

**CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y PROCESOS
CONSTRUCTIVOS, UN ANÁLISIS DERIVADO DEL MARCO DE LA
INGENIERÍA CIVIL URBANA Y DE LA INTERPRETACIÓN DEL ODS N° 11
“CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES”**



**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**

AUTOR

JEISSON FIGUEREDO SANCHEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

INGENIERO CIVIL

Director:

GUILLERMO ANDRES CORTES CORTES

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

BOGOTÁ, 18 FEBRERO 2020

Tabla de contenido

Introducción	1
Pregunta de investigación	3
Objetivos de la investigación	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
Metodología de la investigación	4
Tipo y enfoque de la investigación	4
Diseño de la investigación	4
Alcances de la investigación.....	4
Identificación de las fuentes de información	5
Resultados	7
Desafíos a la sostenibilidad, un análisis de los obstáculos que posee el proceso ingenieril tradicional.....	7
Análisis de los impactos ambientales, producto del proceso de construcción en espacios urbanos, una mirada crítica desde la proposición del ODS nº 11	12
Referencias.....	22

Índice de tablas

Tabla 1 Ecuaciones de búsqueda	5
Tabla 2 Contaminación con sedimentos	13

Índice de figuras

Figura 1 Resultados en Vos Viewer	6
Figura 2 Modelo de sostenibilidad.....	11
Figura 3 Evolución de MP -10 procesos constructivos Chile.....	15

Resumen

El trabajo de investigación que se desarrolló se dividió en cuatro fases: análisis de los obstáculos que imposibilitan la adaptación del concepto de sostenibilidad al proceso ingenieril clásico, identificación de impactos ambientales, proposición de soluciones alternas y conclusiones. Para el desarrollo del trabajo de investigación se propuso un objetivo general, este busca analizar la relación que existe entre el concepto de sostenibilidad ambiental y procesos constructivos derivados del marco de la ingeniería civil urbana mediante la interpretación del ODS n° 11 “ Ciudades y comunidades sostenibles”. La metodología diseñada contó con un enfoque de tipología cualitativa, y los alcances planteados fueron exploratorios y transeccionales.

Palabras clave: sostenibilidad, ingeniería, ODS, urbano, construcción

Abstract

The research work that was developed was divided into four phases: analysis of the obstacles that make it impossible to adapt the concept of sustainability to the classic engineering process, identification of environmental impacts, proposing alternative solutions and conclusions. For the development of the research work a general objective was proposed, this seeks to analyze the relationship between the concept of environmental sustainability and construction processes derived from the urban civil engineering framework through the interpretation of SDG No. 11 “Sustainable cities and communities”. The designed methodology had a qualitative typology approach, and the scope proposed was exploratory and transactional.

Keywords: sustainability, engineering, SDG, urban, construction

Introducción

El trabajo que se desarrolló corresponde a una revisión investigativa de temáticas correlacionadas con el concepto de sostenibilidad y su inclusión en procesos de construcción que son ejecutados en espacios urbanos. Como guía orientativa fue empleado el objetivo de desarrollo sostenible n° 11 “ciudades y comunidades sostenibles”. El objetivo general planteado buscaba Analizar la relación que existe entre el concepto de sostenibilidad ambiental y los procesos constructivos derivados del marco procedimental de la ingeniería civil urbana.

Para tal fin, fue indispensable realizar un estudio transeccional que permitiera identificar los desafíos prácticos generados por la adaptabilidad del concepto de sostenibilidad ambiental al marco funcional de la ingeniería civil. De hecho, para Velásquez (2013) al hacer alusión a la teoría de la ciudad, es necesaria la inclusión del concepto de sostenibilidad y eco eficiencia en las ciudades metrópoli. Una vez identificados los obstáculos fueron expuestos los impactos ambientales primarios, producto del desarrollo de procesos de construcción en escenarios urbanos.

Ahora, descritos los obstáculos y analizados los impactos, fueron propuestas las alternativas de optimización planteadas hasta el momento. Estas alternativas estuvieron caracterizadas por un factor común, la configuración y alteración de la cadena de valor que está asociada con el proceso gerencial de los proyectos. Es por ello que para Armas, Montano, Mena & Santiesteban (2017) es importante destacar que la gestión y administración del proyecto es el factor de enajenación que impide la inclusión del elemento de sostenibilidad a cualquier obra ingenieril. En este caso fue el concepto de responsabilidad social empresarial y corporativa una de las formas de gestión, minimización y disminución de riesgos ambientales.

Para el desarrollo de la investigación fue utilizado un marco metodológico de enfoque cualitativo. El diseño de la investigación correspondió al orden exploratorio y los alcances fueron de tipo correlacional.

Finalmente, el lector encontrará que la respuesta a la pregunta de investigación correspondió a la exposición de un planteamiento en el que se distingue la relación entre los elementos de la sostenibilidad y la modificación de los procesos de construcción en espacios urbanos.

Respecto a ello fue imprescindible demarcar que dicha relación no suponía la configuración de métodos o el reemplazo de procesos básicos. Por tal razón, la inclusión de principios empresariales alineados con la objetividad ambiental de los sectores comerciales privados y públicos fue el punto nodal en el que confluían ambos intereses, los del sector empresarial de la construcción y los de los habitantes que hacen parte de los espacios urbanos por intervenir.

