



# **Implementación de sistema LEED como aporte ambiental para el control de erosión, sedimentos y escorrentías durante y postconstrucción del Edificio Torre Uno 93 – Bogotá D.C.**

En el marco del diplomado titulado:

## **Diplomado con énfasis en Gestión Ambiental**

Celebrado en la ciudad de Cajicá entre el 12 de 07 del año 2021 y el 18 de 08 del año 2021.

Presentado por:

**Luis Fernando Murillo González**

Universidad Militar Nueva Granada  
Facultad de Ingeniería Campus Nueva Granada  
Programa Académico de Ingeniería Civil  
Cajicá, Colombia  
Septiembre 2.021

# **Implementación de sistema LEED como aporte ambiental para el control de erosión, sedimentos y escorrentías durante y postconstrucción del Edificio Torre Uno 93 – Bogotá D.C.**

**Luis Fernando Murillo González**

Ensayo científico-académico para obtener el título de:  
**Ingeniero Civil**

Línea de Investigación:  
Gestión Ambiental

Grupo de Investigación:  
Individual

Universidad Militar Nueva Granada  
Facultad de Ingeniería Campus Nueva Granada  
Programa Académico de Ingeniería Civil  
Cajicá, Colombia

Septiembre de 2.021

## PARTE I: INTRODUCCION

Durante décadas pasadas, el ser humano ha desarrollado diferentes artefactos para generar energía o movimiento, desde la maquina a vapor en la revolución industrial hasta la combustión de un motor con gasolina, esto ha producido consecuencias ambientales que han permitido al ser humano caer en cuenta del impacto ambiental tan abrumador que se estaba generando, de ahí nacen diferentes conceptos como es el desarrollo sostenible, ser amigablemente ambiental y cientos de conceptos asociados con el medio ambiente.

Este plan para el Control de la Erosión, Sedimentación y Escorrentías (en adelante ESE) identifica las medidas que se implementarán por parte de la Constructora V3 durante todas las actividades involucradas en la construcción del proyecto Torre Uno 93 ubicado en la Carrera 11A # 93 – 35 Bogotá, Colombia. Durante todas las etapas de la construcción se aplicarán medidas de ESE hasta que esté terminada y las áreas alteradas por la misma hayan sido estabilizadas. Algunas medidas serán aplicadas durante el trayecto de la construcción del edificio, mientras otras serán desarrolladas al final del proyecto.

Para dar inicio con el presente ensayo se deben introducir varios términos relacionados con el proyecto, uno de los principales y que van a tratar durante todo el trabajo es el Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental lo que en ingles sería Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) es un programa certificado que ha venido tomando fuerza desde el año 1998 que fue desarrollado por US Green Building Council (USGBC) para diseñar, construir y certificar edificios verdes que son amigables con el medio ambiente. Existen diferentes programas en Estados Unidos, los cuales se encargan de calificar el desempeño que tienen los edificios ecológicos, por ejemplo, la Sociedad Estadounidense de ingenieros de calefacción, refrigeración y aire. (M. Bayraktar y Clayton R., 2009)

Durante el transcurso de tiempo se ha generado una guía de implementación LEED la cual se formuló a través de ciertas recomendaciones, sugerencias y diferentes aportes a nivel de experiencia profesional en el ámbito de la construcción. Se logra construir la guía LEED a través de la compilación de mucha información sustentada en proyectos aplicados a la vida real, donde se realiza una revisión de la literatura por dos razones: la primera es, permitió tener un énfasis más práctico y la segunda es que proporciona una acorde actualización a lo más novedoso. (M. Bayraktar y Clayton R., 2009)

Existen cuatro fases incluidas en la guía de implementación LEED: programa, diseño, construcción y post-construcción.

PROGRAMA	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN	POST-CONSTRUCCIÓN
<b>Requisitos del proyecto del propietario</b>  <b>Verificación del alcance</b> Determinar el nivel de puesta en servicio Formular un equipo verde Comprender los detalles de la construcción Determinar el nivel de compromiso LEED	<b>Diseño esquemático</b> Taller y reuniones LEED Desarrollar una base inicial de diseño Desarrollar diseño conceptual Gestión de valor Análisis de constructibilidad  <b>Desarrollo de diseño</b> Taller y reuniones LEED Modelado energético Gestión de valor Análisis de constructibilidad Finalizar la base del diseño Plan de gestión de residuos de la construcción  <b>Documentos de construcción</b> Taller y reuniones LEED Gestión de valor Análisis de constructibilidad Desarrollar un plan de puesta en marcha Revisión de diseño Desarrollar especificaciones Ejecutar plan de puesta en marcha Revise las presentaciones de los subcontratistas.	<b>Movilización</b> Reunión de lanzamiento LEED Documentación Monitoreo del sitio Monitoreo de material Monitoreo de la calidad del aire interior Pruebas estáticas  <b>Puesta en marcha, comprobación y pruebas funcionales</b>	<b>Aceptación y liquidación</b>  <b>Presentaciones finales de LEED</b>  <b>Taller de lecciones aprendidas</b>

