., & Torrecillas, R. (2002). Arcillas cerámicas: Una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 41(5), 459–470. <https://doi.org/10.3989/cyv.2002.v41.i5.665>
- Dietz, A. G. H. (2003). *Plásticos para Arquitectos y Constructores*.
- DOF. (2020). *DECLARATORIA de vigencia de la Norma Mexicana NMX-C-21930-ONNCCE-2019*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5591181&fecha=06/04/2020
- EEB. (2018). *The EU Product Environmental Footprint (PEF) Methodology*.
- ELLEN MCARTHUR FOUNDATION. (2020). *What is a circular economy?* <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>
- Europe, P. (2012). *Los plásticos para una arquitectura moderna y sostenible*.
- European Environment Agency. (1997). Acidificación ¿CÓMO AFECTA EL CO₂ A LOS OCEANOS? En *El Medio ambiente en Europa: segunda evaluación* (Número acidificacion).
- Fagan, B. (2008). *El Gran Calentamiento: cómo influyó el cambio climático en el apogeo y caída de las civilizaciones*, (Número 2008). Gedisa.
- FCIRCE. (2014). *Curso de edificación sustentable y ecomateriales*.
- Fernandez, X. (2011). Indicadores de eficiencia energética en el sector residencial. *Sener*.
- Flores López, H. E., Carrillo González, R., Francisco Nicolás, N., Hidalgo Moreno, C., Ruíz Corral, J. A., Casteñeda Villanueva, A. A., & Velasco-Nuño, R. (2009). Aportes de nitrógeno y fósforo de tres sistemas agrícolas de la cuenca hidrográfica “el jihuete”, en jalisco, México. *Agrociencia*, 43(7), 659–669.
- Fontúrbel Rada, F. (2016). Indicadores Fisicoquímicos y Biológicos Del Proceso De Eutrofización Del Lago Titikaka (Bolivia). *Ecología Aplicada*, 4(1–2), 135. <https://doi.org/10.21704/rea.v4i1-2.308>
- Fournier Zepeda, R. (2008). Construcción sostenible y madera: realidades, mitos y oportunidades. *Tecnología en Marcha*, 21(4), 92–101.
- Freire Guerrero, A., & Marrero, M. (2015). Evaluación a través del presupuesto de la energía incorporada al proyecto de edificación. *Hábitat Sustentable*, 5(1), 54–63.
- Füssel, H.-M. (2009). Ranking of national-level adaptation options. An editorial comment. *Climatic Change*, 95, 47–51.
- Galicia-Aldama, E., Mayorga, M., Arteaga-Arcos, J. C., & Romero-Salazar, L. (2019). Rheological behaviour of cement paste added with natural fibres. *Construction and Building Materials*, 198, 148–157. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.179>
- Gallo, M., Del Borghi, A., Strazza, C., Parodi, L., Arcioni, L., & Proietti, S. (2016). Opportunities and criticisms of voluntary emission reduction projects developed by Public Administrations: Analysis of 143 case studies implemented in Italy. *Applied*

- Energy*, 179, 1269–1282. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.020>
- Galvañ Llopis, V. A., & Palaia Pérez, L. (1986). Clasificación de materiales de construcción. *Materiales de Construcción*, 36(203), 53–58. <https://doi.org/10.3989/mc.1986.v36.i203.890>
- García, I., Marbán, A., Tenorio, Y. M., & Rodriguez, J. G. (2008). Pronóstico de la Concentración de Ozono en Guadalajara-México usando Redes Neuronales Artificiales. *Información Tecnológica*, 19(3), 89–96. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.3925it.07>
- García Leon, R. A., Florez Solano, E., & Acevedo Peñaloza, C. (2018). CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DE MEZCLAS DE ARCILLAS UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE MAMPOSTERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN. *Revista colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1, 22–30.
- Garrido, L. D. (2013). *Arquitectura sostenible. España*. Instituto Monsa de Ediciones S.A.
- Glazyrina, I., Glazyrin, V., & Vinnichenko, S. (2006). The polluter pays principle and potential conflicts in society. *Ecological Economics*, 59(3), 324–330. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.10.020>
- Gobierno de España. (2013). CTE-HE-Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos. *Boletín Oficial del Estado*, 1–14.
- Godoy Zúñiga, M. E., & Sánchez Benavides, R. (2017). PÉRDIDA DE LA BIODIVERSIDAD MARINA COMO CONSECUENCIA DE LA ACIDIFICACIÓN DE LOS OCÉANOS. *DELOS Desarrollo Local Sostenible*, 10. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6503060>
- Gonzalez, J. a., Calero Pérez, R., Colemar Santos, A., & Castro Gil, M. (2009). *Centrales de energías renovables España* (primera). Pearson Educación.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2001). *Cambio climático 2001: Informe de síntesis*.
- Gutowski, T. G. (2018). A Critique of Life Cycle Assessment; Where Are the People? *Procedia CIRP*, 69(May), 11–15. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.01.002>
- Hasanbeigi, A., Price, L., & Lin, E. (2012). Emerging energy-efficiency and CO 2 emission-reduction technologies for cement and concrete production: A technical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 6220–6238. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.07.019>
- Hernandez Moreno, S. (2016). *Selección y diseño sustentable de materiales de construcción. Toluca, Mexico.*: Trillas.
- Hernandez Neria, Gerardo Rubio Toledo, Miguel Angel Santamaria Ortega, A. (2017). 09 La ciclicidad de los materiales residuales, un modelo estratégico de reintegración concientizada al diseño de productos de consumo. En *Diseño e investigación: Dialogos Interdisciplinarios* (primera, pp. 153–167).
- Herrera Silveira, J. A., Aranda Cirerol, N., Troccoli Ghinaglia, L., Comín, F. A., & Madden, C. (2005). Eutrofización costera en la Península de Yucatán. *Los ecosistemas del Golfo de México*, 821–847. <https://core.ac.uk/download/pdf/36045853.pdf>