Pregunta de investigación

¿Cuál es la relación que existe entre el concepto de sostenibilidad ambiental y procesos constructivos derivados del marco moderno de la ingeniería civil urbana?

Objetivos de la investigación

Objetivo general

- Analizar la relación que existe entre el concepto de sostenibilidad ambiental y procesos constructivos derivados del marco de la ingeniería civil urbana mediante la interpretación del ODS n° 11 “ Ciudades y comunidades sostenibles”.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio transeccional mediante un método de revisión que permita identificar los desafíos prácticos generados por la adaptabilidad del concepto de sostenibilidad ambiental al marco funcional de la ingeniería civil.
- Describir los impactos ambientales generados por la aplicabilidad de los procesos constructivos urbanos tradicionales mediante el marco de análisis que establece el objetivo para el desarrollo sostenible n° 11 (ciudades y comunidades sostenibles)
- Examinar las alternativas de solución propuestas para regular el marco de sostenibilidad que regula los procesos constructivos urbanos a través de la proposición de tres posturas intersectoriales sostenibilidad, prospectiva y desarrollo disciplinar.

Metodología de la investigación

Para el planteamiento de los lineamientos metodológicos de la investigación fueron utilizados los aportes de Hernández, Fernández y Baptista (2010). Por consiguiente, los acápite de la metodología son los siguientes:

Tipo y enfoque de la investigación

La investigación fue de tipo descriptivo no experimental. El enfoque fue cualitativo. El enfoque permitió la realización de un análisis multimodal de las fuentes de información que fueron identificadas. De esta manera, se llevó a cabo un proceso de delimitación de categorías supeditadas a: procesos de construcción, ingeniería civil, espacios urbanos y sostenibilidad.

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue de tipología transeccional. El diseño se subdividido en cuatro fases:

- i. Primero, identificación de las fuentes de información
- ii. Segundo, identificación de los obstáculos que imposibilitan la adaptación del concepto de sostenibilidad a los procesos ingenieriles tradicionales
- iii. Tercero, análisis y descripción de impactos
- iv. Cuarto, proposición de conclusiones

Alcances de la investigación

La investigación propuso dos alcances. El primero de ellos fue de naturaleza exploratoria. Este alcance facilitó el planteamiento de meta-cuestionamientos que

permitieran dar respuesta mediante la comparación de impactos ambientales generados por los procesos de construcción a la luz de ejemplos tipo-caso.

El segundo alcance fue de tipo transeccional, y sobre este yacían tres funciones: delimitar la temática a las categorías planteadas, exposición de datos y construcción de argumentos que coadyuvaran al investigador a identificar los obstáculos que imposibilitan la adaptación del concepto de sostenibilidad al marco clásico que contraen los procesos ingenieriles.

Identificación de las fuentes de información

Para la identificación de las fuentes de información fue realizado un proceso de revisión sistémica de la literatura disponible. Este proceso de revisión estuvo dividido en tres fases: identificación de las categorías de búsqueda, hallazgos y descripción de las fuentes de información.

La primera parte, la distinción de las ecuaciones metodológicas (categorías de búsqueda) fue la siguiente:

Tabla 1
Ecuaciones de búsqueda

Español	Inglés	Portugués
Sostenible*ingeniería* civil	Sustainable * civil * engineering	Engenharia civil * sustentável *
Sostenible* urbano* construcción	Sustainable * urban * construction	Construção * urbana * sustentável
Sostenible* construcción* contaminación	Sustainable * construction * pollution	Poluição sustentável * da construção *
Sostenible* ingeniería* alternativas	Sustainable * engineering * alternatives	Alternativas * de engenharia * sustentáveis
Impactos* ambientales* construcción	* Environmental * construction impacts	* Impactos ambientais * na construção
Construcción* ingeniería* gestión* sostenibilidad	Construction * engineering * management * sustainability	Construção * engenharia * gestão * sustentabilidade

Fuente: elaboración del investigador

Ahora, una vez planteadas las ecuaciones de búsqueda y realizado el ejercicio de revisión se ejecutó un análisis de la información mediante el empleo de Vos Viewer. El resultado es el siguiente:

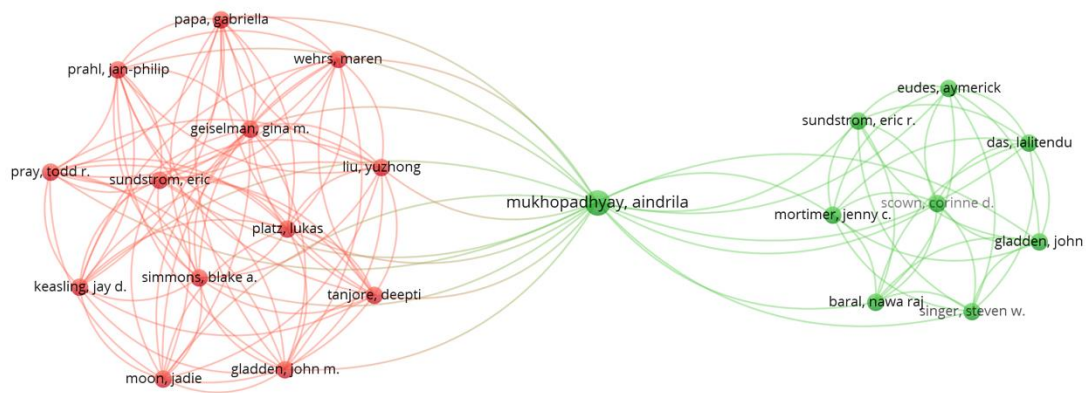


Figura 1 Resultados en Vos Viewer
Fuentes: elaboración del investigador con Vos Viewer

De la información hallada con las ecuaciones de búsqueda, fueron extraídas 1,223 fuentes de información. No obstante, al realizar el proceso de delimitación de las fuentes de información se determinó que solo 18 fuentes de información eran adecuadas para construir las proposiciones argumentativas necesarias.

