

GUÍA DE GESTIÓN SOSTENIBLE Y CIRCULAR EN OBRAS

2021

WWW.CCCS.ORG.CO | WWW.CAMACOL.CO



 **CCCS**
Consejo Colombiano de
Construcción Sostenible


CAMACOL
CÁMARA COLOMBIANA
DE LA CONSTRUCCIÓN

Dirección Editorial

Sandra Forero
Viviana Valdivieso

CAMACOL
CCCS

Colaboradores Editoriales

Juan David Lizcano
Natalia Arroyave
Victoria Cunningham

CCCS
CCCS
CAMACOL

Comité Editorial (Autores)

Ana María Landaeta
Angélica Ospina
Cristian Osorio
Eduardo Posada
John Villabona
Juan Sebastián Santos
Melissa Ferro
Tatiana Carreño

CCCS
CCCS
Project M
Universidad de los Andes
CAMACOL
Universidad de los Andes
CCCS
CCCS

Diagramación y Diseño de cubierta

Ima Barraza

Design Studio

MAYOR INFORMACIÓN

© Consejo Colombiano de Construcción Sostenible 2021.
Todos los derechos reservados.
Dir. de correspondencia:
Carrera 7 # 71-21, Edificio Avenida Chile, Torre A, Piso 5
Bogotá, Colombia
Internet: www.cccs.org.co

© Cámara Colombiana de la Construcción 2021.
Todos los derechos reservados.
Ak. 19 #90-10
Bogotá, Colombia
Internet: www.camacol.co

El contenido de la presente publicación se encuentra protegido por las normas internacionales y nacionales vigentes sobre propiedad intelectual, por tanto su utilización, reproducción, comunicación pública, transformación, distribución, préstamo público e importación, total o parcial, en todo o en parte, en formato impreso, digital, o cualquier formato conocido o por conocer, se encuentran prohibidos, y solo serán lícitos en la medida en que se cuente con la autorización previa y expresa por escrito de los autores. El CCCS y Camacol no garantizan la precisión, confiabilidad o integridad del contenido incluido en este trabajo, ni de las conclusiones o juicios descritos en este documento, y no aceptan responsabilidad alguna por omisiones o errores (incluidos, entre otros, errores tipográficos y errores técnicos) en el contenido en absoluto o por confianza al respecto.

Agradecimientos

Se hace un reconocimiento especial a las siguientes empresas por su participación:

ARPRO Arquitectos Ingenieros
Arquitectura y Concreto
Construcciones Planificadas
Constructora Bolívar
Constructora Concreto
Greener Consultores
Green Factory
Green Loop
Grupo Contempo
Grupo Valor
Indural
Project M
Setri Sustentabilidad
Universidad de los Andes
Sequil Systems
SUMAC Latinoamerica
SYMA Constructores y Consultores

Un agradecimiento a todas las personas que participaron en el estudio y en el proceso de entrevistas.

Tabla de Contenido

Introducción	2
¿Cómo usar la guía?	4
Definiciones y siglas	6
Consideraciones para metodologías colaborativas y validación de calidad a través del ciclo de vida del proyecto	8
BIM como potencializador de la sostenibilidad	8
Lean Construction como una filosofía de gestión de proyectos	11
Proceso integrativo y pensamiento sistémico	13
Proceso de comisionamiento	15
Consideraciones desde la planeación y diseño	20
Etapa de Pre Construcción	24
Etapa de Construcción	29
Obras preliminares	30
Demolición	33
Descapote y movimiento de tierras	37
Cimentación	39
Estructura	41
Sistemas y redes	44
Acabados	46
Urbanismo	48
Aceptación y entrega	50
Lista de chequeo maestra	52
Referencias	53
Anexos	57

Introducción

La construcción es un importante motor socioeconómico de los países¹, sin embargo, esto trae consigo grandes responsabilidades ya que convierte al sector en uno de los principales consumidores de recursos, generadores de emisiones de carbono y de residuos en el mundo. Estos impactos se producen durante todo el ciclo de vida en las edificaciones.

Adicionalmente, de acuerdo con el Global ABC², el sector de la construcción representa casi el 40% del consumo de la energía mundial y de las emisiones relacionadas con la edificación, lo cual representa un gran desafío para limitar el calentamiento global por debajo de 1,5 °C. Estas consideraciones, aunadas a las metas de descarbonización del país, plantean la necesidad de dirigir los esfuerzos del sector de la construcción hacia una gestión sostenible y circular en las obras, momento en el que se pueden controlar de manera importante los potenciales impactos ambientales.

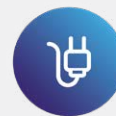
Cabe resaltar que cada uno de los actores que integran la cadena de valor de la construcción ha venido avanzando en medidas que aceleran la transformación hacia un mercado más sostenible. Desde el contexto de política pública, sistemas voluntarios de certificación en construcción sostenible, incentivos financieros y tributarios, siguiendo por metas de sostenibilidad corporativa, entre otros.

Desde el gobierno se ha fomentado la construcción sostenible con normativas como la Resolución 170 de 2009, donde se adoptan medidas para la conservación y protección de los suelos en el territorio nacional, la Resolución 631 de 2015, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales, y la Resolución 472 de 2017, sobre la gestión integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), entre otras, que pretenden establecer unos mínimos obligatorios para la gestión sostenible y circular en obras. Asimismo, existen sistemas de certificación en construcción sostenible como LEED, EDGE o CASA Colombia, de carácter voluntario, que suman más de 250 proyectos certificados³ en el país, y que buscan establecer herramientas de toma de decisiones y hacer un reconocimiento a los proyectos por implementar estrategias que disminuyan los impactos asociados a la edificación. Por otro lado, el sector financiero ha propuesto la emisión de bonos verdes (inversión con fines sostenibles) y la financiación de proyectos de construcción que se certifiquen como sostenibles desde su inicio con tasas de interés preferenciales. Finalmente, desde los objetivos y compromisos de sostenibilidad de las empresas privadas del sector se están planteando buenas prácticas que van más allá del cumplimiento de los mínimos normativos para aportar a la construcción sostenible del país.



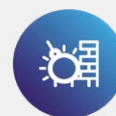
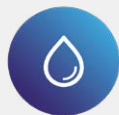
En Colombia, la industria de la construcción consume el 60% de los materiales extraídos de la tierra (TECNALIA, 2017).

El consumo de materiales para construcción a nivel nacional en un año es de 21.192.506 toneladas, que corresponden a un consumo de 42.085.963 GJ de energía y emisiones de 4.586.066 toneladas de CO2 (UPME, 2012).



En Latinoamérica, el consumo energético durante la operación de edificios representa casi 24% del consumo de energía y cerca del 30% de las emisiones de CO2 (Agencia Internacional de Energía, 2019).

El sector residencial presenta las mayores pérdidas por volumen de agua. A su vez, de acuerdo con la Superintendencia de Servicios Públicos (2014), en áreas urbanas el sector residencial es el mayor consumidor de agua, representando el 79% del total (CONPES 3919, 2018).



La generación anual de residuos de construcción y demolición (RCDs) en el país es de más de 22 millones de toneladas (TECNALIA, 2017).

Ilustración 1. Contexto de los efectos de la construcción.
Introducción a la Construcción Sostenible, 2020. CCCS, CAMACOL, IFC

¹ En Colombia, el DANE emite boletines de Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC), con datos de indicadores macroeconómicos como el PIB y empleo.

² Adopting Decarbonization Policies in the Buildings and Construction Sector - Costs and Benefits. Global ABC, 2020.

³ Boletín Enlace Verde, CCCS, Junio 2021.

Para lograr la sostenibilidad en un proyecto es necesario involucrar a todos los actores de la cadena de valor a lo largo de su ciclo de vida. Desde el momento en que se planea y diseña un proyecto se toman decisiones que tendrán un efecto en cómo este se construye, se opera y se mantiene.

La Guía de gestión sostenible y circular en obras tiene la intención de contribuir a la transformación del sector al ofrecer unos lineamientos específicos de sostenibilidad y circularidad para el constructor centrados en la fase constructiva y en consideraciones fundamentales sobre las etapas previas y posteriores a la obra. La guía parte de un entendimiento del constructor como un actor de la cadena de valor altamente comprometido con la sostenibilidad, que reduce y mitiga en gran medida los residuos y emisiones, mejora los impactos ambientales en la construcción y contribuye con la descarbonización del sector.

De esta manera, esta guía está diseñada para fomentar y apoyar el conocimiento de las mejores prácticas de construcción sostenible por parte del constructor, y de circularidad en relación a

minimizar la producción de residuos de construcción y demolición (RCD), el consumo de agua, preferencia en el uso de materiales y métodos constructivos. Esto permitirá además, que los beneficios y los objetivos de un proyecto sostenible sean más claros para el equipo de construcción y se implementen de manera más fácil y completa durante la construcción del proyecto.

El documento fue estructurado y elaborado por el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCCS) y la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), dos organizaciones líderes con gran experiencia en el sector de la construcción y la sostenibilidad. Para su elaboración se llevaron a cabo entrevistas con expertos y profesionales del sector responsables del cuidado del medio ambiente y el trabajo directo en obra, apoyadas en recursos secundarios obtenidos de otros estudios y guías existentes en la materia.

El contenido de este documento es indicativo y no pretende ser exhaustivo, por lo que no exime de responsabilidad al constructor de conocer y cumplir la normativa aplicable.



¿Cómo usar la guía?

La guía se estructura en cuatro capítulos siguiendo la secuencia de un proyecto. Se parte de las consideraciones para **metodologías colaborativas** que son transversales a todo proyecto, seguido de las consideraciones de **planeación y diseño** con énfasis en las decisiones que tendrán influencia en la sostenibilidad de la construcción, dando paso a la **preconstrucción** donde se planifica la obra y finalizando con un capítulo asociado a **construcción** donde se desglosan en subcapítulos las actividades para la ejecución de la obra de acuerdo a un proceso constructivo estándar.

Cada uno de estos capítulos y subcapítulos se desarrollan en tres frentes: Alcance y rol del constructor, Conocimientos previos y Mejores prácticas. Al final de cada capítulo y subcapítulo se incluye una lista de chequeo que resume las acciones que el constructor debe implementar con el fin de hacer seguimiento a una obra sostenible. En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra.

Anexo 1



Ilustración 3. Estructura de la Guía de gestión sostenible y circular en obras.

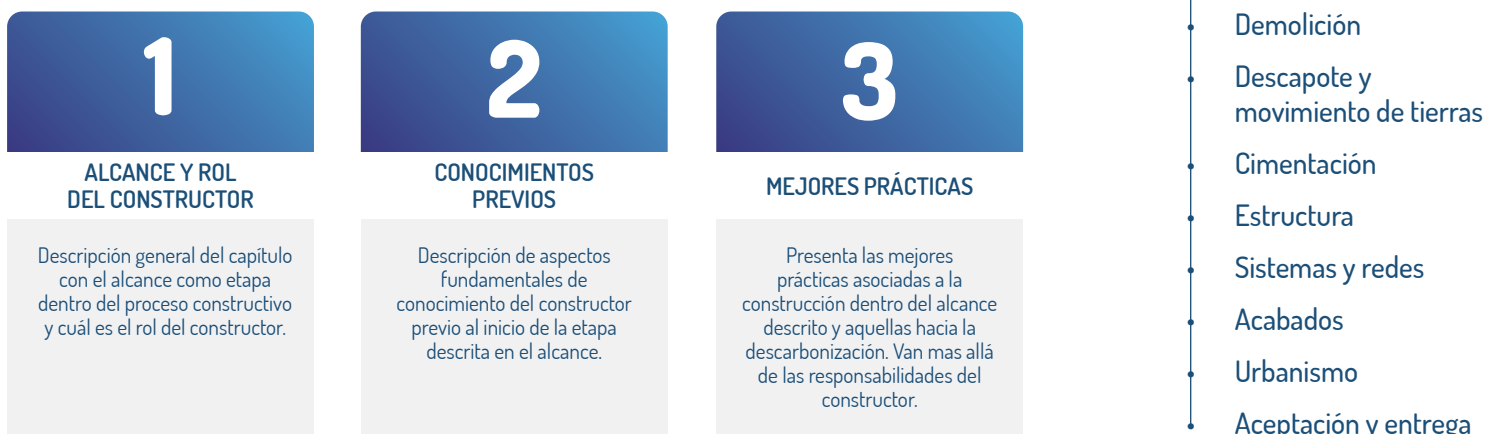


Ilustración 4. Contenido de cada capítulo de la Guía de gestión sostenible y circular en obras.

¿Quién puede usar la guía?

Esta guía fue desarrollada para ser usada por el equipo de construcción del proyecto e interesados, incluyendo los contratistas, subcontratistas, directores de obra y personas encargadas de la planeación, ejecución y control de obra.

CONSTRUCTOR O DESARROLLADOR



Para implementar las mejores prácticas en la planificación y ejecución de obra bajo un enfoque sostenible.

CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS



Para implementar las mejores prácticas en cada una de las actividades de la obra.

GERENCIA DEL PROYECTO



Para entender cómo las decisiones y acciones que se toman en todas las fases del proyecto afectan la sostenibilidad de la obra, e incluir las mejores prácticas en el cronograma, presupuesto del proyecto y en los términos de referencia para la contratación.

DISEÑADOR



Para entender cómo las decisiones de diseño impactan la sostenibilidad de la obra.

CONSULTOR EN SOSTENIBILIDAD



Para entender cómo las decisiones de diseño impactan la sostenibilidad de la obra.



Definiciones y siglas

ACC: Arseniato de cobre cromatado. Es un conservante utilizado para el tratamiento de la madera. Una mezcla de cobre, cromo y arsénico formulado como óxidos o sales. Conserva la madera de los hongos de pudrición atacando insectos masticadores de madera que incluyen termitas. También mejora el tiempo de resistencia de la madera tratada y puede ayudar a la adhesión de pintura en el largo plazo.

ACV: Análisis de ciclo de vida.

Aprovechamiento de residuos: Proceso que comprende reutilización, tratamiento y reciclaje de los Residuos de Construcción y Demolición, con el fin de reincorporarlos al ciclo productivo.

Autoridad de comisionamiento: Persona natural o jurídica encargada de guiar al equipo a lo largo del proceso de comisionamiento y de liderar y realizar la mayoría de las actividades fundamentales del mismo.

BEP: BIM Execution plan o plan de ejecución BIM.

BPC o BPB: Bifenilos policlorados o bifenilos polibromados. Se utilizaron ampliamente para aislar y enfriar componentes eléctricos tales como transformadores y capacitores, aunque en estos productos pueden contenerse sin riesgo de flujo al ambiente. Sí existe una gran difusión ambiental por su uso en plastificantes, tintes, colorantes, adhesivos, y protectores de maderas. Todos estos compuestos en general se consideran altamente tóxicos.

BIM: Building information modeling.

CESV: Control de erosión, sedimentación y vertido.

CFC: Clorofluorocarbonados. Son una familia de gases que se emplean en diversas aplicaciones, principalmente en la industria de la refrigeración, y de propelente de aerosoles. Están también presentes en aislantes térmicos. Los CFC no se destruyen en la atmósfera baja, así que logran subir hasta la estratósfera donde se acumulan y destruyen la capa de ozono.

Comisionamiento: Es un proceso de control de calidad basado en un método de auditoría por parte de un tercero, llamado Autoridad de Comisionamiento, que verifica que un edificio y sus sistemas hayan sido diseñados, instalados, probados, operados y serán mantenidos de acuerdo con los requerimientos operacionales y funcionales definidos por el propietario para el proyecto.

COV: Compuestos orgánicos volátiles. Sustancias químicas que se volatilizan (pasan a fase gaseosa) fácilmente.

Cx: Comisionamiento.

Demolición Selectiva: Actividad planeada por fases de desmantelamiento que busca obtener el máximo aprovechamiento de los residuos en una demolición.

Economía Circular: Modelo que busca que el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y que reduzca al mínimo la generación de residuos.

Erosión: Desgaste del terreno por acción del viento, lluvia, procesos fluviales, marítimos o por acción de los seres vivos.

EVM: Earned Value Management.

Gestor de residuos: Persona o empresa encargada de la recolección, transporte, almacenamiento, aprovechamiento y/o disposición final de los residuos.

Lodos bentoníticos: Es una mezcla de bentonita con agua. La principal aplicación de lodo bentonítico está vinculada a las excavaciones.

LPS: Last Planner System.

Material particulado: Contaminación del aire de composición variada donde se presenta una mezcla de partículas líquidas y sólidas de origen orgánico e inorgánico.

PGRCD: Plan de gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

PMA: Plan de manejo ambiental.

PMT: Plan de manejo del tránsito.

Puntos de acopio: Espacios designados y adaptados para la separación y el almacenamiento de residuos producidos en obra.

PVC: El Policloruro de vinilo es un plástico utilizado en la construcción en elementos tales como tuberías de agua potable y evacuación, marcos de puertas y ventanas, persianas, suelos, paredes, láminas para impermeabilización (techos, suelos), canalización eléctrica y para telecomunicaciones, papeles para paredes, etc.

RCD: Residuos de Construcción y Demolición. Residuos sólidos provenientes de los procesos de excavación, construcción, demolición, reparaciones o mejoras de obras civiles o de otras actividades conexas.

Residuos Orgánicos: Residuos de origen vegetal o animal

Residuos Peligrosos: Residuos que, por sus características presentan un riesgo para la salud de las personas o el medio ambiente. Las características de peligrosidad incluyen: inflamabilidad, corrosividad, toxicidad, reactividad, radioactividad.

Sedimentación: Proceso por el cual los materiales son transportados por agentes (agua, viento) procedentes de la erosión y son depositados en lugares diferentes a su origen.

SUDS: Sistema urbano de drenaje sostenible

Vertimiento residual: Descarga final de un elemento, sustancia o compuesto contenido en un líquido residual de cualquier origen.



Consideraciones para metodologías colaborativas y validación de calidad a través del ciclo de vida del proyecto

En esta sección se resaltan una serie de consideraciones a tener en cuenta por parte del constructor en relación con la sostenibilidad del proyecto y del proceso constructivo, mas allá de sus responsabilidades como constructor, al aplicar metodologías colaborativas y de validación de la calidad como BIM, Lean Construction, proceso integrativo y comisionamiento. Sin embargo, no pretende ser una guía exhaustiva de aplicación de estas metodologías

BIM como potencializador de la sostenibilidad



Alcance y rol del constructor

BIM es un proceso colaborativo a través del cual se crea, comparte y usa información estandarizada en un entorno digital durante todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción. BIM tiene un gran potencial para reducir costos y tiempos, aumentar el valor agregado del sector de la construcción⁴, mejorar la calidad constructiva e integrar a los interesados de la construcción de manera más efectiva.

De acuerdo a la etapa del ciclo de vida del proyecto, se pueden tener varios usos y finalidades al aplicar BIM. Por esta razón, nacen lo que se denomina las dimensiones de trabajo BIM. Estas dimensiones son unos niveles de implementación asociados a diferentes alcances que pueden ayudar a segmentar la información necesaria.

A partir de la 4D se puede realizar un vínculo con metodologías como LPS y simulación de los procesos constructivos. La 5D permite hacer un control y vínculo con metodologías como EVM. La 6D se relaciona con la eficiencia energética de las edificaciones.

Teniendo en cuenta que es una metodología que puede usarse durante el ciclo de vida de los proyectos, la implementación de BIM presenta grandes ventajas desde el momento inicial del proyecto hasta la operación del mismo.

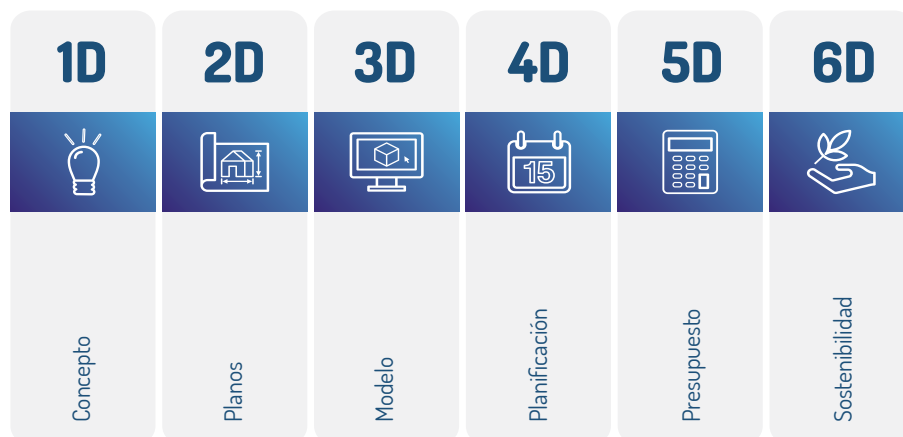


Ilustración 5. Las seis dimensiones adaptado de <https://www.bimcommunity.com/news/load/490/why-don-t-we-start-at-the-beginning>

⁴ Estrategia Nacional BIM Colombia 2020-2026. Recuperado de <https://projectumbim.com/wp-content/uploads/2021/02/ESTRATEGIA-NACIONAL-BIM.pdf>

Algunos usos de BIM desde la etapa de **planeación y diseño** son:

- Detección de interferencias
- Revisión de diseño
- Interacción con diseñadores y contratistas
- Cantidades de obra, articulación con contratos
- Exportación de planos
- Control visual del proyecto
- Piezas publicitarias

Desde el rol del constructor, algunos usos de BIM en las etapas de **preconstrucción y construcción** son:

- Planeación y logística de obra
- Detección de interferencias
- Coordinación en tiempo real e integrativa
- Control de presupuestos y programación
- Control de actividades y secuencia constructiva
- Puntos de chequeo entre actividades y fases

Finalmente, en la fase de **mantenimiento y operación** se aplicaría para:

- Modelos récord en cambio de planos récord
- Modelación energética de los activos
- Planes de control y seguimiento de mantenimientos
- Datos precisos de la operación
- Control de área y gestión de espacios
- Pronósticos de falla y reparaciones

Cada paso del proceso en el que BIM ahorra tiempo, mejora la eficiencia, mejora el diseño y reduce los errores brinda una oportunidad cuantificable para reducir el impacto ambiental en el ciclo de vida del edificio. Es más, se tiene un vínculo directo de BIM con la sostenibilidad, conocido como “BIM Green” en respuesta al calentamiento global, la escasez de recursos energéticos y los desafíos de la degradación ambiental.