- Huang, J., Mendoza, B., Daniel, J. S., Nielsen, C. J., Rotstayn, L., & Wild, O. (2013). Anthropogenic and natural radiative forcing. *Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 9781107057*, 659–740. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.018>
- IMCO. (2016). *Centro de investigacion de politica publica*. <https://imco.org.mx/mexico-ratifica-el-acuerdo-de-paris-sobre-el-cambio-climatico/#:~:text=El Acuerdo de París%2C el,2016 y abril del 2017.>
- Industrias, G. De. (2011). Ecomateriales y Construcción Sostenible. *Escuela De Organizacion Industrial*, 1(2), 110. https://www.mendeley.com/research-papers/ecomateriales-y-construcción-sostenible-índice-1/?utm_source=desktop&utm_medium=1.17.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B6da2c894-eb99-4a26-b7c6-9c34e76381f1%7D
- INEGI. (2018). *Instituto Nacional de Geografía y estadística*. Obtenido de. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/>
- INEGI. (2019). *Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SIODS)*. <http://agenda2030.mx/#/home>
- Inex, E. (2020). *Ecolabel Index*. <http://www.ecolabelindex.com/ecolabels/>
- International EPD system. (2016). *PCR 2014:13 v1.2 Insulation Materials*.
- IPCC. (2007). Climate Change Fourth Assessment Report. En *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1038/446727a>
- IPCC. (2013a). Cambio climático 2013, bases físicas. En *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf
- IPCC. (2013b). Climate change 2013 the physical science basis: Working Group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. *Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 9781107057*, 1–1535. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>
- IPCC. (2015). Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico. En *ipcc*.
- Irigoyen Castillo, J. F. (2008). *Filosofía y diseño: una aproximación epistemológica* (U. A. Metropolitana (ed.)). Universidad Autónoma Metropolitana. <https://books.google.com.mx/books?id=Vv--ZwEACAAJ>
- Islas Valverde, G. J. (2020). *Uso y aplicación de la sorosis de anannás comosus como biocompuesto en la industria de la construcción* (Tesis).
- ISO. (2000). *ISO 14020:2000(es) Etiquetas y declaraciones ambientales — Principios generales*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14020:ed-2:v1:es>

- ISO. (2006). *ISO 14040:2006(es) Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>
- Jardon, J. J. (1995). *Energía y Medio Ambiente: Una perspectiva económico-social* (Primera).
- Jones, D., & Brischke, C. (2017). Performance of Bio-based Building Materials. *Performance of Bio-based Building Materials*, 1–633. <https://doi.org/10.1016/c2015-0-04364-7>
- Juarez, C. (2016). *Ciencia UNAM*. http://ciencia.unam.mx/leer/608/A_brindar_con_tequila_y_mezcal_amigables_con_los_murcielagos
- Keenan, F. J., & Tejada, M. (s/f). *Maderas Tropicales como Materiales de Construcción en los países del Grupo Andino de América del Sur*.
- Kottas, D. (2016). *Materiales para la construcción*.
- Left, E. (2004). *Racionalidad Ambiental*. México: Siglo XXI editores S.A. de C.V.
- Leon, R. (2014). *Jornada UNAM*. <http://www.jornada.unam.mx/2016/09/15/opinion/029n3est>
- Martelo, J., & Lara-Borrero, J. A. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte. *Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 221–243. <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v8n15/v8n15a11.pdf>
- Martin Moreno, S. (1994). *Materiales Petreos tradicionales de construcción en Madrid*.
- Martínez Asturia, P. F., & Patiño Gomez, C. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3(1), 5–20. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3250-10.2010>
- Martinez, F. J. (2006). *Eficiencia Energética en edificios: Certificación y auditorías Energéticas*. Paraninfo S.A.
- Martínez, J. F. (2008). Sistemas De Gestión Medioambiental. *Universidad de Valencia*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.jmr.2006.02.015>
- Mata Cabrera, F. (2010). La selección sostenible de los materiales de construcción. *Tecnología y desarrollo*, 8, 4–16.
- Materia, E. N., Registro, D. E. L., & Emisiones, N. D. E. (2014). *Reglamento LGCC_RENE_28oct2014*.
- Mecánica, I., Jaramillo, N., Hoyos, D., & Santa, J. F. (2016). *Composites with pineapple-leaf fibers manufactured by layered compression molding* *Compuestos de fibra de hoja de piña fabricados mediante moldeo por compresión por capas*. 18(2), 151–162. <http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v18n2/v18n2a14.pdf>
- Mercader, M. P., Ramírez de Arellano, A., & Olivares, M. (2012). Modelo de cuantificación de las emisiones de CO₂ producidas en edificación derivadas de los recursos materiales consumidos en su ejecución. *Informes de la Construcción*, 64(527), 401–414. <https://doi.org/10.3989/ic.10.082>

- Mexico, G. de. (2020). *Servicio Geologico Mexicano*.
<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/El-ciclo-de-las-rocas.html>
- México2. (2019). *Impuesto al Carbono en México*. 1–5.
<http://www.mexico2.com.mx/uploads/mexico/file/artimpuestofinal.pdf>
- Ministerio de Agricultura, A. y M. A., Biodiversidad, F., & Ambiental, O. E. de C. C. A. E. de M. C. N. de E. (2016). Cambio Climático : Informe de síntesis, guía resumida del quinto informe de evaluación del IPCC. *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*, 52.
- Ministerio de Fomento. (2017). CTE-HE. Código Técnico de la Edificación. Documento Basico HE Ahorro de energia. *June*, 68.
- Moreno, S. H. (2008). Diseño sustentable de materiales de construcción; caso del concreto de matriz de cemento Pórtland. *Ciencia Ergo Sum*, 15(3), 306–310.
<http://www.redalyc.org/pdf/104/10415308.pdf>
- Moreta Pozo, J. C. (2008). La Eutrofización De Los Lagos Y Sus Consecuencias. [Ibarra]. En *Google Books* (Vol. 52, Número 4).
http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2377/2/Resumen Ejecutivo.pdf%0Ahttps://www.academia.edu/1439928/La_eutrofización_de_los_lagos_y_sus_consecuencias._lbarra_2008%0Ahttp://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2637/1/TEISIS.pdf
- Morillon, D. (2012). Edificación sustentable. *2da Semana Verde*.
- Niembro, J., & Gonzalez, M. (2008). Categorías De Evaluación De Impacto De Ciclo De Vida Vinculadas Con Energía : Revisión Y Prospectiva. *12th International Conference on Project Engineering*, 1180–1190.
[http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/7767/Niembro_1180_1190\[1\].pdf](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/7767/Niembro_1180_1190[1].pdf)
- Northcote, T., Dejoux, C., & Iltis, A. (1991). Eutrofización y problemas de polución. *El Lago Titicaca: Síntesis del conocimiento limnológico actual*, 563–572.
http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers08-10/36651.pdf
- Octubre, M. (2016). *Guía para el cálculo de la Huella de Carbono y para la elaboración de un pan de mejor en una organización*. http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm7-379901.pdf
- Olivera, B. (2008). *Primer paso para la eficiencia energetica en Mexico*.
- Pacheco-Torgal, F. (2014). Eco-efficient construction and building materials research under the EU Framework Programme Horizon 2020. *Construction and Building Materials*, 51(2014), 151–162. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.058>
- Parchomenko, A., Nelen, D., Gillabel, J., & Rechberger, H. (2018). Measuring the Circular Economy - a Multiple Correspondence Analysis of 63 metrics. *Journal of Cleaner Production*, 200-2016.
- Pardos, J. A. (2010). Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. En *Instituto Nacional De Investigacion Y Tecnologia Agraria Y Alimentaria* . <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01879.x>