Resultados

Desafíos a la sostenibilidad, un análisis de los obstáculos que posee el proceso ingenieril tradicional

El desarrollo de nuevos procesos constructivos (ingeniería como disciplina) trae consigo la inserción de formas, métodos y demás tendencias de contexto que pueden llegar a transmutar la técnica, el tiempo, los riesgos y la micro-segmentación de acciones por materializar.

Formular proyectos orientados a la construcción u optimización de infraestructuras en las áreas urbanas demanda la estructuración de paradigmas disciplinares en los que exista un proceso de supervisión, control y monitoreo allegado al concepto de “sostenibilidad”. Esta afirmación, vista desde una categoría socio-científica es respaldada por Rodríguez & Fernández (2010), pues para los autores:

Al igual que los modelos sociales y políticos cambian, los procesos y metodologías que se emplean en la ingeniería de la construcción deben cambiar. La introducción del desarrollo sostenible en la ingeniería es un nuevo desafío que trata de conciliar las necesidades del hombre con la capacidad del planeta. De hecho, si los actuales patrones no cambian, la expansión de la construcción destruirá o al menos perturbará hábitats naturales y vida salvaje en más de un 70 % de la superficie de la tierra para 2032, principalmente por el incremento de la población, la actividad económica y la urbanización. (Rodríguez & Fernández, 2010, p. 08)

Obsérvese que la posición de Rodríguez y Fernández (2010) trae elementos coligados con la particularidad metódica que recae en los procesos constructivos urbanos. Para ambos académicos, las técnicas de la ingeniería no solo deben cambiar, también deben evolucionar. En tanto, el cambio no significaría un reemplazo ad hoc de la técnica, sino más bien una modificación de sus estándares en calidad y procedimiento.

Para el caso de los procesos de urbanización, es necesario debatir que Rodríguez y Fernández (2010) dejan de lado un concepto clave, la eco-eficiencia y la completitud de

proyectos de gestión, cuyos objetivos recaen en la intervención de espacios urbanos con necesidad ingenieril. Dicha intervención no debe generar impactos de tipología ambiental. Una de posición investigativa claves para explicar el vacío conceptual referenciado, procede de pensamientos funcionalistas, allegados a la cosmovisión del desarrollo de la ciudad, como un derecho natural de los conglomerados sociales¹.

En este caso, (Velásquez, 2013) trae a colación un argumento, cuya esencia expone cuán necesaria es la inclusión del concepto de sostenibilidad y eco eficiencia en las ciudades metrópoli. Para el autor, la ciudad es un conglomerado inter-sistémico y estructural. Por un lado, los sistemas administrativos se encargan de sostener el concepto de ciudad “material”. Por otro, los preceptos inter-sistémicos poseen responsabilidades primarias, una de ellas es la subsistencialidad de la ciudad.

Al Hablar de subsistencia, Velásquez (2013) estaría haciendo alusión a la Teoría de la Ciudad, de la cual existen múltiples perspectivas y diferentes definiciones. No obstante, una de sus particularidades es que, aunque hay pluralidad de debates interpretativos, todos finalizan convergiendo en tres grandes espectros descriptivos: el desarrollo de la urbanidad, la sostenibilidad y el proceso ingenieril.

Ahora, los tres elementos expuestos son correlacionales. Poseen un alto nivel de interdependencia Slattery (2017). Para su análisis es necesario entender cuáles son los principales obstáculos o retos presentados por el proceso de construcción de infraestructura en el espacio urbano. Los restos para el caso en análisis, son estudiados a partir de perspectivas sujetas al desarrollo multidimensional.

La primera perspectiva corresponde al diseño de procesos ingenieriles tradicionales. En su tesis doctoral, Ramírez (2017) llegó a deducir que la ingeniería civil tradicional, orientada hacia la intervención de espacios urbanos, debe proponer el cambio de métodos de construcción tales como: adecuaciones del terreno con demolición, cimentación con hormigones inyectados y excavaciones diurnas.

¹ Uno de los principales expositores del derecho a la ciudad es de Henri Lefebvre

Para Ramírez (2017), los métodos de construcción tradicional no obedecen un estándar procedimental coligado con el concepto de sostenibilidad. De ahí, que uno de los obstáculos primarios surja de la necesidad de optimizar las técnicas. Una de las proposiciones de la Agencia Internacional de Energía (2017) corresponde a la transformación de los procesos primarios. La proposición es considerable, pues el ente rector declama que la excavación diurna es una acción sistémica que genera el 34,2% de la contaminación auditivita del sector en un radio no menor a 422 metros (AIE, 2017).