De acuerdo a Lu et. al (2017) desde BIM se puede obtener soporte en el ACV de los proyectos para tener un análisis de los impactos ambientales en términos de huella de carbono, análisis de rendimientos energéticos, simulaciones lumínicas y otros análisis de optimización energética. Por otra parte, BIM también puede ayudar a reducir los desperdicios de la construcción, con un mayor control en la obra, que se traduce en una reducción de las emisiones de carbono y una mayor eficiencia en los procesos de construcción. Finalmente, BIM puede ser una herramienta de gran ayuda para obtener una certificación en sostenibilidad ya que se pueden examinar sus requerimientos mediante BIM.



Conocimientos previos

Al tratarse de un proceso transversal, los conocimientos previos necesarios consisten en el entendimiento general de BIM desde la perspectiva del constructor.

- Plan de ejecución BIM (BEP). Es el documento en el que se definen las bases y reglas para la implementación de BIM en el proyecto. Sirve para entender cómo se llevarán a cabo los aspectos del modelado de información y manejo de la información durante el desarrollo del proyecto. Es la hoja de ruta inicial para generar un proyecto coordinado e integrado.

Para la realización del BEP de un proyecto deben tenerse en cuenta cómo mínimo los siguientes apartados:

- Roles y responsabilidades de los involucrados
- Hitos del proyecto
- Definición de las disciplinas (arquitectónica, estructural, hidráulica, etc.)
- Fechas de entrega de los modelos
- Usos BIM que se esperan (coordinación, costos, tiempos, análisis energético)
- Procesos de modelado e intercambio de información
- Origen y orientación de los modelos
- Criterios de nomenclatura de los elementos y archivos
- Plantillas de los planos y modelos
- Información mínima de los elementos
- Formatos de intercambio de información
- CDE (Common Data Environment), cómo se va a manejar la información en un entorno común y colaborativo.

CAMACOL cuenta con guías para la adopción BIM en organizaciones y proyectos que pueden ser de gran ayuda para la implementación de BIM. Estas pueden consultarse en: <https://camacol.co/documentos-bim-forum-colombia>



Mejores prácticas

Planeación:

- Revisar el plan de ejecución BIM. Durante la fase de planeación se debe esclarecer la matriz de responsabilidades de la fase de construcción y los usos BIM que se esperan en relación a la sostenibilidad y el manejo en obra. Entre estos está el diseño de sistemas de construcción, evaluación de sostenibilidad, fabricación de materiales de construcción, modelado de condiciones existentes, modelado record, planificación de fases y planificación del uso del sitio.

Diseño:

- Participar en las revisiones del avance del modelo BIM en diseño para el análisis de constructibilidad del proyecto.
- Usar el modelo BIM como herramienta para los criterios de selección de materiales y para ejecutar un análisis del ciclo de vida de la edificación como parte del proceso de toma de decisión de proveedores donde se determinen los impactos ambientales de acuerdo a la selección de los materiales estructurales y a la envolvente del proyecto. Dentro de los impactos ambientales a analizar se recomienda siempre incluir el potencial de calentamiento global (CO2 equivalente). Adicionalmente se puede analizar, entre otros:
 - Agotamiento de la capa de ozono estratosférico (kg CFC-11)
 - Acidificación de la tierra y fuentes de agua (moles de H+ o en kg SO2)
 - Eutrofización (kg de nitrógeno o fosfato)
 - Formación de ozono troposférico (kg de NOx, O3 o etano)
 - Agotamiento de recursos de energía no renovable (MJ)

Preconstrucción:

- Contar en el equipo de obra con personal encargado del modelo BIM con conocimiento y experiencia en el uso del software definido. Así mismo, con personal encargado de la coordinación técnica BIM que tenga experiencia en campo para el modelo y en el uso de la herramienta.
- Tener en cuenta que en el espacio físico para los comités de obra se debe contar con las herramientas para la visualización del modelo BIM.
- Incluir en el modelo BIM las obras preliminares y ajustar los planes de manejo de acuerdo a las secuencias de obra, recorridos, avance de estructuras y movimientos necesarios para la logística de la obra. De igual forma se puede ajustar la ubicación estratégica de estructuras como campamento, casino, almacén, sedimentador, lavado de llantas, puntos de acopio y demás componentes definidos en el PMA.

Construcción:

- Durante la reunión de arranque se debe verificar que el contratista y subcontratistas tengan un entendimiento completo de la metodología de trabajo colaborativo en obra y que haya un acuerdo sobre las actividades integradas a la programación. Debe existir un vínculo con los contratistas en ese entorno colaborativo para que ellos aporten su experiencia al modelo y a la metodología.
- Generar un entorno colaborativo en el proyecto y disponer de la gestión visual dentro de los proyectos en la obra.
- En los comités de obra, visualizar y analizar el modelo BIM para

retroalimentarlo por parte de quienes construyen. Se puede contar con pantallas o televisores, así como con equipos con los requerimientos técnicos necesarios para poder trabajar el software del modelo en tiempo real.

- Acordar revisiones periódicas en obra para asegurar la calidad de los modelos e información, además, para realizar un seguimiento de los flujos de trabajo propuestos en el BEP.
- Subdividir los modelos en las disciplinas y subdisciplinas para evitar archivos demasiado grandes y difíciles de operar.
- No realizar una modelación gráfica en exceso. Se debe entender qué debe ser modelado y a qué nivel de detalle, pues los altos niveles de detalle pueden generar ineficiencias.
- Realizar las coordinaciones en obra con BIM para evitar interferencias y colisiones entre los sistemas, lo que puede significar ahorros monetarios importantes para el proyecto.



Lista de chequeo

A continuación se presenta una lista de chequeo con las actividades que se deben tener en cuenta transversalmente en el proyecto y que se deben alinear con cada una de las etapas descritas en esta guía.

Actividad	Ejecutado		
	Sí	No	N/A
Revisar el plan de ejecución BIM.			
Participar en las revisiones del avance del modelo BIM en diseño para el análisis de constructibilidad del proyecto.			
Usar el modelo BIM para ejecutar un análisis del ciclo de vida.			
Contar en el equipo de obra con personal encargado del modelo BIM y personal encargado de la coordinación técnica BIM .			
Contar con las herramientas para la visualización del modelo BIM.			
Incluir en el modelo BIM las obras preliminares y ajustar los planes de manejo.			
Durante la reunión de arranque, verificar que el contratista y subcontratista tengan un entendimiento completo de la metodología de trabajo colaborativo en obra.			
Disponer de la gestión visual dentro de los proyectos en la obra.			
Acordar revisiones periódicas en obra para asegurar la calidad de los modelos e información.			
Subdividir los modelos en las disciplinas y subdisciplinas.			
No realizar una modelación gráfica en exceso.			
Realizar las coordinaciones en obra con BIM.			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra

Lean Construction como una filosofía de gestión de proyectos



Alcance y rol del constructor

Lean Construction es una filosofía de gestión de proyectos adaptada al sector de la construcción que nació bajo principios del Kaizen (mejora continua). Según Womack and Jones (1990), estos principios están enfocados en:

1. Especificar el valor del producto para el cliente
2. Identificar el flujo o cadena de valor
3. Conseguir que el producto fluya continuamente a través de la cadena de valor
4. Dejar que el cliente condicione el flujo
5. Buscar y perseguir la perfección

Desde el rol del constructor, la implementación de esta filosofía puede llevar a un mayor control sobre los proyectos, una mejora consistente en la calidad de obra, una reducción de desperdicios y sobrecostos, y un mejor flujo de trabajo en obra.

La implementación de *Lean Construction*, al igual que BIM, puede tener varios enfoques que van desde una visión más estratégica hasta una visión de proyectos. Desde la experiencia científica en la implementación de *Lean Construction* se pueden identificar herramientas y metodologías que pueden facilitar su implementación y generar valor sin tener que aplicar la filosofía en su totalidad. Varias de estas herramientas y metodologías se muestran a continuación:

Kaizen	⋮	Formato A3
Los cinco ¿Por qué?	⋮	Kanban
Big Room	⋮	Takt
Diagrama de Izhikawa	⋮	Just in time
5S	⋮	Last Planner System
Diagrama de Pareto	⋮	

De todas estas metodologías, la más conocida es la última, *Last Planner System* (LPS). Esta metodología permite tener un sistema que se basa en compromisos y restricciones, lo que brinda un mayor control de las actividades en obra y también permite identificar los motivos por los que no se están teniendo los rendimientos esperados o entender de manera clara por qué surgen los problemas.

Esta metodología tiene tres grandes visiones en los proyectos: **Plan Maestro**, **Plan intermedio** y **Plan semanal**. Esto permite tener una visión estratégica o macro del proyecto, una visión más táctica o intermedia y una visión más operativa o semanal de los proyectos. Las tres deben estar en concordancia y obedecer a unas programaciones dinámicas que permitan cambios y ajustes entre ellas.

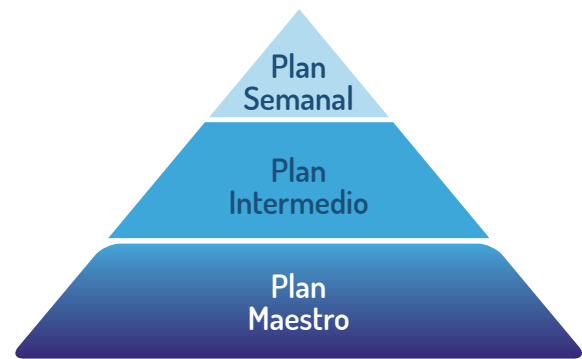


Ilustración 6. Esquema de planes necesarios en un proyecto

Parte del éxito de implementación de *Last Planner System* en obra es poner en sincronía las expectativas del cliente, con la realidad y progreso de la obra.

Lean Construction va más allá de *Last Planner System*, no obstante, la implementación parcial de estas herramientas también puede llevar a mejoras en los procesos y a eficiencias en el sector de la construcción.

Es posible evidenciar que hay principios compartidos y similitudes entre los objetivos de BIM y Lean:

- Reducción de errores
- Mejoras en los procesos
- Aumento de valor entre fases
- Mayor integración entre los involucrados del proyecto
- Mejorar el flujo de trabajo e información

Sacks (2010) propuso que la integración Lean/BIM podría tener grandes ventajas en términos de los proyectos, procesos y estrategia. Esta combinación podría generar una mejora sustancial frente a la forma tradicional de llevar a cabo los proyectos. Desde unos principios Lean/BIM podrían obtenerse no solo mejoras en los procesos sino también en la estructura organizacional (Osorio Gómez et al. 2020,a).

Lean tiene un vínculo directo con la sostenibilidad. A esta interconexión se le conoce como “Lean Green”, desde donde hay varios puntos con un gran impacto en la sostenibilidad:

- Reducción de desperdicios de construcción, ya que si se mejoran los procesos constructivos y se tiene un mayor control, también se reducen los desperdicios de materiales y sobrecostos. De acuerdo a los estudios de Osorio Gómez et al (2020,b), se ha encontrado evidencia científica de que *Lean Construction* puede tener impactos favorables en la reducción de materiales y desperdicios en construcción, reduciendo el impacto ambiental de los proyectos de construcción entre un 18% a un 24%. Cabe aclarar que estos porcentajes podrían variar entre proyectos y solo son valores de referencia.
- Mejor entendimiento del papel del cliente y cómo las necesidades de los proyectos de construcción deben estar alineados con la vida en el planeta tierra, planeta con recursos limitados y con una crisis climática que está generando estragos a nivel mundial. Por esta razón, desde una visión Lean debe ponerse en primera plana, como cliente, al planeta, para que el ejercicio de la construcción no comprometa los recursos necesarios para la supervivencia de las siguientes generaciones.
- El impulso de la implementación de Lean en el sector público. Como desde los estados se hace contratación a gran escala, la implementación de Lean podría no solo tener mejoras de gran magnitud en la sostenibilidad, sino también avances en aspectos sociales, económicos y culturales alrededor de los proyectos de construcción.

Conocimientos previos

- Contar con personal capacitado para llevar a cabo la metodología seleccionada para *Lean Construction*, o contar con asesoría externa.
- Identificar la fase en la que se quiere implementar Lean, pues es posible hacerlo en cualquier momento logrando una ingeniería de valor.
- Definir la metodología y herramientas para Lean Construction.
- Para la implementación de LPS debe existir conocimiento en programación de proyectos y en histogramas de recursos para tener un balance en la nueva forma de programación.

Mejores prácticas

- Generar los proyectos Lean desde la planeación, para contar con menores interferencias y coaliciones, una mejor selección y un menor consumo de los materiales.
- Cambiar las programaciones a nivel de procesos, no sólo en obra, para tener una sincronía con procesos de soporte como

ventas, compras y contratos, que también tienen repercusión en la obra.

- Generar un espacio en la obra para llevar a cabo las reuniones de LPS. También sirve para tener un mayor control de la obra donde se presentan los objetivos claros y las actividades a realizar cada semana, para que esto se pueda gestionar de forma integrada.
- Aplicar herramientas como 5S y los Los cinco ¿Por qué?, para mejorar el orden en obra y encontrar las causas raíz de problemas recurrentes que se pueden tener en los procesos constructivos.
- Utilizar el *Kanban*, una herramienta para gestionar proyectos, que permite mapear y visualizar de mejor forma el flujo de trabajo. También puede ser parte fundamental de la *Big Room*.
- Deben realizarse capacitaciones continuamente para mantener al personal motivado y llevar los principios de la mejora continua a los procesos constructivos de la obra de forma natural.
- Aplicar una caminata como el *Gemba walk* puede ser de gran ayuda para entender los flujos de trabajo y los errores que suceden a diario en las obras. El Gemba es una gran oportunidad para pensar en oportunidades de mejora, sin embargo, debe hacerse con una actitud propositiva y ojalá después del recorrido, para evitar señalamientos en el momento.
- Hacer un análisis de los procedimientos constructivos de la obra y de la selección de proveedores a partir de Elección por ventajas o *Choosing by Advantages* (CBA) y evaluar entre varios criterios, entre los que está costo, calidad, cercanía, generación de residuos, consumo de energía, consumo de agua y huella de carbono.
- Tener una programación dinámica actualizable, día a día, lo que permite anticipar problemas con 6 semanas de anticipación.

Lista de chequeo

A continuación se presenta una lista de chequeo de las actividades que se deben tener en cuenta transversalmente en el proyecto y que se deben alinear con cada una de las etapas descritas en esta guía.

Actividad	Ejecutado		
	Sí	No	N/A
Generar los proyectos <i>Lean</i> desde la planeación.			
Cambiar las programaciones a nivel de procesos.			
Generar un espacio en la obra para poder llevar a cabo las reuniones de LPS.			
Aplicar herramientas como 5S y los 5 <i>Por qué</i> para mejorar el orden en obra.			
Utilizar el <i>Kanban</i> como herramienta para gestionar proyectos.			
Realizar capacitaciones continuamente.			
Aplicar una caminata como el <i>Gemba walk</i> .			
Hacer un análisis de los procedimientos constructivos de la obra y para la selección de proveedores a partir de <i>Choosing by Advantages</i> (CBA).			
Tener una programación dinámica actualizable día a día.			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra

Proceso integrativo y pensamiento sistémico



Alcance y rol del constructor

El proceso integrativo es un proceso colaborativo enfocado en la planeación, diseño, construcción y operación de un proyecto en su ciclo de vida. Para llevarlo a cabo se requiere un equipo interdisciplinario pensando el proyecto desde su concepción, con el fin de tener una visión unificada y compartida del proyecto.

El objetivo de implementar un proceso integrativo en un proyecto constructivo es generar proyectos de alto rendimiento a través de la optimización de los recursos y el análisis temprano de la interacción de los sistemas para identificar sinergias que permitan obtener beneficios ambientales y económicos, garantizando el bienestar de los usuarios y la comunidad.

Su aplicación en la construcción sostenible parte de la aplicación de los principios del pensamiento sistémico.



Ilustración 7. Principios del pensamiento sistémico aplicados a la construcción sostenible. Fuente CCCS.

En los procesos integrativos de diseño se rompen los paradigmas que normalmente se tienen en la industria de la construcción, donde se pensaba que cada parte tenía un único fin y su rol en el proyecto era muy puntual. No obstante, en un proceso integrativo se debe cambiar la mentalidad y pensar el proyecto como un equipo, donde cada parte aporta para un fin común: el proyecto.

En un proceso integrativo, la integración temprana de los involucrados en el proyecto es parte fundamental del éxito, además de un acuerdo tácito entre las múltiples partes. Algunos beneficios de la implementación de un proceso integrativo son:

- Beneficio/riesgo compartido para los socios del acuerdo
- Costos garantizados para los clientes
- Ahorros compartidos si el proyecto se entrega por debajo del presupuesto
- Creación de una cultura colaborativa
- Mejoras tempranas en el proyecto

El rol del constructor en un proceso integrativo parte del concepto de conformar un equipo interdisciplinario desde una fase temprana en el proyecto.



Ilustración 8. Equipo del proyecto en un proceso integrativo.

Los procesos integrativos son altamente recomendables para mejorar la eficiencia y lograr mejores proyectos mediante el trabajo colaborativo. Finalmente, también es una estrategia muy recomendable para la sostenibilidad, ya que tiene un principio rector y es hacer más con menos recursos. De esta forma, las metodologías colaborativas comparten muchos principios que sin duda implementados de forma sinérgica van a tener excelentes resultados en eficiencia y en la sostenibilidad de las obras.



Conocimientos previos

- Aplicación con otras metodologías o herramientas para el trabajo colaborativo
- Identificación de las metas del proyecto
- Definición del protocolo de comunicación e intercambio de información
- El protocolo de toma de decisiones en el proyecto
- Claridad sobre la matriz de responsabilidades en el proyecto
- Términos de referencia y contrato
- Presupuesto general del proyecto



Mejores prácticas

En un enfoque de proceso integrativo el constructor hace parte activa desde una fase temprana en el proyecto. De acuerdo con lo anterior, se resaltan las siguientes mejores prácticas asociadas con la sostenibilidad y circularidad en obra.

- **Planeación:**
 - Incluir en las metas del proyecto aquellas relacionadas con la sostenibilidad y el manejo en obra, que se pueden identificar a lo largo de esta guía, como pueden ser: reducción de residuos, gestión de los vertidos, reúso de agua, uso de maquinaria de bajas emisiones, y bajo consumo de energía, entre otras.
- **Diseño:**
 - Participar en las revisiones de diseño para el análisis de constructibilidad del proyecto.
 - Integrar los requerimientos del constructor y de los contratistas como parte integral de los términos de referencia.
- **Contratación:**
 - Hacer cuadros comparativos técnicos que permitan entender los alcances que se están ofertando y garantizar que los equipos y elementos sí responden a lo solicitado, especialmente en metas de sostenibilidad, requerimientos del propietario, especificaciones técnicas y especificaciones de sostenibilidad.
- **Construcción:**
 - Durante la reunión de arranque, verificar que el contratista tenga un entendimiento completo del proyecto, metodología, metas, herramientas y planes de manejo ambiental, y que haya un acuerdo con las actividades integradas a la programación.
 - Llevar un seguimiento periódico de las estrategias de sostenibilidad en obra de acuerdo al PMA. En comité de obra se

deben socializar los aspectos de mejora y el estado de los indicadores o metas de sostenibilidad pactados.

- Llevar un registro de observaciones de obra de acuerdo a lo planteado en el PMA.
- Llevar a cabo revisiones periódicas de instalación de sistemas técnicos de acuerdo a las especificaciones de diseño y las metas de sostenibilidad del proyecto.
- Tener una reunión de coordinación de sistemas de control con el operador antes de finalizar las secuencias de control del proyecto, y posteriormente hacer la programación del sistema.
- Se deben ir actualizando los planos o el modelo del proyecto para contar con las versiones record, *as-built* o finales al terminar el proyecto.
- **Aceptación**
 - Hacer capacitaciones al operador y usuario del proyecto. Una capacitación técnica de cada sistema para el operador, y una capacitación de funcionamiento y controlabilidad de los sistemas que tienen acción para el usuario.
 - Integrar el plan de mantenimiento para cada sistema, elaborado por cada contratista, que incluya los manuales de mantenimiento y la programación desglosada de actividades de mantenimiento.



Lista de chequeo

A continuación se presenta una lista de chequeo de las actividades que se deben tener en cuenta transversalmente en el proyecto para un proceso integrativo. Estas se deben alinear con cada una de las etapas descritas en esta guía.

Actividad	Ejecutado		
	Sí	No	N/A
En planeación, incluir en las metas del proyecto aquellas relacionadas con la sostenibilidad y el manejo en obra.			
En diseño, participar en las revisiones de diseño para el análisis de constructibilidad del proyecto.			
Integrar los requerimientos del constructor y de los contratistas como parte integral de los términos de referencia.			
En contratación, hacer cuadros comparativos técnicos.			
En construcción, durante la reunión de arranque, verificar que el contratista tenga un entendimiento completo del proyecto.			
Llevar un seguimiento periódico de las estrategias de sostenibilidad en obra de acuerdo al PMA.			
Llevar un registro de observaciones de obra de acuerdo a lo planteado en el PMA.			
Llevar a cabo revisiones periódicas de instalación de sistemas técnicos.			
Tener una reunión de coordinación de sistemas de control con el operador.			
Actualizar permanentemente los planos o el modelo del proyecto.			
En aceptación, incluir al operador y usuario en las entregas y capacitaciones de los sistemas del proyecto.			
Integrar el plan de mantenimiento para cada sistema			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra

Proceso de comisionamiento



Alcance y rol del constructor

El proceso de comisionamiento es un proceso de control de calidad basado en un método de auditoría por un tercero, llamado Autoridad de Comisionamiento, quien verifica que un edificio y sus sistemas hayan sido diseñados, instalados, probados, operados y serán mantenidos de acuerdo con los requerimientos operacionales y funcionales definidos por el propietario para el proyecto. Este proceso se puede llevar a cabo en cualquier tipo de edificio y de sistema.