**Figura 1.** Marco de la guía de implementación LEED. Imagen obtenida de (M. Bayraktar y Clayton R., 2009).

El sistema LEED, es un programa donde se certifican a terceros que diseñan y construyen para nuevos proyectos comerciales, residenciales o institucionales. Su desarrollo y surgimiento LEED nace a partir de la generación de conciencia y preocupaciones sobre los impactos ambientales negativos que pueden generar las diferentes construcciones. Su más reciente versión es la LEED v4, esta incluye innovadoras adaptaciones al sector del mercado para diferentes centros de datos, almacenes, hostelería, distribución, proyectos residenciales minoristas y de media altura, para garantizar que LEED se adapte a los aspectos únicos de cualquier proyecto. (USGBC, 2014) (C. Zhang y J. Chen., 2015)

Ahora bien, podría surgir una pregunta y es ¿De qué forma puede una construcción obtener créditos LEED, para ser certificada? La respuesta es que existen diferentes categorías para que un proyecto obtenga certificado y a su vez diferentes rangos de puntajes que permiten calificar o poner en una posición a un proyecto LEED:

Las categorías son: (1) Ubicación y transporte, (2) ambiente interior y calidad, (3) sitios sostenibles, (4) eficiencia del agua, (5) energía y atmósfera, (6) materiales y recursos, e (7) innovación y prioridad regional. Según su método de construcción e implementación sostenible con el medio ambiente se califica sobre cien (100) puntos base y se pueden obtener puntos extra según el diseño, esto con el fin de posicionar cada proyecto según los cuatro niveles de certificación existentes:

Certificado (40 a 49 puntos)

Plata (50 a 59 puntos)

Oro (60 - 79 puntos)

Platino (80 puntos y más).

Se tuvieron en cuenta diferentes estudios donde se examinaron los obstáculos presentes para adquirir una mayor integración de la sociedad a la aceptación de la certificación LEED y se descubre que la primera limitante es el costo de cada edificio que aspire ser amigable con el medio ambiente. Ejemplo: (Kats, 2003) comparó los costos de treinta y tres (33) construcciones LEED en Estados Unidos y el estudio demostró que los edificios LEED Platino cuestan un 6,50% más que edificios convencionales, seguidos de los edificios LEED Plata (2,11%), edificios LEED Oro (1,82%) y Certificación LEED (0,66%). Sin embargo, cabe resaltar que este resultado varía según el país, ciudad o estado donde se va a desarrollar el proyecto, este orden fue diferente en el estudio de (Miller, 2008), el cual establece un costo del 8.6% para edificios LEED de Platino en comparación con los edificios con Certificación LEED, seguido de los edificios LEED Oro (4.0%) y edificios LEED Plata (1,9%). (C. Zhang y J. Chen., 2015).

Para entender un poco más se debe mencionar un tema fundamental y es la eficiencia energética de un edificio, que puede depender de varios fenómenos como la geometría de la estructura física del edificio, el comportamiento de los habitantes en mantener el confort térmico y la calidad del aire, las condiciones climáticas, y fuentes de energía integradas a los edificios (Paudel, 2015).

Debido a los anteriores resultados de los estudios se pretende generar ahorros más significativos mejorando la eficiencia energética, al mismo tiempo mantener una construcción satisfactoria con el medio ambiente, esto ha impulsado a los investigadores y profesionales a generar diferentes modelos físicos predictivos para las nuevas construcciones amigables con el medio ambiente. Por consiguiente, se hace revisión de la literatura destacada en un enfoque convencional para evaluar el desempeño de LEED en el ahorro de energía. Por ejemplo, los académicos han comparado el consumo real de edificios LEED a la de las contrapartes que no son de construcción LEED. (White y Reichmuth, 1996)

El objetivo del estudio que se toma como referencia para argumentar el ensayo es exponer un método de evaluación novedoso que investiga la relación que tiene la certificación LEED y el consumo de energía real de un edificio mediante la investigación de un estudio de caso de edificios con certificación LEED en la zona climática 2B. Primero consiste en desarrollar y probar ocho (8) modelos de desempeño para trece (13) edificios no LEED, posteriormente se procede a analizar los modelos de cinco edificios con certificación LEED y comparar los resultados. Se muestran las diferencias en el uso de energía entre LEED y los edificios que no son

LEED y como resultado se descubre que no son tan grandes como se esperaba. (A.Chokor, S.M.ASCE y Mounir, 2016).