Otra de los aportes investigativos para debatir que el proceso ingenieril tradicional es uno de los obstáculos frente a la consolidación del concepto de sostenibilidad proviene de las afirmaciones de Enshassi, Kochendoerfer, & Rizq (2014). Dando una interpretación directa al propósito investigativo de Levin (1997), Enshassi et al. (2014) expresan que: “ (...) por su naturaleza, la construcción no es un proceso amigable con el medioambiente. Levin (1997) señala que tanto las operaciones como la construcción producen un efecto masivo directo e indirecto en el entorno” (p. 08).

La afirmación de estos autores permite comprender que, desde una visión contextual, el proceso constructivo tradicional, cuyas bases datan de 1912², no es obsoleto, pero si posee acciones que ralentizan e imposibilitan la adaptación del modelo de sostenibilidad a la disciplina ingenieril ad hoc. El segundo obstáculo corresponde a los parámetros que contrae la gerencia de proyectos de construcción en espacios urbanos.

La administración de un proyecto ingenieril debe cumplir una línea de requerimientos específicos. Gran parte de los requerimientos surgen del marco legal impuesto, ya sea por el Estado por la administración local de la ciudad. Sin embargo, y aunque existen un planteamiento procedimental ya estructurado, la gerencia del proyecto debe asimilar riesgos de entorno, imprevistos y demás acciones no reflejadas en el cronograma de ejecución de obra. Para Armas, Montano, Mena, & Santiesteban (2017), la gestión y administración del

² Modificaciones ingenieriles realizadas por la industrialización inglesa y norteamericana. Corriente estudiada a fondo, de la cual surgen procedimientos imprescindibles, relacionados con el método de excavación urbano.

proyecto es el factor de enajenación, que impide la inclusión del elemento “sostenibilidad” en el proceso constructivo.

Los argumentos del autor, aunque socio-humanístico y poco técnicos, son útiles para llegar a generar un planteamiento hipotético. El primero de estos argumentos corresponde al uso inadecuado de los suelos. Para el autor, la ruptura de los suelos urbanos no obedece a un protocolo, cuya función corresponda a la protección del marco de salud pública, pues la ruptura y posterior excavación produce el 12,1% del material particulado que se encuentran en las muestras de MPC (Armas et al. 2017).

El segundo argumento yace en la responsabilidad de ejecutar acciones secuenciales, las cuales dejan de lado el marco de responsabilidad social. Para este argumento el autor expone que el proceso de administración de aguas es precario, pues el gerente del proyecto no advierte en muchas ocasiones del vertimiento de sustancias tóxicas (metales y fosfatos) en ecosistemas cercanos al espacio de intervención.

Aunado al vertimiento de aguas, Mejía (2017) expone otros vectores como la contaminación del aire, la contaminación auditiva y la generación de CO₂. La responsabilidad recae en el proceso gerencial, puesto que, ante un riesgo o una pérdida económica, el gerente finiquita quebrantando el marco de responsabilidad social que, según el autor, desde 1993³ debe aplicarse a toda empresa cuyos fines comerciales sean los procesos ingenieriles urbanos.

La visión de Mejía (2017) es prospectiva, pues también es necesario discutir que el mejoramiento de los procesos gerenciales opera la construcción también está descrito en la Agenda 2030 de Construcción Sostenible. Para esta agenda es necesaria la transformación de la cadena de valor del proceso constructivo, creado para ello el Protocolo de Lineamientos de Desarrollo Urbano Plus (CCCS, 2016).

³ Este segmento de la investigación es necesario dar a conocer que en 1993 World Wildlife Fund aporta el término de construcción sostenible en el segundo Encuentro de Compañías Constructoras programado por UNDOC en Rio de Janeiro.

El tercer obstáculo para la adaptabilidad del concepto de sostenibilidad en el proceso de construcción urbano radica en la insuficiencia de indicadores de gestión y desempeño que expongan cuál es el costo marginal que pueden alcanzar las externalidades, productos del proceso de construcción.

Según Castellanos (2018), la externalidad es un elemento financiero que no se tiene en cuenta a la hora de desarrollar procesos de construcción. Este término es ignorado, toda vez que el proceso gerencial se encarga de la ejecución de acciones y paquetes de trabajo. Sin embargo, el mismo ignora cuán importante es conocer el costo marginal de las afecciones colaterales generadas al ecosistema, sea este rural o urbano.

Este hecho, argumenta el autor, lleva al proceso ingenieril a desagregar un nuevo término de inserción que es fundamental para la adaptación de los procesos constructivos a la ley actual, este término, también modelo, pertenece a la línea de la “construcción sostenible”. (Ver figura 2)

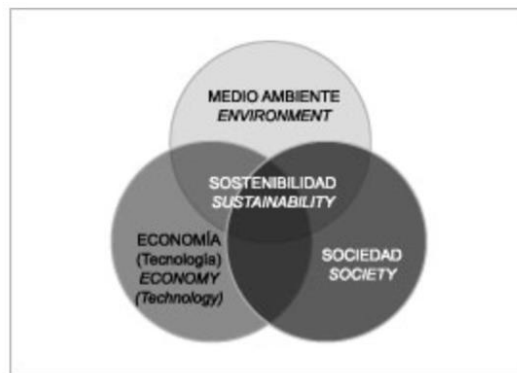


Figura 2 Modelo de sostenibilidad
Fuentes: Información recuperada de Castellanos (2018)

Hasta esta parte de la investigación se han expuesto tres obstáculos principales: procesos ingenieriles tradicionales, fallas en el sistema de gerencia y administración de proyectos e insuficiencia de lineamientos asociados con el modelo de construcciones sostenibles. El siguiente paso consiste en conocer cuáles son los impactos ambientales más relevantes, y cómo estos finalizan desestabilizando el precepto eco-sistémico que se encuentra en los

espacios urbanos. Para realizar tal exploración es necesario analizar el Objetivo de Desarrollo Sostenible n° 11 “ciudades y comunidades sostenibles”.