Los procesos de comisionamiento existen para direccionar un proceso de control de calidad y para facilitar la comunicación, coordinación, pruebas y verificación en el rendimiento de los sistemas instalados, por lo que es un proceso que ocurre transversal al proyecto, desde la planeación hasta la operación del mismo.

Las actividades en cada una de las etapas se enuncian a continuación, así como los beneficios que puede traer la correcta ejecución de un proceso de comisionamiento en un proyecto.



Planeación	Diseño	Construcción
Selección de la autoridad de comisionamiento	Acompañamiento técnico	Contratación
Términos de referencia y contratación	Bases de diseño	Arranque del proceso de construcción
Roles y responsabilidades	Revisión de diseños	Revisión de entregables
Requerimientos operacionales y funcionales	Especificaciones de comisionamiento	Reporte de avance de comisionamiento
Plan de comisionamiento	Especificaciones técnicas por especialidad	Listas de chequeo e inspecciones de obra
Taller de arranque	Reporte de revisiones de diseño	Registro de hallazgos y resolución
Aceptación	Posocupación	Operación
Pruebas de desempeño	Visita post ocupación	Comisionamiento continuo
Manual de los sistemas		
Capacitación de operación y mantenimiento		
Garantías		
Reporte final de comisionamiento		

Ilustración 9. Actividades del proceso de comisionamiento en cada fase del proyecto.

- Se contempla el inicio de la ocupación y operación del proyecto.
- Menos reprocesos en el proyecto
- Gestión de los requerimientos de puesta en marcha
- Períodos de transición más cortos en los edificios
- Reducción en trabajos correctivos en post-ocupación
- Efectos minimizados desde los cambios de los diseños
- Mejora de la calidad del aire interior y de la productividad de la ocupación
- Mejor operación, mantenimiento y confiabilidad
- Menores costos de consumo de energía y de operaciones
- Valor agregado en la calidad de la construcción
- Documentación de operación y mantenimiento completa y útil
- Información adecuada del propietario para toma de decisiones de diseño y construcción
- Documentación del proceso entero de construcción

Ilustración 10. Beneficios del proceso de comisionamiento. Fuente: Guía de comisionamiento para ventilación natural, CCCS, 2020.

El constructor debe ser parte activa del proceso de comisionamiento y alinear los procesos, cronograma y presupuesto a las actividades descritas en el plan de comisionamiento del proyecto.

Participar en un proceso de comisionamiento parte del compromiso del propietario y de todo el equipo del proyecto. Al ser un proceso transversal, involucra al equipo de obra de acuerdo al alcance del proceso. Las siguientes son las responsabilidades del constructor:

- Participar en el taller de arranque del proceso de comisionamiento en obra.
- Proporcionar los entregables de cada sistema dentro del alcance del proceso de comisionamiento y hacer los ajustes o correcciones que le solicite la autoridad de comisionamiento. Los entregables se especifican en el plan de comisionamiento e incluyen, pero no se limitan a:
 - Fichas técnicas de los materiales y equipos necesarios para los sistemas.
 - Planos de taller, manuales de instalación, manuales de operación y mantenimiento, planes de mantenimiento y videos o guías de instalación de los elementos.
 - Secuencias de control u operación.
 - Garantías y desempeños esperados de los equipos o elementos utilizados.
 - Planos record o as-built y/o modelos record.
- Llevar a cabo las pruebas de los sistemas que se componen de listas de chequeo y pruebas de desempeño operacional, especificadas en el plan de comisionamiento.
- Dar solución a las observaciones, hallazgos o no conformidades de la autoridad de comisionamiento. Las observaciones se pueden originar por la revisión de entregables y/o visitas de obra.
- Llevar a cabo la capacitación (grabada) y entrega del sistema al personal de operación y mantenimiento.



Conocimientos previos

Al tratarse de un proceso transversal, los conocimientos previos necesarios consisten en el entendimiento general del proceso de comisionamiento desde la perspectiva del constructor.



- Requerimientos operacionales y funcionales del proyecto. Es un documento en el que se integran todos los requerimientos de operación y funcionamiento del proyecto, a partir del que la autoridad de comisionamiento realizará todos los procesos de control de calidad en las siguientes fases del proyecto. La ilustración 11 presenta su contenido básico.
- El documento de requerimientos operacionales y funcionales es responsabilidad del propietario o de quien este designe, sin embargo, dependiendo del acuerdo que exista con la autoridad de comisionamiento, esta persona podría desarrollarlo sujeto a la aprobación del propietario. En caso de que el documento sea escrito por el propietario o su representante, este debe ser revisado por la autoridad de comisionamiento. El documento de requerimientos operacionales y funcionales está sujeto a actualizaciones o cambios durante la ejecución del proceso de comisionamiento, si esto sucede se debe enviar la versión actualizada a todos los miembros del equipo.
- Plan de comisionamiento. Este documento lo elabora la autoridad de comisionamiento y se debe socializar con el equipo del proyecto. El plan estipula el alcance, las fechas, actividades, he-

rramientas, equipos, personal, especificaciones de comisionamiento, entregables, listas de chequeo, protocolos de pruebas y demás requerimientos para realizar un adecuado proceso de comisionamiento. Su contenido básico se describe a continuación:

- Resumen y descripción general del plan que se va a desarrollar para el comisionamiento de los sistemas
- Roles y responsabilidades del equipo del proyecto que realizará todo el proceso de comisionamiento
- Documentación de las reuniones o avances de cada una de las etapas que se realicen en el proceso de comisionamiento
- Descripción y cronograma detallado de las actividades específicas del plan de comisionamiento
- Procedimientos explicados de la evaluación de los diseños del proyecto
- Guías y formatos que se utilizarán en el proceso de comisionamiento
- Formatos e información requerida para el manual del sistema y los planes de capacitación finales.
- Formatos e información que se incluirá en las listas de chequeo, incluyendo parámetros que se medirán y evaluarán

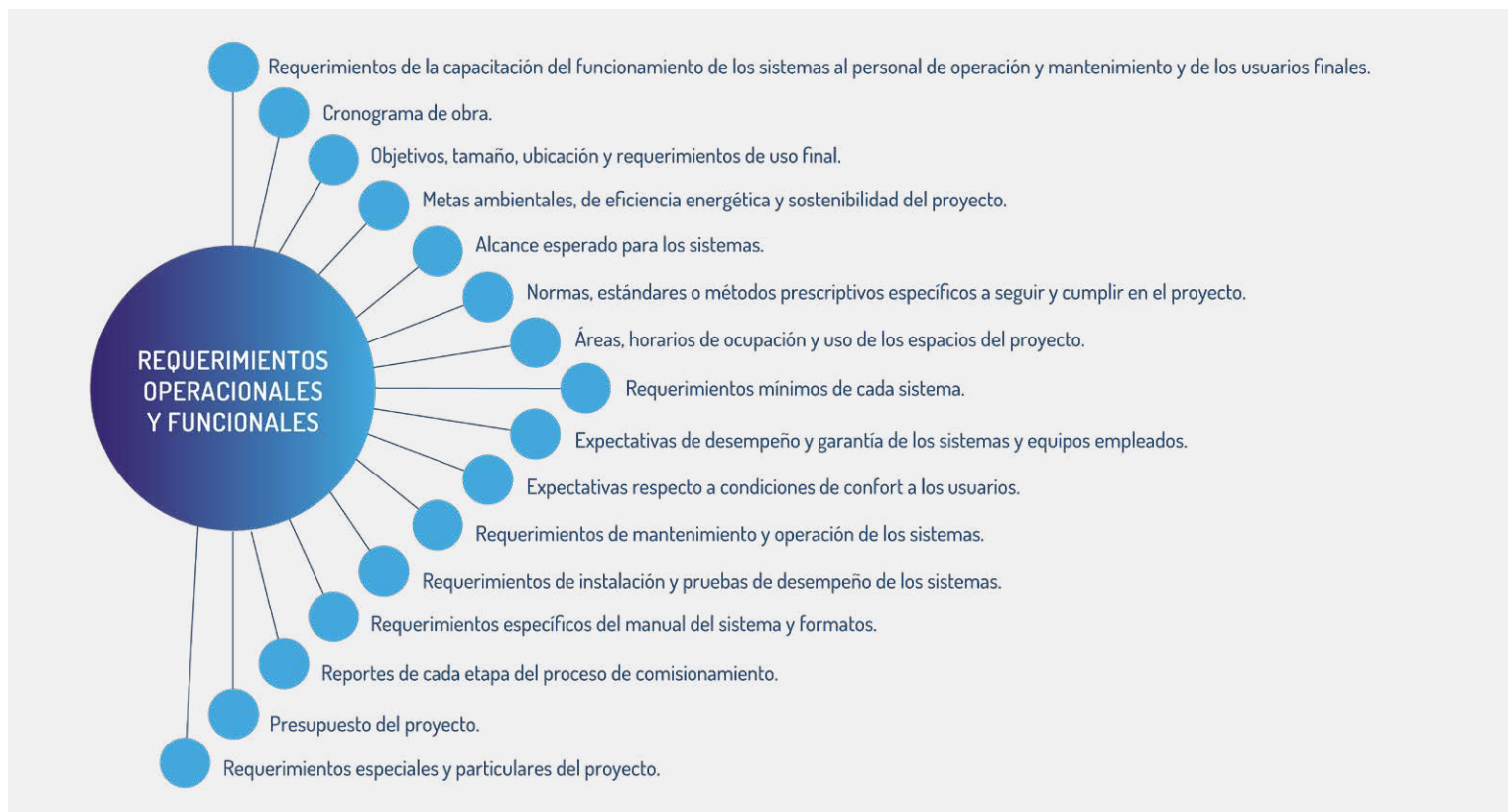


Ilustración 11. Contenido del documento de requerimientos Operacionales y Funcionales del proyecto.
Adaptado de: Guía de comisionamiento para ventilación natural, CCCS, 2020.

- en las pruebas de desempeño.
- Formato de registro de hallazgos y de reportes de progreso.
 - Descripción de los sistemas dentro del alcance y componentes que son parte del proceso de comisionamiento.
 - Lista de chequeo de los requerimientos operacionales y funcionales que sirva para hacer seguimiento del cumplimiento a lo largo del proceso.
- Especificaciones de comisionamiento. Es un documento en el que la autoridad de comisionamiento transmite a los contratistas y otro personal de obra, las responsabilidades y requerimientos de cada uno durante el proceso de construcción, entrega y posconstrucción. Estos deben ser parte integral de los términos de referencia y de los contratos del equipo de construcción. Como parte de este proceso se debe actualizar y adjuntar el plan de comisionamiento.
 - Entregables. A lo largo de la fase constructiva se deben revisar los entregables asociados al sistema completo en diferentes momentos, es decir antes de la compra, al llegar los elementos a la obra, durante la instalación, al finalizar la instalación y previo a la entrega del sistema. De acuerdo al diseño del sistema, se deben solicitar los entregables específicos, que pueden ser, pero no se reducen a:
 - Fichas técnicas
 - Planos de taller o línea roja
 - Manuales de instalación, operación y mantenimiento
 - Garantías de elementos
 - Secuencia de control
 - Planos record o *as-built*
 - Video de capacitaciones
 - Plan de mantenimiento
 - Listas de verificación. Son listas de chequeo elaboradas por la autoridad de comisionamiento, en las que se registran todos los parámetros que se deben verificar en obra con base en los diferentes entregables, y el estado del proyecto con respecto a estos requerimientos. Las listas de verificación se hacen para cada uno de los componentes de los sistemas con base en las especificaciones técnicas de diseño. Adicionalmente a las especificaciones técnicas ya mencionadas, se debe hacer una verificación de una adecuada instalación de los sistemas y la actualización de los planos de taller o de línea roja. Todas las no conformidades encontradas durante las visitas de obra deben ser documentadas en un documento de registro de hallazgos del proyecto. En este mismo se debe documentar el cierre o resolución de las no conformidades.
- Pruebas de desempeño operacional. Son las pruebas que se deben desarrollar previo a la ocupación del proyecto, en las que se verifica el funcionamiento del sistema de una manera integral. Una vez instalados todos los componentes, y en condiciones previas a la ocupación, se deben simular las condiciones más reales típicas para las cuales fueron diseñados estos sistemas, y así realizar las pruebas de desempeño con la medición de parámetros y equipos necesarios. Los protocolos de estas pruebas deben ser desarrollados por la autoridad de comisionamiento quien también debe supervisar de manera exhaustiva su ejecución por parte del contratista o responsable del sistema.
 - Capacitaciones. Con base en el manual del sistema, se sugiere crear una guía o presentación de capacitación sobre los sistemas instalados. Esta capacitación debe ser dictada por los contratistas de cada sistema dentro del alcance del comisionamiento.
 - Manual de los sistemas. Es un documento que compila tanto la información de diseño, como toda la información de construcción que sea útil en el proceso de operación. De igual forma, debe incluir todos los aspectos críticos para un correcto mantenimiento y proceso de operación del proyecto. Este debe ser compilado por la autoridad de comisionamiento a partir de los insumos de los diseñadores y de los contratistas. El manual debe contener toda la documentación del proceso de comisionamiento ejecutado a los sistemas, con la respectiva información de descripción, funcionamiento, operación, mantenimiento y capacitación.
 - Visita de posocupación. La visita de posocupación se hace una vez entregado y ocupado el proyecto. Esta debe ser ejecutada por la autoridad de comisionamiento. El objetivo es generar un reporte de revisión del adecuado funcionamiento de los sistemas instalados y comisionados. Esta visita de posocupación se debería realizar aproximadamente 10 meses después de iniciada la operación del proyecto.
- Plan de comisionamiento continuo. Consiste en desarrollar un plan de 2 años que incluya la actualización de los requerimientos operacionales y funcionales actualizados, la ejecución de pruebas de desempeño periódicas, capacitaciones a usuarios y nuevos miembros del equipo de operación y mantenimiento, actualización del manual de los sistemas, encuestas de satisfacción de los ocupantes, entre otras, con el fin de garantizar una adecuada operación del proyecto.



Mejores prácticas

- **Planeación:**
 - Revisar los Requerimientos operacionales y funcionales del proyecto. Durante la fase de planeación, cuando se está desarrollando el documento de requerimientos operacionales y funcionales, se debe aclarar cuáles son los requerimientos de aceptación y entrega del proyecto, incluyendo documentos, modelos, capacitaciones, pruebas y garantías.
- **Diseño:**
 - Participar en las revisiones de diseño para el análisis de constructibilidad del proyecto.
 - Integrar los requerimientos del constructor y de los contratistas como parte integral de los términos de referencia.
- **Contratación:**
 - Hacer cuadros comparativos técnicos que permitan entender los alcances que se están ofertando y garantizar que los equipos y elementos sí responden a lo solicitado.
- **Preconstrucción:**
 - Integrar las especificaciones de comisionamiento a los contratos de todos los contratistas y subcontratistas.
 - Integrar las actividades de comisionamiento y los diferentes entregables de contratista a la programación del proyecto para que no se manejen programaciones paralelas.
- **Construcción:**
 - Durante la reunión de arranque, verificar que el contratista tenga un entendimiento completo del proceso de comisionamiento de obra y que haya un acuerdo con las actividades integradas a la programación.
 - Al proporcionar los entregables de las fichas técnicas o manuales, y cuando existan varias referencias, resaltar el elemento que corresponde al proyecto.
 - Aprobar los entregables como fichas técnicas, descripción de los sistemas y planos de taller antes de que los equipos se compren o por lo menos antes de que lleguen a la obra.
 - Ir actualizando los planos de taller y el modelo (si aplica) con el avance de la obra, y tenerlos disponibles para revisión por parte de la autoridad de comisionamiento en visitas de obra. Así al final de la instalación se cuenta con el modelo record y los planos record.
 - Entregar los manuales de instalación y los de operación y mantenimiento del fabricante tan pronto los equipos lleguen a la obra.
- Tener una reunión de coordinación de sistemas de control con el operador antes de finalizar las secuencias de control del proyecto. Estos deben estar aprobados antes de hacer la programación del sistema.
- La dirección de obra debe designar un responsable que conozca el sistema para acompañar las visitas de obra periódicas por parte de la autoridad de comisionamiento. El responsable designado puede ser el residente de instalaciones y/o el contratista o subcontratista del sistema o elementos del sistema.
- Ejecutar las listas de verificación durante el proceso de obra en las visitas de observación de campo periódicas por parte de la autoridad de comisionamiento, para que las no conformidades puedan ser resueltas a tiempo.
- Finalizar todas las listas de verificación a conformidad antes de comenzar las pruebas de desempeño operacional.
- **Aceptación:**
 - Revisar los protocolos de pruebas de desempeño por parte de cada contratista y dar retroalimentación a la autoridad de comisionamiento sobre su ejecución.
 - Ejecutar preliminarmente todos los protocolos de pruebas de todos los elementos previo a la supervisión con la autoridad de comisionamiento, para que se puedan tomar las medidas correctivas en caso de ser necesario y para terminar de poner a punto el sistema.
 - Involucrar al contratista del sistema de control e integración en las pruebas de desempeño de todos los sistemas cuando están conectados al sistema de control.
 - Hacer capacitaciones diferidas, una con la entrega del sistema y seis meses después de que el proyecto ha entrado en operación para que el operador pueda tener más preguntas y un mejor entendimiento del sistema, previo al vencimiento de garantías.
 - Integrar el plan de mantenimiento para cada sistema, elaborado por parte de cada contratista, que incluye los manuales de mantenimiento y la programación desglosada de actividades de mantenimiento.

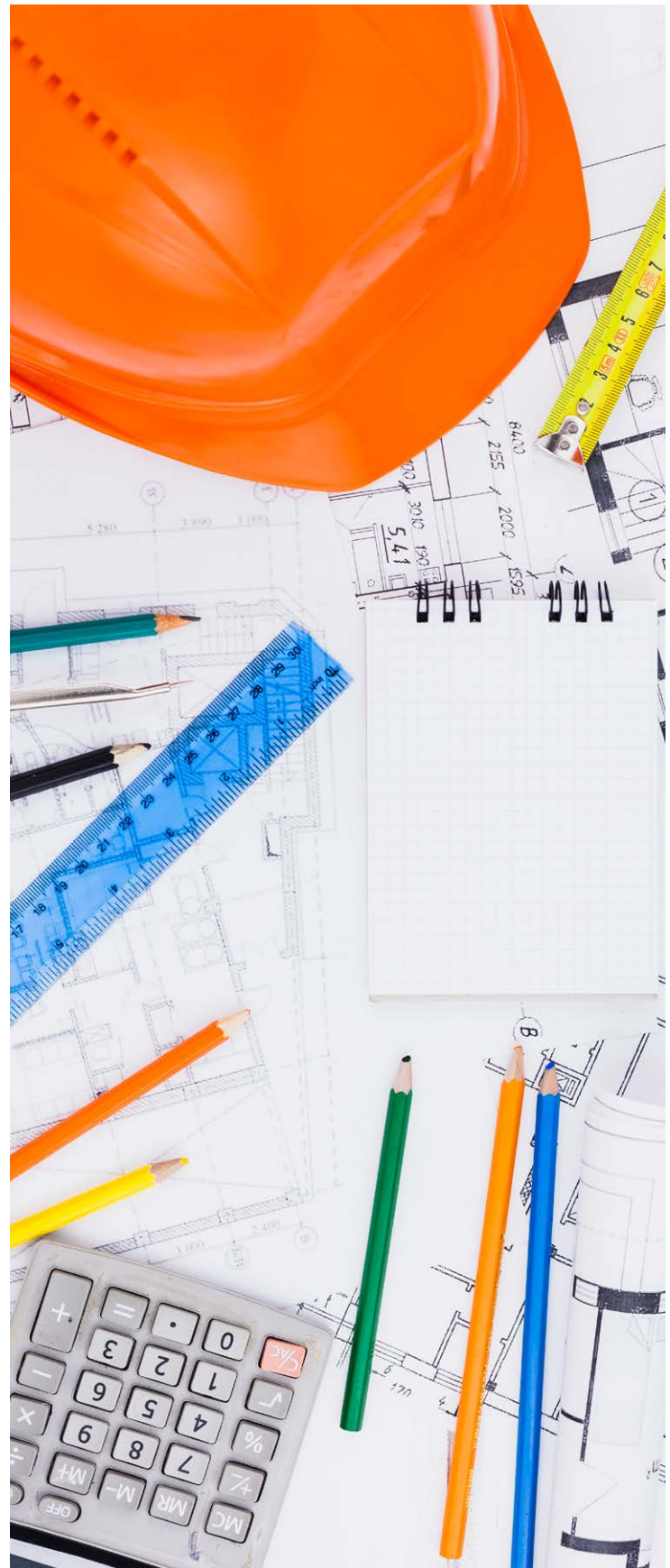


Lista de chequeo

A continuación se presenta una lista de chequeo de las actividades que se deben tener en cuenta transversalmente en el proyecto para un proceso de comisionamiento.