“Debido a estos estudios presentados donde se encuentra muy poca eficiencia de edificios LEED respecto a los que no son LEED, se planea una mejora emergente en la eficiencia energética de los edificios, los investigadores han desarrollado predicciones físicas y modelos basados en datos reales para el consumo de energía eficiente. Cabe resaltar que las características físicas tienen como objetivo calcular el comportamiento del consumo de energía presente en el edificio, estos datos son en general muy precisos debido a la inspección y recopilación de datos continuamente para tener actualizados todos los parámetros, el único problema es que a veces se hacen tediosas estas medidas y esto genera que los enfoques sean poco prácticos en algunas aplicaciones”. (A. Chokor, S.M.ASCE y Mounir, 2016).

Se procede a desarrollar la investigación mediante la determinación de un punto de referencia para construir un modelo que permita ver el consumo de energía en un edificio con instalaciones no LEED ubicadas en el área seleccionada del proyecto. Para llevar esto a la práctica y vida real, se deben comparar los datos de la precisión (cercanía de un valor a su valor real) y robustez (efectividad del modelo mientras se prueba en un nuevo conjunto de datos independiente) de los siguientes modelos de regresión predictiva para electricidad, calefacción y refrigeración para el consumo de energía de edificios no LEED:

- (1) Múltiples regresiones lineales (MLR).
- (2) Regresión de aumento de gradiente (GBR).
- (3) Regresión forestal aleatoria (RFR).
- (4) Clasificación y regresión árbol (CART).
- (5) Regresión de k vecinos más cercanos (K-NN).
- (6) Regresión de la cresta del núcleo (KRR).
- (7) Regresión de la cresta bayesiana (BRR).
- (8) Admiten regresión vectorial (SVR).

En general se seleccionan modelos de consumo precisos y robustos partiendo de los tres criterios de desempeño mencionados anteriormente. Para finalizar, los modelos se aplican sobre los edificios con certificación LEED para probar la diferencia de comportamientos respecto a el índice de referencia no LEED. (A. Chokor, S.M. ASCE y Mounir, 2016).

## PARTE II: PLANETAMIENTO DE LA TESIS

Para la implementación de sistemas LEED en la construcción del Edificio Torre Uno 93 ubicado en Bogotá – Cundinamarca, para el control de la erosión, sedimentación y escorrentía, se reúnen diferentes empresas para realizar un estudio favorable en la construcción de varios edificios, para nuestro caso aplicado en particular, la Constructora V3, expresa su interés en adaptar y aplicar un plan de implementación LEED para obtener una certificación en el caso de estudio.

**Se formula un Equipo Verde:** Se debe tener un líder con experiencia LEED participante del equipo o un grupo de consultores externos. El líder debe de garantizar reuniones, archivando los documentos LEED, es importante mantener a todo el personal motivado y enfocado durante el proyecto. El propósito principal es mejorar la comunicación entre las diferentes disciplinas, Las reuniones se utilizan para examinar métodos de diseño alternativos. (M. Bayraktar y Owens, 2009).

**Comprender los aspectos específicos de la construcción:** Los detalles que presente el edificio, serán atendidos por el Equipo Verde para diseñar de manera óptima. Como mínimo, las siguientes preguntas. Se deben abordar las siguientes cuestiones: (1) cuál es el tamaño previsto del edificio, (2) cuál es el propósito previsto del edificio, (3) que tipo de edificio será, (4) quiénes son los futuros ocupantes. (5) tiene se ha establecido la ubicación del proyecto. (M. Bayraktar y Owens, 2009).

**Determinar el nivel de compromiso:** Para determinar el nivel de compromiso LEED, el propietario dictará muchas de las decisiones y estrategias ecológicas empleadas para el proyecto. Para determinar este compromiso, deben ser respondidas tres preguntas: (1) cuánto dinero está dispuesto a gastar el propietario Certificación LEED; (2) cuál es la motivación LEED del propietario, (3) ¿cuál es el nivel deseado de certificación LEED? El costo es obviamente el factor más importante porque establece los parámetros en las opciones LEED disponibles. (M. Bayraktar y Owens, 2009).

**Diseño Charrette:** La subfase es una lluvia de ideas del Equipo Verde sesión que tiene lugar antes del diseño de un edificio. El objetivo es examinar en colaboración los métodos de diseño LEED y alternativas. Hay cinco tareas asociadas con el diseño Charrette (subfase) que incluye: (1) Comprender OPR y desarrollar objetivos sostenibles; (2) Determinar la ubicación; (3) Plan de acción LEED; (4) Identificar problemas únicos del proyecto; y (5) Registrar el proyecto con el USGBC. (M. Bayraktar y Owens, 2009).