- Pcr, S. T. O. (2017). *Sub-PCR to PCR 2012:01 (v2.2). 01*, 1–9.
- Pérez Peláez, A. (2017). Diagnóstico para un modelo de análisis autopoiético hacia proyectos de diseño. *i+Diseño. Revista científico-académica internacional de Innovación, Investigación y Desarrollo en Diseño*, *12*, 113–120. <https://doi.org/10.24310/idisenio.2017.v12i0.3039>
- Pérez Vilar, N., & Mercado, A. (2004). Espacio y psicología de la vivienda. México. *Comisión Nacional de Vivienda*.
- Portilla-Aguilar, J. M., Sánchez-Hernández, L. M., Mayorga, M., Romero-Salazar, L., & Arteaga-Arcos, J. C. (2015). Bio-inspired Panel Design for Thermal Management. *Procedia Engineering*, *118*(722), 1195–1201. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.463>
- Pré-Sustainability. (2018). *Putting the metrics behind sustainability. Construction Products Trade Association Comparing PEF And EPD For Construction Products*. 1–2. www.pre-sustainability.com
- Presidencia de la República. (2019). *PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2019-2024*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019
- PROFECO. (2020). *Normas Oficiales Mexicanas competencia de la Procuraduría Federal del Consumidor*. <https://www.profeco.gob.mx/juridico/noms.asp>
- Programa de naciones unidad para el medio ambiente, & Tecnológico de Delft. (2007). *Diseño para la sostenibilidad: un enfoque práctico para economías en vías de desarrollo*.
- Quirós, R. (2000). La eutrofización de las aguas continentales de Argentina. *El agua en Iberoamérica: Acuíferos Lagos y Embalses. CYTED. Subprograma XVII. Aprovechamientos y Gestión de Recursos Hídricos*, *12*. <http://www.agro.uba.ar/users/quiros/Eutrofizacion/EutroArgentina.pdf>
- RAE. (2020). *Real Academia Española*. <https://dej.rae.es/lema/antrópico-ca>
- Rey Martinez, F., & Velasco Gomez, E. (2006). *Eficiencia energetica en edificios*. Paraninfo S.A.
- Reyes-Bonilla, H., Calderón-Aguilera, L. E., Mozqueda-Torres, M. C., & Carriquiry, J. D. (2014). PRESUPUESTO DE CARBONO EN ARRECIFES CORALINOS DE MÉXICO. *Interciencia*, *39*(9), 645–650.
- Rojas-Higuera, P. J., & Pabón-Caicedo, J. D. (2015). Sobre el calentamiento y la acidificación del océano mundial y su posible expresión en el medio marino costero colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *39*(51), 201. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.135>
- Romero, M. (2010). Proceso de eutrofización de afluentes y su prevención por medio de tratamiento de efluentes. *Revista Ingeniería Primero.*, *17*, 64–74.
- Romero Rodríguez, B. I. (2003). Analisis del ciclo de vida medio-ambiente. *Tendencias tecnológicas*, 91–97. http://www.icesi.edu.co/blogs/mercadeosostenible2012_02/files/2012/10/ACV_M EDIO-AMBIENTE.pdf

- Romo Pérez, S. G. (1989). Estudio del fitoplancton de un lago somero y oligotrófico: Loch Rusky (Escocia). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 46(1), 127–138.
- Sanchez, E., & Ortiz, L. (2016). Escenario ambientales y sociales de la minería a cielo abierto. *Centro de Investigación en Biotecnología (Ceib), UAEM.*, 10(20), 27–34. <http://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/272/447>
- Sánchez, F. C. (2006). Consideraciones sobre la capa con el cáncer de piel. *Revista médica de Chile*, 134, 1185–1190.
- Santamaría, O. A. (2013). *Diseño concientizado y su aplicación en un acelerador de condensación para obtener agua del ambiente*. UAEMéx.
- Santamarina, R. (2015). *Caracterización de material compuesto PET-Vidrio*. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/1839>
- Sardon, J. M. (2008). *Energías Renovables para el Desarrollo*. Paraninfo S.A.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-nacional-de-emisiones-rene>
- Segura, R. B. (2018). *El desarrollo sostenible según Bruntland a la sostenibilidad como biomimesis*. (Universidad del país Vasco (ed.)). Instituto de Estudios para el Desarrollo y la Cooperación Internacional.
- SEMARNAT. (2012). Ley General de Cambio Climático. *Diario Oficial de la Federación*, 1–44. [file:///Users/Jordi/Documents/1.Articles/Mexican Government/Mexican Law on Climate Change 2012_lgcc.pdf](file:///Users/Jordi/Documents/1.Articles/Mexican%20Government/Mexican%20Law%20on%20Climate%20Change%202012_lgcc.pdf)
- SEMARNAT. (2014a). *Programa Especial de Producción y Consumo Sustentable (PEPyCS)*. 1–140. www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/30928/ProgramaEspecialdeProduccionyConsumoSustentable.pdf
- SEMARNAT. (2014b). Semarnat fase piloto de Eco-etiquetado de productos y servicios. *Gobierno de Mexico*. <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/arranca-semarnat-fase-piloto-de-eco-etiquetado-de-productos-y-servicios>
- SEMARNAT. (2018). *Océanos y mares de México*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/oceanos-y-mares-de-mexico>
- SEMARNAT & INECC. (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático. *Informe CICC, Cambio climático*, p.8.
- SINEC. (2018). *Catálogo de Normas*. 52(55), Normas, C. De. (2018). *Catálogo de Normas*. 52(55),.
- SINEC. (2020). <https://www.sinec.gob.mx/SINEC/>. <https://www.sinec.gob.mx/SINEC/>
- Solar, C. A. (2020). *Aura Solar*. www.aurasolar.com.mx/aura-solar-i.html.
- System, I. E. (2019). *Pcr 2014:19 v1.0 construction products*.
- The Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Circular Economy System Diagram*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/infographic>
- The international EPD system. (2020). *The international EPD system*.