Actividad	Ejecutado		
	Sí	No	N/A
En planeación, revisar los requerimientos operacionales y funcionales del proyecto.			
Durante la fase de diseño, hacer un análisis de constructibilidad del proyecto.			
Durante la fase de diseño, integrar los requerimientos del constructor y de los contratistas como parte integral de los términos de referencia.			
Durante el proceso de contratación, hacer cuadros comparativos técnicos.			
Durante la fase de preconstrucción, integrar las especificaciones de comisionamiento a los contratos de todos los contratistas y subcontratistas.			
Durante la fase de preconstrucción, integrar las actividades de comisionamiento y los diferentes entregables del contratista a la programación del proyecto.			
Al iniciar la fase de construcción, verificar que el contratista tenga un entendimiento completo del proceso de comisionamiento.			
Al proporcionar los entregables de las fichas técnicas o manuales, resaltar el elemento que corresponde al proyecto.			
Aprobar los entregables como fichas técnicas, descripción de los sistemas y planos de taller antes de que los equipos se compren o por lo menos antes de que lleguen a la obra.			
Ir actualizando os planos de taller y el modelo (si aplica) con el avance de la obra.			
Entregar los manuales de instalación y los de operación y mantenimiento del fabricante tan pronto los equipos lleguen a la obra.			
Tener una reunión de coordinación de sistemas de control con el operador, antes de finalizar las secuencias de control del proyecto.			
Designar un responsable que conozca el sistema para acompañar las visitas de la autoridad de comisionamiento.			
Ir ejecutando las listas de verificación durante el proceso de obra en las visitas de observación de campo periódicas por parte de la autoridad de comisionamiento.			
Finalizar todas las listas de verificación a conformidad antes de comenzar las pruebas de desempeño operacional.			
Revisar los protocolos de pruebas de desempeño por parte de cada contratista.			
Ejecutar preliminarmente todos los protocolos de pruebas de todos los elementos previo a la supervisión con la autoridad de comisionamiento.			
Involurar al contratista del sistema de control e integración en las pruebas de desempeño de todos los sistemas cuando están conectados al sistema de control.			
Hacer capacitaciones diferidas.			
Integrar el plan de mantenimiento para cada sistema.			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra



Consideraciones desde la planeación y diseño



Alcance y rol del constructor

Las etapas de planeación y diseño son en las que se definen las metas y requerimientos del proyecto, además del diseño de los sistemas que componen el edificio. Las decisiones que se tomen en estas etapas tendrán un impacto importante en la fase constructiva y operativa del proyecto.

Algunas decisiones en la planeación del proyecto que afectan la sostenibilidad en la fase constructiva:

- Definición de las metas del proyecto (presupuesto, sostenibilidad, cronograma)
- Si se va a optar por un sistema de certificación en construcción sostenible o programa voluntario de reconocimiento
- Definición de metodologías colaborativas o de verificación de calidad
- Evaluación de las condiciones previas del terreno donde se desarrollará el proyecto
- La definición del modelo de contratación del constructor y el momento que ingresa al proyecto
- Definición de condiciones de entrega del proyecto
- Definición de condiciones de operación del proyecto

Algunas decisiones de diseño del proyecto que afectan la sostenibilidad de la fase constructiva:

- Concepto estructural, peso de la estructura y definición del método constructivo
- Manejo de las aguas residuales y pluviales del proyecto
- Diseños y especificaciones técnicas, incluyendo criterios de sostenibilidad
- Especificaciones técnicas de elementos y equipos (prefabricados, modularidad o secciones que reduzcan residuos). Por ejemplo, la especificación de sistemas que se puedan ensamblar fácilmente y reciclar ya que los sistemas mecánicos, eléctricos e hidráulicos son normalmente reemplazados entre dos y tres veces durante la vida útil del edificio
- Especificación de refrigerantes, por ejemplo, especificar aquellos con bajo potencial de calentamiento global
- Entendimiento de los requerimientos del usuario final. Por ejemplo, tenerlos en cuenta, en la medida de lo posible, en las decisiones de acabados para asegurar que no se hagan modificaciones una vez se ocupe el espacio

Si el constructor hace parte del proyecto desde estas fases, es importante que sea parte activa del proceso desde un enfoque integrativo y colaborativo. Así podrá aportar las herramientas e información disponible para el proceso de toma de decisiones del proyecto, así como retroalimentar las revisiones de constructibilidad del proyecto.



Conocimientos previos

- Normativa aplicable a la obra (nacional o local)
- Regulaciones o guías nacionales e internacionales aplicables voluntariamente por el proyecto
- Sistemas de certificación o programas de reconocimiento voluntario
- Usos previos del predio donde será llevado a cabo el proyecto y sus alrededores
- Resultados de los procesos de socialización del proyecto con la comunidad
- Solicitud de permisos aplicables y exigencias requeridas por las autoridades competentes
- Aplicación de metodologías colaborativas y de validación de calidad



Mejores prácticas

Las mejores prácticas descritas aplican cuando el constructor se involucra desde una fase temprana del proyecto.

- Participar activamente en metodologías colaborativas y de validación de la calidad aplicado a:
 - Retroalimentación en las metas planteadas del proyecto.
 - Retroalimentación en la especificación de materiales.
 - Retroalimentación en la especificación del método constructivo.
- Identificar las metas que se han planteado en la fase de diseño para el desempeño del edificio y determinar los responsables dentro del equipo de construcción para alcanzarlas.
- Participar en la evaluación del sitio. Esto incluye visitas al sitio del proyecto y sus alrededores, así como entrevistas con la comunidad circundante, indagando aspectos como los que se presentan en la **Tabla 1**.

- La información obtenida de esta evaluación debe integrarse a los insumos para las decisiones de diseño, que además también puede extenderse a la identificación de medidas para reducir las emisiones de carbono. Las posibles oportunidades incluyen:
- Si hay sospecha de contaminación pre existente, solicitar una evaluación ambiental del sitio. Se debe considerar si es necesario contar con una evaluación ambiental del sitio mediante la investigación de posibles preexistencias de contaminación en el suelo o aguas subterráneas. En caso de sospechar de la preexistencia, es necesario llevar a cabo estudios que determinen qué tipo de contaminación existe y planear su remediación previo al inicio de la actividad constructiva. La remediación debe hacer parte del presupuesto del proyecto, así como del cronograma.

Tabla 1. Aspectos de la Evaluación del sitio y ejemplos.

Aspectos a evaluar	Ejemplos
Actividad humana	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a transporte público y ciclorrutas • Cercanía con establecimientos de servicios como alimentos, seguridad, comunitarios entre otros • Identificación de posibles proveedores locales o gestores de residuos aprovechables
Clima	<ul style="list-style-type: none"> • Rangos de temperatura • Exposición solar o sombras existentes • Vientos
Efectos en la salud	<ul style="list-style-type: none"> • Cercanía a fuentes contaminantes o industrias con emisiones • Proximidad con población vulnerable o usos especiales (centros de salud)
Clima	<ul style="list-style-type: none"> • Rangos de temperatura • Exposición solar o sombras existentes • Vientos
Especies vegetales y fauna	<ul style="list-style-type: none"> • Especies en peligro o áreas de protección • Inventario de especies • Presencia de especies invasoras • Ruta de especies migratorias
Hidrología	<ul style="list-style-type: none"> • Cuerpos de agua existentes • Régimen de lluvias • Áreas impermeables que afectan el ciclo hidrológico
Especies vegetales y fauna	<ul style="list-style-type: none"> • Especies en peligro o áreas de protección • Inventario de especies • Presencia de especies invasoras • Ruta de especies migratorias
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de suelo, calificación y protecciones • Desarrollos previos • Re uso de estructuras o infraestructura existente
Topografía	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgos de deslizamientos • Características topográficas únicas

- A continuación se relacionan algunas preguntas orientadoras sobre la sospecha de preexistencia de contaminación en el predio:
 1. ¿Existe a nivel local o normativo alguna designación de zona con contaminación?
 2. ¿Se conocen los usos previos del predio y de sus alrededores? ¿Estos usos incluyen alguno de tipo industrial? Por ejemplo, una estación para suministro de combustible, fabricas y/o bodegas de químicos, rellenos sanitarios, empresas gestoras de residuos peligrosos, pozos abandonados, entre otros.
 3. ¿Existen quejas en el sector por olores o han existido quejas de la comunidad por la actividad previa al desarrollo del proyecto?
- Si alguna de estas respuestas es afirmativa, se debe considerar solicitar una evaluación ambiental del sitio. Esta deberá realizarse por un especialista, y si llega a ser necesario, se deberá involucrar a una empresa especializada en remediación.
- Solicitar o ejecutar un análisis del ciclo de vida de la edificación como parte del proceso de toma de decisión sobre los proveedores, donde se determinen los impactos ambientales de acuerdo a la selección de los materiales estructurales y la envolvente del proyecto. Este análisis se debe usar como herramienta para la selección de materiales. Dentro de los impactos ambientales a analizar se recomienda siempre incluir el potencial de calentamiento global (CO2 equivalente), y adicionalmente analizar, entre otros:
 - Agotamiento de la capa de ozono estratosférico (kg CFC-11)
 - Acidificación de la tierra y fuentes de agua (moles de H+ o en kg SO2)
 - Eutrofización (kg de nitrógeno o fosfato)
 - Formación de ozono troposférico (kg de NOx, O3 o etano)
 - Agotamiento de recursos de energía no renovable (MJ)
- Solicitar al diseñador hidrosanitario del proyecto el diseño de las medidas y estructuras para manejo del agua lluvia y residual durante la actividad constructiva. Este diseño debe hacer parte del plan de manejo ambiental: control de erosión, sedimentación y vertidos del proyecto. Para una guía detallada sobre la elaboración del plan de control de erosión, sedimentación y vertidos, consulte el **Anexo 3**.
- Definir la integración con la comunidad.

- Comunicación con el vecindario. Más allá de la señalización y las vallas publicitarias que informan a la comunidad sobre el proyecto, se debería hacer partícipe a la vecindad escuchando sus preocupaciones y solicitudes en las etapas tempranas de planeación para prevenir problemas que se presenten por afectaciones durante la ejecución de obra. Se deberían establecer canales de comunicación de quejas y observaciones con el vecindario vía telefónica o virtual para tenerlos en consideración y poder llegar a acuerdos para mitigar impactos de la construcción que beneficien los intereses de la comunidad y de la empresa constructora (ver formato en **Anexo 8**). Así mismo, estas observaciones servirán de retroalimentación para evaluar las medidas de mitigación de impactos al exterior que se adoptan en la obra y establecer un proceso de mejora continua para la empresa.
- Aunque es deber del constructor velar para que se eviten, reduzcan y mitiguen los impactos desde la fuente y el medio, es inevitable que se generen ciertas emisiones al exterior que puedan afectar la comodidad y salud de la vecindad, por lo que se recomienda realizar visitas a los vecinos para informar sobre actividades constructivas que sean intensivas en la emisión de ruido, gases y/o material particulado con un tiempo de antelación no menor a 48 horas para que estos puedan tomar medidas de protección ante las posibles afectaciones. Algunas recomendaciones que les puede dar el constructor para aplicar durante la ejecución de estas actividades son: cerrar las ventanas que estén ubicadas frente a la obra, guardar ropa que se encuentre a la intemperie en caso de tener patio, reprogramar actividades que se hagan por el lugar al aire libre, y si es posible, que usen protección personal especialmente si hay poblaciones de riesgo (adultos mayores, enfermos o niños).
- Actas de vecindad. Antes de comenzar cualquier intervención, es importante realizar una inspección de los predios, edificios y bienes colindantes que puedan ser susceptibles a ser afectados, para así determinar las medidas de precaución que debe adoptar el proyecto. De igual manera, se debe tomar registro fotográfico de la condición inicial de los predios y bienes colindantes para evitar acusaciones posteriores al proyecto por daños y perjuicios.

- Definir estrategias hacia la descarbonización. En esta fase, las posibles oportunidades incluyen:
 - Identificar proyectos exitosos que hayan logrado la carbono neutralidad y utilizarlos como referente.
 - Establecer, en la medida de lo posible, un acercamiento temprano con los diseñadores del proyecto para tomar decisiones que permitan optimizar el uso de materiales y priorizar sistemas constructivos prefabricados y de ensamblaje.
 - Trabajar de manera colaborativa con el equipo de diseño para reducir, en la medida de lo posible, el peso de la estructura para una construcción ligera.
 - Establecer una intención clara para los objetivos de carbono cero: metas de emisiones, eficiencia energética y generación de residuos durante la construcción. Definir los alcances, la documentación necesaria y los responsables.
 - Establecer los requerimientos para que el modelo BIM integre los pasaportes de los materiales y para que, una vez entregado el proyecto, funcione como un depósito de información para que los edificios sean “bancos de materiales”.



Lista de chequeo

A continuación se presenta una lista de chequeo de las actividades que se deben completar en las fases de planeación y diseño relacionados al rol del constructor.

Actividad	Ejecutado		
	Sí	No	N/A
Identificar la normativa aplicable a la obra (nacional o local).			
Identificar las regulaciones o guías nacionales e internacionales aplicables voluntariamente por el proyecto.			
Identificar los sistemas de certificación o de reconocimiento voluntario aplicables.			
Identificar los usos previos del predio donde será llevado a cabo el proyecto y sus alrededores.			
Solicitar permisos aplicables y exigencias requeridas por las autoridades competentes.			
Participar activamente en metodologías colaborativas y de validación de la calidad.			
Identificar las metas que se han planteado en fase de diseño para el desempeño del edificio y determinar los responsables dentro del equipo de construcción para alcanzarlas.			
Participar en la evaluación del sitio.			
Solicitar una evaluación ambiental del sitio (opcional si hay sospecha de contaminación pre existente).			
Solicitar o ejecutar un análisis del ciclo de vida de la edificación.			
Solicitar al diseñador hidrosanitario del proyecto, el diseño de las medidas y estructuras para manejo del agua lluvia y residual durante la actividad constructiva.			
Definir la integración con la comunidad.			
Definir las estrategias hacia la descarbonización.			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra

Etapa de Pre Construcción



Alcance de la etapa y el rol del constructor

Esta etapa incluye la planeación, gerencia y estructuración de la obra, así como la contratación y selección de materiales.

El constructor del proyecto es quien lidera las actividades de esta fase junto con la gerencia, control del cronograma y presupuesto del proyecto. Sus responsabilidades incluyen, pero no se limitan a:

- Definir al equipo que va a liderar las actividades de manejo ambiental del proyecto.
- Revisar y actualizar la programación general de la obra y presupuesto de obra.
- Construir el flujo de caja.
- Planear la administración en la obra (planeación, organización, dirección y control de los recursos).
- Tener un listado de proveedores y contratistas.
- Revisar la secuencia de construcción y procesos.
- Programar la compra e importación de materiales.
- Revisar los criterios de aceptación para los sistemas.
- Revisar y coordinar los documentos de construcción.
- Coordinar los permisos de construcción.
- Definir las posibles precauciones para la construcción.
- Definir los procedimientos y metodologías de control y aseguramiento de calidad.

Con relación a la sostenibilidad de la obra, en esta etapa se desarrollan los planes de manejo, se define la logística de obra que define los aspectos relacionados con el almacén, los puntos verdes, la separación de residuos y los gestores de residuos, entre otros.



Conocimientos previos

- Identificación de la normativa aplicable a la obra (nacional o local).
- Identificación de regulaciones o guías nacionales e internacionales aplicables voluntariamente por el proyecto.
- Sistemas de certificación o programas de reconocimiento voluntario.
- Identificación de usos previos del predio donde será llevado a cabo el proyecto y sus alrededores.
- Solicitud de permisos aplicables y exigencias requeridas por las autoridades competentes.
- Aplicación de metodologías colaborativas y de validación de calidad.

- Evaluación del sitio.
- Evaluación ambiental del sitio (opcional).
- Análisis del ciclo de vida de la edificación.
- Diseño de las medidas y estructuras para manejo del agua lluvia y residual durante la actividad constructiva.
- Permisos y puntos de conexión provisionales de obra (energía y agua).



Mejores prácticas

Las mejores prácticas descritas a continuación están asociadas al impacto que tendrán en la sostenibilidad de la obra.

- **Definir roles y responsabilidades del equipo de sostenibilidad.** Se recomienda que sean diferentes a los equipos que se dediquen a velar por la seguridad en el trabajo. Se recomienda crear un equipo dedicado a los aspectos de sostenibilidad que incluya a los siguientes actores:



Director de obra. Tiene responsabilidades directas en la planificación, ejecución y cumplimiento de las metas del proyecto, además de ser la línea de comunicación entre el propietario del proyecto y la obra. Es importante que desde la dirección se adquiera un compromiso con los aspectos ambientales y sostenibles del proyecto, para que haya un respaldo al equipo de sostenibilidad del proyecto.



Residente de instalaciones. Es el responsable del desempeño de los sistemas que componen la edificación. Será responsable de la supervisión de los procesos con los contratistas y con la autoridad de comisionamiento (si aplica).



Líder de sostenibilidad. Debe contar con una amplia experiencia en el manejo ambiental de proyectos de construcción de edificaciones. Además, debe contar con habilidades de comunicación, liderazgo y tener línea de comunicación directa con la dirección de obra. Es importante que el líder participe en los comités de obra para que comparta los avances en sostenibilidad del proyecto, verifique el cumplimiento de las metas planteadas desde la planeación y la manera de optimizar los procedimientos, lo que debe coordinarse en estas reuniones con los otros actores dedicados a la construcción. Además, debe coordinar a la cuadrilla de sostenibilidad, liderar las capacitaciones de

sostenibilidad, llevar la documentación ambiental del proyecto y control del estado y monitoreo de todas las medidas de sostenibilidad implementadas a lo largo de la obra.



Cuadrilla o brigada de sostenibilidad. Encargada de desarrollar las acciones de sostenibilidad definidas en la planeación concernientes a la protección del suelo, agua, calidad de aire y biodiversidad. Así mismo, debe llevar un control secundario de vigilancia sobre las actividades constructivas para que estas se ejecuten preservando todas las medidas de protección al medio ambiente, a los trabajadores y al exterior de la obra.

- **Identificar la matriz de aspectos e impactos del proyecto.** Cada proyecto es único en su emplazamiento, método constructivo, contratistas, proveedores, materiales, etc. Por lo tanto, debe contar con una matriz de aspectos e impactos específica para sus características y para cada etapa del proceso constructivo. Como buena práctica se recomienda que esta matriz esté desglosada en cada etapa de la construcción y adaptada a los aspectos que tendrá la obra. En el Anexo 2 se encuentra un formato ejemplo para la elaboración de la Matriz de aspectos e impactos ambientales del proyecto.
- **Elaborar el Plan de Manejo Ambiental (PMA):** Los planes de manejo dan respuesta a la matriz de aspectos e impactos identificada, donde el objetivo es prevenir, mitigar y monitorear los impactos ambientales, así como documentar las medidas diseñadas e instaladas y su control a lo largo del proceso constructivo. El plan de manejo debe estar disponible en la obra para consulta, así como el control y monitoreo del cumplimiento de las medidas. Los planes de manejo deben incluir medidas para:
 - **Control de erosión, sedimentación y vertidos.** Esta sección se compone del diseño de las medidas y estructuras para manejo del agua lluvia y residual durante la actividad constructiva. Asimismo, debe contemplar el aprovechamiento del agua lluvia en la obra. Para una guía detallada sobre la elaboración del plan de Control de erosión, sedimentación y vertidos, consulte el **Anexo 3**.
 - **Gestión de residuos de construcción y demolición (RCDs).** Describir el plan de manejo de residuos sólidos de construcción y demolición que contemple como mínimo prevención y reducción, recolección y transporte, almacenamiento, aprovechamiento y disposición final de estos residuos. Para una guía detallada sobre la elaboración del plan de Gestión de RCDs, consulte el **Anexo 4**.
- **Manejo del tránsito.** Dictaminar las medidas de prevención y mitigación de impactos a las condiciones normales de movilización de peatones, vehículos, ciclistas y comunidad causados por la ejecución de todo proyecto que use espacio público. Para una guía detallada sobre la elaboración del plan de Manejo del tránsito, consulte el **Anexo 5**.
- **Control de la contaminación atmosférica.** Esta sección se compone del diseño de las medidas y estrategias para minimizar la generación de contaminación en el aire que genera la obra y afecta el entorno. Para una guía detallada sobre la elaboración del plan de Control de contaminación atmosférica, consulte el **Anexo 6**.
- **Calidad del aire al interior.** Esta sección se compone de las estrategias para mitigar los contaminantes generados por las actividades que pueden afectar la calidad en el aire interior durante los procesos constructivos del proyecto limitando así los efectos negativos a los trabajadores y a la comunidad. Para una guía detallada sobre la elaboración del plan de Calidad del aire interior, consulte el **Anexo 7**.
- **Control del ruido.** Esta sección se compone de las estrategias y acciones que permitan la reducción o atenuación de los ruidos generados en la etapa de construcción, esto con el fin de proteger la calidad de vida de la comunidad y los trabajadores. Para más detalle consulte el **Anexo 9**.
- **Gestión de flora y fauna.** Esta sección se compone de las estrategias que se deben establecer en la obra para promover el manejo y uso sostenible del recurso flora, y reducir el impacto negativo que se le puede ocasionar a la fauna silvestre durante los procesos constructivos. Para más detalle consulte el **Anexo 10**.
- **Señalización.** Esta sección se compone de la implementación de las medidas adecuadas para garantizar la correcta demarcación e información de las actividades a desarrollar durante la construcción, con el fin de brindar seguridad a los trabajadores y a la comunidad evitando el riesgo de accidentes viales y alteraciones. Para más detalle consulte el **Anexo 11**.
- **Educación en obra.** En las charlas pre operativas de seguridad y salud en el trabajo se deben incluir charlas y entrenamientos integrativos que ayuden a educar y concientizar a los trabajadores sobre los planes de manejo, el uso racional de materiales, agua y energía, el buen uso

de los espacios de aseo y comedor, así como el manejo de residuos, separación en la fuente, uso de los acopios y limpieza posoperativa de la obra. Para más detalle consulte el **Anexo 12**.