**Comprender OPR y desarrollar objetivos sostenibles:** La actividad más importante durante la subfase del diseño Charrette es comprender completamente la OPR. Antes de que se tomen decisiones o métodos ecológicos, el Equipo Verde debe comprender lo que el cliente desea de su proyecto LEED. esto salvará el tiempo y dinero del equipo al reducir la posible necesidad de asumir sobrecostos. Una vez que la OPR se entienda completamente, el Equipo Verde debe desarrollar metas de sustentabilidad que se adhieran a ella. (M. Bayraktar y Owens, 2009).

**Ubicación:** Puede suceder que el cliente no ha establecido una ubicación específica para el proyecto, este no es el caso, es importante seleccionar un sitio que brinda mayor oportunidad para recibir créditos LEED, el proyecto se encuentra en la Carrera 11A # 93 – 35 Bogotá, Colombia. Hay cuatro créditos que se puede lograr con poco costo adicional para el proyecto como el desarrollo en áreas urbanas con infraestructura existente o rehabilitar "un sitio dañado donde el desarrollo es compatible debido a la contaminación ambiental". (M. Bayraktar y Owens, 2009).



**Figura 2.** Ubicación del proyecto en Bogotá. Imagen obtenida de: Estudio Bioclimático de Edificio Torre Uno 93

**Plan de acción LEED:** Inicialmente el Equipo Verde debe determinar cómo lograr los requisitos previos, para cada categoría LEED antes de determinar qué créditos perseguir para el proyecto. Es importante tener en cuenta que todos los requisitos previos de una categoría en particular deben satisfacerse los créditos solicitados para contar con la certificación LEED. Los proyectos deben lograr optimización del rendimiento energético para obtener puntos y lograr la certificación LEED. (A.M.ASCE; y Clayton, 2009). En la discusión (ítem III) se encuentra más a detalle

el plan precedente para nuestro caso de estudio, donde se aprecia que todo lo abordado en el planteamiento de la tesis es necesario para sacar un proyecto LEED adelante.

**Identificar problemas únicos del proyecto:** Aun en la planificación del proyecto, es relevante identificar y predecir posibles problemas relacionados con la certificación LEED al transcurso de un proyecto. Es necesario este ítem debido a que la identificación de estos problemas brinda la oportunidad de tener alternativas que evitan tener costos adicionales durante el proyecto o compromisos que deben hacerse antes de cualquier surgen problemas de incumplimiento, se recomienda que la detección de problemas sea continuamente examinados y discutidos en las reuniones LEED. (A.M.ASCE; y Clayton, 2009).

**Registro el proyecto con USGBC:** Una vez que el Equipo Verde ha desarrollado su Plan de acción LEED, el líder del equipo necesita registrar el proyecto con USGBC (US Green Building Council). El registro es hecho a través de un formulario en línea ubicado en el sitio web de USGBC, el formulario presenta preguntas de la actualidad, como tipo de proyecto, información del proyecto, información del propietario e información de contacto (Líder del equipo verde). Después de ser registrado el proyecto, el Equipo Verde tiene acceso a "LEED Online", que puede ayudar con el seguimiento de los créditos previstos. (M. Bayraktar y Owens, 2009).

**Fase de diseño:** Esta fase de diseño consta de tres subfases: *diseño esquemático*, *desarrollo de diseño* y *documentos de construcción*.

- ***Diseño esquemático***

En este ítem se abordan temas con gran relevancia para poder cumplir con el objetivo del proyecto, empleando mecanismos simples de ejecutar, haciendo que las actividades sean mucho más sencillas. Además, se plasman todas las ideas con base en la creatividad y gustos del propietario.

**Taller LEED y reuniones posteriores:** La primera actividad que debe realizarse es un taller LEED con el Equipo Verde, el objetivo es planificar todas las actividades para el próximo diseño esquemático. Además, el Equipo Verde necesita determinar si hay algún cambio en el proyecto que afectará a futuro; de ser así, es necesario actualizar el Plan de acción LEED. Esto también es una aprobación para discutir diferentes estrategias y métodos LEED para ir logrando puntos LEED adicionales. Las reuniones regulares se deben mantener después de la inicial, se recomienda que se realicen en intervalos semanales, esta frecuencia permite que todas las disciplinas puedan comunicarse continuamente, proporcionar una retroalimentación constante y ofrece sugerencias de diseño que a su vez mejoran el rendimiento. Estas reuniones también proporcionan un medio para que se aborden los problemas y resuelvan de forma oportuna, el líder del Equipo Verde debe crear una agenda

semanal debido a que es importante desarrollar objetivos y elementos de acción. (M. Bayraktar y Owens, 2009).