- <https://www.environdec.com/The-International-EPD-System/>
- Toscano, C., & Arellano, J. (2017). *Alcanos, Alquenos y Alquinos: Nomenclatura y Propiedades*. 108.
http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/12329/1/Alcanos%2Calquenos%2Calquinos_nomenclatura_y_propiedades.pdf
- Tseng, M. L., Tan, K. H., Geng, Y., & Govindan, K. (2016). Sustainable consumption and production in emerging markets. *International Journal of Production Economics*, 181, 257–261. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.09.016>
- U.S Green Building Council. (2000). LEED Green Building Certification System (El sistema de certificación de construcciones sustentables LEED). *U.S Green Building Council, FAQ*, 3.
- UE. (2020). *Objetivos y valores de la UE*. https://europa.eu/european-union/about-eu/eu-in-brief_es
- Valero Capilla, Antonio Valero Capilla, A. (2014). *Thanatia: The Destiny Of The Earth's Mineral Resources - A Thermodynamic Cradle-to-cradle Assessment*.
https://books.google.com.mx/books?id=EVUCCwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- van Oers, L., de Koning, A., Guinée, J. B., & Huppes, G. (2002). Abiotic Resource Depletion in LCA: Improving characterisation factors for abiotic resource depletion as recommended in the new Dutch LCA Handbook. En *Road and Hydraulic Engineering Institute* (Número June).
https://books.google.co.uk/books?id=uvYOnQEACAAJ%0Ahttps://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/projects/lca2/report_abiotic_depletion_web.pdf
- Villalobos, M. S. (2012). *Declaraciones ambientales tipo III según ISO 14025*. 208, 1–2.
- WWC. (2017). *World Water Council*.
https://www.uclg.org/sites/default/files/press_release_word_council_water_espanol.pdf
- Zabalza Bribián, I., Diaz de Garayo, S., Aranda Usòn, A., & Scarpellini, S. (2010). Impacto de los materiales de construcción en el análisis de ciclo de vida. *Ecohabitar*, 35–37.

3.4 Lista de tablas

Tabla 1 Capacidad instalada por Fuente de energía eléctrica en México (Arellano Vazquez, 2015).	36
Tabla 2 Porcentaje de consumo de gas L.P. por actividad (Arellano Vazquez, 2015).	38
Tabla 3 Tipo de cerramiento de acuerdo con su función en la delimitación espacial (Arellano Vazquez, 2015).	59
Tabla 4 Impactos ambientales incluidos en el modelo EPD 2013 y sus unidades equivalentes	69
Tabla 5 LCI válidas para uso de datos genéricos en Europa(System, 2019).	84
Tabla 6 Listado de entradas para la metodología de desarrollo para materiales de bajo impacto ambiental en México	96

Tabla 7 Principales bases de datos LCI y base de datos LCI mexicana	97
Tabla 8 Modelo de cálculo EPD 2013 y sus referencias	99
Tabla 9 Funciones principales y secundarias del Biocompuesto a base de fibra de piña	102
Tabla 10 Lista de componentes de configuración utilizando la metodología propuesta (Arellano Vázquez et al., s/f)	102
Tabla 11 Lista de componentes de configuración utilizando la metodología EPD (Arellano Vázquez et al., s/f)	103
Tabla 12 Energía incorporada a la primera configuración (Arellano Vázquez et al., s/f)	103
Tabla 13 Energía incorporada a la segunda configuración	103
Tabla 14 Lista de normativas mexicanas aplicables al desarrollo de un aislamiento térmico	104
Tabla 15 Porcentaje de impacto ambiental entre configuraciones (Arellano Vázquez et al., s/f)	107

3.5 Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Reconstrucción de la temperatura Global del hemisferio norte en los últimos 100 años (IPCC, 2013 ^a , Figure 1).	17
Ilustración 2 Factores de conversión de GEI por periodo de vida establecido (IPCC, 2007).	23
Ilustración 3 aplicación de los cerramientos en una vivienda (Arellano Vazquez, 2015)	60
Ilustración 4 Clasificación de los muros de acuerdo a su orientación (Arellano Vazquez, 2015).	61
Ilustración 5 Ejemplo de cubierta con sistema solar fotovoltaico (Arellano Vazquez, 2015)	62
Ilustración 6 El desarrollo sustentable según Brundtland y Segura (Pérez Peláez, 2017) (Arellano Vazquez, 2015)	67
Ilustración 7 Principales criterios y certificaciones para la edificación sustentable	72
Ilustración 8 Energía incorporada en principales materiales constructivos en España (FREIRE GUERRERO & MARRERO, 2015).	76
Ilustración 9 LCA limites (Villalobos, 2012)	78
Ilustración 10 Proyecto de ecoetiqueta aplicada al tequila, para certificar la preservación de murciélagos en su producción (Juarez, 2016)	80
Ilustración 11 Diagrama mariposa, concepto de la economía circular (The Ellen MacArthur Foundation, 2019)	90
Ilustración 12 principales software para el cálculo de los impactos ambientales en el modelo EPD 2013.	99
Ilustración 13 Metodología para el desarrollo de materiales constructivos de bajo impacto ambiental en México	101
Ilustración 14 Resultados de la evaluación de impactos entre las dos configuraciones	105
Ilustración 15 Resultados de comparación entre la configuración con el menor impacto ambiental y un producto comercial con EPD disponible en el sistema internacional EPD	106

3.6 Lista de Anexos

Anexo A Unidades Funcionales y límites del LCA con base en su función principal (System, 2019).	127
Anexo B Normas Mexicanas NOM y NMX aplicables a materiales para la edificación (SINEC, 2018)	148
Anexo C PCR 2012:01 Construction products and construction services (Pcr, 2017).	157
Anexo D PCR 2019:14 Construction products (EN 15804: A2) (System, 2019).	158
Anexo E PCR 2014:13 V 1.2 Insulation materials (International EPD system, 2016)	159

ANEXO A UNIDADES FUNCIONALES Y LÍMITES DEL LCA CON BASE EN SU FUNCIÓN PRINCIPAL (System, 2019).