- **Seleccionar materiales basado en atributos de sostenibilidad.** Una buena selección de materiales que considere los impactos negativos que estos pueden tener durante su ciclo de vida, ayuda no solamente a que el producto inmobiliario final sea sostenible, sino también a reducir los impactos en la obra de construcción. Los materiales sostenibles no solo impactan menos al ambiente en el largo plazo, sino que también tienen un bajo impacto en la salud humana, que en el caso de la obra se traduce en menos afectaciones en temas de calidad del aire a los trabajadores y los vecinos. Algunos atributos de sostenibilidad de materiales se describen a continuación:
 - Se producen con tecnología de bajo consumo energético y/o con el uso de algún tipo de energía renovable.
 - Tienen una larga vida útil de servicio, por lo que evitan numerosos ciclos de producción del mismo producto, y reducen el consumo de energía, agua y otros recursos e insumos.
 - Se fabrican de materias primas simples. La elaboración de productos terminados puede requerir de mezclas complejas de materiales sintéticos que se utilizan como materias primas, los cuales pueden ser dañinos por sí solos y presentan un riesgo para la salud humana y el ambiente debido a su composición, exposición y degradación. Estos se extienden no solo al personal que lo manipula sino a la población y ambiente en general y por ello se debe evitar su uso.
 - Materiales que presenten un menor riesgo de contaminación durante el proceso de manufactura.
 - Presentan un riesgo a la salud relativamente bajo en su uso. Algunos productos pueden ser inflamables y al ser consumidos por las llamas emiten nubes tóxicas y/o gases corrosivos que se deben evitar.
 - Presentan un riesgo de accidente o contaminación relativamente bajo cuando se almacena o cuando se transporta. El transporte o el almacenamiento de algunas materias primas o productos terminados (tales como líquidos

corrosivos, llantas viejas o pilas de plomo y otros metales pesados de uso actual) pueden presentar riesgos tanto para el medio ambiente como para la población en general. Estos se deben reducir.

- Constituyen un riesgo de contaminación relativamente bajo en los rellenos sanitarios. Algunos productos presentan un alto grado de peligro para el medio ambiente (la contaminación del suelo y/o la del agua, principalmente), si no se desechan en un recipiente auto-contenido y específicamente diseñado para rellenos sanitarios donde reciben la adecuada supervisión.
- En caso de comprar madera para uso dentro de la obra, deberá asegurar que el producto sea legal. Verificar que el proveedor de la madera cuente con los documentos avalados por la autoridad ambiental a través de los cuales se verifica la legalidad de la misma.

Adicionalmente a los atributos de sostenibilidad propios de los materiales, se puede incluir como criterio:

- Optar por materiales que minimicen al máximo el porcentaje de carbono embebido en su ciclo de vida. Explorar alternativas de materiales naturales y renovables.
- Realizar un reconocimiento de los potenciales de reutilización y reciclaje de estructuras previas (en caso de que existan) en el sitio o en lugares cercanos.
- Realizar una revisión de eficiencia de los materiales para determinar si todos los materiales propuestos son necesarios y si se pueden realizar optimizaciones mediante la modulación de elementos.
- Revisar alternativas como:
 - **Materiales Prefabricados.** Estos materiales pueden usarse tanto en sistemas estructurales, como en acabados y se han popularizado en la industria constructiva principalmente por su facilidad de instalación y reducción de tiempos respecto a los materiales fabricados en la obra, . Adicionalmente, estos pueden asegurar una mayor calidad, dado que su construcción previa se hace en instalaciones industriales que pueden realizar un mejor seguimiento que el que se les podría hacer si se hiciesen en obra.
 - **Encofrado y cimbrado industrial.** El encofrado y cimbrado industrial son materiales prefabricados que

permiten realizar un montaje y desmontaje en etapas de fundición más eficiente y con menos pérdidas de material. Este se puede utilizar una gran cantidad de veces respecto al encofrado tradicional. A pesar de que requiere de una capacitación del personal de obra para aprender a montar y desmontar la armadura, puede traer grandes beneficios en la eficiencia de la obra y en el medio ambiente al evitar la producción de desperdicios de madera con aceite quemado o desmoldante, que se considera contaminados y se disponen al botadero.

- **Reciclados.** Se recomienda la selección de materiales de construcción con contenido reciclado. Esto ayudará a alcanzar la tasa de reutilización que muchas localidades requieren, además de aportar al cuidado del medio ambiente. Algunos de los materiales que ofrece el mercado del reciclaje en Colombia son:
 - El acero, que es 100% reciclable, así que puede hacer un gran aporte a la meta de tasa de reutilización definida.
 - El acero de demolición se puede reutilizar en elementos estructurales de edificaciones de grupo de uso I (Ocupación normal) si cumple con lo estipulado en las normas NTC 2289 y NSR-10 o de lo contrario pueden hacer parte de refuerzos en elementos no estructurales, como se pudo corroborar en el trabajo de grado de Lozano D. (2015).
 - Ladrillos no estructurales con: 1) contenido reciclado cerámico en peso de 5 y 10% según estudio realizado en tres ladrilleras de Valle del Cauca (Lozano & Gonzales, 2016), y 2) contenido reciclado de plástico PET del 25% según (Di Marco & León, 2017)
 - Concreto formado de agregados con: 1) contenido de concreto reciclado entre 5 y 10%, y 2) contenido de mezcla de concreto y cerámicos reciclados entre 5 y 10%.
 - Cerámica molida como adición de material cementante en concreto puede tener valores óptimos entre 5 y 10%.
- Los materiales pétreos procesados sirven como agregados en la fábrica de prefabricados en concreto tales como bloques y ladrillos (NTC 4026), adoquines (NTC 2017), urbanismo (NTC 4109) y losetas para pavimentos de carga liviana. Así mismo, estos elementos prefabricados deben cumplir con estándares de calidad y durabilidad establecidos en la norma NTC 4024 (Sanchez, s.f.).

Para más detalle sobre materiales reciclados, consulte la la Tabla 2 del **Anexo 4**.

- **Seleccionar proveedores con políticas y prácticas de sostenibilidad.** Para la selección de proveedores se sugiere evaluar qué tanto se puede influir en que los proveedores mejoren sus prácticas asociadas a la entrega de los materiales y a la gestión de los residuos. Se sugiere buscar proveedores responsables que cuenten con prácticas internas de trabajo asociadas a los atributos de sostenibilidad, como pueden ser:
 - Sistema de gestión ambiental ISO 14001
 - Sistema de gestión de responsabilidad social ISO 26000
 - Signatarios de iniciativas o acuerdos internacionales de sostenibilidad
 - Programa de responsabilidad extendida del productor y/o de envases y empaques
 - Análisis de ciclo de vida o declaraciones ambientales de sus productos
 - Reportes de sostenibilidad alineados al *Global Reporting Initiative*, Pacto Mundial, OCDE, entre otros
 - Programa de Salud y Bienestar
 - Evaluación del Impacto a la Salud Humana
 - Transparencia en la comunicación de atributos de sostenibilidad
- **Integrar los mecanismos de seguimiento y monitoreo de los procesos con las metas de sostenibilidad.** Por ejemplo, cómo se cuantifica y se mide el desempeño con respecto a los materiales sostenibles, al manejo de residuos y demás metas de sostenibilidad.
- **Elaborar un plan de implantación de la obra.** Consiste en definir la configuración de la ubicación de los espacios de la obra, de manera que permitan realizar las actividades constructivas de la manera más eficiente y segura. Esta implantación puede cambiar a medida que el proyecto avanza conforme a las necesidades de cada fase, por lo que en cada subetapa encontrará sus respectivas recomendaciones de implantación.
- **Liderar la reunión o taller de arranque del proceso.** Es importante presentar a los actores y responsables de la obra cuáles son los planes de manejo que existen y sus responsabilidades antes del inicio de sus actividades. En el taller es importante resaltar cuales son las metas de sostenibilidad y descarbonización del proyecto, los protocolos de comunicaciones. Así mismo, se debe presentar al equipo de sostenibilidad, y las estructuras y cuidados que deben tener en cuenta para sus actividades.

- Elegir maquinaria de bajas emisiones, que cumpla como mínimo con estándares Tier 4 Interim⁵ o Stage IIIB⁶. Gradualmente reemplazar la maquinaria que utilice combustible Diesel y optar por alternativas que funcionen con energías renovables.
- Establecer incentivos contractuales con contratistas por alcanzar y mejorar los objetivos de desempeño, de disminución de emisiones y de residuos en obra.

 **Lista de chequeo**

A continuación se presenta una lista de chequeo de las actividades que se deben completar en las etapa de pre construcción.

Actividad	Ejecutado		
	Si	No	N/A
Definir roles y responsabilidades del equipo de sostenibilidad.			
Solicitar permisos aplicables y exigencias requeridas por las autoridades competentes.			
Identificar la matriz de aspectos e impactos del proyecto.			
Elaborar el plan de manejo: Control de erosión, sedimentación y vertidos.			
Elaborar el plan de manejo: Gestión de residuos de construcción y demolición.			
Elaborar el plan de manejo: Manejo del tráfico.			
Elaborar el plan de manejo: Control contaminación atmosférica.			
Elaborar el plan de manejo: Calidad del aire al interior.			
Elaborar el plan de manejo: Control del ruido.			
Elaborar el plan de manejo: Gestión de flora y fauna.			
Elaborar el plan de manejo: Señalización.			
Elaborar el plan de manejo: Educación en obra.			
Seleccionar materiales a partir de sus atributos de sostenibilidad.			
Seleccionar proveedores con políticas y prácticas de sostenibilidad.			
Integrar los mecanismos de seguimiento y monitoreo de los procesos con las metas de sostenibilidad.			
Elaborar el plan de implantación de la obra.			
Liderar la reunión o taller de arranque del proceso.			
Elegir maquinaria de bajas emisiones.			
Establecer incentivos contractuales con los contratistas asociados a las metas de sostenibilidad.			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra



⁵ De la EPA de los EE.UU.

⁶ De la Unión Europea.



Etapa de Construcción

La etapa de construcción se desglosa en las siguientes subetapas, cada una con actividades y responsables específicos, y por lo tanto con aspectos e impactos específicos, que se considerarán de manera independiente:

- Obras preliminares
- Demolición
- Descapote y movimiento de tierras
- Cimentación
- Estructura
- Sistemas y redes
- Acabados
- Urbanismo
- Aceptación y entrega

Hay proyectos en los cuales se usarán todas las subetapas y otros no, dependiendo de la naturaleza del proyecto.



Obras preliminares



Alcance de la etapa y el rol del constructor

En esta subetapa se lleva a cabo el conjunto de trabajos para preparar y adecuar el predio donde se desarrollará el proyecto. Estos trabajos deben ejecutarse antes del inicio de obra para proteger el terreno y las construcciones colindantes, y facilitar y permitir el inicio de los trabajos de construcción.

El constructor define los proveedores para las obras preliminares, y sus características.

Se incluye la instalación de estructuras como las que se muestran a continuación:

- **Cerramientos perimetrales.** Cercado o delimitación del terreno para impedir el acceso a personas ajenas a la obra. Puede cumplir también la función de evitar la salida de vertidos incontrolados del proyecto de acuerdo al PMA.
- **Bodegas o cuartos de almacenamiento.** Su principal función es el almacenamiento de material y herramientas de obra, y en espacios independientes el almacenamiento de materiales peligrosos.
- **Campamento.** Construcción realizada con el fin de establecer un área donde se lleva a cabo la administración menor y control de los movimientos en obra. También cuenta con la documentación de la obra.
- **Servicios.** Realización de los trabajos requeridos para ofrecer servicios eléctricos, hidráulicos y sanitarios (baños o aseos) necesarios para el personal y el desarrollo de la obra. Puede incluir también el casino o zona de preparación y/o consumo de alimentos.
- **Señalética.** Elaboración, ubicación e instalación de letreros y señalizaciones adecuadas para la prevención de accidentes, recomendaciones, reglas de trabajo, equipo necesario, prohibiciones, rutas y todo lo necesario para la correcta y segura ejecución de la obra.
- **Salidas vehiculares.** Definidas en el PMT.
- Demás estructuras definidas en el PMA.



Conocimientos previos

- Evaluación del sitio
- Reunión o taller de arranque del proceso
- PMA con las siguientes secciones como mínimo:
- Control de erosión, sedimentación y vertidos

- Gestión de residuos de construcción y demolición
- Manejo del tránsito
- Control contaminación atmosférica
- Calidad del aire al interior
- Control del ruido
- Gestión de flora y fauna
- Señalización
- Educación en obra
- Plan de implantación de la obra



Mejores prácticas

- Revisar la evaluación del sitio y complementar con visitas de campo.
- Revisar e integrar el plan de implantación de la obra con las estructuras del PMA. Esto le servirá al coordinador o director del proyecto como insumo para ubicar las estructuras provisionales y las vías de conexión internas que mejor se ajusten a los requerimientos de la obra, conservando las medidas de prevención y mitigación de riesgos. La implantación la debe revisar el Líder de sostenibilidad a cargo para que pueda actualizar las acciones de protección a las especies de conservación y al entorno con la configuración de instalaciones planteadas en el mapa y justificarlas en el PMA. Así mismo, el encargado de gestionar el PMT usará la implantación propuesta para plantear las medidas de control de tránsito del plan junto con el coordinador de obra. El encargado del PGRCD gestionará las rutas de transporte de residuos dentro de la obra y la forma en que ingresarán y saldrán los vehículos de los gestores de residuos a la obra. La propuesta de implantación revisada debe ir acompañada de un plano y se debe presentar al director de obra y demás involucrados para su aprobación y conocimiento.
- Instalar las estructuras y medidas provisionales de obra de acuerdo al plan de implantación actualizado y al cronograma de la obra. Algunas prácticas a tener en cuenta para cada tipo de elemento provisional son:
 - Construir estructuras que permitan la flexibilidad de los espacios.
 - **Suministro de energía.** Privilegiar el uso de energía renovable en la obra y considerar la generación en sitio. En una visión a mediano y largo plazo, generar y almacenar energía en los sitios de construcción.
 - **Acceso a la obra.** Para evitar accidentes, los accesos de

vehículos pesados y de personal de obra deben ser diferentes. En caso de que la entrada colinde con una vía local y que el espacio interno no sea suficiente para el cargue y descargue de material, en el PMT se deben estipular las acciones necesarias a implementar en las vías cuando se parqueen los vehículos, de manera que se impacte en la menor medida posible el flujo y la seguridad de peatones, bici usuarios y vehículos.

- **Casino.** Es importante que los casinos o comedores estén cubiertos para evitar la contaminación del aire directo de la obra en la comida. Este debe ser un espacio ventilado (Ver Anexo 7). Estas instalaciones deben estar a una distancia de mínimo 5 metros de los sanitarios y estos se deben disponer de manera que sus aberturas de ventilación no den directamente a los casinos.
- **Zona de baños.** Para decidir si los baños deben ser portátiles o fijos se debería tener en cuenta el tiempo de construcción de la obra. Para una construcción de larga duración (mayor a 1 año) podría ser mejor económica y técnicamente la instalación de baños fijos, mientras que si la obra es de corta duración la mejor decisión puede ser el alquiler de baños portátiles. Esta zona debe estar lo suficientemente alejada del casino y la sala de ventas para que ni el olor ni el aire viciado alcance o afecte esos otros espacios. En caso de que las condiciones no permitan un espaciamiento suficiente, se puede optar por tener un sistema de extracción de aire viciado hacia una dirección opuesta a los espacios susceptibles a afectación por olores.
- **Zona de planta de concreto (si se requiere).** En caso de tener una obra que tenga un alto consumo de concreto (mayor a 800 m³ por mes) y de duración mayor a un año, se podría considerar la instalación de una planta de concreto en obra. En este caso, se recomienda tener un espacio destinado de mínimo 300 m² y un acceso que permita la entrada constante del material de insumo (Argos, 2017).
- **Zona de campamento.** En la medida de lo posible el campamento de obra deberá ubicarse dentro del predio del proyecto. Sin embargo, cuando las restricciones de espacio interno no lo permitan y se determine realizarlo sobre el espacio público, se recomienda, siguiendo las instrucciones del IDU (2016), que se dejen espacios de 2.5 metros y hasta su techo de 5.7 metros entre el pavimento peatonal y el punto más bajo del campamento, o seguir las recomendaciones de la entidad local competente. Así mismo, se debe

dejar una pendiente de la cubierta a un agua en dirección de la obra y se recomienda revisar la norma que incluye otros lineamientos sobre las ventanas y la señalización que debería tener el campamento sobre el espacio público para que los transeúntes puedan visibilizar correctamente este espacio.

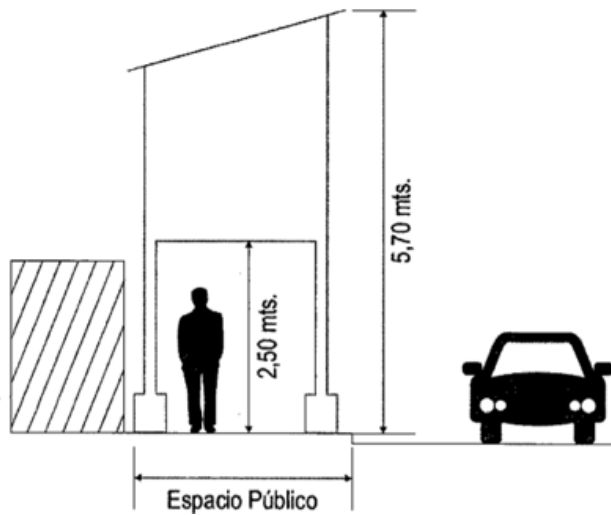


Ilustración 12. Campamento de obra sobre el espacio público.
Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, 2016)

- **Zona de Punto verde o Puntos limpios.** Se deben ubicar cerca a la entrada para facilitar el cargue y descargue de los camiones que recogen el material y que estos no obstaculicen las actividades de obra. Dependiendo del tamaño de la obra es posible que existan varios puntos, así como varias salidas vehiculares.
- **Zona de lavado de llantas y limpieza de equipos.** Esta zona debe quedar inmediatamente después del acceso a la obra para que todos los equipos que salgan puedan ser descontaminados del material que llevan en sus llantas. Para mas detalle ver el Anexo 3.
- **Vías internas.** Las rutas definidas para el tránsito de vehículos dentro del predio deben establecerse para que las volquetas puedan llevar el material al sitio designado para los acopios o almacén, y que la maquinaria pueda ingresar de la manera más cómoda a todos los sitios donde se vaya a intervenir. Así mismo, se deben delimitar los caminos peatonales para que el personal de obra pueda transitar sin exponerse a riesgos de accidentes con maquinaria o vehículos.
- El pavimento o afirmado de las vías internas del proyecto

debe diseñarse de acuerdo a las características del suelo que se tenga en el sitio. Por un lado, hay que tener en cuenta que los suelos granulares y compactados son ideales en términos mecánicos, sin embargo, pueden desgastar muy rápido las llantas de las volquetas y maquinaria, o si son arenosos y están saturados, pueden presentar fenómenos de licuefacción. Por otro lado, los suelos arcillosos y limosos pueden ser estables en estado seco o parcialmente saturado, pero son susceptibles a sufrir deformaciones cuando se encuentran saturados y dificultan el tránsito vehicular. Cada tipo de suelo tiene cuidados distintos, por lo que es importante que un geotecnista y/o un experto en pavimentos determine cuál es la mejor estrategia de estabilización del suelo para que resista la carga vehicular, se mantenga estable y sea costo/eficiente para que los vehículos puedan transitar con normalidad durante la construcción. Asimismo, esto determinará si es viable la reutilización de residuos pétreos de demolición o RCD sobrantes de otras obras para estabilizar y nivelar las vías internas. Es recomendable que estas decisiones sean tomadas desde la planeación una vez se cuente con los estudios de suelo del lugar.

- **Instalación de la señalización de obra y de los planes de manejo.** Esta debe ser clara e idealmente contener imágenes alusivas a lo que se está señalizando. Para más detalle ver Anexo 11.
- Para el almacenamiento de materiales peligrosos se recomienda destinar un cuarto para pinturas y adhesivos y otro cuarto para químicos peligrosos. Ambos con las medidas necesarias para evitar derrames y las indicadas en las fichas de seguridad de cada elemento.



Lista de chequeo

Actividad	Ejecutado		
	Sí	No	N/A
Revisar la evaluación del sitio y completar con visitas de campo.			
Revisar e integrar el plan de implantación de la obra con las estructuras del PMA.			
Instalar las estructuras y medidas provisionales de obra de acuerdo al plan de implantación actualizado.			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra



Demolición



Alcance de la etapa y el rol del constructor

Esta subetapa aplica solamente si el predio donde se va a desarrollar el proyecto cuenta con un desarrollo existente que se va a demoler. La demolición implica el desensamble y desmantelamiento de los distintos elementos que componen la estructura.

En la aplicación de criterios de sostenibilidad, los procesos de demolición o desmantelamiento de estructuras son fundamentales por la capacidad que ofrecen para reciclar materiales y para la reutilización de estructuras y componentes de edificaciones existentes. Este proceso debe realizarse por empresas capacitadas, velando por la optimización de los procesos y por la conservación ambiental.

El constructor debe contar con la identificación del alcance de la actividad de demolición para llevar a cabo la contratación de esta actividad. Dentro de las responsabilidades del contratista de la demolición están:

- Conocimiento del edificio o estructura a demoler. Para esto es importante determinar el estado de seguridad del mismo, el uso previo de éste, la composición del suelo y subsuelo, los cimientos y depósitos, el tipo y estado de la estructura, y los componentes de la estructura en sí.
- Conocimiento del entorno de la demolición. Estudiar la ubicación, entorno, instalaciones y redes urbanas, y las condiciones de acceso a la estructura que va a ser demolida.
- Conocimiento de las restricciones. Se deben conocer los horarios de trabajo permitidos y las exigencias ambientales para el manejo de ruidos, polvo, y RCD, así como los horarios para la extracción de los mismos.
- Selección del método de demolición. Una de las consideraciones más importantes al elegir los métodos de demolición es su impacto en el medio ambiente.



