



Guía de Comisionamiento para Ventilación Natural



Colombia Green Building Council

GUÍA DE COMISIONAMIENTO PARA VENTILACIÓN NATURAL

GUÍA DE COMISIONAMIENTO PARA VENTILACIÓN NATURAL

ISBN 978-958-58223-3-7

Bogotá. Octubre 2020

Consejo Colombia de Construcción Sostenible 2020. Todos los derechos reservados

Calle 69 # 4 - 48, Oficina 201

Bogotá, Colombia

www.cccs.org.co

El contenido de la presente publicación se encuentra protegido por las normas internacionales y nacionales vigentes sobre propiedad intelectual, por tanto su uso, 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 no garantiza la precisión, confiabilidad o integridad del contenido incluido en este trabajo, ni de las conclusiones o juicios descritos en este documento, y no acepta 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

Autores

Rafael Andrés Bracamonte Vega	Universidad de los Andes
Tatiana Carreño Martínez	CCCS
Andrés García	Andres García Bio
Camilo Luengas	CCCS
Angélica Ospina	CCCS
Alejandra Ovalle	CCCS

Agradecimientos

Bolívar Monroy	ACAIRE
Marcela de la Roche	Eko-Ark
Alejandro Valencia	NTD Bioconstrucción
Agustín Adarve	Natural Cooling
David González	David González Arquitectura Bioclimática
John Saavedra	Bioteckta
Diego Prada	Green Factory
Sebastián Hurtado	Simgea
Lina Sastoque	SETRI Sustentabilidad
Cesar Ruiz	SETRI Sustentabilidad
Esteban Martínez	Green Loop

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	4
1. SISTEMA DE VENTILACIÓN NATURAL.....	6
2. EL PROCESO DE COMISIONAMIENTO.....	7
3. IMPORTANCIA DEL COMISIONAMIENTO DE VENTILACIÓN NATURAL.....	9
4. FASES, PROCESOS Y RESPONSABILIDADES.....	10
4.1 PLANEACIÓN.....	11
4.1.1 SELECCIÓN AUTORIDAD DE COMISIONAMIENTO.....	11
4.1.2 TÉRMINOS DE REFERENCIA Y CONTRATACIÓN DEL DISEÑO DE VENTILACIÓN NATURAL.....	12
4.1.3 DEFINICIÓN DE ROLES Y RESPONSABILIDADES.....	14
4.1.4 DESARROLLO DE REQUERIMIENTOS DEL PROPIETARIO.....	16
4.1.5 PLAN DE COMISIONAMIENTO.....	18
4.1.6 TALLER DE ARRANQUE.....	19
4.2 DISEÑO.....	20
4.2.1 ACOMPAÑAMIENTO TÉCNICO.....	20
4.2.2 DESARROLLO DE BASES DE DISEÑO.....	20
4.2.3 REVISIÓN DE DISEÑOS.....	21
4.2.4 ESPECIFICACIONES DE COMISIONAMIENTO.....	23
4.2.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS POR ESPECIALIDAD.....	24
4.2.6 REPORTE DE REVISIONES DE DISEÑO.....	27
4.3 CONSTRUCCIÓN.....	28
4.3.1 CONTRATACIÓN.....	28
4.3.2 ARRANQUE PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.....	29
4.3.3 REVISIÓN DE ENTREGABLES.....	29
4.3.4 REPORTE DE AVANCE DE COMISIONAMIENTO.....	30
4.3.5 LISTAS DE CHEQUEO E INSPECCIONES DE OBRA.....	30
4.4 ACEPTACIÓN.....	31
4.4.1 PRUEBAS DE DESEMPEÑO.....	31
4.4.2 MANUAL DE LOS SISTEMAS.....	33
4.4.3 CAPACITACIÓN AL USUARIO Y AL PERSONAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	34
4.4.4 GARANTÍAS.....	34

4.4.5	REPORTE FINAL DE COMISIONAMIENTO	35
4.5	POST OCUPACIÓN	36
4.5.1	VISITA POST OCUPACIÓN.....	36
5.	COMISIONAMIENTO CONTINUO	37
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

Introducción

Colombia es un país ecuatorial en el que los sistemas de ventilación natural se implementan frecuentemente en la construcción de edificaciones. Sin embargo, la designación de sistema pocas veces se asocia a esta especialidad, ampliamente difundida e implementada en el país y que a nivel mundial también carece de parámetros claros para su desarrollo y verificación de su funcionamiento durante la operación de los edificios. En este marco se identifica la necesidad de crear los fundamentos técnicos para llevar a cabo los procesos de **comisionamiento** en sistemas de ventilación natural. Los procesos de comisionamiento han sido altamente estudiados y documentados para otros sistemas de las edificaciones, como los relacionados a la ventilación y el acondicionamiento mecánico, y se considera fundamental trasladar estas buenas prácticas a esta especialidad, entendiendo su aplicación potencial y los desarrollos técnicos que hacen posible la ventilación natural de edificaciones en el contexto geográfico de Colombia

Esta guía propone los lineamientos técnicos para **el comisionamiento de los sistemas de ventilación natural en las edificaciones con climas ecuatoriales**, como es el caso de Colombia. En el documento se describe el proceso de comisionamiento desde cada fase del proyecto, con la identificación de las actividades y de las responsabilidades del equipo responsable del proyecto.

El alcance de esta guía es exclusivamente para sistemas de ventilación y acondicionamiento natural. Para el caso de proyectos con sistemas de ventilación y acondicionamiento mixto (natural y mecánico), esta guía solo aplica para la parte del sistema que es natural, por lo que no reemplaza el proceso para el caso de sistemas mecánicos, sin embargo, se puede fácilmente integrar con el procedimiento descrito en las guías del ACG¹ y del ASHRAE para el sistema mecánico.

La guía se estructura en cada fase del proyecto, planeación, diseño, construcción, aceptación y post ocupación.



Así mismo se incluye una parte opcional para el comisionamiento continuo durante la fase de operación de la edificación

¹ ACG. (2005). ACG Commissioning Guideline. Washington, D.C. Recuperado de <https://www.commissioning.org/commissioningguideline/>

Esta guía puede ser usada por propietarios, desarrolladores, diseñadores, Autoridad de Comisionamiento, contratistas, operadores y/o administradores de edificios, para aplicarlo en proyectos de edificación, así como en los procesos de certificación de edificación sostenible donde se cuente con un sistema de ventilación natural.

1. Sistema de Ventilación Natural

La ventilación es el intercambio del aire exterior con aire interior de una edificación mediante diferentes estrategias de inyección y/o extracción, con el objetivo de garantizar una buena renovación de aire, permitiendo una calidad interior adecuada. Principalmente la ventilación en un edificio puede ser natural (pasiva), mecánica (activa o forzada) o mixta. Por su parte la climatización o el acondicionamiento, consiste en adecuar las condiciones térmicas para que los espacios se encuentren en condiciones de confort, este puede darse de manera pasiva o de forma activa.



La ventilación natural consiste en garantizar esta renovación del aire y posible acondicionamiento de los espacios por medios pasivos (o no mecánicos), aprovechando las condiciones climáticas y/o termodinámicas, para que se produzcan corrientes de aire e intercambio de calor a través de elementos arquitectónicos de la edificación. Este sistema puede constar de varios elementos que en su conjunto garantizan que se lleve a cabo la ventilación, y posible climatización del espacio.

El correcto diseño, instalación y operación de estos elementos son vitales para el adecuado funcionamiento del sistema.

La ventilación natural es una estrategia muy efectiva desde el punto de vista de eficiencia energética y sostenibilidad al no requerir un consumo de energía directa. Adicionalmente, es una estrategia muy usada en países ecuatoriales debido a las condiciones climáticas exteriores. Sin embargo, como cualquier otro sistema en un edificio, las deficiencias en el proceso de planeación, diseño, construcción, aceptación y post ocupación pueden llevar al mal funcionamiento del sistema y por lo tanto del edificio. Es por esto que el Comisionamiento del sistema de ventilación natural es relevante.

2.El Proceso de Comisionamiento

El proceso de comisionamiento es un proceso de calidad basado en un método de verificación y documentación por parte de un tercero, que se designa como **Autoridad de Comisionamiento**, que verifica que los sistemas que componen una edificación y que están relacionados al consumo de agua y energía se diseñen, instalen, prueben, operen y se mantengan de acuerdo con los Requerimientos del Propietario del proyecto. Este proceso se puede llevar a cabo en cualquier tipo de edificio.