**Desarrollar una base inicial de diseño:** Una intención de diseño, como se conoce comúnmente, es una narrativa dinámica del proyecto que proporciona el razonamiento para tomar decisiones sobre su construcción. Suele ser creado por un ingeniero esencialmente para abordar la certificación LEED, el documento debe mantenerse claro a lo largo de la duración del proyecto. La autoridad de la comisión determina si el diseño cumple con las expectativas del propietario, como mínimo, es necesario abordar las siguientes áreas: (1) calefacción, ventilación, sistemas y controles de aire acondicionado; (2) sistema de iluminación interior y controles; (3) sistema de calentamiento de agua; y (4) energía renovable sistema (si aplica). (M. Bayraktar y Owens, 2009).

**Desarrollar diseño conceptual:** Se determinan los parámetros del proyecto para hacer la tarea de diseñar a gusto del cliente. Es importante continuar con el enfoque de diseño integrado durante esta tarea, ya que es la forma más adecuada y eficaz de diseñar un edificio LEED. Se utiliza el diseño conceptual para resaltar la necesidad del propietario al tiempo que refleja el uso del edificio. (Hansen 2005).

**Gestión de valor:** La tarea que ejerce la gestión de valor es ahorrar dinero haciendo que los diseños sean más rentables y eficaces, se adopta el término "gestión de valor" sobre el término "ingeniería de valor". Si un proyecto está bajo de presupuesto, es importante hacer un diseño / construcción con alternativas más económicas, la gestión de valor debe ser una práctica de proyecto continua que se aborde durante las reuniones LEED programadas. (A.M.ASCE; y Clayton, 2009).

**Análisis de constructibilidad:** Es un proceso donde se examina el diseño de un edificio con el fin de determinar la facilidad y viabilidad de construir el componente diseñado. Se tienen detalles del diseño como el espacio de la construcción, espacio para instalar accesorios, mantenimiento de equipos y controles, la selección de la estructura, etc. Existen beneficios al realizar un análisis de constructibilidad, como mayor calidad, reducción de trabajo y tiempos de producción más rápidos. El director de obra o el contratista general tractor debe estar involucrado en las reuniones semanales del Equipo Verde. (A.M.ASCE; y Clayton, 2009).

- **Desarrollo de diseño**

Durante esta fase se mantienen las reuniones de la misma forma como en el *diseño esquemático*, adicionalmente se abordan aspectos mas encabezados a la realidad que se pretende llevar el proyecto, el diseño inicia su ejecución y se replantean posibles ideas para complementar el diseño.

**Taller LEED y reuniones posteriores:** El taller LEED y las reuniones posteriores regulares deben ser realizadas también en la subfase de desarrollo de diseño con los mismos parámetros que se describe en la subfase de diseño esquemático.

**Modelado de energía:** Es una herramienta importante para cuantificar, realizar y confirmar cálculos de energía que se pueden utilizar para determinar los parámetros de diseño. Por ejemplo, puede proporcionar una mejor ubicación para ventanas, y puede corregir la orientación de un edificio. El modelado y la simulación es usualmente realizado por un arquitecto con la ayuda de un ingeniero la simulación nunca debe usarse como verificación herramienta porque las estimaciones a menudo no reflejan el rendimiento almacenado del sistema; por lo tanto, solo se usan para hacer ajustes al diseño según sea necesario. (M. Bayraktar y Owens, 2009).

**Gestión de valor y análisis de constructibilidad:** La gestión del valor y el análisis de constructibilidad deben mantenerse en cada reunión LEED de acuerdo con las instrucciones proporcionadas vistas en la subfase de diseño esquemático.

**Finalizar la base del diseño:** La autoridad de la comisión utilizará el BOD (Basis of Design) junto con el OPR (Owners Project Requirements) para determinar si el diseño cumple con las expectativas del propietario. El diseño debe mantenerse preciso durante la duración del proyecto, es importante contar con la ayuda de la autoridad de comisionamiento en la finalización del BOD a medida que se responsabiliza de revisarlo durante la puesta en servicio. (M. Bayraktar y Owens, 2009).

**Desarrollar un plan de gestión de residuos de la construcción:** Debe tener gran relevancia en proyectos LEED y es necesario elaborar un plan antes de que comience la construcción, existen dos métodos para controlar los escombros de la construcción y la eliminación de desechos: clasificarlo in situ o contratar una empresa de clasificación independiente (o juntos métodos). Se utiliza un transporte y la empresa que clasifica y manejar los residuos de la construcción esto puede ahorrar tiempo, trabajo, espacio. (M. Bayraktar y Owens, 2009).