Conocimientos previos

- Evaluación del sitio
- Manejo con la comunidad
- PMA con mínimo las siguientes secciones:

- Gestión de residuos de construcción y demolición
 - Manejo del tránsito
 - Control de contaminación atmosférica
 - Calidad del aire al interior
 - Control del ruido
 - Señalización
- Plan de implantación de la obra
 - Reunión o taller de arranque



Mejores prácticas

- Inspeccionar el sitio del proyecto y las estructuras a demoler. Inspeccionar superficialmente el edificio a demoler con expertos para determinar el nivel de riesgo que tiene ingresar a la estructura, estudiar la técnica más apropiada de demolición, y realizar un inventario de los materiales que se convertirán en RCD.
- Si la estructura es inestable y se corre un alto riesgo por el ingreso, se pueden plantear alternativas como el uso de drones que de manera cuidadosa ingresen al lugar y capten la información necesaria para tomar el inventario de materiales y determinar el método óptimo para demoler.

- Elaborar el inventario de elementos. Se recomienda realizar un inventario en el que se consignen los materiales identificados, su estado y el tratamiento que requieren previo a la demolición. Asimismo, este servirá para calcular las cantidades de material y los materiales aprovechables o de reventa que se estipulan en el PGRCD.
- Separar los componentes y residuos peligrosos. El proceso debe iniciar por identificar, clasificar y cuantificar los elementos que contengan componentes peligrosos para el ambiente o la salud. Es decisión del constructor y del demolidor si estos componentes se van a remover para aprovechar los materiales que los contienen o si conviene, por seguridad y viabilidad técnica, dejarlos allí y disponerlos como residuos peligrosos de manera segura con el gestor ambiental autorizado. En la tabla 2 se muestran algunos de los componentes peligrosos más comunes en materiales de construcción, sus usos más frecuentes y algunas estrategias para descontaminar o preservar el valor de los elementos que los contienen.

Se recomienda desmontar los aparatos eléctricos, electrónicos, de iluminación, de refrigeración, de calefacción y de suministro de energía para no contaminar otros elementos con las sustancias peligrosas de estos elementos.

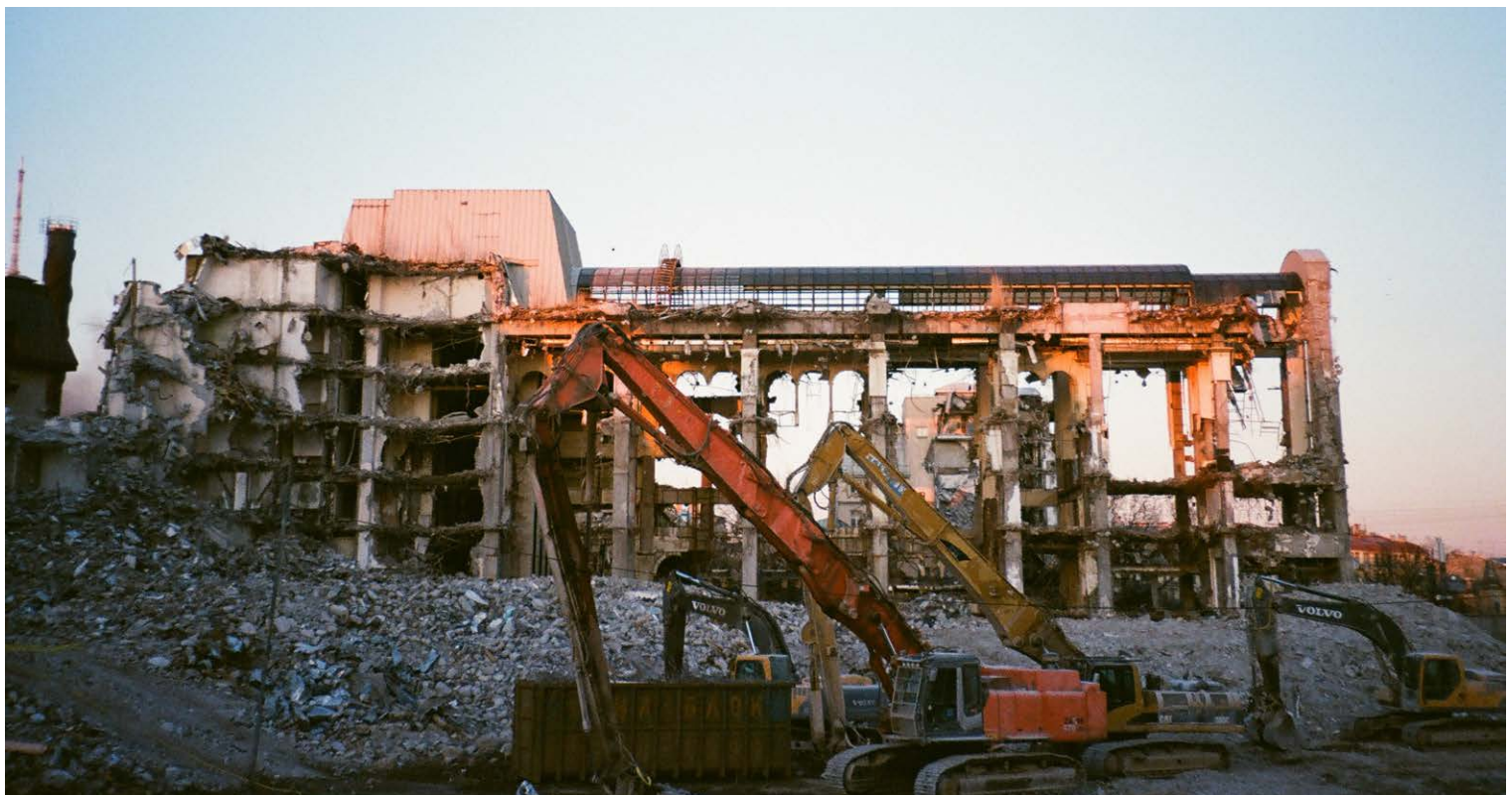


Tabla 2. Componentes peligrosos en materiales de construcción. Adaptada de: (Quaranta, Caligaris, Lopez, & Unsen, 2009)

Componente peligroso	Materiales donde se encuentra	Limpieza de material para su reutilización
Alquitrán	Tratamiento de Madera o Hierro, como pintura, hidrófugo o impermeabilizante	N/A
Arsénico	Maderas tratadas con ACC	Retirar cuidadosamente el material superficial contaminado y realizar un nuevo tratamiento a la madera.
Asbesto	Tejas, tanques, pisos, aislantes, tuberías, pinturas texturizadas o terminado de techo y paredes	N/A
Cadmio	Metal galvanizado, aleaciones, PVC, pintura, plásticos o baterías	N/A
CFC	Sistemas refrigerantes, aislantes térmicos	Para reutilizar aislantes térmicos se deben manipular con extremo. Cuidado de que emita polvillo o fibras microscópicas al ambiente, así como la manipulación con máscara y guantes.
Compuestos halogenados	Tubos, desagües, tejados o revestimientos	N/A
Creosota	Impermeabilizante y conservante de madera	Tratamiento con selladores y barnices o lacas
Equipamiento con BPC o BPB	Equipamiento, transformadores, condensadores, pintura, mortero, yeso o sellantes (especialmente en construcciones de 1950-1970)	N/A
Fibras minerales	Aislantes térmicos	Manipulación con extremo cuidado de que emita polvillo o fibras microscópicas al ambiente, así como la manipulación con máscara y guantes.
Fungicidas o pesticidas	Madera	Retirar cuidadosamente el material superficial contaminado y realizar un nuevo tratamiento a la madera.
Humos metálicos	Soldadura	N/A
Mercurio	Luminarias, componentes eléctricos	N/A
Plomo	PVC y en pintura de paredes ventanas o puertas (especialmente en edificios antiguos)	1) Aplicación de pintura sin plomo sobre el elemento con pintura de plomo, 2) Remoción de la pintura con tenedores y bolsas plásticas evitando su dispersión, contacto o aspiración.
Sellantes y adhesivos	Perfiles de aluminio, vidrios, pisos	Retirar cuidadosamente el material superficial contaminado.

- Ejecutar el desmantelamiento manual. Una vez se descontaminen los materiales y se separen los componentes peligrosos, se pueden desmantelar elementos como vidrio, puertas, madera, aparatos sanitarios y el mobiliario. Así como también materiales de revestimiento como drywall (yeso), techo falso o aislantes térmicos que pueden ser aprovechables y que además al ser removidos purifican los residuos inertes pétreos que se van a producir una vez se comience la demolición.
- Seleccionar el método de demolición. La demolición se puede realizar con diferentes técnicas, dependiendo del tipo de estructura, ubicación, materiales, tiempo, valoración estructural, etc:
- Participar en reunión o taller de arranque con el contratista de demolición. En este espacio se debe socializar el alcance, metas de sostenibilidad del proyecto para la demolición, protocolo de

Tabla 3. Técnicas de demolición. Adaptada de (Maya, 2014)

Técnicas de demolición	Concepto	Ventajas	Desventajas
Demolición manual	Uso de métodos progresivos y manuales (herramientas menores).	Alta precisión en el elemento que se demuele y bajo costo de mano de obra (en Colombia).	Altos tiempos de ejecución y demanda de gran cantidad de trabajadores.
Hidrodemolición	Uso de agua a presión para erosionar rápidamente el concreto y dejar al descubierto el acero de refuerzo para su posterior desmontaje.	Reducción en emisión de polvo y opción de demolición selectiva del acero y los elementos internos del concreto.	Requiere de alto consumo de agua y no es aplicable a la totalidad de la estructura.
Demolición mecánica	Se realiza con equipos mecánicos de impacto, tracción, fragmentación y empuje.	Se usan las mismas máquinas de construcción y los costos y rendimiento son favorables.	Alta generación de polvo.
Corte o perforación con diamante	Se usa una máquina de corte para realizar una demolición precisa,	Se usa tanto para demoliciones grandes como pequeñas, permite dar estabilidad a la estructura y es de alta precisión.	Generación de polvo para los trabajadores.

comunicación, responsables y controles. Asimismo, el demoleedor debe presentar su plan de demolición para retroalimentación del equipo.

- Gestionar los residuos de demolición. El detalle se encuentra en el PGRCD (ver el **Anexo 4**). Se debe realizar la debida separación de los materiales para evitar la contaminación y entender los flujos en los cuales serán nuevamente colocados. Para facilitar esto, se debe generar el “Pasaporte de edificio” que sirva como banco de materiales.
- Utilizar maquinaria de bajas emisiones y que cumpla como mínimo con estándares Tier 4 Interim o Stage IIIB. Gradualmente reemplazar la maquinaria que utilice combustible Diesel y optar por alternativas que funcionen con energías renovables.
- Llevar a cabo inspecciones de calidad, preferiblemente con un equipo de comisionamiento o auditoria experto.

 **Lista de chequeo**

Actividad	Ejecutado		
	SÍ	No	N/A
Inspeccionar el sitio del proyecto y las estructuras a demoler.			
Elaborar el inventario de elementos.			
Separar los componentes y residuos peligrosos.			
Ejecutar el desmantelamiento manual.			
Seleccionar el método de demolición.			
Participar en reunión o taller de arranque con el contratista de demolición.			
Gestionar los residuos de demolición.			
Utilizar maquinaria de bajas emisiones.			
Llevar a cabo inspecciones de calidad.			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra





Descapote y movimiento de tierras —



Alcance de la etapa y el rol del constructor

En esta subetapa se lleva a cabo la limpieza de la zona a intervenir, remoción de capa vegetal (si aplica), desmonte, terraplenados, excavación y nivelación. También se incluye el cargue, transporte y disposición del material removido.

Previo a iniciar cualquier actuación se deben efectuar los trabajos de replanteo, cuyo objetivo es trasladar fielmente al terreno las dimensiones y formas indicadas en los planos. Aquí se pueden incluir los accesos para maquinaria, camiones, rampas, etc. Por excavación se entiende el movimiento de tierras realizado a la intemperie y por medios manuales (utilizando pico y palas), o en forma mecánica con excavadoras, y cuyo fin consiste en alcanzar el plano de arranque de la edificación.

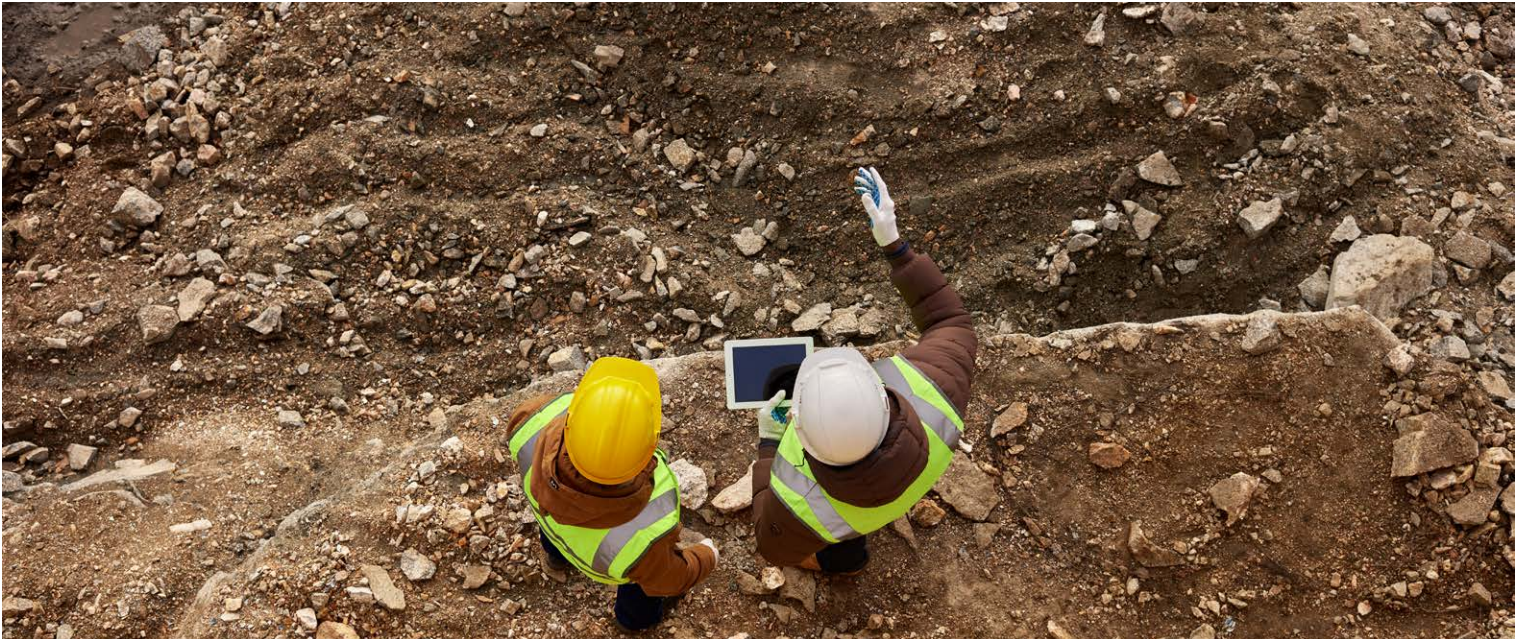
Dado que esta subetapa es en la que el suelo se encuentra más susceptible a erosionarse, el constructor debe haber avanzado en el proceso de contratación y selección del contratista asegurándose de que cumplirá con lo estipulado en la sección del plan de manejo ambiental: control de erosión, sedimentación y vertidos. Se deberán estabilizar las grandes áreas que se encuentren expuestas y los taludes para asegurar su estabilidad.

Esta subetapa puede ocurrir por fases, dependiendo del cronograma de la obra y su avance para evitar que todo el suelo se encuentre expuesto y sin actividad.



Conocimientos previos

- Evaluación del sitio
- Solicitud de permisos aplicables y exigencias requeridas por las autoridades competentes
- Manejo con la comunidad
- PMA con las siguientes secciones como mínimo:
 - Control de erosión, sedimentación y vertidos
 - Gestión de residuos de construcción y demolición
 - Manejo del tránsito
 - Control de contaminación atmosférica
 - Calidad del aire al interior



- Control del ruido
- Gestión de flora y fauna
- Señalización
- Educación en obra

- Ejecutar actividades de mantenimiento y seguimiento del PMA.
 - Control de erosión, sedimentación y vertidos. Para más detalle consulte el **Anexo 3**.
 - Gestión de RCD. Para más detalle consulte el Anexo 4.



Mejores prácticas

- Liderar la reunión o taller de arranque con contratistas. En este taller es importante dar a conocer los planes de manejo, las responsabilidades, el protocolo de comunicación y específicamente las medidas y estructuras para el control de la erosión, de la flora y fauna. También se pueden plantear las metas de sostenibilidad para el descapote que incluyan minimizar el movimiento de tierras e identificar los potenciales de reutilización de la tierra excavada.
- Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al plan de manejo ambiental, control de erosión, sedimentación y vertido. Para más detalle consulte el Anexo 3.
- Solicitar acompañamiento forestal (si aplica). Si la excavación se realiza muy cerca de árboles de protección, es posible que con la retroexcavadora se pueden cortar sus raíces, dado que estas pueden abarcar grandes áreas en el subsuelo. En estos casos, se debe consultar con un ingeniero forestal si hay alguna manera de evitar esto o en caso de presentarse cuál sería la manera de mitigar el daño. Ante cualquier corte de raíces o ramas se debe tener listo una cortadora para realizar un corte limpio y aplicar cicatrizante inmediatamente con una brocha.

- Utilizar maquinaria de bajas emisiones, que cumpla como mínimo con estándares Tier 4 Interim o Stage IIIB. Gradualmente reemplazar la maquinaria que utilice combustible Diesel y optar por alternativas que funcionen con energías renovables.
- Llevar a cabo inspecciones de calidad, preferiblemente con la autoridad o equipo de comisionamiento experto.



Lista de chequeo

Actividad	Ejecutado		
	SÍ	No	N/A
Liderar la reunión o taller de arranque con contratistas.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al plan de manejo ambiental, control de erosión, sedimentación y vertido.			
Solicitar acompañamiento forestal (si aplica).			
Ejecutar actividades de mantenimiento y seguimiento del PMA.			
Gestionar los RCD.			
Utilizar maquinaria de bajas emisiones.			
Llevar a cabo inspecciones.			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra



Cimentación



Alcance de la etapa y el rol del constructor

La cimentación es la base de la edificación. A través de la cimentación, todo el peso que carga la estructura será transmitido al suelo donde se apoya.

En esta subetapa se incluyen todas las actividades para cualquier tipo de cimentación que lleve a cabo el proyecto. Se incluyen la construcción de zapatas, losas, pozos de cimentación (caissons), pilotes, pantallas y muros, entre otros elementos.

El constructor, a partir de las recomendaciones geotécnicas y estructurales, define el tipo de cimentación y al contratista responsable de ejecutar la actividad.

En la aplicación de criterios de sostenibilidad, dependiendo del tipo de cimentación se debe empezar por analizar la demanda de recursos y materiales como ladrillo, mampostería, piedra, concreto, acero y lodos bentoníticos entre otros, así como el uso de maquinaria y transporte de material.



Conocimientos previos

- Evaluación del sitio
- Solicitud de permisos aplicables y exigencias requeridas por las autoridades competentes
- Manejo con la comunidad
- PMA con las siguientes secciones como mínimo:
 - Control de erosión, sedimentación y vertidos
 - Gestión de residuos de construcción y demolición
 - Manejo del tránsito
 - Control de contaminación atmosférica
 - Calidad del aire al interior
 - Control del ruido
 - Gestión de flora y fauna
 - Señalización
 - Educación en obra



Mejores prácticas

- Liderar la reunión o taller de arranque con contratistas. En este taller es importante dar a conocer los planes de manejo, las responsabilidades, el protocolo de comunicación y específicamente las medidas y estructuras para el control de la erosión, sedimentación y vertidos, control de la contaminación

atmosférica, calidad del aire interior que existen y/o que son responsabilidad del contratista. Así mismo, se deben definir las metas de sostenibilidad de esta fase como puede ser reducir las emisiones, priorizar materiales locales para reducir la huella de carbono asociada al transporte, especificar las cantidades máximas de carbono embebido para los componentes estructurales y reducir la generación de residuos.

- Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA:
 - Control de erosión, sedimentación y vertidos. Para más detalle consulte el **Anexo 3**.
 - Gestión de residuos de construcción y demolición. Para más detalle consulte el **Anexo 4**.
 - Control de contaminación atmosférica. Para más detalle consulte el **Anexo 6**.
 - Calidad del aire al interior. Para más detalle consulte el **Anexo 7**.
 - Control del ruido. Para más detalle consulte el **Anexo 9**.
- Ejecutar actividades de mantenimiento de estructuras y seguimiento del PMA:
 - Control de erosión, sedimentación y vertidos. Para más detalle consulte el **Anexo 3**.
 - Gestión de residuos de construcción y demolición. Para más detalle consulte el **Anexo 4**.
 - Control de contaminación atmosférica. Para más detalle consulte el **Anexo 6**.