La máxima entidad en este tipo de procesos de comisionamiento es la AABC Commissioning Group (ACG), la cual plasma una guía para los sistemas de ventilación, calefacción y acondicionamiento (HVAC por sus siglas en inglés) denominada ACG Commissioning Guideline². De esta se obtiene toda la información respectiva en cuanto a metodología y aspectos a tener en cuenta en los procesos de comisionamiento de sistemas HVAC, y una parte de sistemas no HVAC.

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. Este incluye unas actividades principales como son el desarrollo de los requerimientos del propietario, revisión de diseño, verificación de instalación, puesta en marcha adecuada del sistema, pruebas de desempeño funcional, formación en operación y mantenimiento y una completa documentación de los sistemas que hagan parte del alcance.

Los procesos de comisionamiento cuentan con los siguientes beneficios:

² ACG Commissioning Guideline. Washington, D.C. Recuperado de <https://www.commissioning.org/commissioningguideline/>

Reducción en órdenes de cambio y reclamaciones adicionales
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

3. Importancia del Comisionamiento de Ventilación Natural

Colombia es un país ecuatorial que lleva varios años implementando sistemas de ventilación natural en un gran número de sus edificaciones, algunos con excelentes resultados durante la operación y otros con un desempeño muy inconsistente. Adicionalmente, los procesos de certificación en construcción sostenible han establecido los procesos de comisionamiento como un proceso necesario para garantizar el adecuado desempeño del proyecto y han reconocido los grandes beneficios asociados a este. Por esta razón surge la necesidad de crear los fundamentos técnicos para los procesos de comisionamiento en sistemas de ventilación natural.

Aunque el proceso de comisionamiento no es nuevo, y existen guías para su implementación, estas están enfocadas en sistemas HVAC mecánicos y no en sistemas naturales.

Los sistemas naturales cuentan con consideraciones especiales, al tratarse de elementos pasivos que no consumen energía de forma directa, pero cuyo desempeño depende altamente de las condiciones externas al proyecto, como son las variables climáticas y de la operación de los sistemas por parte de los ocupantes. Adicionalmente es un sistema en el que, si bien hay un diseñador dedicado, interactúan varios actores especialmente en los procesos de construcción e instalación.

Un sistema de ventilación natural que no responda a unas condiciones adecuadas de diseño, que haya sido construido con deficiencias o incluso que sea mal operado puede tener un efecto contrario en cuanto a consumo de energía y a la salud y bienestar de sus ocupantes.

4. Fases, Procesos y Responsabilidades

El proceso de comisionamiento, es un proceso que se debe desarrollar de forma transversal a la planeación, diseño y ejecución del proyecto. A continuación, se presenta la descripción del proceso en cada fase (planeación, diseño, construcción, aceptación y post ocupación), las actividades a realizar y las responsabilidades del equipo del proyecto.



4.1 Planeación

Esta es la etapa previa al diseño o también conocida como pre diseño. En esta etapa se conforma el equipo del proyecto, se plantean las metas, se definen los Requerimientos del Propietario del proyecto y se establecen los alcances de cada miembro del equipo. Las actividades a realizar en esta etapa son:

- **Selección de la Autoridad de Comisionamiento**
- **Elaboración de términos de referencia y contratación del diseñador de ventilación natural**
- **Definición de roles y responsabilidades**
- **Desarrollo de Requerimientos del Propietario**
- **Plan de comisionamiento**
- **Taller de arranque**

4.1.1 Selección Autoridad de Comisionamiento

La Autoridad de Comisionamiento es la persona o el equipo de personas encargadas guiar al equipo a lo largo del proceso de comisionamiento y de liderar y realizar la mayoría de las actividades fundamentales del mismo. Entre las cuales se encuentra: desarrollar el plan de comisionamiento, hacer las revisiones de diseño, crear las especificaciones del comisionamiento, realizar la revisión de las propuestas de los contratistas de los sistemas, hacer la revisión de todos los entregables que hacen parte del sistema, ejecutar las listas de verificación durante el proceso de obra, desarrollar los protocolos de pruebas de desempeño, supervisar la ejecución de las pruebas de desempeño, consolidar la información del manual del sistema, supervisar la capacitación al personal y generar un reporte final. Además, juega el rol fundamental de dar soporte técnico al propietario y al equipo del proyecto en el proceso de toma de decisiones.

Experiencia mínima de 3 años en procesos de diseño y/o comisionamiento de sistemas de ventilación natural, envolvente o sistema mecánico

Se recomienda que dentro de las personas del equipo de trabajo que vayan a realizar el proceso de comisionamiento esté presente un ingeniero mecánico, un arquitecto bioclimático o un ingeniero civil con una experiencia mínima de 3 años en procesos de diseño y/o comisionamiento de sistemas de ventilación natural, envolvente o sistema mecánico, en los cuales haya participado en el proceso de mínimo 2 proyectos con características similares en cuanto al

Haya participado en el proceso de mínimo 2 proyectos con características similares en cuanto al uso u ocupación o de sistemas de ventilación natural instalados

uso u ocupación o de sistemas de ventilación natural instalados.

Además, se recomienda que cuenten con acreditación certificada como *Autoridad de Comisionamiento* o con estudios de postgrado orientados en los temas de ventilación natural, arquitectura bioclimática, diseño y construcción sostenible o procesos de comisionamiento.

Este actor debe estar contratado y reportar directamente al propietario de forma que se garantice la transparencia y se eviten los conflictos de interés en la intervención en el proyecto.

4.1.2 Términos de Referencia y Contratación del Diseño de Ventilación Natural

La contratación de un diseñador idóneo del sistema de ventilación natural es fundamental para el correcto desarrollo del proyecto. Adicionalmente, es importante que el alcance contratado esté completo de acuerdo a lo que se requiere para el proyecto, para esto se recomienda estructurar unos términos de referencia claros para esta contratación. Esta actividad es importante ya que establece los mínimos requerimientos de información que debe incluir el diseño del sistema de ventilación natural para poder ser tenidos en cuenta en la contratación. Se recomienda que el alcance y los entregables asociados a un diseño de ventilación natural incluyan por lo menos los siguientes:

Entrega 1: Bases de Diseño:

- Descripción del proyecto
- Información geográfica de la zona (latitud, longitud, altura sobre el nivel del mar).
- Localización del sitio dentro del país, departamento, municipio y localidad/comuna/corregimiento/barrio. Se recomienda hacer una visita técnica del sitio con evidencia fotográfica.
- Descripción y clasificación general del clima.
- Presentación y definición de referencias (base de datos o software) para el análisis de datos climáticos.
- Temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales.
- Descripción y análisis de precipitación media mensual.
- Descripción y análisis de velocidad media de los vientos, direcciones predominantes y rosa de los vientos.
- Descripción y análisis de humedades relativas medias mensuales.
- Descripción y análisis de radicación solar media mensual.
- Descripción y análisis de brillo solar medio mensual.

- Descripción de la topografía, accidentes geográficos, limitantes y fauna y flora del predio.
- Descripción de correcciones físicas o naturales por realizar al predio previo a la implantación.
- Análisis de alternativas de estrategias de diseño.

Entregas 2 y 3: Anteproyecto y Proyecto

- Análisis del mes y las horas críticas de diseño para temperaturas y humedades relativas.
- Diagramas de trayectoria solar en días críticos de un año típico.
- Descripción y análisis del rango de confort, tomando como referencia la última versión del ASHRAE 55.
- Definición de tasas de renovación para cada uno de los espacios, tomando como referencia la última versión del ASHRAE 62.1.
- Descripción de estrategias bioclimáticas para el proyecto con sus planos y cortes.
- Descripción del plano de implantación con criterios bioclimáticos.
- Análisis de determinación de estrategias o sistemas pasivos por implementar en el proyecto con cálculos de dispositivos de ventilación e incidencia solar.
- Análisis de determinación de los sistemas constructivos con las propiedades de transmitancia térmica de los materiales por implementar en el proyecto. Estas deben especificar los tipos de materiales, marcas o sellos de calidad con las propiedades físicas como: conductividad térmica, transmitancia térmica total, condensación intersticial para algunas capas del interior del material (para cuando aplique), espesor y dimensiones, factores acústicos y transferencia de calor (factor R).
- Pre dimensionamiento de aperturas de ventilación para cada uno de los espacios, tomando como referencia la última versión del ASHRAE 62.1 y el CIBSE AM 10.
- Análisis de comprobación mediante simulaciones térmicas dinámicas computacionales de cada uno de los espacios del proyecto. En este se deben analizar el rango de confort térmico, los caudales de ventilación y los flujos de aire generados por el sistema de ventilación natural. Se deben presentar todas las hipótesis utilizadas para la simulación, incluyendo las que se desarrollen para elaborar una CFD (Computational Fluid Dynamics). Los análisis se pueden hacer de forma comparativa, con el objetivo de definir la mejor estrategia de ventilación natural. Los análisis se deben hacer al menos para el día, semana o mes más desfavorable (mayores o menores temperaturas y bajas velocidades del aire exterior). El software usado debe cumplir con los requerimientos establecidos en el ASHRAE 140.