Para

- ***Documentos de construcción***

Para dar sostenibilidad y desarrollo al proyecto se deben organizar de manera eficaz los documentos que sean requeridos para validar la construcción del edificio. En caso de necesitar alguna revisión posterior, se puede recurrir mediante estos archivos para corroborar lo solicitado, según el caso.

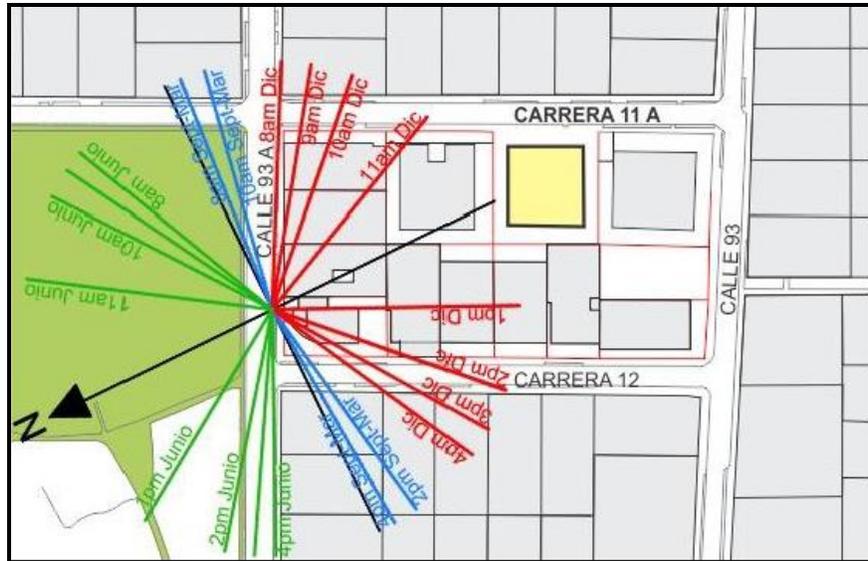
**Taller LEED y reuniones posteriores:** El taller LEED y las reuniones posteriores deben ser realizadas bajo los mismos parámetros y objetivos como se describe en la etapa del diseño anterior.

**Gestión de valor:** Es importante realizar el análisis de gestión de valor final durante la subfase del documento de construcción, ya que este tiempo es la última posibilidad de realizar cambios de diseño sin necesidad de volver a trabajar. (M. Bayraktar y Owens, 2009).

**Análisis de constructibilidad:** Este aspecto contribuye a una construcción más enfocada en la trazabilidad del análisis a lo largo de la fase de diseño en lugar de esperar hasta la subfase del documento de construcción, el análisis de constructibilidad se llevará a cabo al 50 y 100% de finalización del documento. Desarrollar un plan de puesta en servicio, si el Equipo Verde opta por la comisión mejorada, para la puesta en marcha, es necesario seleccionar una autoridad encargada. (A.M.ASCE; y Clayton, 2009).

**Desarrollar un plan de puesta en servicio:** Se deben abordar los siguientes elementos: (1) información general del proyecto; (2) metas de puesta en servicio; (3) sistemas que se pondrán en servicio; (4) información del equipo encargado de la puesta en servicio; (5) proceso de puesta en servicio actividades, horarios y responsabilidades; y (6) determinar la necesidad o deseo de una puesta en servicio adicional. (A.M.ASCE; y Clayton, 2009).

**Revisión de diseño:** Antes de completar el 50% de los documentos de construcción, se debe realizar una revisión completa del diseño. Esta revisión asegurará que los diseños actuales son compatibles con el OPR y el DBO. Adicionalmente, todo el Equipo Verde debe participar en este programa, es importante realizar esta revisión inicial del diseño y corregir cualquier problema antes de que la autoridad encargada realice una revisión ficticia según el crédito de puesta en servicio mejorado, implicando asumir una responsabilidad adicional. (A.M.ASCE; y Clayton, 2009).