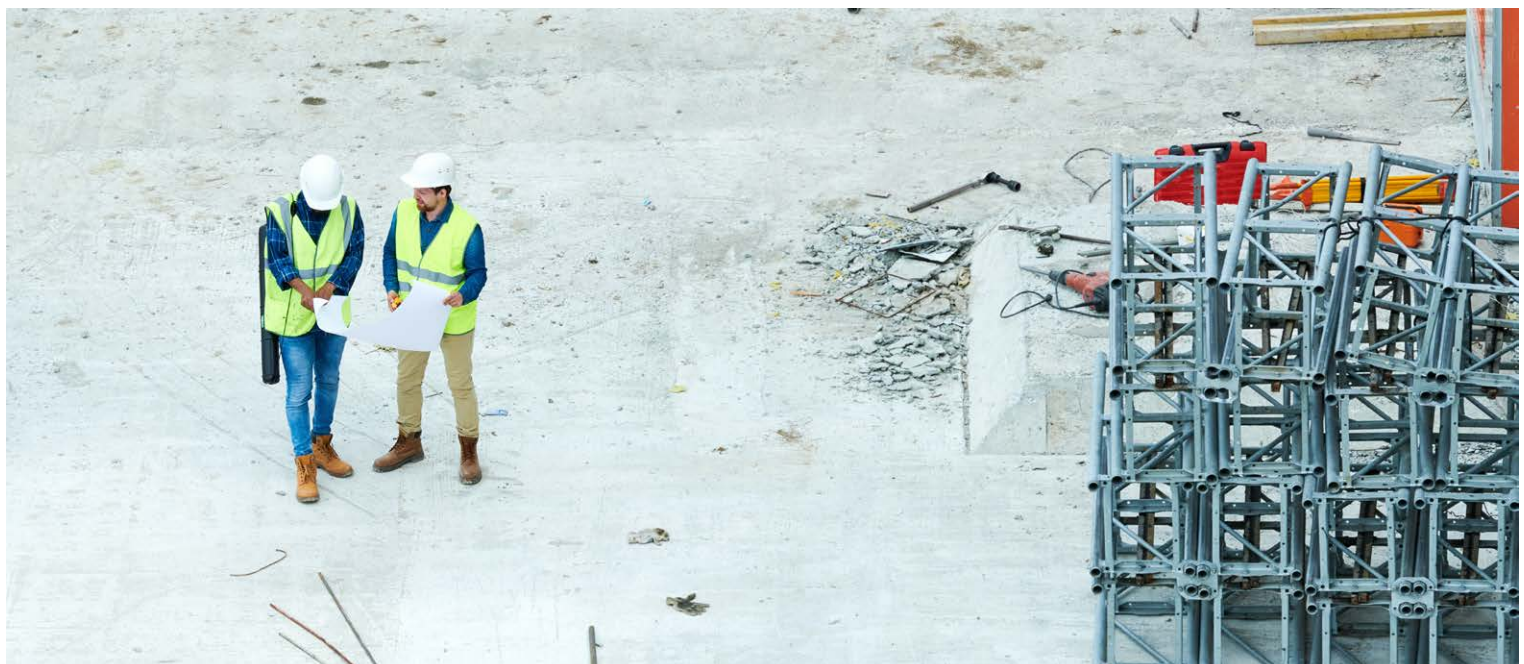
- Calidad del aire al interior. Para más detalle consulte el **Anexo 7**.
- Control del ruido. Para más detalle consulte el **Anexo 9**.
- Utilizar maquinaria de bajas emisiones, que cumpla como mínimo con estándares Tier 4 Interim o Stage IIIB. Gradualmente reemplazar la maquinaria que utilice combustible Diesel y optar por alternativas que funcionen con energías renovables.
- Llevar a cabo inspecciones de calidad, preferiblemente la autoridad o equipo de comisionamiento experto.



Lista de chequeo

Actividad	Ejecutado		
	Sí	No	N/A
Liderar la reunión o taller de arranque con contratistas.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Control de erosión, sedimentación y vertidos.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Gestión de residuos de construcción y demolición.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Control contaminación atmosférica.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Calidad del aire al interior.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Control del ruido.			
Ejecutar actividades de mantenimiento y seguimiento del PMA.			
Utilizar maquinaria de bajas emisiones.			
Llevar a cabo inspecciones de calidad.			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra





Estructura



Alcance de la etapa y el rol del constructor

La subetapa de estructura en un proyecto asegura la construcción de obras que sean capaces de resistir los esfuerzos a los cuales estarán sometidas durante su vida útil. Durante esta etapa se utilizan la mayor cantidad de materiales como acero y concreto en la obra por lo que es muy importante adoptar las prácticas con los menores impactos por consumos de recursos como materiales, agua y energía.

La implementación efectiva de los principios de la sostenibilidad en esta etapa depende fundamentalmente de las decisiones de diseño y la selección apropiada de materiales. Por esto es importante que el constructor se involucre en el proceso integrativo, para plantear soluciones en línea con las metas de sostenibilidad del proyecto y que representen su experiencia en campo. Esto implica, por ejemplo, incluir criterios asociados a la reducción potencial de RCD por el dimensionamiento apropiado de las secciones de materiales (mampostería y acabados), las secciones de acero, reducir el corte y desperdicio de los materiales.



Conocimientos previos

- Aplicación de metodologías colaborativas
- Manejo con la comunidad
- Diseño estructural
- Plan de manejo ambiental con las siguientes secciones como mínimo:
 - Control de erosión, sedimentación y vertidos
 - Gestión de residuos de construcción y demolición
 - Manejo del tránsito
 - Control contaminación atmosférica
 - Calidad del aire al interior
 - Control del ruido
 - Gestión de flora y fauna
 - Señalización
 - Educación en obra
- La materialidad de la estructura (concreto, mampostería, acero, madera), prefabricados y desperdicios.



Mejores prácticas

- Liderar la reunión o taller de arranque con contratistas. En este taller es importante dar a conocer los planes de manejo, las responsabilidades, el protocolo de comunicación y

específicamente las medidas y estructuras para el control de la erosión, sedimentación y vertidos, control de la contaminación atmosférica, calidad del aire interior que existen y/o que son responsabilidad del contratista.

- Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA:
 - Control de erosión, sedimentación y vertidos. Para más detalle consulte el **Anexo 3**.
 - Gestión de residuos de construcción y demolición. Para más detalle consulte el **Anexo 4**.
 - Control contaminación atmosférica. Para más detalle consulte el **Anexo 6**.
 - Calidad del aire al interior. Para más detalle consulte el **Anexo 7**.
 - Control del ruido. Para más detalle consulte el **Anexo 9**.
- Ejecutar actividades de mantenimiento y seguimiento del PMA:
 - Control de erosión, sedimentación y vertidos. Para más detalle consulte el **Anexo 3**.
 - Gestión de residuos de construcción y demolición. Para más detalle consulte el **Anexo 4**.
 - Control contaminación atmosférica. Para más detalle consulte el **Anexo 6**.
 - Calidad del aire al interior. Para más detalle consulte el **Anexo 7**.
 - Control del ruido. Para más detalle consulte el **Anexo 9**.
- Seleccionar materiales a partir de un análisis de impactos en el ciclo de vida. Durante esta etapa se realizan los usos más grandes de materiales como acero y concreto en la obra, por lo tanto, se debe procurar utilizar materiales de los que se tenga información sobre los impactos asociados a su ciclo de vida para:
 - Verificar si contiene materia prima con contenido reciclado.
 - Especificar las cantidades máximas permisibles de carbono embebido para los componentes estructurales y adquirir los materiales correspondientes. Priorizar materiales locales para reducir la huella de carbono asociada al transporte.
 - Verificar si se producen con tecnología de bajo consumo energético y/o con el uso de algún tipo de energía renovable.
 - Evaluar si tienen una larga vida útil de servicio para evitar numerosos ciclos de producción del mismo producto y reducir el consumo de energía, agua y otros recursos e insumos.
 - Escoger materiales que presenten un riesgo relativamente bajo durante el proceso de manufactura. Se recomienda utilizar materiales de obra cuyos procesos de manufactura no presenten altos riesgos de contaminación al medio

ambiente tanto para la fauna, la flora, los ríos, los lagos, los mares, como las corrientes de agua subterránea.

- Tomar medidas para el manejo en obras de concreto. Como primera recomendación se sugiere evaluar la posibilidad de usar concretos premezclados en lugar de prepararlos en obra. Para proyectos de mediana-larga envergadura y duración (mayor a un año) se requieren grandes cantidades de concreto por lo que se debe considerar la posibilidad de disponer de un espacio y un acceso suficiente para la entrada de material e instalar una planta de concreto. Esto permite ahorros en costos de logística y transporte, reducir pérdidas de material cuando se realizan pedidos, reducir emisiones de sólidos que se generan por el transporte y almacenamiento de material pétreo, y evitar el contacto del personal de obra con el polvo de los sacos de cemento. Para los proyectos que realizan la mezcla de concreto en obra se realizan las siguientes recomendaciones:
 - La mezcla de concreto en el sitio de obra debe realizarse sobre una superficie confinada para que el lugar permanezca en óptimas condiciones y se evite cualquier tipo de contaminación y vertimiento.
 - En caso de presentarse algún derrame de mezcla de concreto, éste se deberá recoger y disponer de manera inmediata en un sitio adecuado. La zona donde se presentó el derrame se debe limpiar de tal forma que no exista evidencia del vertimiento presentado, y en caso de ser necesario, se deben restaurar o mejorar los suelos, cuerpos de agua y vegetación afectada.
 - Material de las formaletas. Se priorizará la utilización de formaletas que puedan ser reutilizables, tal y como las formaletas metálicas.
 - Prohibir el lavado de mezcladores de concreto en el frente de obra si no se cuenta con las estructuras y el sistema de tratamiento necesarios para realizar esta labor. También prohibir las descargas y lavados en los alrededores, ya sea en espacio público o privado.
- Tomar medidas para el manejo de arena, triturados y otros materiales de construcción:
 - Para la ubicación diaria de materiales en el frente de obra se debe cumplir con las disposiciones del plan de manejo de señalización. Ver **Anexo 11**.
 - Los materiales de construcción no podrán ser dispuestos en espacio público bajo ninguna circunstancia. Se debe acondicionar un área dentro de la obra para su recepción y ubicación.

- Si se requiere dejar material de construcción depositado a cielo abierto en los frentes de obra, este deberá permanecer cubierto, preferiblemente con lona, mientras no esté siendo utilizado en el desarrollo de las actividades de obra.
- Utilizar maquinaria de bajas emisiones, que cumpla como mínimo con estándares Tier 4 Interim o Stage IIIB. Gradualmente reemplazar la maquinaria que utilice combustible Diesel y optar por alternativas que funcionen con energías renovables.
- Actualizar el modelo BIM considerando cualquier cambio en el diseño y rechazar cualquier modificación que comprometa lograr las metas del proyecto. Para más detalles ver la sección de BIM como potenciador de la sostenibilidad.
- Llevar a cabo inspecciones de calidad, preferiblemente con un equipo de comisionamiento experto.



Lista de chequeo

Actividad	Ejecutado		
	Si	No	N/A
Liderar la reunión o taller de arranque con contratistas.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Control de erosión, sedimentación y vertidos.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Gestión de residuos de construcción y demolición.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Control contaminación atmosférica.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Calidad del aire al interior.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Control del ruido.			
Ejecutar actividades de mantenimiento y seguimiento del PMA.			
Seleccionar materiales a partir de un análisis de impactos en el ciclo de vida.			
Tomar medidas para el manejo en obras de concreto.			
Tomar medidas para el manejo de arena, triturados y otros materiales de construcción.			
Utilizar maquinaria de bajas emisiones.			
Actualizar el modelo BIM.			
Llevar a cabo inspecciones de calidad, preferiblemente con la autoridad o equipo de comisionamiento experto.			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra





Sistemas y redes



Alcance de la etapa y el rol del constructor

De acuerdo al diseño del proyecto, en esta subetapa se lleva a cabo la instalación de todas las redes de sistemas del proyecto como eléctrico, mecánico, iluminación, hidrosanitario, comunicaciones, paneles solares, entre otros. También se realiza la instalación de equipos y aparatos asociados a estos sistemas como bombas, torres de enfriamiento, sensores, luminarias, sanitarios, entre otros.

El constructor participa en la contratación de estos sistemas basados en los diseños técnicos de cada sistema, así como en el proceso mismo de selección de los contratistas.



Conocimientos previos

- Aplicación del proceso de comisionamiento
- Manejo con la comunidad
- Diseños técnicos con planos, memorias descriptivas, especificaciones, cálculos y demás entregables en línea con las metodologías colaborativas aplicadas.
- Plan de manejo ambiental con las siguientes secciones como mínimo:
 - Control de erosión, sedimentación y vertidos
 - Gestión de residuos de construcción y demolición
 - Manejo del tránsito
 - Control contaminación atmosférica
 - Calidad del aire al interior
 - Control del ruido
 - Gestión de flora y fauna
 - Educación en obra



Mejores prácticas

- Liderar la reunión o taller de arranque con contratistas. En este taller es importante dar a conocer el plan de comisionamiento (si aplica), los planes de manejo, las responsabilidades, el protocolo de comunicación y específicamente las medidas y estructuras para el control de la erosión, sedimentación y vertidos, control de la contaminación atmosférica, calidad del aire interior que existen y/o que son responsabilidad del contratista. Adicionalmente, el contratista debe entender su responsabilidad y compromiso frente al desempeño del edificio en la operación y mantenimiento del proyecto.
- Participar activamente en el proceso de comisionamiento (si aplica). Para más detalle ver capítulo Consideraciones del proceso de comisionamiento.

- Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA:
 - Gestión de residuos de construcción y demolición. Para más detalle consulte el **Anexo 4**.
 - Control contaminación atmosférica. Para más detalle consulte el **Anexo 6**.
 - Calidad del aire al interior. Especial atención si existe un contratista mecánico en la protección de ductos y equipos en almacenamiento e instalación. Para más detalle consulte el **Anexo 7**.
 - Control del ruido. Para más detalle consulte el **Anexo 9**.
- Ejecutar actividades de mantenimiento y seguimiento del PMA:
 - Control de erosión, sedimentación y vertidos. Para más detalle consulte el **Anexo 3**.
 - Gestión de residuos de construcción y demolición. Para más detalle consulte el **Anexo 4**.
 - Control contaminación atmosférica. Para más detalle consulte el **Anexo 6**.
 - Calidad del aire al interior. Para más detalle consulte el **Anexo 7**.
 - Control del ruido. Para más detalle consulte el **Anexo 9**.
- Aunque no exista un proceso de comisionamiento, se debe solicitar y revisar los entregables de cada sistema al contratista encargado, quien deberá hacer los ajustes o correcciones que se le soliciten. Los entregables se especifican en las especificaciones de cada diseño y pueden ser, pero no se limitan a:
 - Fichas técnicas de los materiales y equipos necesarios para los sistemas.
 - Planos de taller, manuales de instalación, manuales de operación y mantenimiento, planes de mantenimiento y videos o guías de instalación de los elementos.
 - Secuencias de control u operación.
 - Garantías y desempeños esperados de los equipos o elementos utilizados.
 - Planos record o as-built y/o modelos record.
- Utilizar maquinaria de bajas emisiones, que cumpla como mínimo con estándares Tier 4 Interim o Stage IIIB. Gradualmente reemplazar la maquinaria que utilice combustible Diesel y optar por alternativas que funcionen con energías renovables.
- Actualizar el modelo BIM considerando cualquier cambio en el diseño y rechazar cualquier modificación que comprometa lograr las metas del proyecto. Para más detalles ver la sección de BIM como potenciador de la sostenibilidad.
- Llevar a cabo inspecciones de calidad, preferiblemente con un

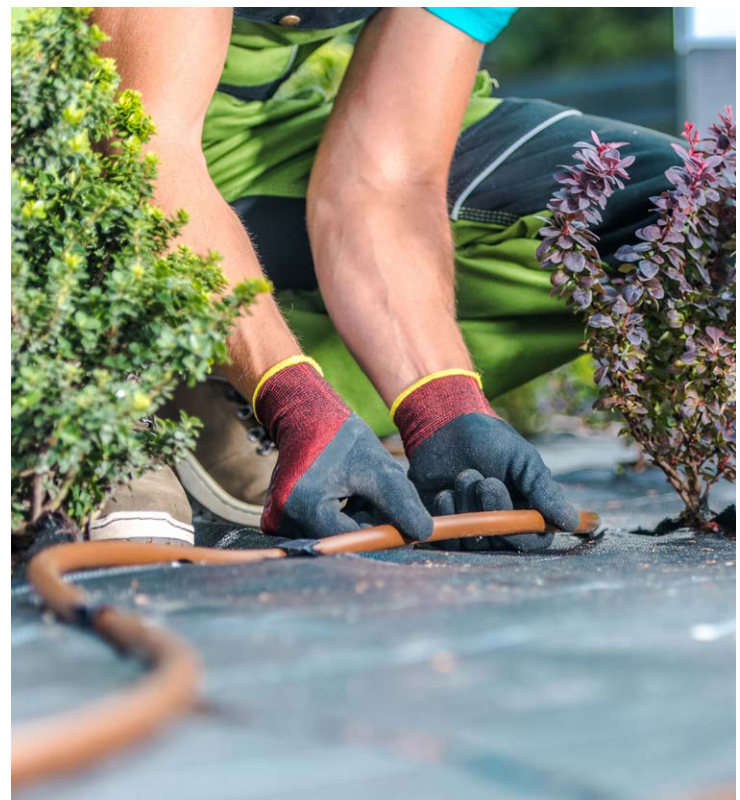
equipo de comisionamiento experto. Asegurar que el contratista cuente con procesos de control de calidad para garantizar la instalación adecuada de los sistemas de aislamiento, el sellado, impermeabilizaciones y el equipo mecánico durante todo el proceso de construcción, entre otros.



Lista de chequeo

Actividad	Ejecutado		
	Sí	No	N/A
Líderar la reunión o taller de arranque con contratistas.			
Participar activamente en el proceso de comisionamiento (si aplica).			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Control de erosión, sedimentación y vertidos.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Gestión de residuos de construcción y demolición.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Control contaminación atmosférica.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Calidad del aire al interior.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Control del ruido.			
Ejecutar actividades de mantenimiento y seguimiento del PMA.			
Solicitar y revisar los entregables de cada sistema al contratista encargado.			
Utilizar maquinaria de bajas emisiones.			
Actualizar el modelo BIM.			
Llevar a cabo inspecciones de calidad.			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra





Acabados



Alcance de la etapa y el rol del constructor

La subetapa de acabados está constituida por aquellos elementos constructivos que se realizan para proporcionar la terminación de la obra, proporcionando satisfacción a los clientes en cuanto a comodidad y apariencia visual. Los acabados en obra son aquellos materiales que se colocan sobre una superficie de obra negra. Es decir son los materiales finales que se colocan sobre pisos, muros, plafones, terrazas, obras exteriores o en huecos y vanos de una construcción.

Durante la etapa de acabados la generación de residuos se incrementa considerablemente debido a la naturaleza de los procesos a realizar. Los procesos de corte, pulido y carpintería generan una gran cantidad de residuos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos residuos pueden reducirse si los procesos de corte están claramente identificados desde las etapas de planeación y diseño. Para esta etapa se debe tener en cuenta también que se van a generar residuos peligrosos por el uso de pegantes, envases de pinturas y sustancias químicas, entre otras.

El constructor participa en la contratación de estos acabados basados en los diseños técnicos y arquitectónicos dentro de su alcance, así como en el proceso de selección de los proveedores.



Conocimientos previos

- Diseños arquitectónicos y de acabados interiores dentro del alcance
- Manejo con la comunidad
- Plan de implantación, con ubicación de zonas de almacenamiento de materiales especiales y peligrosos
- PMA con las siguientes secciones como mínimo:
 - Gestión de residuos de construcción y demolición
 - Calidad del aire al interior
 - Educación en obra



Mejores prácticas

- Liderar la reunión o taller de arranque con contratistas. En este taller es importante dar a conocer los planes de manejo, las responsabilidades, el protocolo de comunicación y específicamente las medidas y estructuras para la calidad del aire interior que existen y/o que son responsabilidad del contratista. También se deben socializar las medidas y áreas designadas para el almacenamiento de materiales especiales, peligrosos, así como las gestión de RCDs y los residuos peligrosos.

- Instalar o adecuar las estructuras y medidas de control de acuerdo al PMA:
 - Gestión de residuos de construcción y demolición. Para más detalle consulte el **Anexo 4**.
 - Calidad del aire al interior. Para más detalle consulte el **Anexo 7**.
- Ejecutar actividades de mantenimiento y seguimiento del PMA:
 - Gestión de residuos de construcción y demolición. Para más detalle consulte el **Anexo 4**.
 - Calidad del aire al interior. Para más detalle consulte el **Anexo 7**.
- Verificar la selección de materiales basado en atributos de sostenibilidad. Además de cumplir con la especificación de diseño se recomienda especificar y seleccionar materiales con bajas emisiones y considerar su facilidad de limpieza y mantenimiento y la longevidad y facilidad de reemplazo.
- Implementar políticas para el almacenamiento y gestión de materiales con emisiones:
 - Los productos con compuesto orgánicos volátiles (impermeabilizantes, sellantes, pinturas, pegantes, etc.) deben mantenerse cerrados.
 - Utilizar métodos de demolición que produzcan menos polvo y técnicas de pintura que produzcan menos olor.
 - Mantener en recipientes cerrados los residuos sólidos que tengan la posibilidad de ser volátiles.

- Aislar las áreas que están terminadas.
- Realizar las actividades que involucren la aplicación de productos peligrosos o demolición de materiales peligrosos en horas donde causen menor peligro.
- Actualizar el modelo BIM considerando cualquier cambio en el diseño y rechazar cualquier modificación que comprometa lograr las metas del proyecto.
- Llevar a cabo inspecciones de calidad, preferiblemente con un equipo de comisionamiento experto.
- Asegurar que el contratista cuente con procesos de control de calidad para garantizar la instalación adecuada de los acabados.



Lista de chequeo

Actividad	Ejecutado		
	Si	No	N/A
Liderar la reunión o taller de arranque con contratistas.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Gestión de residuos de construcción y demolición.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Calidad del aire al interior.			
Ejecutar actividades de mantenimiento y seguimiento del PMA.			
Verificar la selección de materiales a partir de atributos de sostenibilidad.			
Implementar políticas para el almacenamiento y gestión de materiales con emisiones.			
Actualizar el modelo BIM.			
Llevar a cabo inspecciones de calidad.			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra





Urbanismo



Alcance de la etapa y el rol del constructor

En esta subetapa se llevan a cabo las actividades relacionadas a la instalación y adecuación del urbanismo, que puede incluir áreas duras, verdes, recreativas y de cesión.