Función principal	PCR	Unidad Funcional	Límites de la evaluación del LCA
Accesorios prefabricados para cubiertas.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Aceros inoxidable.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Aceros templados y revenidos para construcción.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Adhesivos a base de yeso para bloques de yeso.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Adhesivos de uso general para montaje estructural.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Adhesivos estructurales	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Adhesivos para azulejos	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Adhesivos para sistemas de tuberías termoplásticas para fluidos bajo presión.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Adhesivos para sistemas de tuberías termoplásticas sin presión.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Aditivos para hormigón, mortero y lechada.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Adoquines de arcilla.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Adoquines de hormigón	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Aglomerantes hidráulicos	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Aglutinante hidráulico para aplicaciones no estructurales.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Aglutinantes de yeso para bloques de yeso.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Aglutinantes, aglomerantes compuestos y mezclas hechas en fábrica para capas de piso a base de calcio.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Agregados livianos	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Agregados para hormigón	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Agregados para lastre ferroviario	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Agregados para materiales no unidos y unidos hidráulicamente para su uso en obras de ingeniería civil y construcción de carreteras.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Agregados para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales para carreteras, aeródromos y otras áreas de tráfico.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Agregados para mortero	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Aislamiento térmico para edificios.	PCR 2012:01- SUB-PCR-I	1 m2*K*W-1 de resistencia térmica	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Aislamiento térmico y productos de relleno livianos para aplicaciones de ingeniería civil.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Alfombras	PCR 2012:01-SUB-PCR-B	1 kg con el empaque requerido	A1-A4
Aluminio y aleaciones de aluminio.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Aparatos de calefacción de espacios residenciales alimentados con pellets de madera.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Aparatos de liberación lenta de calor alimentados por combustible sólido	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Aparatos empotrados, incluidos fuegos abiertos que funcionan con combustibles sólidos.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Azulejos de cerámica.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Baldosas de terrazo	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Baños para uso doméstico.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Barreras geo sintéticas	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Betún y ligantes bituminosos	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Bidés.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Bloques de yeso.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Bocas de inspección y cámaras de inspección de hormigón, sin refuerzo, fibra de acero y reforzado	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Bordillos de piedra natural para pavimentos exteriores.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Bordillos prefabricados de hormigón.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Cal para construcción.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Calderas residenciales independientes que funcionan con combustible sólido.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Calentadores de aire de convección forzada a gas no domésticos para calefacción de espacios	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Calentadores de aire de convección forzada de gas doméstico para calefacción de espacios que no excedan una entrada de calor neto de 70 kW, sin un ventilador.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Calentadores de aire de convección forzada de gas doméstico para calefacción de espacios, con quemadores asistidos por ventilador que no excedan entrada de calor neto de 70 kW.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Calentadores de ambiente alimentados con combustible sólido.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Calentadores de tubo radiante suspendidos a gas de un solo quemador para uso no doméstico	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Canales de drenaje para áreas vehiculares y peatonales.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Capas subyacentes rígidas para techos discontinuos	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Cemento de aluminato de calcio.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Cemento de mampostería	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Cemento supersulfatado	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Cemento.	PCR 2012:01 Construction products and	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

	construction services		
Cenizas de la combustión para hormigón.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Chapa metálica autoportante para cubiertas, revestimientos exteriores y revestimientos internos.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Chimeneas independientes.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Chimeneas.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Cobre y aleaciones de cobre.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Cocinas residenciales alimentadas con combustible sólido.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Colectores solares montados en el techo con agua a una temperatura inferior a 120 ° C.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Columnas de iluminación	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Componentes auxiliares para mampostería.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Componentes de estructura metálica para sistemas de placas de yeso	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Componentes reforzados prefabricados de concreto agregado liviano con estructura abierta con estructura o no estructura.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Condiciones de entrega técnica	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Conectores de telecomunicaciones	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Conjuntos de piedra natural para pavimentos exteriores.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Consumibles de soldadura.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Contrapisos	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
control y evaluación de conformidad	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Cornisas preformadas de pladur	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Cubiertas de techo	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Dispensadores de agua potable instantáneos	SUB-PCR TO PCR 2012:01	1 litro de agua lista entregada para beber	A1-A5, B1-B3, B6-B7, C2-C4, D
Dispositivos anti-inundación para edificios.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Dispositivos antisísmicos.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Dispositivos de alarma de humo	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Dispositivos reductores de ruido de tráfico.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Elementos de yeso para falsos techos.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Ensamblajes de atornillado estructural de alta resistencia para precarga.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Equipo de control de tráfico	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Escaleras fijas para pozos de registro	PCR 2012:01 Construction products and	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

	construction services		
Escoria granulada de alto horno molida para su uso en hormigón, mortero y lechada	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Estructuras de acero y estructuras de aluminio.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Estructuras de madera	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Estufas de aceite con quemadores de vaporización.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Estufas de sauna de cocción múltiple que funcionan con troncos de madera natural.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Fibras para hormigón	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Fijaciones mecánicas para sistemas de placas de yeso.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Fregaderos de cocina	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Fundiciones de acero para usos estructurales.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Geotextiles y productos relacionados con geotextiles.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Hidrantes	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Hidrantes subterráneos	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Humo de sílice para hormigón.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Inodoros y conjuntos de inodoros con trampa integral	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Juntas de metal y perfiles para usar con placas de yeso	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Juntas para la conexión de tubos y accesorios de acero para el transporte de agua y otros líquidos acuosos.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Ladrillos, bloques, losetas, losetas de arcilla y tierras con silicio	PCR 2012:01- SUB-PCR-D	Para ladrillos y bloques estructurales 1000kg para los de recubrimiento o división los kg necesarios para cubrir 1 m2. losetas 1 m2 cubierto por el producto y una vida útil de 40 años.	A1-A3 y A4-A5 opcional

Laminados decorativos de alta presión.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Láminas de betún corrugado	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Láminas de plástico perfiladas de una sola piel con transmisión de luz para techos, paredes y techos internos y externos.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Láminas flexibles para impermeabilización.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Láminas flexibles para impermeabilización: láminas de betún reforzado para impermeabilizar cubiertas de puentes de hormigón y otras áreas traficadas	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Láminas planas de policarbonato (PC) multipared de transmisión de luz para uso interno y externo en techos, paredes y techos.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Láminas y tiras de metal totalmente soportadas para techos, revestimientos externos y revestimientos internos.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Ligantes para capas de magnesita.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Listones metálicos y Juntas	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Losas naturales para pavimentos exteriores.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Madera estructural	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Mamparas de ducha	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Materiales de señalización vial.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Materiales de unión para placas de yeso laminado	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Mezclas bituminosas.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Moldes de yeso fibroso	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Morteros aplicados a superficies	PCR 2012:01- SUB-PCR-A	1 kg de producto	A1-A3 obligatorio A4 opcional
Muros cortina	PCR 2012:01 Construction products and	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