4.1.3 Definición de roles y responsabilidades

Una vez se haya seleccionado la Autoridad de Comisionamiento y el diseñador del sistema, se debe hacer una reunión informativa con los principales actores del proyecto para hacer claridad de las actividades y labores de las cuales se responsabiliza cada uno. A continuación, se presenta la lista sugerida de actores presentes en la reunión con sus roles y responsabilidades:



Propietario



Autoridad de comisionamiento



Gerente de proyecto



Arquitecto



Diseñador del sistema



Contratista



Proveedor e instalador



Interventor



Personal O+M



Usuario final

- **Propietario:** Dueño del proyecto a ejecutar y principal responsable de este. Será el encargado de determinar y comunicar los Requerimientos del Propietario del proyecto, las

características que se quieren y los criterios de éxito del mismo. Además, es el encargado de tomar las decisiones finales respecto a los sistemas a instalar.

- **Autoridad de Comisionamiento:** Es el responsable de liderar el proceso de comisionamiento, acompañar al propietario y al gerente del proyecto en el desarrollo del documento de Requerimientos del Propietario, revisar las Bases de Diseño y los diseños con respecto a lo establecido en el documento de Requerimientos del Propietario del proyecto, revisar los entregables entregados por los contratistas relacionados con el sistema de ventilación natural, realizar las visitas de obra para ejecutar las listas de verificación, desarrollar los protocolos de prueba de desempeño operacional que se deben ejecutar como parte de la fase de entrega del proyecto, supervisar la ejecución de las pruebas de desempeño operacional por parte del contratista, consolidar el manual de los sistemas, supervisar las capacitaciones del sistema, y realizar la visita de post ocupación.
- **Gerente de proyecto:** Será el encargado de gestionar todo el proceso de planeación, diseño y construcción del proyecto. Además, hará seguimiento de todo el proceso de comisionamiento.
- **Arquitecto:** Es el encargado del diseño arquitectónico general de todo el proyecto, provee las Bases de Diseño e integrará al diseño arquitectónico las recomendaciones y aspectos técnicos del diseño del sistema de ventilación natural.
- **Diseñador del sistema de ventilación natural:** Se recomienda que sea un arquitecto bioclimático o ingeniero mecánico o civil con experiencia mínima de 3 años en el diseño de sistemas pasivos de ventilación. Será el encargado del diseño del sistema de ventilación natural y de la verificación del funcionamiento de este cuando ya esté instalado (realizará las pruebas de desempeño). Además, deberá revisar el contenido de las observaciones de la Autoridad de Comisionamiento y realizará las actividades de calibración del proyecto respecto al comisionamiento de los sistemas de ventilación natural empleados en etapa de post-ocupación. Es importante que esté presente en la etapa de construcción y en la de post-ocupación, así como también desde el planteamiento arquitectónico del proyecto.
- **Contratista:** Será el encargado de proveer materiales, componentes y equipos, y de realizar la construcción e instalación de los mismos de forma tal que respondan a lo que está plasmado en los diseños de los sistemas de ventilación natural. Es el encargado de los entregables, de solucionar todas las no conformidades producto de las listas de verificación, de participar junto con el diseñador de ventilación natural en la ejecución de los protocolos de las pruebas de desempeño y de resolver todas las no conformidades asociadas a estas, de suministrar la información necesaria para que se cree el manual de los sistemas, y junto con el diseñador de ventilación natural de hacer las capacitaciones al usuario final y al personal de operación y mantenimiento.
- **Proveedor e instalador:** Son los encargados de suplir los materiales o instalaciones de envolvente o elementos necesarios para el adecuado funcionamiento de los sistemas de ventilación natural, de igual forma deben suministrar las fichas técnicas de equipos o elementos instalados y entregables de la resolución de las no conformidades según las listas de chequeo. Puede ser el mismo contratista.
- **Interventor:** Esta entidad se encargará exclusivamente de hacer una veeduría y revisión de los procesos llevados a cabo por la Autoridad de Comisionamiento y los contratistas.

- **Personal de operación y mantenimiento:** Son los encargados de realizar los procesos de mantenimiento en el proyecto terminado y de realizar las acciones de operación descritas en el manual de los sistemas para que el sistema funcione de forma adecuada.
- **Usuario final:** Serán los residentes u ocupantes del proyecto responsables de la operación final del sistema siguiendo los lineamientos del diseño y del manual del sistema. Será fundamental su buena capacitación para hacer una adecuada operación del sistema.

Nota: En proyectos donde no se identifica automáticamente al usuario final, desde la planeación se debe definir él o las personas que tomarán este rol para la entrega del sistema.

Es posible que cuando se realice esta reunión no estén seleccionados los contratistas del proyecto o las personas de operación y mantenimiento, sin embargo es importante que se discuta con los otros miembros del proyecto, las responsabilidades que tendrán estos.

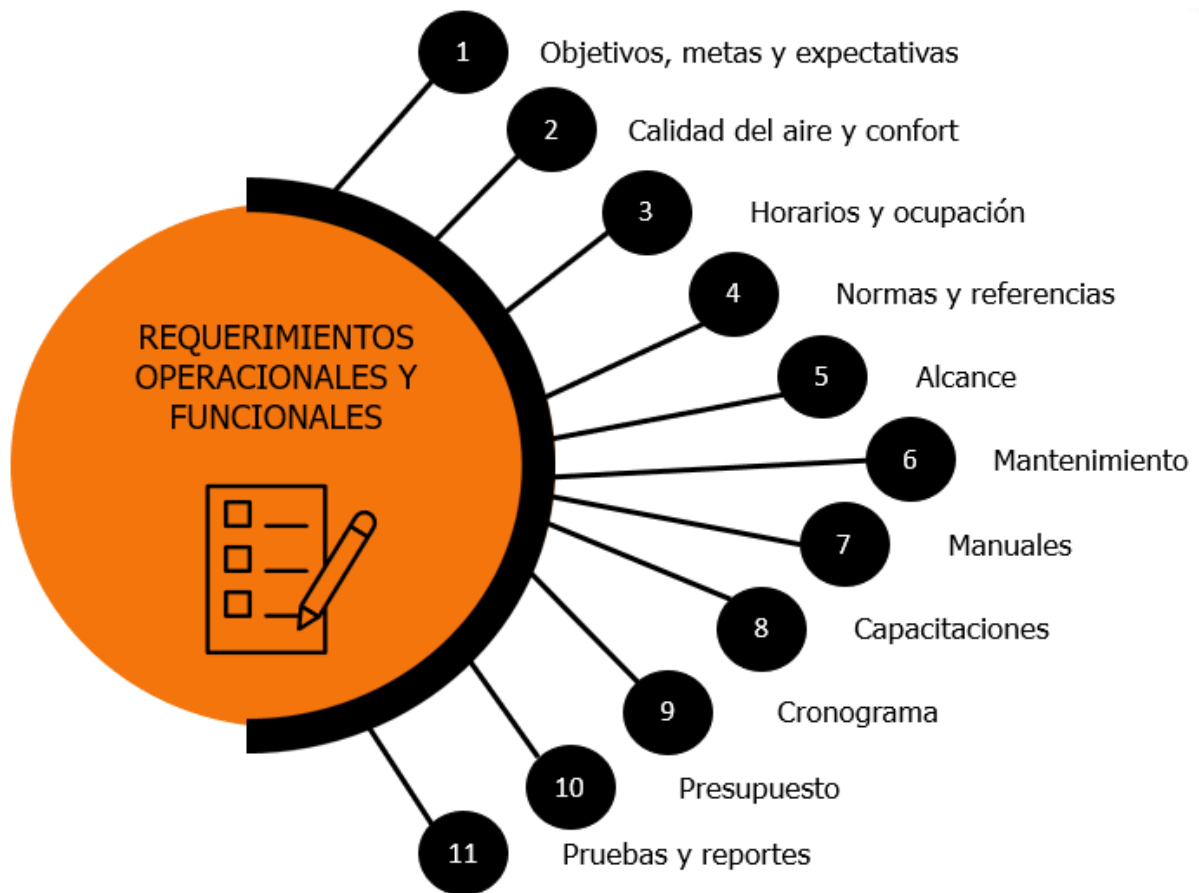
4.1.4 Desarrollo de Requerimientos del Propietario