El constructor participa en la contratación del paisajismo y urbanismo exterior basados en los diseños técnicos y arquitectónicos dentro de su alcance, así como en el proceso de selección de los proveedores.

En esta subetapa la aplicación de criterios de sostenibilidad se relacionan con la generación de RCD, ruido, polvo, y, dependiendo de la actividad, a la erosión del suelo. Aquí también se incorporan las medidas permanentes para la gestión del agua lluvia del proyecto de acuerdo al diseño hidráulico o de urbanismo.



Conocimientos previos

- Solicitud de permisos aplicables y exigencias requeridas por las autoridades competentes
- Diseños de paisajismo, hidráulico y urbanismo de exteriores y áreas de cesión
- Manejo con la comunidad
- Plan de manejo ambiental con las siguientes secciones como mínimo:
 - Control de erosión, sedimentación y vertidos
 - Gestión de residuos de construcción y demolición
 - Manejo del tránsito
 - Control de contaminación atmosférica
 - Control del ruido
 - Gestión de flora y fauna
 - Señalización
 - Educación en obra



Mejores prácticas

- Liderar la reunión o taller de arranque con contratistas. En este taller es importante dar a conocer los planes de manejo, las responsabilidades, el protocolo de comunicación y específicamente las medidas y estructuras para el control de la erosión, sedimentación y vertidos, el control de la contaminación atmosférica, la señalización y gestión de RCD que existen y/o que son responsabilidad del contratista.
- Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA:

- Control de erosión, sedimentación y vertidos. Para más detalle consulte el **Anexo 3**.
 - Gestión de residuos de construcción y demolición. Para más detalle consulte el **Anexo 4**.
 - Control contaminación atmosférica. Para más detalle consulte el **Anexo 6**.
 - Control del ruido. Para más detalle consulte el **Anexo 9**.
- Ejecutar actividades de mantenimiento y seguimiento del PMA:
- Control de erosión, sedimentación y vertidos. Para más detalle consulte el **Anexo 3**.
 - Gestión de residuos de construcción y demolición. Para más detalle consulte el **Anexo 4**.
 - Control contaminación atmosférica. Para más detalle consulte el **Anexo 6**.
 - Control del ruido. Para más detalle consulte el **Anexo 9**.
- Maximizar los espacios verdes y las zonas con cobertura vegetal, utilizando especies nativas. Seleccionar aquellas que absorban más dióxido de carbono.

- Actualizar el modelo BIM considerando cualquier cambio en el diseño y rechazar cualquier modificación que comprometa lograr las metas del proyecto.



Lista de chequeo

Actividad	Ejecutado		
	Sí	No	N/A
Liderar la reunión o taller de arranque con contratistas.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Control de erosión, sedimentación y vertidos.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Gestión de residuos de construcción y demolición.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Control contaminación atmosférica.			
Instalar o adecuar las estructuras y medidas de acuerdo al PMA: Control del ruido.			
Ejecutar actividades de mantenimiento y seguimiento del PMA.			
Maximizar los espacios verdes y las zonas con cobertura vegetal.			
Actualizar el modelo BIM.			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra





Aceptación y entrega

Alcance de la etapa y el rol del constructor

En esta subetapa se incluye el cierre de los sistemas con la ejecución de pruebas, capacitaciones, entrega de garantías y cierre del contratista. También se incluye la entrega con capacitaciones al personal que recibe el edificio, idealmente personas de operación y mantenimiento.

El constructor lidera las actividades de cierre y aceptación junto con el equipo designado por el propietario, y hace entrega de los sistemas de la mano con cada contratista.

Conocimientos previos

- Aplicación del proceso de comisionamiento
- Diseños técnicos
- Condiciones de aceptación de acuerdo a contratos de cada sistema y contratista
- PMA con las siguientes secciones como mínimo:
 - Gestión de residuos de construcción y demolición
 - Calidad del aire

Mejores prácticas

- Desmantelar los elementos provisionales. Como parte del cierre de obra, ya no son necesarias las estructuras de control de los planes de manejo y elementos provisionales para la ejecución de obra. Para más detalles sobre este manejo se puede consultar el capítulo de Demolición donde las buenas prácticas que ahí se especifican pueden ser aplicables en esta etapa, dependiendo de la magnitud de estructuras a desmantelar. Adicionalmente se recomienda, desde una perspectiva de circularidad, buscar reusar las estructuras provisionales en otra obra antes de enviarlas como RCD.
- Hacer una purga con aire en los espacios interiores. Para mayor información ver el Anexo 7.
- Ejecutar pruebas de calidad del aire al interior de los espacios. Para mayor información ver el Anexo 7.
- Participar activamente en el proceso de comisionamiento (si aplica). Para más detalle ver capítulo Consideraciones del proceso de comisionamiento.
- Aunque no haya proceso de comisionamiento, solicitar a los contratistas y verificar la ejecución de las pruebas de

desempeño de los sistemas conforme a las especificaciones técnicas de cada sistema. Revisar la construcción finalizada, incluyendo todos los trabajos de rectificación y verificación de estándares de calidad. Realizar pruebas de desempeño de los sistemas incluyendo pruebas de desempeño térmico y de infiltraciones de aire y agua, preferiblemente bajo la supervisión de un equipo de comisionamiento.

- Aunque no haya proceso de comisionamiento, solicitar a los contratistas y revisar la grabación de las capacitaciones al personal de operación y mantenimiento. La capacitación debe ser teórica y práctica y debe abordar los problemas frecuentes y acciones correctivas para asegurar que los usuarios del edificio estén capacitados y entiendan el funcionamiento de los sistemas y puedan hacer un uso apropiado de los mismos.
- Aunque no haya proceso de comisionamiento, solicitar a los contratistas y revisar los entregables finales, corregidos si es necesario (fichas técnicas, secuencias de control, back up de los sistemas, programación, planos finales o as-built o record, videos de capacitaciones y plan de mantenimiento, entre otros).
- Finalizar el modelo as-built del proyecto considerando los cambios en el diseño y la información necesaria para la operación.
- Rectificar que los sistemas de control y medición estén instalados y funcionando en concordancia con el modelo BIM.
- Dependiendo de cómo se vaya a operar el edificio, asegurar que exista una persona debidamente capacitada que comprenda

los sistemas de gestión y medición de la edificación para que pueda realizar el seguimiento durante la operación.

- Llevar a cabo un análisis posterior a la finalización del proyecto para determinar la cantidad de carbono embebido y realizar un reporte verificando el cumplimiento de los objetivos planteados para el proyecto.



Lista de chequeo

Actividad	Ejecutado		
	SÍ	No	N/A
Desmantelar los elementos provisionales.			
Hacer una purga con aire en los espacios interiores.			
Ejecutar pruebas de calidad del aire al interior de los espacios.			
Participar activamente en proceso de comisionamiento (si aplica).			
Aunque no haya proceso de comisionamiento, solicitar a los contratistas y verificar la ejecución de las pruebas de desempeño de los sistemas.			
Aunque no haya proceso de comisionamiento, solicitar a los contratistas y revisar la grabación de las capacitaciones al personal de operación y mantenimiento.			
Aunque no haya proceso de comisionamiento, solicitar a los contratistas y revisar los entregables finales.			
Finalizar el modelo as-built del proyecto considerando los cambios en el diseño y la información necesaria para la operación.			
Rectificar que los sistemas de control y medición estén instalados y funcionando en concordancia con el modelo BIM.			
Asegurar que exista una persona debidamente capacitada, que comprenda los sistemas de gestión y medición de la edificación.			
Llevar a cabo un análisis posterior a la finalización del proyecto para determinar la cantidad de carbono embebido.			

En el Anexo 1 se puede encontrar una lista de chequeo completa para toda la obra



Lista de chequeo maestra

LISTA DE CHEQUEO GUÍA DE GESTIÓN SOSTENIBLE Y CIRCULAR EN OBRAS								
Capítulo o etapa	Actividad	Ejecutado			Responsable	Fecha	Documento de referencia	Comentarios
		Sí	No	N/A				
BIM	Revisar el plan de ejecución BIM.							
	Participar en las revisiones del avance del modelo BIM en diseño para el análisis de constructibilidad del proyecto.							
	Usar el modelo BIM para ejecutar un análisis del ciclo de vida.							
	Contar en el equipo de obra con personal encargado del modelo BIM y personal encargado de la coordinación técnica BIM .							
	Contar con las herramientas para la visualización del modelo BIM.							
	Incluir en el modelo BIM las obras preliminares y ajustar los planes de manejo.							
	Durante la reunión de arranque, verificar que el contratista y subcontratista tengan un entendimiento completo de la metodología de trabajo colaborativo en obra.							
	Disponer de la gestión visual dentro de los proyectos en la obra.							
	Acordar revisiones periódicas en obra para asegurar la calidad de los modelos e información.							
	Subdividir los modelos en las disciplinas y subdisciplinas.							
	No realizar una modelación gráfica en exceso.							
	Realizar las coordinaciones en obra con BIM.							
Lean Construction	Generar los proyectos <i>Lean</i> desde la planeación.							
	Cambiar las programaciones a nivel de procesos.							
	Generar un espacio en la obra para poder llevar a cabo las reuniones de LPS.							
	Aplicar herramientas como <i>5S</i> y los <i>5 Por qué</i> para mejorar el orden en obra.							
	Utilizar el <i>Kanban</i> como herramienta para gestionar proyectos.							
	Realizar capacitaciones continuamente.							
	Aplicar una caminata como el <i>Gemba walk</i> .							
	Hacer un análisis de los procedimientos constructivos de la obra y para la selección de proveedores a partir de <i>Choosing by Advantages</i> (CBA).							
	Tener una programación dinámica actualizable día a día.							
	En planeación, incluir en las metas del proyecto aquellas relacionadas con la sostenibilidad y el manejo en obra.							
	En diseño, participar en las revisiones de diseño para el análisis de constructibilidad del proyecto.							
	Integrar los requerimientos del constructor y de los contratistas como parte integral de los términos de referencia.							
En contratación, hacer cuadros comparativos técnicos.								
En construcción, durante la reunión de arranque, verificar que el contratista tenga un entendimiento completo del proyecto.								

Descargue la lista de chequeo completa aquí

Referencias

- Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., & Li, Y. (2017). Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions. *Automation in Construction*, 83, 134-148.
- Sarhan, Saad, Elnokaly, Amira, Pasquire, Christine et al (2018) Lean Construction and Sustainability through IGLC Community: A Critical Systematic Review of 25 Years of Experience. In: Proceedings 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), 18th to 20th July, Chennai, India.
- ANSI Consensus National Standard Guide© 2.0 for Design and Construction of Sustainable Buildings and Communities
- Procem Consultores. (11 de marzo de 2020). *Metodología 5s*. Obtenido de Procem Consultores: <https://www.youtube.com/watch?v=g68CkctjkuU>
- Argos. (14 de noviembre de 2017). *Planta en Obra*. Obtenido de Argos: <https://www.youtube.com/watch?v=CkBSFFSFnl>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (5 de agosto de 2010). Decreto 2820. Obtenido de Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.
- Arcila, M., & Alonso, W. (2016). *Programa de gestión ambiental para los residuos sólidos de construcción y demolición del proyecto Altos de Madelena [Tesis de grado]*. Obtenido de Universidad Distrital San Francisco José de Caldas.
- Agudelo, M., & Rodriguez, J. (5 de junio de 2014). *Estimación de generación y composición de residuos de construcción en la ciudad de Villavicencio*. Obtenido de Universidad Distrital Francisco José de Caldas: <https://cutt.ly/mxURIR6>
- Sanchez, C. (s.f.). *QUÉ HACER CON LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PARA LOGRAR UNA CONSTRUCCIÓN RESPONSABLE*. Obtenido de blog 360 en concreto: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/que-hacer-con-los-residuos-de-construccion-y-demolicion-rcd-para-lograr-una-construccion-responsable-1>
- Monroy, M. (2015). Índice de generación de escombros producidos en la construcción de vivienda en la zona urbana de Sincelejo, Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal, Universidad de Sucre*, 197-201. Obtenido de Revista Colombiana de Ciencia Animal, Universidad de Sucre.
- Lozano, M., & Gonzales, S. (2016). *Uso de residuos cerámicos en la producción de ladrillos de arcilla cocidos del sector alfarero de Candelaria*. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana de Cali.
- Di Marco, R., & León, H. (septiembre de 2017). *Ladrillos con adición de PET: Una solución amigable para núcleos rurales del municipio del Socorro*. Obtenido de Universidad Libre: Simposio Internacional de Investigación en Ciencias Económicas, Administrativas y contables: <http://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2017/5sim/39D.pdf>
- Ihobe S.A. (2018). *Guía para el uso de materiales reciclados en la construcción*. Obtenido de Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda, Bilbao: https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/guia_materiales_reciclados/es_def/adjuntos/Materiales_reciclados_NOV18.pdf
- Secretaría de Ambiente. (2015). *Guía para la elaboración del Plan de gestión de Residuos de Construcción y Demolición – RCD en la obra*. Obtenido de Página web de Secretaría de Ambiente: <http://www.ambientebogota.gov.co/web/publicaciones-sda/cartilla-rcd>

- Lozano, D. (2015). *RESISTENCIA DEL ACERO DE REFUERZO QUE HA SIDO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN, OBTENIDO EN LAS FIGURADORAS DE HIERRO DEL BARRIO MÉXICO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ*. Obtenido de UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4972/LozanoChaparroDaniel2015pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Páez, C., & Pacheco, C. (2019). *Guía para el manejo integral de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Barranquilla*. Obtenido de Universidad del Norte: <http://hdl.handle.net/10584/8725>
- Marin, J. (julio de 2019). *Análisis de la generación de residuos de construcción y demolición (rcd) en un proyecto institucional: estudio de caso*. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana de Cali: <http://vitela.javerianacali.edu.co/handle/11522/12383>
- Quaranta, N., Caligaris, M., Lopez, H., & Unsen, M. (septiembre de 2009). *Uso de residuos de construcción y demolición cuando contienen sus tancias peligrosas*. Obtenido de Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos (Barranquilla): <https://cutt.ly/0cSYZie>
- Maya, O. (2014). *Análisis técnico económico para el uso de alternativas de demolición en el edificio no. 19 José Celestino Andrade de la PUJ*. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana : <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/16789>
- ECORYS. (septiembre de 2016). *Protocolo de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en la UE*. Obtenido de Comisión Europea: <http://www.comunidadism.es/herramientas/protocolo-de-gestion-de-residuos-de-construccion-y-demolicion-en-la-ue>
- Instituto de Desarrollo Urbano. (15 de enero de 2016). *Reglamentación específica para la instalación temporal de campamentos de obra sobre el espacio público*. Obtenido de Guía trámites y servicios de Bogotá .
- Gomez, R., & Guzman, O. (2016). *Desarrollo de un sistema de inventarios para el control de materiales, equipos y herramientas dentro de la empresa de construcción ingeniería sólida Ltda (tesis de pregrado)*. Bogotá, Colombia: Universidad Libre.
- Romanello, L. (2017). *Jornadas de construcción sustentable: Procesos Constructivos Ambientalmente Responsables*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Ambiente y Espacio Público.
- Área Metropolitana Valle de Aburrá. (2010). *Manual socio-ambiental para obras en construcción*. Medellín, Colombia: Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.
- Sanchez, J. (23 de noviembre de 2018). *Cómo hacer un acolchado para plantas o mulching*. Obtenido de Ecología verde: <https://bit.ly/3sNDIbJ>
- Georgia Soil and Water Conservation Comission. (septiembre de 2005). *Prácticas con Vegetación para el Control de la Erosión y Sedimentación*. Obtenido de GSWCC: <https://bit.ly/3dNAN8Y>
- Orejuela, M. (2011). *Controles de erosión y sedimentación*. Bogotá: Consejo Colombiano de Construcción Sostenible [CCCS]. Obtenido de Consejo Colombiano.
- Muñoz, M. (2015). *Restauración paisajística en infraestructuras mediante bioingeniería*. Experiencias y desafíos para Chile. Obtenido de Asociación Internacional de Control de Erosión y Sedimentos IECAIBEROAMERICA: <https://bit.ly/2RQpEvF>
- MYG-GDL. (2021). *Geomallas*. Obtenido de mallasygeotextilsguadalajara: <https://bit.ly/3gAZRC1>

- Environmental Protection Agency [EPA]. (2007). *Developing Your Stormwater Pollution Prevention Plan: A guide for Construction Sites*. Obtenido de EPA: <https://www.epa.gov/npdes/developing-stormwater-pollution-prevention-plan-swppp>
- Idroter. (2021). *Sistemas de drenaje para derrumbes, fundacion y muros*. Obtenido de Idroter: <http://www.idroter.com/SPAGNA/>
- Minnesota Pollution Control Agency. (2019). *Minnesota Stormwater Manual: Sediment control practices*. Obtenido de Minnesota Pollution Control Agency Mediawiki: https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Main_Page
- An Wil. (2021). *Biodegradable Straw Wattles*. Obtenido de An-Wil: <https://www.an-wil.com/biodegradable-straw-wattles.html>
- Cywinski, Z. (2001). Current philosophy of sustainability in civil engineering. *JOURNAL OF PROFESSIONAL ISSUES IN ENGINEERING EDUCATION AND PRACTICE*, 12-16.
- Little almance Creek. (1 de abril de 2016). *Erosion and Sediment Control*. Obtenido de Little almance creek: <http://www.littlealamancecreek.com/pollution-prevention-and-reduction/erosion-and-sediment-control/>
- McLaughlin, R. (10 de marzo de 2015). *Using Baffles to Improve Sediment Basins*. Obtenido de CN State University: <https://content.ces.ncsu.edu/using-baffles-to-improve-sediment-basins>
- Reyes, N. I. (1 de julio de 2019). *Cómo Hacer una Trampa de Grasas - Vea como se Diseña* [Archivo de video]. Obtenido de Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=06Y_GBK55F8
- Posada, E. (2019). *Guia para el manejo sostenible de obra* (Proyecto de grado de maestría). Bogotá: Universidad de los Andes. Obtenido de Repositorio Universidad de los Andes.
- Wash, W. (S.F). *Productos Lavado de Ruedas*. Obtenido de Productos Lavado de Ruedas : <http://www.wheelwash.com/co/products/wheelwash-systems/>
- OkState. (2021). *Inlet Protection*. Obtenido de Okstate: <http://erosioncontrol.okstate.edu/inlet-protection>
- Filtrexx. (2021). *Filtrexx Inlet protection*. Obtenido de Filtrexx: <https://www.filtrexx.com/en/applications/sediment-control/inlet-protection>
- Estorm water. (23 de agosto de 2018). *Inlet Protection*. Obtenido de Estorm water: <https://www.estormwater.com/inlet-protection>
- SPV Alistamiento. (2021). *Lavado de llantas*. Obtenido de SPV Portafolio: <http://www.spv.com.co/portfolio/lavado-de-llantas/>
- Synertech SAS. (16 de enero de 2021). *Sistema de Lavado de Llantas y Maquinaria Amarilla* [archivo de video]. Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=WkCq0EZg1F4>
- Plastimallas. (2021). *Beneficios de Malla para Construcción*. Obtenido de Plastimallas: <https://plastimallas.mx/blog/beneficios-de-malla-para-construccion>
- Steinhauer, P. (16 de mayo de 2014). *COCOON, HONG KONG POR PETER STEINHAUER*. Obtenido de Metalocus: <https://www.metalocus.es/es/noticias/cocoon-hong-kong-por-peter-steinhauer>

- Perez, R. [. (13 de diciembre de 2017). *La importancia de delimitar con claridad en obra el acceso de vehículos y peatones*. Soluciones sencillas que evitan problemas. [Tweet]. Obtenido de Twitter: <https://twitter.com/Ramonpmerlos/status/940915402518953985>
- Ecoinventos. (10 de marzo de 2010). *Tanque modular vertical para filtrar y almacenar agua de lluvia para su reutilización*. Obtenido de Ecoinventos: <https://ecoinventos.com/tanque-modular-vertical-filtrar-almacenar-agua-lluvia/>
- OPS. (2010). *Sistema de captación y filtrado de aguas lluvias*. Obtenido de SSWM: <https://bit.ly/3xVyFEa>
- Camacol. (s.f.). *Concepto Planes de Manejo de Tránsito*. Obtenido de Camacol Cundinamarca: <https://ww2.camacolcundinamarca.co/documentos/conceptos/Concepto-2.pdf>
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B., & Owen, R. (2010). "Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction." *Journal of Construction Engineering and Management ASCE*, 968-980.
- Osorio-Gómez, C. C., León-Daza, W. M., Moggio-Bessolo, A. F., Ospina-Alvarado, A., & Ponz-Tienda, J. L. (2020, November). Lean Construction Impact on the Environmental Footprint of a Construction Project in Colombia: A Case Study. In *Construction Research Congress 2020: Project Management and Controls, Materials, and Contracts* (pp. 379-387). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D., (1990) *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*, New York : HarperCollins,1990.
- Osorio-Gomez, C. C., Moreno-Falla, M. J., Ospina-Alvarado, A., & Ponz-Tienda, J. L. (2020, November). Lean Construction and BIM in the Value Chain of a Construction Company: A Case Study. In *Construction Research Congress 2020: Project Management and Controls, Materials, and Contracts* (pp. 368-378). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.

Anexos

LISTA DE ANEXOS	
A1	Lista de chequeo maestra
A2	Matriz de aspectos e impactos ambientales
A3	Control de erosión, sedimentación y vertidos
A3.a	Formato inspección
A4	Gestión de RCD
A4.a	Formato control RCD
A5	Manejo del tránsito
A6	Control contaminación atmosférica
A7	Calidad del aire al interior
A8	Formato comunicación con el vecindario
A9	Control del ruido
A10	Gestión de flora y fauna
A11	Señalización
A12	Educación en obra