Análisis de los impactos ambientales, producto del proceso de construcción en espacios urbanos, una mirada crítica desde la proposición del ODS n° 11

El ODS n° 11 exige “reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo” (Agenda 2030, 2017, p. 11).

El objetivo expuesto es de tipología estructural. La estructuralidad para el caso surge en la construcción de sistemas de administración urbanos que incluyan en toda variable de desarrollo el concepto de sostenibilidad. Desde este punto de vista, la ingeniería, disciplina imprescindible para la proposición de métodos de planeamiento urbano, debe plantear formas u opciones de control que permitan al proceso gerencial disminuir el impacto generado por cuatro factores: la emisión de CO₂, la contaminación de acuíferos o fuentes de agua potable y la producción de material particulado.

Autores como Di´Carlo (2018) debaten que la emisión de CO₂, a raíz del empleo de combustibles fósiles para maquinaria amarilla, es el principal factor de contaminación. Después de realizar una investigación de tipo experimental en cinco obras que se llevaban a cabo en ciudad de México, el investigador llegó a concluir que la emisión de CO₂ por parte de los actores muestrales correspondía al 0,6% de las actividades practicadas en el espacio urbano.

El porcentaje expuesto es relativamente alto, si se tiene en cuenta que las fuentes de comparación eran la industria textil, los clústeres comerciales de las zonas francas y el tráfico en hora pico (6.35 pm para la ciudad muestral). Ahora, cabe destacar que la investigación de Di´Carlo (2018) correspondió a cinco de las 189 obras que se ejecutaron en el año 2017.

Otra de las posiciones claves para entender cuál es el impacto ambiental, en cuanto a CO₂, generado por los procesos construcción proviene de las investigaciones de organizaciones como Metecno (2018). De acuerdo con esta institución:

(...) la Agencia Internacional de Energía (IEA) estima que los edificios comerciales, residenciales, y públicos consumen entre el 30 y el 40% de la

energía utilizada a nivel mundial. Y que entre un 25 y un 35% de las emisiones contaminantes de CO2 son emitidas por ellos. (p. 09)

Entonces, obsérvese que el impacto expuesto es una variable independiente al sistema gerencial, pero dependiente a la cadena valor que posee el proceso ingenieril. Por ende, una posible solución radicaría en el cambio de la línea de maquinaria, un hecho poco probable si se tiene en cuenta que las acciones bases del modelo tradicional contraen el uso de herramientas y elementos que consumen combustible fósil.

El segundo impacto corresponde a la contaminación de acuíferos. Para su análisis es recomendable que el lector observe la siguiente tabla:

Tabla 2
Contaminación con sedimentos

Procesos revisados	Contaminación procesos constructivos		
	Contaminación con sedimentos	Contaminación con residuos regulares	Contaminación con residuos tóxicos
Chile	0,5	0,2	0,3
México	0,1	0,8	0,1
Brasil	0,1	0,4	0,5
Perú	0,4	0,1	0,5

Fuente: elaboración del investigador con información recuperada de IGA (2017)

Los datos suministrados por el Informe de Gestión Ambiental (2017) del Instituto Latinoamericano de Asuntos Medio Ambientales (2018) permite la proposición de tres afirmaciones:

Primero, el nivel de contaminación, producto del proceso residual sólido, es un problema generalizado. Este problema advierte la inexistencia de protocolos de gestión, adecuados para el vertimiento de residuos sólidos en zonas autorizadas. Desde este hallazgo se denotan fallas de tipología protocolar, jurídicas y procedimentales.

Segundo, las empresas constructoras de Brasil y Perú son las responsables del 0,5% del vertimiento de residuos sólidos tóxicos, resultados del procesamiento de concretos con altos niveles de silicato cálcido hidratado.

Tercero, los datos que el informe presenta hacen parte de un proceso de revisión cualitativa. Esto quiere decir que el margen de probabilidad podría ser mayor. Chile, por ejemplo, presenta un alto nivel de contaminación en sedimentos básicos, mientras que Brasil, un país con un nivel de construcción 27,2% superior a Chile presenta un porcentaje no mayor al 0,1%.

El tercer impacto corresponde a la contaminación de acuíferos. La contaminación de acuíferos es un daño directo, procedente del vertimiento de residuos sólidos tóxicos o de sedimentos básicos en sistemas de alcantarillado, humedales o ecosistemas cercanos al escenario de ejecución de obra (Lundholm, 2017).

Lundholm (2017), un investigador enfocado en la distinción de problemáticas ambientales, desarrolló un ciclo exploratorio, del cual saldrían dos conclusiones. La primera, la contaminación de acuíferos, producto de los procesos de construcción civil, encuentra en el despojo de aluminios, metales y fosfatos fuentes de poluciones, cuyos alcances van hasta la erosión de subsuelos acuáticos. Segundo, la contaminación de acuíferos es una acción penalizada por la ley. Sin embargo, las multas asignadas – caso colombiano- no equiparan el daño o costo marginal causado.