	construction services		
Paneles a base de madera para su uso en la construcción.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Paneles aislantes autoportantes con doble revestimiento de metal.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Paneles de yeso prefabricado con núcleo de cartón celular.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Películas para ventanas	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Perfiles huecos estructurales acabados en caliente de aceros no aleados y de grano fino	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Persianas externas	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Persianas.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Piedra aglomerada	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Piedras de armado.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Pigmentos para la coloración de materiales de construcción a base de cemento y / o cal	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Pisos de madera	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Pizarras y accesorios de fibrocemento	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Placas de yeso con refuerzo fibroso.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Placas de yeso.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Planchas de fibrocemento	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Plantas elevadoras de aguas residuales para edificios y obras.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Plásticos	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Platos de ducha para uso doméstico.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Productos de aislamiento térmico para equipos de construcción e instalaciones industriales.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Productos de aislamiento acústico	PCR 2012:01-SUB-PCR-C	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Productos de piedra natural	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Productos de pizarra y piedra para techos y revestimientos discontinuos.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Productos impermeables de aplicación líquida para su uso debajo de revestimientos cerámicos unidos con adhesivos.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Productos laminados en caliente de aceros estructurales.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Productos laminados en frío de aceros estructurales.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Productos prefabricados de hormigón	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, calidad.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Puertas y portones industriales, comerciales y de garaje.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Radiadores y convectores.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Recubrimientos gruesos bituminosos modificados con polímeros para impermeabilización.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
reforzamiento	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Relleno ligero y productos de aislamiento térmico para aplicaciones de ingeniería civil.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Rellenos y selladores de juntas.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Revestimientos de madera maciza.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Revestimientos de suelo elásticos, textiles y laminados.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Revestimientos decorativos	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Rodamientos estructurales	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Secciones huecas estructurales soldadas en frío de aceros no aleados y de grano fino	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Selladores para uso no estructural en juntas en edificios y pasillos peatonales	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Sellos elastoméricos	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Señales de tráfico verticales fijas.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Señales verticales de carretera	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Separadores de grasa	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
sistemas	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Sistemas antideslumbrantes para carreteras.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Sistemas de calentador de tubo radiante aéreo de quemadores múltiples de gas para uso no doméstico	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Sistemas de control de humo y calor.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Sistemas de detección de fugas.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Sistemas de detección y alarma de incendios.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Sistemas de retención de carreteras.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Sistemas de tuberías de arcilla vitrificada para desagües y alcantarillas.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Sistemas fijos de extinción de incendios.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Taller de tanques de acero fabricados	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Tanques termoplásticos estáticos para el almacenamiento sobre el suelo de aceites de calefacción domésticos, queroseno y combustibles diésel.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Techos tensados	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Tejas de betún con refuerzos minerales y / o sintéticos.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Tejas de hormigón y accesorios para cubiertas de techos y revestimientos de paredes.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Tejas y accesorios de arcilla.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Tuberías de hierro dúctil, accesorios, accesorios y sus juntas para aplicaciones de alcantarillado.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Tuberías de hierro dúctil, accesorios, accesorios y sus juntas para tuberías de gas.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Tuberías y accesorios de hierro fundido, juntas y accesorios para la evacuación de agua de los edificios.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Tuberías y accesorios de hormigón no reforzado, fibra de acero y armado.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Tuberías y accesorios de tuberías de acero galvanizado en calientes soldadas longitudinalmente con espiga y zócalo para aguas residuales	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

Tubos de acero inoxidable soldados para el transporte de líquidos acuosos, incluida el agua para consumo humano.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Tubos de acero sin aleación adecuados para soldar y roscar	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Tubos de fibrocemento para desagües y alcantarillas.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Tubos y accesorios de acero no aleado para el transporte de líquidos acuosos, incluida el agua para consumo humano.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Urinaros colgados en la pared	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Vainas de fleje de acero para pretensar tendones.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Válvulas de admisión de aire para sistemas de drenaje.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Válvulas de bola operadas manualmente y válvulas de tapón cónico de fondo cerrado para instalaciones de gas para edificios.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Válvulas de conexión de gas de seguridad para conjuntos de mangueras metálicas utilizadas para la conexión de electrodomésticos	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

utilizando combustible gaseoso			
Ventanas y puertas	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Ventilación de edificios.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
Vidrio para edificio.	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4
WC y cisternas de lavado de orina	PCR 2012:01 Construction products and construction services	De acuerdo con el producto, 1 pieza, 1 kg, 1 m, 1m2 o 1m3	A1-A4 con opciones de C2 a C4

ANEXO B NORMAS MEXICANAS NOM Y NMX APLICABLES A MATERIALES PARA LA EDIFICACIÓN (SINEC, 2018)

Referencia de la Norma	Nombre de la norma
NOM-018-ENER-2011	AISLANTES TERMICOS PARA EDIFICACIONES. CARACTERÍSTICAS Y MÉTODOS DE PRUEBA.
NOM-020-ENER-2011	EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES. - ENVOLVENTE DE EDIFICIOS PARA USO HABITACIONAL.
NMX-ES-001-NORMEX-2005	ENERGIA SOLAR-RENDIMIENTO TERMICO Y FUNCIONALIDAD DE COLECTORES SOLARES PARA CALENTAMIENTO DE AGUA-METODOS DE PRUEBA Y ETIQUETADO.
NOM-004-SEDG-2004	INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.
NMX -C-473-ONNCCE-2016	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CEMENTANTES HIDRÁULICOS-MÉTODO DE ANÁLISIS QUÍMICO DE CEMENTANTES HIDRÁULICOS MEDIANTE ESPECTROMETRÍA DE RAYOS X.

NMX-C-003-ONNCCE-2018	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CAL HIDRATADA-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO. (CANCELARÁ LA NMX-C-003-ONNCCE-2015)
NMX-C-005-1996-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION - CAL HIDRAULICA - ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA. TII: BUILDING INDUSTRY - HYDRAULIC LIME - SPECIFICACIONS AND TEST METHODS.
NMX-C-012-ONNCCE-2015	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-FIBROCEMENTO-TUBERÍAS A PRESIÓN-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO (CANCELA A LAS NORMAS MEXICANAS NMX-C-012-ONNCCE-2007, NMX-C-041-ONNCCE-2004, NMX-C-043-ONNCCE-2006, NMX-C-044-ONNCCE-2006, NMX-C-053-ONNCCE-2007, NMX-C-319-ONNCCE-2007 Y NMX-C-320-ONNCCE-2007)
NMX-C-013-1978	PÁNELES DE YESO PARA MUROS DIVISORIOS, PLAFONES Y PROTECCION CONTRA INCENDIO.
NMX-C-018-1986	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-TABLAS Y TABLONES DE PINO-CLASIFICACIÓN. (ESTA NORMA CANCELA A LA NOM-C-18-1946).
NMX-C-020-1981	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CONCRETO REFORZADO-TUBOS-ESPECIFICACIONES. (ESTA NORMA CANCELA LA NOM-C-20-1968)
NMX-C-021-ONNCCE-2015	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CEMENTO PARA ALBAÑILERÍA (MORTERO)-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-021-ONNCCE-2010)
NMX-C-024-ONNCCE-2012	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-MAMPOSTERIA- DETERMINACION DE LA CONTRACCION POR SECADO DE BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES-METODO DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-024-1974).
NMX-C-025-1982	INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCIÓN - LOSETAS VINÍLICAS ASBESTADAS Y ASFÁLTICAS - INDENTACIÓN - DETERMINACIÓN.
NMX-C-027-ONNCCE-2014	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-FLBROCEMENTO-LÁMINAS ACANALADAS DE FLBROCEMENTO AC-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-027-ONNCCE-2004).
NMX-C-030-ONNCCE-2004	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-AGREGADOS-MUESTREO (CANCELA A LA NMX-C-030-1997-ONNCCE).