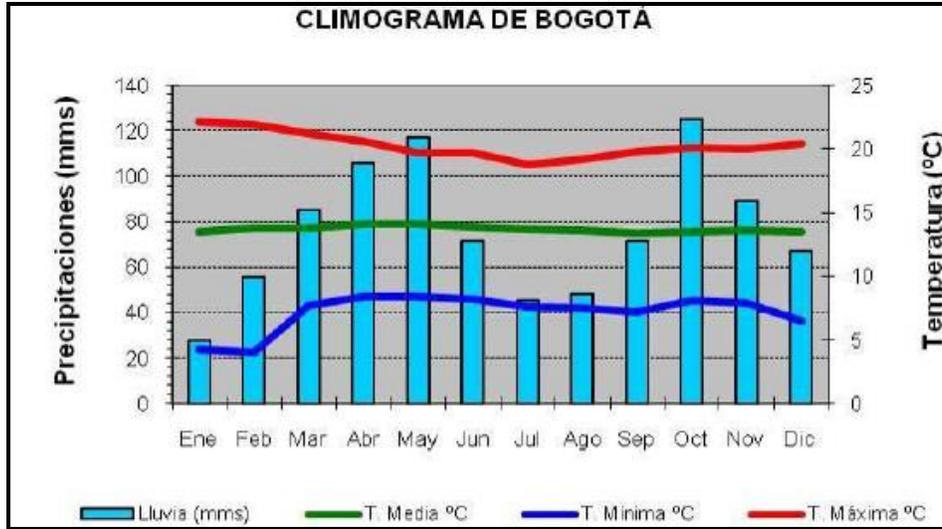
**Figura 3.** Trayectoria solar en la ubicación del proyecto en Bogotá. Imagen obtenida de: Estudio Bioclimático de Edificio Torre Uno 93



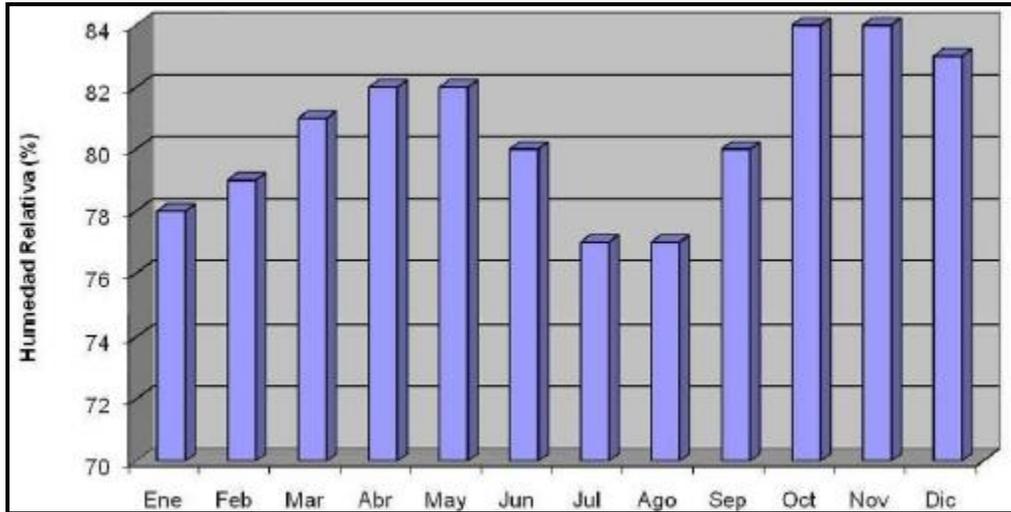
**Figura 4.** Ventilación natural en la ubicación del proyecto en Bogotá. Imagen obtenida de: Estudio Bioclimático de Edificio Torre Uno 93.

La ventilación natural tiene tres funciones fundamentales:

- Mantener la calidad del aire al interior de los edificios cambiando el aire viciado por el aire nuevo. Renovaciones por higiene. ASHRAE 62.1 -2007
- Participa en el confort térmico del cuerpo, ayudando a la pérdida de calor, por convección y por evaporación del sudor. Confort Térmico ASHRAE 55 – 2004.
- Proporciona el enfriamiento de la masa interna del edificio en ciertas condiciones. Ventilación Natural. (Reducción de las cargas térmicas exteriores).



**Figura 5.** Climograma de Bogotá de rangos de temperaturas y precipitación de Bogotá (Anual). Fuente: IDEAM y EKO-ARK



**Figura 6.** Humedad Relativa de Bogotá (Anual). Fuente: IDEAM

**Desarrollar especificaciones:** Uno de los aspectos más importantes en el establecimiento de las especificaciones es abordar los objetivos sostenibles planteados que fueron previamente descritos en el Diseño Charrette. Si las especificaciones no contienen los requisitos LEED necesarios, existirá la posibilidad de costosas órdenes de cambio posteriormente durante el proyecto para lograr la certificación deseada. Además de estos objetivos, deben contener el plan de puesta en servicio para que los contratistas se motiven aún más por el proyecto. (A.M.ASCE; y Clayton, 2009).