El documento de Requerimientos del Propietario del proyecto (OPR, Owner Project Requirements, por sus sigas en inglés), es el documento guía de cualquier proceso de comisionamiento. Es un documento en el cual se integran todos los requerimientos de operación y funcionamiento del proyecto, con base en el cual la Autoridad de Comisionamiento realizará todos los procesos de control de calidad en las siguientes fases del proyecto. Para desarrollar este documento se sugiere que se realice un taller de requerimientos de propietario y posteriormente se establezca el documento. Adicionalmente, es importante que el documento sea actualizado cuando se realicen actualizaciones de estos requerimientos a lo largo del desarrollo del proyecto,

Se sugiere realizar las siguientes sub actividades para generar el documento de los Requerimientos del Propietario:

- a. Taller de definición de los Requerimientos del Propietario para el proyecto. Este debe estar liderado por la Autoridad de Comisionamiento, con presencia del dueño, la gerencia del proyecto, el personal de operación y mantenimiento, y en lo posible el personal de postventas. Para el adecuado desarrollo de este taller, se sugiere que se dejen estipulados todos los requerimientos del proyecto, los objetivos de sostenibilidad, los criterios de éxito y asuntos o condiciones a resolver.
- b. Desarrollar los documentos que compilen los diferentes Requerimientos del Propietario del proyecto.

En cuanto al sistema de ventilación natural se sugiere que el documento de Requerimientos del Propietario contenga como mínimo los siguientes aspectos:



- Objetivos de emplazamiento, tamaño, ubicación y requerimientos de uso final.
- Metas ambientales, de eficiencia energética y sostenibilidad del proyecto.
- Normas, estándares o métodos prescriptivos específicos a seguir y cumplir en el proyecto.
- Requerimientos mínimos de la calidad del aire exterior del sitio donde se va a desarrollar el proyecto.
- Requerimientos mínimos de calidad del ambiente interior con cada uno de los parámetros a tener en cuenta.
- Horarios de ocupación y uso de los espacios del proyecto.
- Alcance esperado para los sistemas de ventilación natural empleados.
- Expectativas respecto a temperaturas de confort del proyecto, incluyendo porcentajes de aceptabilidad y de no cumplimiento.
- Expectativa de desempeño y garantía de los sistemas y equipos empleados.
- Hipótesis de los modelos de simulación a tener en cuenta para las simulaciones térmicas dinámicas o simulación macrovectorial o CFD del proyecto.
- Requerimientos de mantenimiento y operación de los sistemas de ventilación natural.
- Requerimientos de instalación y pruebas de desempeño de los sistemas de ventilación natural instalados, incluyendo porcentajes de aceptabilidad y de no cumplimiento

- Requerimientos específicos del manual del sistema y formatos.
- Requerimientos de la capacitación del funcionamiento de los sistemas de ventilación natural al personal de operación y mantenimiento y de los usuarios finales.
- Estándares y normas adoptadas en los sistemas de ventilación natural donde se evidencie su cumplimiento.
- Cronograma de obra.
- Presupuesto del proyecto.
- Requerimientos del contenido y organización de las Bases de Diseño del proyecto con su respectivo reporte de verificación de diseños.
- Procedimientos y horarios, como también el personal requerido, específicamente para los ensayos y las pruebas de desempeño.
- Reportes de cada etapa del proceso de comisionamiento.
- Requerimientos especiales y particulares del proyecto.

El Documento de Requerimientos del Propietario 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 por parte 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 del Propietario 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.

4.1.5 Plan de Comisionamiento

Una vez se tienen los Requerimientos del Propietario claros, junto con el cronograma del proyecto, se procede al desarrollo del plan de comisionamiento por parte de la Autoridad de Comisionamiento. El plan estipulará los horarios, fechas, actividades, herramientas, equipos, personal y demás requerimientos para realizar un adecuado proceso de comisionamiento. Se sugiere que este plan contenga la siguiente información:

- Resumen y descripción general del plan que se va a desarrollar para el comisionamiento de sistemas de ventilación natural.
- Roles y responsabilidades del equipo del proyecto que realizará todo el proceso de comisionamiento. En este equipo debe estar el propietario, la Autoridad de Comisionamiento, los contratistas, los proveedores e instaladores, el interventor y el diseñador del sistema de ventilación natural.
- Documentación de las reuniones o avances de cada una de las etapas que se vayan realizando 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 junto con los sistemas de ventilación natural a emplear.
- 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 en las pruebas de desempeño.
- Formato de registro de hallazgos y de reportes de progreso.
- Descripción de los sistemas de ventilación natural y componentes que son parte del proceso de comisionamiento.
- Lista de chequeo de los Requerimientos del Propietario que sirva para hacer seguimiento del cumplimiento a lo largo del proceso.

4.1.6 Taller de Arranque

Esta es la última etapa de la fase de planeación. Se debe hacer una reunión de arranque en la que se presente el plan de comisionamiento desarrollado por la Autoridad de Comisionamiento y los Requerimientos del Propietario a todos los miembros del equipo. Se recomienda la presencia del interventor para ser consciente de lo pactado en la etapa de planeación y del diseñador de los sistemas de ventilación natural. Una vez se hace esto, se documenta el acta de la reunión con los acuerdos o cambios pactados y se puede dar inicio a la siguiente fase.

4.2 Diseño

Esta fase del proceso comprende el desarrollo de los diseños técnicos del proyecto con base en los Requerimientos del Propietario establecidos en la fase anterior. Incluye el desarrollo de las Bases de Diseño, diseño conceptual, anteproyecto, y proyecto o diseño final. Las actividades que se deben realizar en esta fase son:

- **Acompañamiento técnico**
- **Desarrollo de Bases de Diseño**
- **Revisión de diseños**
- **Especificaciones de comisionamiento**
- **Especificaciones técnicas por especialidad**
- **Reporte de revisiones de diseño**

4.2.1 Acompañamiento Técnico

Esta es una actividad continua en el proceso de comisionamiento. Esta actividad consta de acompañamiento por parte de la Autoridad de Comisionamiento tanto físico por medio de reuniones de socialización, comentarios, resolución de inquietudes, así como participación virtual o telefónica. Esta actividad debería estar documentada por medio de actas con los acuerdos y compromisos que se generen.

4.2.2 Desarrollo de Bases de Diseño

Las Bases de Diseño son un documento desarrollado por el diseñador del sistema de ventilación natural, en el cual expone cuales serán los principales criterios de su diseño, al igual que responde como logrará cada uno de los Requerimientos del Propietario establecidos previamente para el proyecto. Es recomendable que como parte del documento de Bases de Diseño, se incluya la evaluación de las posibles alternativas de diseño que se podrían implementar. En este se dejan claras todas las suposiciones hechas en el diseño y los requerimientos de posibles actualizaciones.

Para desarrollar las Bases de Diseño se sugieren las siguientes sub actividades:

- a. Entrega de un formato de Bases de Diseño al diseñador de ventilación natural por parte de la Autoridad de Comisionamiento.
- b. Desarrollo de las Bases de Diseño por parte del diseñador de ventilación natural.

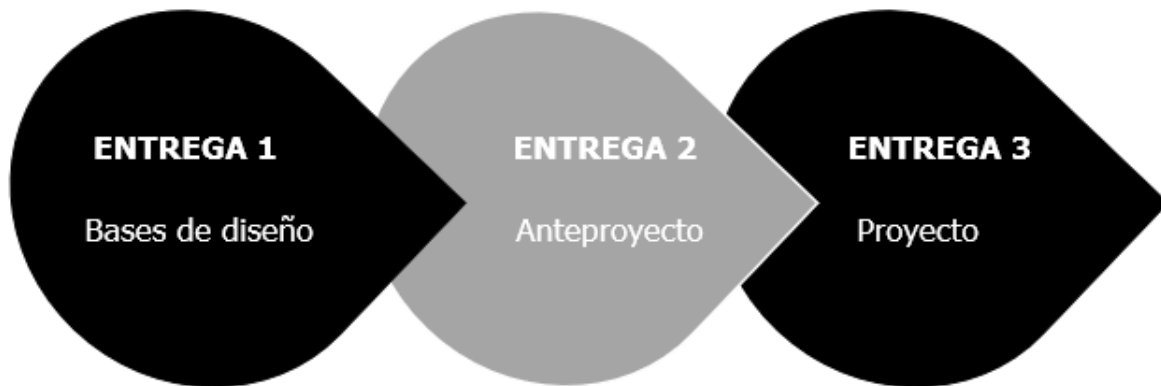
- c. Taller de Bases de Diseño. En este taller, se explica a los diseñadores y a la gerencia del proyecto, las bases del diseño con su contenido y se discuten las opciones o alternativas de diseño para cumplir con todos los Requerimientos del Propietario. Se recomienda que como mínimo asistan a este taller los especialistas de los diseños mecánicos, arquitectónicos y acústicos.
- d. Revisión de las Bases de Diseño por parte de la Autoridad de Comisionamiento con base en los Requerimientos del Propietario del proyecto.
- e. Discusión de los comentarios de las Bases de Diseño entre la Autoridad de Comisionamiento y el diseñador de ventilación natural.