La proposición de Lundholm (2017) entrevé un procedimiento alterno de proceso constructivo primario que se convierte en el generador de afecciones ambientales. Según Lundholm (2017) la contaminación de acuíferos en procesos de construcción es, después de la emisión de CO₂, el impacto ambiental de mayores proporciones.

El último impacto ambiental, producto del proceso ingenieril tradicional, corresponde a la emisión de material particulado. Con respecto a ello, Celis, Morales, Zaror, & Carvacho, (2015), después de realizar una investigación en Santiago de Chile, llegaron a deducir que

el proceso constructivo tradicional si es una acción que desencadena factos de contaminación asociados con el aumento de PM 10 y PM 2.5 en un radio mayor a los 80 metros.

La contaminación con PM 10 viene de la ruptura de los suelos, la demolición de infraestructuras y la cimentación de columnas. Esto quiere decir que la polución del aire con material particulado es también una variable independiente, pues no hay una fase del proceso gerencial que pueda suspender o disminuir la relación causal entre concentración y emisión. El resultado de la investigación de Celis et al. (2015) puede analizarse en la figura 3.

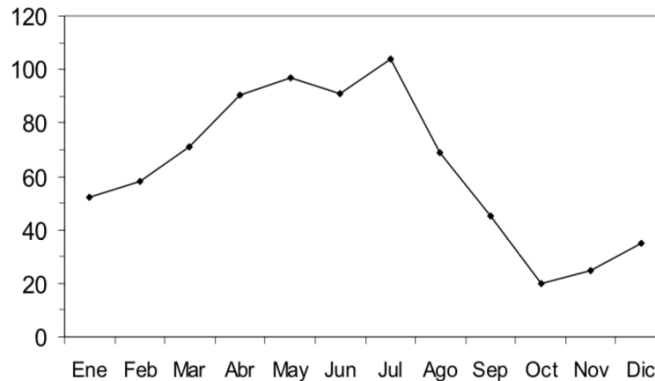


Figura 3 Evolución de MP -10 procesos constructivos Chile
Fuentes: Información recuperada de Celis et al. (2015)

Proposición de alternativas, una descripción desde los paradigmas sostenibilidad, prospectiva y cambio disciplinar

Hasta esta parte de la investigación se han desarrollado dos puntos de interés. Primero fueron analizados los obstáculos que imposibilitan la inclusión del concepto de sostenibilidad en los procesos ingenieriles modernos. Seguido a ello fueron expuestos los impactos ambientales, productos de las ejecuciones de acciones como: vertimiento de residuos sólidos, emisiones de CO₂, contaminación de acuíferos y concentración y emisión de PM 10.

Es menester ahora analizar desde la perspectiva impuesta por el ODS n° 11, alternativas para la solución de las problemáticas a partir de la conceptualización de tres aspectos de interés: la sostenibilidad de los escenarios urbanos durante el desarrollo de los procesos constructivos, el planteamiento de los indicadores prospectivos y el desarrollo de la ingeniería sostenible como nuevo alcance disciplinar.

Desde la visión de la sostenibilidad Donahue (2017) ha interpuesto un modelo de desarrollo para procesos ingenieriles, cuyo objeto no es eliminar del todo la contaminación, pues para el autor sería utópico realizar una discusión formal debido a la tradicionalidad del método, sus procedimientos y herramientas.

El modelo propuesto por Donahue (2017) corresponde a la alteridad de los protocolos de gestión y a su fusión con un marco alternativo, del cual resaltan tres características claves: un diseño único de control ambiental para el sector de la construcción, un marco legal acorde con la obligación ambiental que demanda el proceso ingenieril y la reconfiguración de los procesos gerenciales.

Una mirada inicial al modelo de gestión que expone Donahue (2017) daría a entender que solo uno de los tres procesos sería efectivo; este es el de la línea gerencial. La inclusión, control y supervisión del concepto de responsabilidad social empresarial es una iniciativa que puede facilitar la fusión de los dos procesos alternos; el marco legal y la propuesta de control para la prevención de impactos ambientales.

Sin embargo, y aunque simule ser medible, el modelo de gestión que expone Donahue (2017) deja de lado indicadores de desempeño interpuestos por el ODS n° 11. Uno de estos indicadores corresponde a la transformación del modelo de ciudad, lo que implica a su vez una transmutación de los sistemas de construcción del paradigma “ciudad estructural” e infraestructura actual.

Por consiguiente, una propuesta alterna debería concebir la implementación de un nuevo modelo de desarrollo de ciudad, la estructuración de un esquema de ordenamiento territorial secuencial y la configuración de esquemas de planeamiento urbano coligados con conceptos como “eco-eficiencia administrativa y desarrollo eco-sistémico”.

En el caso de la prospectiva es necesario mencionar iniciativas como el Programa de Inversión para la Modificación de los Procesos de Construcción – caso Colombia-. Realizando un análisis de escenarios a 2030, año en el que vencen las metas de la Agenda 2030, La Asociación de Constructores para la Gestión de la Sostenibilidad en Colombia llegó a determinar que no todos los procesos son configurables. Es decir, la excavación y la demolición son procesos bases, no pueden ser eliminados de la línea gerencial.