NMX-C-032-1982	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-LOSETAS VINÍLICAS. VINÍLICAS ASBESTADAS Y ASFÁLTICAS-RESISTENCIA AL IMPACTO-DETERMINACIÓN.
NMX-C-034-1983	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN· LOSETAS, VINÍLICAS ASBESTADAS Y ASFÁLTICAS RESLTENCIAA A LA FLEXIÓN - MÉTODO DE PRUEBA
NMX-C-035-1983	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-LOSETAS VINÍLICAS, VINÍLICAS ASBESTADAS- Y ASFÁLTICAS (ESTA NORMA CANCELA A LAS NOM-C-34 Y C-35-1958).
NMX-C-036-ONNCCE-2013	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - MAMPOSTERIA - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES Y ADOQUINES-MÉTODO DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-036-ONNCCE-2004).
NMX-C-037-ONNCCE-2013	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-MAMPOSTERÍA- DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN TOTAL Y LA ABSORCIÓN INICIAL DE AGUA EN BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES-MÉTODO DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-037-ONNCCE-2005).
NMX-C-038-ONNCCE-2013	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-MAMPOSTERÍA- DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES-MÉTODO DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-038-ONNCCE-2004).
NMX-C-039-ONNCCE-2015	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-FIBROCEMENTO-TUBOS Y ACCESORIOS PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO (CANCELA A LAS NORMAS MEXICANAS NMX-C-039-ONNCCE-2004; NMX-C-042-ONNCCE-2007)
NMX-C-052-ONNCCE-2012	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-MATERIALES ASFALTICOS-PENETRACION EN CEMENTOS Y RESIDUOS ASFALTICOS-METODO DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-052-1974).
NMX-C-056-ONNCCE-2013	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CEMENTANTES HIDRÁULICOS-DETERMINACIÓN DE LA FINURA DE LOS CEMENTANTES HIDRÁULICOS (MÉTODO DE PERMEABILIDAD AL AIRE) (CANCELA A LA NMX-C-056-ONNCCE-2010).
NMX-C-057-ONNCCE-2015	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CEMENTANTES HIDRÁULICOS-DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL (CANCELA A LA NMX-C-057-ONNCCE-2010)
NMX-C-059-ONNCCE-2017	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CEMENTANTES HIDRÁULICOS- DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE CEMENTANTES HIDRÁULICOS (MÉTODO VICAT) (CANCELA A LA NMX-C-059-ONNCCE-2013)

NMX-C-061-ONNCCE-2015	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CEMENTANTES HIDRÁULICOS-DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CEMENTANTES HIDRÁULICOS (CANCELA A LA NMX-C-061-ONNCCE-2010)
NMX-C-062-ONNCCE-2015	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CEMENTANTES HIDRÁULICOS-DETERMINACIÓN DE LA SANIDAD DE CEMENTANTES HIDRÁULICOS (CANCELA A LA NMX-C-062-ONNCCE-2010).
NMX-C-071-ONNCCE-2004	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-AGREGADOS-DETERMINACION DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DELEZNABLES (CANCELA A LA NMX-C-071-1983).
NMX-C-076-ONNCCE-2019	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-AGREGADOS-EFECTOS DE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN LOS AGREGADOS FINOS SOBRE LA RESISTENCIA DE LOS MORTEROS-MÉTODO DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-076-ONNCCE-2002).
NMX-C-077-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION - AGREGADOS PARA CONCRETO - ANALISIS GRANULOMETRICO - METODO DE PRUEBA. (CANCELA A LA NMX-C-077-1987)
NMX-C-081-ONNCCE-2013	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-ADITIVOS PARA CONCRETO-COMPUESTOS LÍQUIDOS QUE FORMAN MEMBRANA PARA CURADO DEL CONCRETO-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO (CANCELA A LAS NMX-C-081-1981, NMX-C-304-1980 Y NMX-C-309-ONNCCE-2010).
NMX-C-082-ONNCCE-2013	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-MAMPOSTERÍA-DETERMINACIÓN DE LA ADHERENCIA POR ESFUERZO CORTANTE ENTRE EL MORTERO Y LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA-MÉTODO DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-082-1974).
NMX-C-083-ONNCCE-2014	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CONCRETO-DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES-MÉTODO DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-083-ONNCCE-2002).
NMX-C-084-ONNCCE-2018	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-AGREGADOS PARA CONCRETO-PARTÍCULAS MÁS FINAS QUE LA CRIBA 0,075 MM (NO. 200) POR MEDIO DE LAVADO-MÉTODO DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-084-ONNCCE-2006).
NMX-C-090-1978	MÉTODO DE PRUEBA PARA ADITIVOS EXPANSORES Y ESTABILIZADORES DE VOLUMEN DEL CONCRETO.
NMX-C-091-1974	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE EN MATERIALES ACÚSTICOS.

NMX-C-096-ONNCCE-2002	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-DETERMINACION DE VISCOSIDAD EN MATERIALES BITUMINOSOS-METODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-C-096-1975).
NMX-C-100-ONNCCE-2002	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-MATERIALES BITUMINOSOS-DETERMINACION DEL TIEMPO DE FLOTACION (CANCELA A LA NMX-C-100-1980).
NMX-C-105-ONNCCE-2010	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-CONCRETO HIDRAULICO LIGERO PARA USO ESTRUCTURAL-DETERMINACION DE LA MASA VOLUMETRICA (ESTA NORMA CANCELA A LA NMX-C-105-1987)
NMX-C-109-ONNCCE-2013	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CONCRETO HIDRÁULICO-CABECEO DE ESPECÍMENES (CANCELA A LA NMX-C-109-ONNCCE-2010).
NMX-C-111-ONNCCE-2018	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-AGREGADOS PARA CONCRETO HIDRÁULICO-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-111-ONNCCE-2014).
NMX-C-112-ONNCCE-2010	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-CONCRETO HIDRAULICO PRESFORZADO-TERMINOLOGIA (ESTA NORMA CANCELA A LA NMX-C-112-1971)
NMX-C-114-1982	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN, LOSETAS VINÍLICAS, VINÍLICAS ASBESTADAS Y ASFÁLTICAS -ESTABILIDAD DIMENSIONAL- DETERMINACIÓN
NMX-C-115-1967	MÉTODO DE PRUEBA PARA PROCEDIMIENTO DE CURADO PARA TUBOS DE CONCRETO
NMX-C-116-1978	TUBOS DE CONCRETO -DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR EL MÉTODO DE 3 APOYOS. (ESTA NORMA CANCELA LA NOM-C-116-1967)
NMX-C-117-1978	ADITIVOS ESTABILIZADORES DE VOLUMEN DEL CONCRETO.
NMX-C-119-1978	TUBOS DE CONCRETO. -DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA. (ESTA NORMA CANCELA LA NOM-C-119-1967).
NMX-C-122-ONNCCE-2019	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-AGUA PARA CONCRETO-ESPECIFICACIONES (CANCELA A LA NMX-C-122-ONNCCE-2004).