Se recomienda que las Bases de Diseño contengan como mínimo la siguiente información sustentada con fuentes confiables, reportes, simulaciones o memorias de cálculos:

- Emplazamiento, tamaño, dimensiones mínimas requeridas y orientación del proyecto.
- Condiciones climáticas para tener en cuenta de la ubicación y la zona donde se encuentra el proyecto.
- Análisis de los Requerimientos del Propietario y explicación del cumplimiento de estos desde el diseño.
- Análisis de alternativas de diseño con sus ventajas y desventajas en términos económicos, funcionales y de operación y mantenimiento. Con base en este análisis el diseñador debe dar la recomendación de las mejores estrategias para el proyecto.
- Identificación de los puntos de coordinación con los demás especialistas que participan en el diseño para buscar un trabajo más integral.
- Condiciones de calidad del aire exterior del sitio donde se ubica el proyecto.
- Perfiles de ocupación del proyecto con énfasis en horas pico y horas valle en una semana típica.
- Orientación solar del proyecto a lo largo de un año típico.
- Análisis de influencia de los vientos de la zona a lo largo de un año típico a través de una CFD que contemple el comportamiento macro climático del sitio donde se va a desarrollar el proyecto.
- Análisis acústico de la zona de influencia de este con el espacio interior del proyecto.
- Temperaturas típicas de la zona a lo largo de un año típico. Específicamente las temperaturas máximas, mínimas, máxima promedio, mínima promedio y promedio.
- Cumplimiento con los porcentajes de aceptabilidad de rangos de confort y porcentajes anuales de tasas de renovación.

4.2.3 Revisión de Diseños

Una vez las Bases de Diseño son revisadas y se llegan a acuerdos con respecto a los comentarios asociados, se debe seguir un proceso de diseño, el cual debe ser retroalimentado por la Autoridad de Comisionamiento en cada una de las entregas.



Esta retroalimentación se debe hacer por medio de la asistencia de la Autoridad de Comisionamiento a los comités de diseño requeridos y por medio de dos revisiones exhaustivas del diseño por parte de la Autoridad de Comisionamiento para verificar el cumplimiento con los Requerimientos del Propietario y el adecuado desempeño de los sistemas de ventilación natural empleados.

Es importante la presencia de la interventoría en este proceso para hacer seguimiento y cumplimiento con lo pactado desde el diseño del proyecto. Finalmente, se genera un reporte de avance del proceso de comisionamiento con el diseño una vez revisado. Las revisiones se deberían realizar a nivel de anteproyecto y el proyecto.

Para la revisión del anteproyecto, se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Cumplimiento de los Requerimientos del Propietario y de los estándares, normas o métodos prescriptivos aplicables.
- Objetivos del proyecto a nivel de arquitectura bioclimática, estrategias pasivas y sistemas de ventilación natural.
- Cumplimiento de coordinación con las otras especialidades partícipes de los diseños.
- Cumplimiento de condiciones mínimas de confort y de las tasas de ventilación para todos los espacios del proyecto.
- Verificación de áreas usadas y afectación por acústica y arquitectura.
- Verificación de las condiciones de entrada (inputs) de los cálculos técnicos.
- Verificación de todos los escenarios planteados para los cálculos y pre-dimensionamiento del sistema de ventilación natural.
- Pre-dimensionamiento de los sistemas de ventilación natural empleados en los diseños del proyecto.
- Diseño preliminar del proyecto con base en los ítems anteriores.
- Cumplimiento con los porcentajes de aceptabilidad de rangos de confort y tasas de ventilación.

Para la revisión del proyecto, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Diseño arquitectónico del proyecto con base en la arquitectura bioclimática, estrategias pasivas y los sistemas de ventilación natural a emplear.
- Sustentación técnica con memoria de cálculo de cumplimiento de estándares y condiciones mínimas de flujos y caudales de aire.
- Sustentación técnica con memoria de cálculo de cumplimiento de estándares y condiciones mínimas de confort térmico.
- Sustentación técnica con memoria de cálculo de cumplimiento de estándares y condiciones mínimas de calidad del aire.
- Sustentación técnica con memoria de cálculo de cumplimiento de estándares y condiciones mínimas de renovaciones de aire.
- Cumplimiento con los porcentajes de aceptabilidad de rangos de confort.
- Especificaciones técnicas de todos los elementos que constituyen el sistema de ventilación natural.

Para la verificación de diseños ingenieriles se recomienda seguir el Protocolo de Verificación para diseños ingenieriles de sistemas de ventilación

Para la verificación de diseños ingenieriles se recomienda seguir el Protocolo de verificación para diseños ingenieriles de sistemas de ventilación natural en climas ecuatoriales³ o en caso de alguna certificación específica, se puede seguir el método prescriptivo. Este aspecto se debió dejar claro en el Documento de Requerimientos del Propietario.

4.2.4 Especificaciones de Comisionamiento

Las especificaciones de comisionamiento son un documento en el cual 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 post construcción. Estas 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.

Se recomienda que las especificaciones de comisionamiento del sistema de ventilación natural incluyan por los menos los siguientes aspectos:

- Verificación de materiales, instalaciones o equipos que serán necesarios para cumplir con los diseños de los sistemas de ventilación natural. Estos se pueden evaluar más

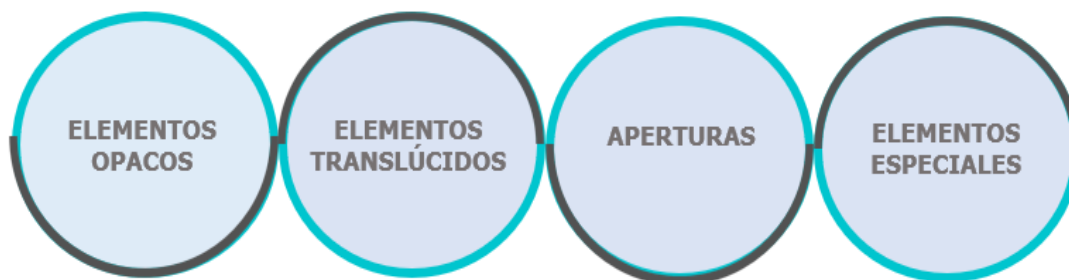
³ <https://www.cccs.org.co/wp/protocolo-de-verificacion-para-sistemas-ingenieriles-de-ventilacion-natural-en-climas-ecuatoriales/>

detalladamente con la siguiente actividad de especificaciones técnicas para los contratistas.

- Hacer los requerimientos de documentación del sistema a entregar como planos record, manuales, planes de mantenimiento y videos o guías de instalación.
- Dar solución a todas las no conformidades resultado de la ejecución de las listas de verificación.
- Ejecución de los protocolos de prueba de desempeño.
- Resolver todas las no conformidades asociadas a las pruebas de desempeño.
- Hacer capacitaciones y suministrar la información necesaria para hacer el manual de los sistemas y de funcionamiento.
- Hacer entrega de las fichas técnicas, entregables y propiedades de los materiales y equipos necesarios para los sistemas de ventilación natural.
- Garantías y desempeños de los materiales y elementos utilizados. Si es el caso, también para los equipos empleados.
- Documento de instalación adecuada de equipos e instalaciones para los sistemas de ventilación natural requeridos.
- Listas de chequeo y reportes una vez instalados los sistemas de ventilación natural del proyecto.