No obstante, el condicionamiento primario para llegar alcanzar el concepto de sostenibilidad ambiental, siendo esta una propuesta de innovación, correspondió a un pliego supeditado por cuatro categorías. Las categorías son: horarios nocturnos para disminuir la contaminación auditiva, creación de protocolos para la supervisión que implica el tratamiento de aguas contaminadas, creación de protocolos para la prevención de vertimiento de residuos sólidos tóxicos y planteamiento de un sistema de multas especiales que van hasta la suspensión parcial o definitiva de la obra.

Con esta postura, la ACGA (2018) busca reducir el nivel de emisiones de CO₂ y material particulado en Bogotá, ciudad que posee el 58,2% de la actividad del sector de la construcción a nivel nacional.

Las proposiciones planteadas por la ACGA no son diferentes a las ya impuestas por el Gobierno Nacional en la Ley 99 de 1993 de protección ambiental. Esto quiere decir que, si bien existe una iniciativa por parte de las empresas del sector de la construcción, la misma se aparta del lineamiento base, pues en ella no hay sanciones que estimen o estimulen la disminución de costos marginales, impactos directos o externalidades ambientales. Por tal razón, es recomendable en próximas investigaciones analizar el rol que las constructoras poseen en cuanto a las categorías sostenibilidad y proceso ingenieril.

La tercera alternativa hace referencia a la evolución de la disciplina. Para ello es necesario dar a conocer la posición teórica de Shmatko (2019). De acuerdo con Shmatko (2019):

“(…) una de las alternativas clave para disminuir el riesgo de daño ambiental proveniente del proceso de construcción tradicional concierne a la adaptación de una nueva disciplina, la ingeniería ambiental sostenible. Este tipo de ingenierías, aunque no cambia los procesos primarios, si realiza el pronóstico impactos a raíz de marcos de gestión o sistemas de control des-obligantes”. (p. 89)

La ingeniería civil sostenible es una opción no para reemplazar la disciplina clásica ad hoc, pero si para incluir el concepto de eficiencia ecológica mediante la estructuración de cuatro fases: anteproyectos sostenibles, supervisión de los protocolos de control, procesos de reciclaje y gestión de un proceso gerencial sujeto al paradigma de responsabilidad social empresarial.

Las tres alternativas que fueron expuestas hacen parte del orden de las iniciativas protocolares. Es decir, son fases experimentales. Las tres fueron concebidas en el Acuerdo de París de 2015. Ahora, su núcleo funcional se ha diseñado mediante la desagregación de políticas públicas de control que exigen al sector de la construcción un cambio adaptativo que pueda contrarrestar el impacto directo e indirecto generado por procesos de construcción urbana.

A las tres alternativas expuestas es necesario sumar la integración del marco de responsabilidad corporativa. Este marco, producto del compromiso empresarial entre la Organización de las Naciones Unidas y el sector industrial global Shmatko (2019) exige concientizar a todos los individuos que hacen parte de la cadena de valor. Para el contexto, el proceso de concientización y culturalización en temáticas de sostenibilidad debe apuntar a mejorar y optimizar el proceso gerencial, toda vez que sobre este recaen responsabilidades tales como: reducción de impactos, administración de afecciones ambientales colaterales y estructuración de estrategias de prevención de contaminación de acuíferos.

Conclusiones

La investigación permite el planteamiento de tres argumentos deductivos. El primero de ellos afirma que el concepto de sostenibilidad es un factor que requiere la inclusión de métodos adaptativos. Dicho de otra forma, la sostenibilidad en el contexto ingenieril debe insertarse a través de la configuración inter-sistémica (co-dependencia) de cada una de las fases del proceso de construcción. Las fases de atención primaria son las demoliciones y excavaciones.

Los obstáculos identificados durante el proceso de revisión fueron la tradicionalidad base del método disciplinar, la cadena de valor que está asociadas con el proceso gerencial y la inclusión del concepto de responsabilidad social empresarial. Estos tres procesos hacen parte de un segmento directivo. Los obstáculos identificados no corresponden a una dimensión científico aplicada (configuración de técnicas de construcción), contrario a ello, pertenecen al proceso empresarial para la toma de decisiones.

La segunda parte de la investigación expuso impactos ambientales, producto del proceso de construcción en escenarios urbanos. El primero de los impactos que fue identificado correspondió a las emisiones de CO₂. Estas emisiones son el resultado del empleo de maquinaria amarilla. Ahora, es necesario desatacar que la emisión de CO₂ es radial, no excede una circunferencia superior a 2 kilómetros; por tanto, aunque es un impacto, es necesario analizar hasta qué punto la emisión de CO₂ en una obra pasa a ser considerado costo marginal o externalidad ambiental.

La contaminación de acuíferos y el vertimiento de residuos sólidos son los impactos posteriores. En cuanto a esto cabe destacar que la gravedad de la afección yace en la contaminación de residuos sólidos de tipología tóxica. Las investigaciones aplicadas expuestas en los datos del ensayo hacen parte de un segmento muestral delimitado. Por

ende, es necesario ahondar y explorar el problema mediante el estudio de dos categorías más, la contaminación de reservas urbanas y rutas ecológicas⁴.

El empleo de materiales, que no son amigables con el medio ambiente implica un aumento sustancial en la cantidad de agentes contaminantes de los últimos años, de hecho es importante resaltar que la falta de políticas aplicadas de control por parte de las mismas empresas y de los organismos que regulan el desarrollo de obras ingenieriles de muchos países también ha significado un aumento sustancial de polución alrededor del mundo.