NMX-C-123-1982	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-LOSETAS ASFÁLTICAS-ALABEO-DETERMINACIÓN
NMX-C-124-1983	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - LOSETAS VINÍLICAS, VINÍLICAS ASBESTADAS Y ASFÁLTICAS RESISTENCIA A LOS SOLVENTES MÉTODOS DE PRUEBA.
NMX-C-125-ONNCCE-2010	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-MATERIALES TERMOAISLANTES DE FIBRAS MINERALES-DETERMINACION DEL ESPESOR Y DENSIDAD (ESTA NORMA CANCELA A LA NMX-C-125-1982).
NMX-C-126-ONNCCE-2010	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-MATERIALES TERMOAISLANTES EN FORMA DE BLOQUE O PLACA-DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES Y DENSIDAD (ESTA NORMA CANCELA A LA NMX-C-126-1982).
NMX-C-128-ONNCCE-2013	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN-DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON (CANCELA A LA NMX-C-128-1997-ONNCCE).
NMX-C-129-1982	TUBOS DE CONCRETO PERFORADOS PARA DREN-ESPECIFICACIONES
NMX-C-130-1968	MUESTREO DE CEMENTANTES HIDRÁULICOS
NMX-C-131-ONNCCE-2016	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CEMENTANTES HIDRÁULICOS-DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS QUÍMICO-(CANCELA A LA NMX-C-131-ONNCCE-2010)
NMX-C-132-ONNCCE-2015	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CEMENTANTES HIDRÁULICOS-DETERMINACIÓN DEL FRAGUADO FALSO DEL CEMENTO HIDRÁULICO (MÉTODO DE PASTA) (CANCELA A LA NMX-C-132-ONNCCE-2010).
NMX-C-137-ONNCCE-2010	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-ESPUMA RIGIDA DE POLIESTIRENO, EPS-ESPECIFICACIONES Y METODOS DE ENSAYO.
NMX-C-139-1970	CALIDAD PARA REVESTIMIENTO ASFÁLTICO EN DISOLVENTES PARA ÍMPERMEABILIZACIÓN.
NMX-C-140-ONNCCE-2014	MODIFICADORES DE VOLUMEN DE MEZCLAS DE MORTERO Y CONCRETO HIDRÁULICO-ESPECIFICACIONES Y MÉTODO DE ENSAYO. (CANCELA A LA NMX-C-140-1978).

NMX-C-144-ONNCCE-2015	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CEMENTANTES HIDRÁULICOS-REQUISITOS PARA EL APARATO USADO EN LA DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ DE MORTEROS (CANCELA A LA NMX-C-144-ONNCCE-2010).
NMX-C-146-ONNCCE-2000	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-ADITIVOS PARA CONCRETO PUZOLANA NATURAL CRUDA O CALCINADA Y CENIZA VOLANTE PARA USARSE COMO ADITIVO MINERAL EN CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND-ESPECIFICACIONES (CANCELA A LA NMX-C-146-1983).
NMX-C-147-1983	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCÓN - POSTES DE CONCRETO REFORZADO SECCIÓN I -ESPECIFICACIONES
NMX-C-148-ONNCCE-2010	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-CEMENTOS Y CONCRETOS HIDRAULICOS-GABINETES, CUARTOS HUMEDOS Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO-CONDICIONES DE DISEÑO Y OPERACION (ESTA NORMA CANCEL A LA NMX-C-148-ONNCCE-2002)
NMX-C-149-1988	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN TUBOS DE CONCRETO- DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD. (CANCEL A LA NOM-C-149-1978)
NMX-C-151-ONNCCE-2015	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CEMENTANTES HIDRÁULICOS-DETERMINACIÓN DEL CALOR DE HIDRATACIÓN (CANCEL A LA NMX-C-151-ONNCCE-2010).
NMX-C-152-ONNCCE-2015	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CEMENTANTES HIDRÁULICOS-DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD (CANCEL A LA NMX-C-152-ONNCCE-2010).
NMX-C-154-ONNCCE-2010	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-CONCRETO HIDRAULICO- DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CEMENTO EN CONCRETO ENDURECIDO (ESTA NORMA CANCEL A LA NMX-C-154-1987)
NMX-C-155-ONNCCE-2014	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CONCRETO HIDRÁULICO- DOSIFICADO EN MASA ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO (CANCEL A LA NMX-C-155-ONNCCE-2004 Y A LA NMX -C-403-ONNCCE-1999).
NMX-C-156-ONNCCE-2010	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-CONCRETO HIDRAULICO- DETERMINACION DEL REVENIMIENTO EN EL CONCRETO FRESCO (ESTA NORMA CANCEL A LA NMX-C-156-1997-ONNCCE)
NMX-C-157-ONNCCE-2006	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-CONCRETO- DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL METODO DE PRESION (CANCEL A LA NMX-C-157-1987).

NMX-C-158-ONNCCE-2006	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-CONCRETO- DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL METODO VOLUMETRICO (CANCELA A LA NMX-C-158-1987).
NMX-C-159-ONNCCE-2016	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CONCRETO-ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-159-ONNCCE-2004 Y NMX-C-160-ONNCCE-2004).
NMX-C-161-ONNCCE-2013	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CONCRETO FRESCO- MUESTREO (CANCELA A LA NMX-C-161-1997-ONNCCE).

ANEXO C PCR 2012:01 CONSTRUCTION PRODUCTS AND CONSTRUCTION SERVICES (Pcr, 2017).

PRODUCT CATEGORY RULES (PCR)
DATE 2019-12-20



CONSTRUCTION PRODUCTS AND CONSTRUCTION SERVICES

2012:01
VERSION 2.31

VALID UNTIL: 2020-09-01



ANEXO D PCR 2019:14 CONSTRUCTION PRODUCTS (EN 15804: A2) (System, 2019).

PRODUCT CATEGORY RULES (PCR)
DATE 2019-12-20



CONSTRUCTION PRODUCTS

PCR 2019:14
VERSION 1.0

VALID UNTIL: 2024-12-20



ANEXO E PCR 2014:13 V 1.2 INSULATION MATERIALS (International EPD system, 2016)

PRODUCT CATEGORY RULES ACCORDING TO ISO 14025
DATE 2016-12-12



INSULATION MATERIALS

PRODUCT GROUP CLASSIFICATION: MULTIPLE UN CPC CODES

2014:13
VERSION 1.2

VALID UNTIL: 2018-07-02