4.2.5 Especificaciones técnicas por Especialidad

Es importante que dentro de las especificaciones técnicas de cada uno de los diseñadores técnicos queden integrados todos los requerimientos desde el punto de vista de ventilación natural. Los aspectos que deben quedar claramente especificados desde el punto de vista de las especificaciones de los diseños técnicos incluyen:



Elementos opacos:

En estos se encuentran los elementos de la envolvente o elementos de particiones divisorias internas que no dejan pasar la luz a simple vista. Un ejemplo claro de estos elementos son los muros exteriores, los muros internos o la cubierta. Los materiales que componen estos elementos se les debe hacer una revisión técnica que cumpla con los Requerimientos del Propietario y el

diseño de los sistemas de ventilación natural y deben tener especificados los siguientes parámetros:

- Conductividad térmica
- Transmitancia térmica total
- Condensación intersticial para algunas capas del interior del material.
- Espesor y dimensiones.
- Conductividad acústica
- Transferencia de calor (factor R)
- Reflectancia solar (SR)
- Opcionalmente: Barrera o resistencia de presión de vapor
- Opcionalmente: Barreras radiantes

Elementos translúcidos:

En estos se encuentran aquellos elementos compuestos por materiales que se caracterizan por dejar pasar de forma parcial o total la luz incidente sobre estos. Un ejemplo claro de estos elementos son las ventanas, tragaluces, elementos acristalados o vidrios que componen el exterior e interior del edificio. Los materiales que componen estos elementos se les debe hacer una revisión técnica que cumpla con los Requerimientos del Propietario y el diseño de los sistemas de ventilación natural y deben tener especificados los siguientes parámetros:

- La transmisión luminosa
- Ganancias de calor solar (factor HSGC o factor SC)
- El factor solar (SF)
- El coeficiente U
- Infiltración
- Espesor y dimensiones.

Aperturas:

En estos elementos se encuentran aquellos que son parcial o totalmente abiertos o en contacto con el ambiente exterior. Su principal característica es que permiten el transporte de los flujos o caudales de aire del exterior al interior y viceversa. Algunos elementos de estos pueden ser ventanas operables, rejillas, huecos o chimenea solar. A estos elementos se les debe hacer una revisión técnica que cumpla con los Requerimientos del Propietario y el diseño de los sistemas de ventilación natural y deben tener especificados los siguientes parámetros:

- Forma geométrica con sus dimensiones.
- Funcionamiento (fijas, manual o automático)
- Tipo de control
- Horarios específicos de operación
- Coeficiente de descarga
- Especificaciones técnicas del material que las compone (revisar las especificaciones anteriores dependiendo si es un elemento opaco o translúcido)

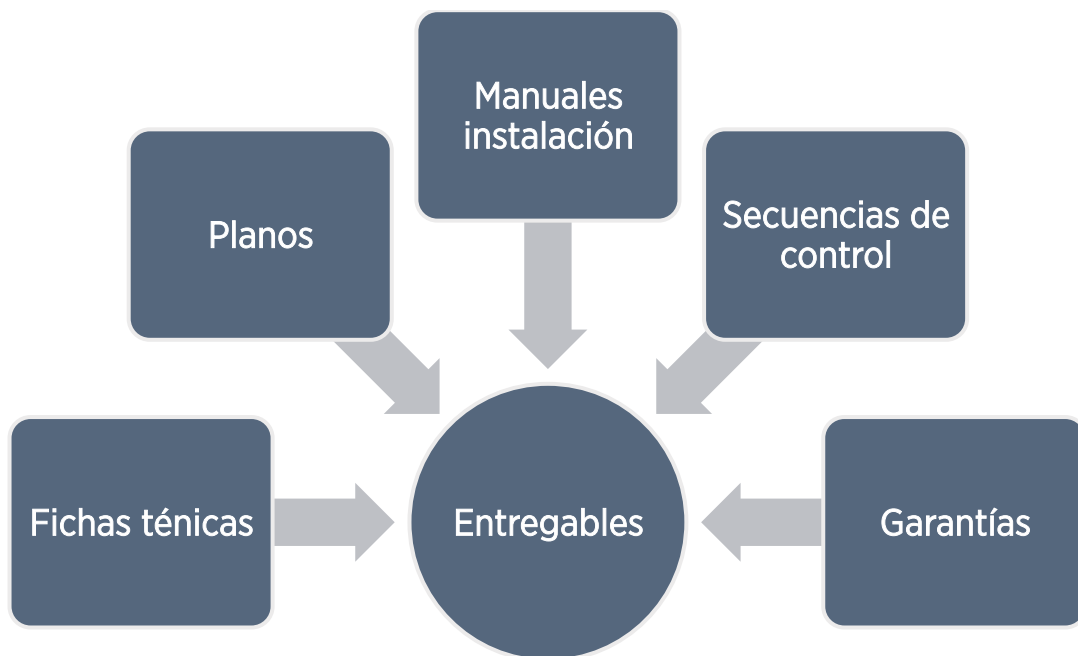
- Ubicación específica para su colocación según los planos arquitectónicos y de los diseños del sistema de ventilación natural
- Permeabilidad o infiltraciones admisibles

Elementos especiales:

Para este caso, se incluyen algunos elementos que no se pueden especificar con el nivel de detalle de los tres grupos explicados anteriormente. Entre ellos tenemos los siguientes:

- Muro trombe o muro captor: para este se deben especificar el espesor y las dimensiones y la separación de la cámara de aire entre este y el muro interior. Por otro lado, se debe revisar las especificaciones técnicas del muro trombe dependiendo si se usan elementos o materiales opacos o translúcidos con base en las especificaciones mencionadas para estos anteriormente. Además, para las aperturas del muro interior se deben revisar las especificaciones técnicas de estas ya mencionadas (Aperturas) y en especial las alturas o distancias de ubicación de estas.
- Doble piel: para este se deben especificar el espesor y las dimensiones de las dos capas que recubren este elemento. Además, dependiendo de los materiales utilizados en estas capas se deben revisar las especificaciones ya explicadas sobre elementos opacos y translúcidos. También es importante revisar las especificaciones ya mencionadas para las aperturas tanto externas (como por ejemplo una celosía) o internas (sean fijas u operables). Finalmente, es importante la separación requerida entre ambas capas.
- Plenum: para este se deben especificar el ancho y las dimensiones completas del elemento. Además, dependiendo de los materiales utilizados se deben revisar las especificaciones ya explicadas sobre elementos opacos y translúcidos. También es importante revisar las especificaciones ya mencionadas para las aperturas tanto externas (como por ejemplo una celosía, rejilla o elementos perforados) o internas (sean fijas u operables).

Como parte de las especificaciones técnicas, el diseñador debe incluir los entregables deseados por parte del contratista. Como mínimo las especificaciones deben incluir los siguientes entregables:



- Fichas técnicas, entregables y propiedades de los materiales y equipos necesarios para los sistemas de ventilación natural
- Planos, manuales, planes de mantenimiento, videos o guías de instalación de los elementos.
- Secuencias de control u operación.
- Garantías y desempeños esperados de los equipos o elementos utilizados.

4.2.6 Reporte de revisiones de diseño

Después de cada proceso de revisión, tanto a nivel de las Bases de Diseño, como de los diseños a nivel de proyecto y anteproyecto, la Autoridad de Comisionamiento debe emitir un reporte de revisión. Adicionalmente, al finalizar todas las actividades del proceso de diseño se debe generar un reporte de la fase de diseño que contenga un consolidado de todos los entregables de las actividades de la fase de diseño ya ejecutadas y los aspectos que quedan abiertos o que requieren atención. Se sugiere también realizar una socialización de dicho reporte por parte de la Autoridad de Comisionamiento ante el arquitecto, el diseñador de los sistemas de ventilación natural, la interventoría y el propietario del proyecto.

4.3 Construcción

Esta fase del proceso comprende desde los procesos de contratación y comprende todos los procesos de ejecución de obra. Las actividades que se deben realizar en esta fase son:

- **Contratación**
- **Arranque del proceso de construcción**
- **Revisión de entregables**
- **Reporte de avance de comisionamiento**
- **Listas de chequeo e inspecciones de obra**
- **Registro de hallazgos y resolución de no conformidades**

4.3.1 Contratación

En esta etapa, para dar inicio a la fase de construcción se procede a hacer la licitación o el proceso de selección de los contratistas para cada uno de los equipos, componentes, sistemas, materiales e instalaciones necesarios para los sistemas de ventilación natural. Aquí varias empresas pueden participar con sus propuestas o recomendaciones técnico comerciales para finalmente hacer la adjudicación de todos los elementos requeridos. Las propuestas o recomendaciones técnico comerciales deben responder a los términos de referencia que deben incluir las especificaciones de comisionamiento y las especificaciones técnicas del sistema.