De igual manera, es importante destacar que en muchas ocasiones la falta de control ha jugado un rol decisivo ya que esta misma denota la mala utilización de los recursos y la falta de conciencia que existe dentro de las organizaciones cuyos intereses financieros se ven priorizados en muchas ocasiones por encima de la preocupación real que existe al pensar en la generación de ambientes amigables y sostenibles que puedan garantizar la coexistencia, esto debido a que en normalmente prevalece el interés personal sobre los intereses colectivos.

Frente a los hechos expuestos surgen tres alternativas de solución. Las alternativas están sujetas a la interacción de tres variables: la sostenibilidad, la prospectiva del sector de la construcción y el cambio disciplinar de métodos y procedimientos. Desde la sostenibilidad surge la necesidad de plantear modelos de gestión que impongan protocolos de supervisión y control atados a la cadena valor. Es de resaltar que la cadena de valor pasa ser un elemento propio del concepto de responsabilidad social y del proceso gerencial diseñado para el proyecto.

Una segunda alternativa nace en la construcción de escenarios en los que el proceso de construcción debe orientarse mediante la proposición de tres principios, reducción de riesgos, minimización de impactos y alteridad de procesos clásicos que puedan llegar a desencadenar altos niveles de emisión de CO₂ y de material articulado. En la investigación

⁴ Se llama ruta ecológica al ecosistema sensible que está alrededor o al interior del espacio urbano.

realizada fueron expuestos los resultados del estudio prospectivos ejecutado por la Asociación de Constructores para la Gestión de la Sostenibilidad en Colombia. Estos resultados determinaron que, en efecto, los procesos no pueden cambiarse, pero si configurarse al punto de adaptar el concepto de sostenibilidad de la cadena valor (proceso gerencial).

La tercera alternativa corresponde a la micro-focalización de los marcos de control, sean estos legales, ambientales o disciplinares *per ser*. En cuanto a esta alternativa, es imperante confirmar que los marcos instruccionales ya existen; por ende, la inclusión formal de los elementos de responsabilidad social vendría a converger en los marcos de la ética corporativa.

Finalmente, la respuesta a la pregunta de investigación corresponde a la exposición de un planteamiento en el que se distingue la relación entre los elementos de la sostenibilidad y la modificación de los procesos de construcción en espacios urbanos. Respecto a ello es imprescindible demarcar que dicha relación corresponde a la configuración de métodos y no al remplazo de procesos básicos. Por tal razón, la inclusión de principios empresariales alineados con la objetividad ambiental de los sectores comerciales privados y públicos es el punto nodal en el que confluyen ambos intereses, los del sector empresarial de la construcción y los de habitantes que conviven en el espacio urbano por intervenir.

Referencias

- Rodríguez, F., & Fernández, G. (2010). Ingeniería sostenible: nuevos objetivos en los proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 147-160.
- Velásquez, C. (2013). *Ciudad y desarrollo sostenible*. Cali: UNINORTE Pub.
- AIE. (2017). *Sound pollution; a complex perspective from civilian engineering processes. Type - Case Madrid*. Madrid: New Research.
- Levin, H. (1997). Systematic evaluation and assessment of building environmental performance. *Buildings and Environment*, 9-12.
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 234-254.
- CCCS. (2016). *Agenda 2030 de Construcción Sostenible*. Bogotá D.C.: CCCS Pub.
- Agenda 2030. (2017). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. New York: ONU Pub. .
- Metecno. (2018). Edificios son responsables de hasta un 35% de las emisiones de CO2 a nivel mundial. *Revista EMB Construcción*, 09.
- ILAM. (2018). *Informe de Gestión Ambiental año 2017*. Santiago de Chile: Pub. Privada.
- Celis, J., Morales, J., Zaror, C., & Carvacho, O. (2015). Contaminación del aire atmosférico por material particulado en una ciudad intermedia. *Información tecnológica*, 19-33.
- Slattery, O. (2017). Sustainability engineering: approaches and hypothesis. *General Engineering*, 12-19.
- Ramírez, L. (2017). Sostenibilidad intersectorial: visiones e indicadores de gestión. *Sociedad y empresa*, 6-14.
- Armas, F., Montano, S., Mena, A., & Santiesteban, E. (2017). Sostenibilidad, ingeniería y enseñanza de las ciencias básicas. Marco teórico conceptual. *Revista Iberoamericana de Educación*, 179-202.
- Mejía, P. (2017). Contaminación de acuíferos, problemas derivados del proceso de construcción urbanas. *Revista de ingenierías*, 45-61.
- Castellanos, L. (2018). Retos de la ingeniería civil sostenible: ejemplo caso- Quito. *Revista Ingeniería moderna*, 2-25.

- Cerezo, C., & Lucas, J. (22 de junio de 2019). Balance negativo de CO2 en la construcción de una vivienda. *Doctoral dissertation*. N.R.
- Di'Carlo, P. (2018). Emisiones de CO2, una perspectiva analítica desde la relación causal construcción y desarrollo urbano. *Ambientalista*, 67-71.
- Lundholm, J. (2017). The ecology and evolution of constructed ecosystems as green infrastructure. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 106-115.
- Donahue, W. (2017). Sustainability and management models to optimize construction processes. *Engineering and sustainability review*, 7-19.
- Shmatko, N. (2019). The large-scale economic and industrial systems structural and organizational sustainability ensuring through enterprise engineering methodology. *N.R.*, 45-64.