Las propuestas o recomendaciones técnico comerciales deben responder a los términos de referencia que deben incluir las especificaciones de comisionamiento y las especificaciones técnicas del sistema

Las propuestas deben ser revisadas de manera exhaustiva por parte de la Autoridad de Comisionamiento quien debe entregar una matriz o tabla comparativa técnica, dónde se verifiquen los aspectos planteados desde las especificaciones. Teniendo en cuenta que el sistema de ventilación natural puede estar compuesto por varios componentes, elementos o materiales suministrados e instalados por distintos contratistas, este proceso debe repetirse para cada uno de estos. El contratista o contratistas seleccionados deben tener una propuesta final que se ajuste a las especificaciones de diseño y que incluya todas las actividades de comisionamiento del sistema.

4.3.2 Arranque Proceso de Construcción

En esta etapa se debe realizar un taller de arranque liderado por la Autoridad de Comisionamiento con la participación de los contratistas. En este se debe explicar en que consiste el proceso de comisionamiento, las responsabilidades, las expectativas de las distintas partes y se deben socializar todos los formatos a utilizar durante el proceso de comisionamiento. De igual forma se deben discutir los requerimientos, especificaciones y el plan de comisionamiento a ejecutar. Es importante revisar el cronograma de obra e integrar en este todas las actividades del procesos de comisionamiento, entre los que se encuentra la revisión de entregables, la instalación de los sistemas, las listas de chequeo de inspección de obra y todas las actividades de la fase de aceptación como son las pruebas de desempeño, las capacitaciones y el desarrollo del manual de los sistemas.

4.3.3 Revisión de 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, los cuales pueden ser, pero no se reducen a:

- Fichas técnicas: Se recomienda solicitar antes de la compra y una vez lleguen al proyecto para validar su correspondencia con la especificación de diseño.
- Planos de taller o línea roja: Se recomienda revisar en cada visita al proyecto, para validar los cambios realizados al sistema.
- Manuales de instalación, operación y mantenimiento: Se recomienda solicitar con la llegada al proyecto de los elementos del sistema.
- Garantías de elementos: Se recomienda al llegar elementos al proyecto, solicitar las garantías por parte de fabricante de cada elemento que compone el sistema.
- Secuencia de control: Se recomienda solicitar al finalizar la instalación.
- Planos record o as built: Se recomienda solicitar al finalizar la instalación de elementos y del sistema, en los formatos acordados en los Requerimientos del Propietario del proyecto.
- Video de Capacitaciones: Se recomienda al finalizar la instalación y previo a la entrega del sistema que el o los contratistas y el diseñador de ventilación natural realicen la capacitación del sistema a los usuarios y al personal de operación y mantenimiento. Se sugiere que esta quede grabada y se integre al manual de los sistemas.
- Plan de mantenimiento: Al finalizar la instalación, se recomienda solicitar el plan de mantenimiento del sistema.

4.3.4 Reporte de Avance de Comisionamiento

Se sugiere hacer reportes de avance en el proceso de comisionamiento con periodicidad mensual, en los que se muestre el cumplimiento de las actividades del plan de comisionamiento pactadas según el cronograma de obra. Se sugiere que se incluya el registro de hallazgos y resolución de no conformidades en cada reporte de avance. Estas deberían estar respaldadas con evidencia visual, formatos, fichas técnicas o actas de cumplimiento. Cada reporte debe ser aprobado por los contratistas, el gerente, el interventor, el arquitecto y el propietario del proyecto.

4.3.5 Listas de Chequeo e Inspecciones de Obra

Durante el proceso de construcción, la Autoridad de Comisionamiento deberá realizar visitas de inspección de obra, en dónde debe realizar una verificación técnica tanto de los elementos que están siendo instalados, es decir que estos correspondan adecuadamente a los especificados, como de la calidad técnica del proceso de instalación y construcción.

Se recomienda que como base para estas visitas de inspección **se desarrollen unas listas de verificación o listas de chequeo por parte de la Autoridad de Comisionamiento**, en la cual se registren 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 de ventilación natural con base en las especificaciones técnicas sugeridas en la actividad [4.2.5 de especificaciones técnicas para los contratistas](#). Adicional 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 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.

4.4 Aceptación

Esta fase comprende la ejecución de las pruebas de desempeño, la entrega del proyecto y el desarrollo de los documentos finales asociados al mismo. Las actividades que se deben realizar en esta fase son:

- **Pruebas de desempeño**
- **Manual de los sistemas**
- **Capacitación al usuario y al personal de operación y mantenimiento**
- **Garantías**
- **Reporte final de comisionamiento**

4.4.1 Pruebas de desempeño

Se deben simular las condiciones más reales típicas para las cuales fueron diseñados estos sistemas

Las pruebas de desempeño, 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.

Dado que es posible que no exista un contratista asociado al sistema de ventilación natural, las pruebas se pueden ejecutar por parte del diseñador del sistema de ventilación natural y/o del contratista general o el contratista del sistema mecánico en caso que existan sistemas mixtos. Esto se debe aclarar desde los Requerimientos del Propietario del proyecto y en el alcance de los contratos.

Se sugiere llevar a cabo las mediciones de las pruebas de desempeño durante máximo 2 semanas, típicamente tres (3) días a la semana y en cada día de medición se recomienda hacer 4 mediciones diarias (mañana, medio día, tarde y noche). Para hacer un adecuado proceso de medición, se sugiere seguir el protocolo de la norma ISO 7726 (ISO International Standards Organization, 1998) en las que se pueden medir los siguientes parámetros sugeridos:

- Temperatura del aire

- Temperatura radiante
- Temperatura operativa
- Humedad relativa
- Punto de rocío
- Velocidad de viento interior y exterior
- Verificación de áreas netas de aperturas
- Calidad del aire, concentraciones de CO, CO₂, PM_{2.5}, PM₁₀, VOC y ozono
- Envoltente del edificio a través de las propiedades físicas de los materiales
- Número de renovaciones de aire
- Ruido exterior

Se sugiere realizar las siguientes pruebas:

- Hermeticidad de las rejillas móviles
- Calidad y sellos de equipos de medición
- Pruebas de oxidación
- Certificación de elementos con sus manuales, fichas técnicas y operación, cuando se requiera
- Alcance de influencia de la ventilación dadas las aperturas según el diseño
- Dirección de aire en el interior mediante medios de contraste
- No se debería tener el caso de velocidad cero pues es muy lejano de la realidad, pero si se debe verificar el de caso de un valor muy pequeño (<0,3 m/s) que trate de simular una condición de calma.
- Mediciones de flujo de aire a una distancia máxima de 50 cm desde la apertura

Para lo cual se sugiere el uso del siguiente equipo de medición y registro de las pruebas:

- Flexómetro
- Cámara fotográfica
- Pistola de rayo infrarrojo con sello de calibración no menor a 3 meses
- Sensor de tablero sencillo para radiación
- Data-loggers externos e internos preferiblemente conectados a Wi-Fi o sistemas de computación
- Medidor de iluminancia
- Anemómetro de tipo Hot Wire con precisión de 0.01 m/s o similar con dicha precisión
- Cámara generadora de humo
- Detector de humo cerca de las aperturas
- Termohigrómetros
- Termómetro de globo
- Cámara termográfica

Posterior a todo el proceso de pruebas de desempeño, se debe generar un reporte de cumplimiento según los valores mínimos de caudales y los parámetros de confort térmico según los estándares ASHRAE 62.1, y ASHRAE 55 (o condiciones de confort establecidas en los

Requerimientos del Propietario). Es importante repetir el proceso en la fase de [post-ocupación \(actividad 4.5.1\)](#) a manera de calibración. En caso de no cumplir con ciertas condiciones, se deben plantear soluciones o estrategias de mejora.

4.4.2 Manual de los Sistemas

El 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 con los insumos del diseñador de ventilación natural y de los contratistas. El manual debe contener toda la documentación del proceso de comisionamiento ejecutado a los sistemas de ventilación natural, con la respectiva información de descripción, funcionamiento, operación, mantenimiento y capacitación. Se sugiere que este contenga los siguientes capítulos:

- Resumen ejecutivo de los sistemas de ventilación natural empleados
- Descripción y especificaciones técnicas de los sistemas de ventilación natural empleados con la explicación de su funcionamiento
- Copia del Documento de Requerimientos del Propietario
- Diseño de los sistemas de ventilación natural con copia de las Bases de Diseño y de los diseños finales del proyecto más los reportes de revisión del diseño del anteproyecto y proyecto
- Explicación y reportes del proceso de construcción e instalación de los sistemas de ventilación natural con las listas de chequeo e instalación de estos.
- Copia de las listas de chequeo y reportes de las pruebas de desempeño de los sistemas de ventilación natural
- Copia del plan de comisionamiento de los sistemas de ventilación natural
- Copia de los reportes de avance del proceso de obra
- Plan de mantenimiento de los sistemas de ventilación natural, el cual se recomienda sea entregado por el diseñador de ventilación natural
- Plan de Operación y mantenimiento de los sistemas de ventilación natural
- Secuencias de control recomendadas
- Copia del reporte de la capacitación para el usuario final con anexos de las grabaciones y videos explicativos de esta.
- Copia del reporte de comisionamiento final con la información mínima sugerida por la actividad [4.4.5](#)

Este manual debe ser aprobado por la interventoría, el arquitecto, el gerente y el dueño del proyecto. En cuanto al manual de operación y mantenimiento y el plan de mantenimiento, se sugiere que sea elaborado por el diseñador de los sistemas de ventilación natural.

4.4.3 Capacitación al Usuario y al Personal de Operación y Mantenimiento

Uno para el personal de operación y mantenimiento y otro para el usuario final

Con base en el manual del sistema, se sugiere también crear una guía o presentación para la capacitación sobre los sistemas de ventilación natural instalados. Esta debe tener en lo posible dos entregables, uno para el personal de operación y mantenimiento con un lenguaje mucho más técnico y específico; y otro con un lenguaje más básico, sencillo y coloquial para el usuario final.

También se aconseja la creación de videos ilustrativos. Esta capacitación debe ser dictada por los contratistas y apoyada por el diseñador del sistema de ventilación natural. Además, debe ser aprobada por el propietario, el personal de operación y mantenimiento, y en lo posible el usuario final. Se sugiere que esta capacitación contenga la siguiente información mínima.

- Explicación de los sistemas de ventilación natural instalados con la importancia de la implementación de estos
- Retos enfrentados con los sistemas de ventilación natural
- Horarios de operación y funcionamiento de los sistemas de ventilación natural
- Tipo y secuencias de control
- Equipos y materiales utilizados con anexos de las propiedades específicas y fichas técnicas de cada uno en caso de reemplazar alguno (solo para personal de operación y mantenimiento)
- Posibles fallas o interferencias de los sistemas de ventilación natural (solo para personal de operación y mantenimiento)
- Soluciones sugeridas a las posibles fallas (solo para personal de operación y mantenimiento)
- Listado de requerimientos mínimos del espacio para el adecuado funcionamiento de los sistemas de ventilación natural. Esto con el fin de evitar obstrucciones o desviaciones de los flujos de aire dentro de la edificación

4.4.4 Garantías

Este reporte contiene el período de garantía de los sistemas de ventilación natural instalados para ser suministrado al propietario y garantizar un adecuado desempeño de estos. **Se sugiere que el período de garantía sea mayor a 1 año.**

4.4.5 Reporte final de Comisionamiento

Este debe contener un resumen de todo el proceso de comisionamiento ejecutado en el proyecto, los resultados, entregables y reportes de todo el proceso. Debe ser desarrollado por parte de la Autoridad de Comisionamiento y aprobado por el interventor y el dueño del proyecto. Se sugiere que contenga específicamente la siguiente información:

- Resumen ejecutivo de los sistemas de ventilación natural ya comisionados
- Copia del plan de comisionamiento final del proyecto
- Copia de los diseños y revisión de los reportes entregados de todo el proceso
- Copia completa de los formatos ejecutados de los proveedores, los contratistas, la Autoridad de Comisionamiento, las listas de chequeo de la instalación y las pruebas de desempeño (incluyendo las que se tengan durante la ocupación y operación)
- Copia de todos los reportes de avance del plan de comisionamiento
- Copia del registro de hallazgos con las no conformidades solucionadas
- Descripción de los aspectos que requieren atención o deben ser solucionados (si existen)
- Copia de informe de cumplimiento de los Requerimientos del Propietario

4.5 Post Ocupación

Esta fase contempla la ocupación y operación del proyecto. En esta fase se debe llevar a cabo la visita post ocupación, la cual se describe a continuación.

4.5.1 Visita Post Ocupación

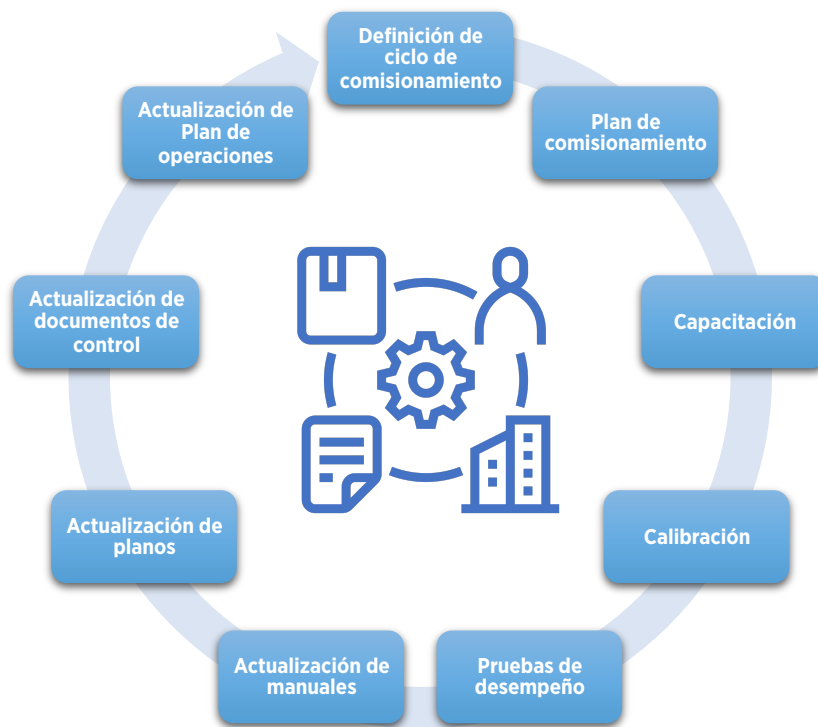
La visita de post-ocupación se hace una vez entregado y ocupado el proyecto. Debe ser ejecutada por parte de la Autoridad de Comisionamiento. El objetivo final de esta es generar un reporte de revisión del adecuado funcionamiento de los sistemas de ventilación natural instalados y comisionados.

Durante esta visita es importante contar con la participación de una persona del equipo de operación y mantenimiento y del diseñador del sistema de ventilación natural, e idealmente con un representante del propietario y de los usuarios. Durante esta visita se deben resolver los problemas o inquietudes surgidas durante el período de ocupación transcurrido. Para ejecutar esta actividad adecuadamente, se debe involucrar a los usuarios, a través de encuestas de satisfacción cualitativas sobre el estado real del proyecto o por medio de entrevistas a algunas personas seleccionadas. En esta actividad también se debe hacer la calibración inicial del proyecto, tal como se menciona en la actividad [4.4.1 Pruebas de desempeño](#).

Esta visita de post-ocupación se debería realizar a los 10 meses aproximadamente de operación del proyecto.

5. Comisionamiento Continuo

Con el fin de garantizar una adecuada operación del proyecto, se sugiere comenzar un proceso de comisionamiento continuo una vez se finalice el proceso de comisionamiento del proyecto. Esta guía no pretende ser una guía de comisionamiento continuo, para lo cual se deben revisar otras referencias, sin embargo enuncia la importancia de este proceso, el cual consiste en desarrollar un plan de 2 años en el cual se desarrollen diversas actividades, como es la actualización de los Requerimientos del Propietario, 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 como se muestra en la siguiente figura.



Este proceso será fundamental para lograr un adecuado desempeño del sistema en la operación.

6. Referencias Bibliográficas

- ACG. (2005). ACG Commissioning Guideline. Washington, D.C. Recuperado de <https://www.commissioning.org/commissioningguideline/>
- ASHRAE. (2010). ASHRAE 62.1 2010 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta, GA. Recuperado de https://www.techstreet.com/ashrae/standards/ashrae-62-1-2010?product_id=1720986
- ASHRAE. (2013). ASHRAE 202-2013 Commissioning Process for Buildings and Systems. Atlanta, GA. Recuperado de https://www.techstreet.com/ashrae/standards/ashrae-202-2013?product_id=1862482
- CIBSE. (2005). AM10 2005 Natural ventilation in non-domestic buildings. Londres. Recuperado de <https://www.cibse.org/Knowledge/knowledge-items/detail?id=a0q2000000817m2AAC>
- ISO International Standards Organization. (1998). Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities. Ginebra, Suiza. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/14562.html>
- USGBC. (2013). LEED v4 for building design and construction. Washington, DC. Recuperado de <https://www.usgbc.org/resources/leed-v4-building-design-and-construction-current-version>