**Revise las presentaciones de los subcontratistas:** Cada proyecto es único y por ende, tiene sus propios requerimientos, relacionados con la selección de subcontratistas. Como regla general, los profesionales de la construcción con

experiencia recomiendan seleccionar los subcontratistas antes de cualquier cambio de diseño que requiera una orden de cambio, que tiene pueda producir el aumento de los costos y provocar un retraso. (A.M.ASCE; y Clayton, 2009).

Todo lo anteriormente mencionado hace referencia al orden que debe seguir la estructura del plan LEED diseñado, según las indicaciones expuestas por el propietario y clientes del Edificio Torre Uno 93 – Bogotá D.C. Su construcción se basa en artículos científicos donde se demuestra la importancia de seguir los pasos establecidos para obtener un desarrollo eficaz durante y después de su construcción. Su procedimiento es lógico y conciso, se encuentra ordenado de tal forma que es muy fácil entender su planteamiento.

### **PARTE III: DISCUSION**

Para argumentar el enfoque anteriormente planteado, y sustentar de manera practico-teórica el direccionamiento que se ha venido dando al ensayo se procede a ejecutar el plan LEED siguiendo los respectivos lineamientos:

#### **Medidas de Control**

##### **I. Manejo de la capa superficial de tierra:**

El suelo superficial es la capa de tierra donde se encuentran en mayor concentración los componentes orgánicos, microorganismos y nutrientes. La pérdida de esta capa es una de las consecuencias más importantes de la erosión, y afecta el crecimiento de las plantas, el flujo de agua y la biodiversidad del sitio. Por esta razón es importante aplicar medidas para su preservación. En sitios de obra que anteriormente no hayan sido desarrollados, hayan sido zonas verdes o donde haya existido capa superficial se deberán aplicar todas o algunas de las siguientes medidas para la preservación de la misma.

###### **a) Recolección y almacenamiento para uso posterior:**

Se identificará donde existe suelo superficial en la obra, y este será removido antes del inicio de las actividades. Este suelo se almacenará y su lugar de almacenamiento se protegerá de las posibles fuentes de erosión como escorrentía y viento, utilizando medidas para evitar la pérdida del mismo y mantener su calidad de suelo fértil. Este suelo se reutilizará en las zonas verdes, materas, jardines, etc. que habrá en la estructura construida.

###### **b) Estabilización de suelos:**

En caso de haber zonas del lote que no serán intervenidas durante el proceso de construcción y presenten suelo superficial, estas deberán ser estabilizadas para evitar la pérdida del mismo. Existen diversas maneras de estabilizar los suelos:

- **Estabilización Química:** Consiste en la aplicación de ciertos químicos no tóxicos al suelo para evitar la erosión del mismo por agua o viento. Uno de los químicos más utilizados para esto es una solución Aniónica de Poliacrilamida soluble en agua. Es indispensable leer las indicaciones del químico utilizado para conocer su toxicidad, y el método apropiado de aplicación.
- **Utilización de mantos:** Consiste en cubrir las zonas de suelo superficial con una manta (puede ser de cualquier material no tóxico incluyendo plásticos y geotextiles) para evitar la erosión. Estas mantas disminuyen el impacto de lluvia, escorrentía y viento sobre la capa superficial. Deben ser instaladas con cuidado, deben estar bien ancladas al suelo, y deben permitir el paso de la lluvia, pero no el de cantidades importantes de tierra.
- **Siembra permanente:** Siembra de vegetación permanente. Se debe utilizar en las zonas donde se espera que vaya a haber vegetación después de terminado el proyecto.
- **Siembra temporal:** Siembra de vegetación temporal como lo pueden ser algunas leguminosas o gramíneas anuales (plantas tipo cereal como centeno o ciertos pastos). También se puede utilizar pasto. Este estilo de vegetación puede ser retirada cuando se necesite utilizar la tierra para algún otro propósito.

## **II. Manejo de sedimentos y escorrentía:**

Durante la obra es necesario llevar a cabo un manejo de los sedimentos en el agua, para disminuir la contaminación por parte de estos a cuerpos de agua o alcantarillados. Para esto es necesario controlar la escorrentía e impedir la salida de los sedimentos presentes en ella desde el área de la construcción, utilizando algunas o todas de las siguientes medidas.

### **a) Manejo de escorrentía:**

La escorrentía generada por las lluvias es una fuente importante de erosión. También puede llegar a ser una fuente de contaminación si no se controla su flujo, y el camino que sigue dentro de la obra. Este tema es de especial importancia en lotes donde existan pendientes.

- **Encause de escorrentía:** Utilización de canales o crestas para encausar o desviar la escorrentía generada por las lluvias disminuyendo el impacto de esta sobre los suelos. De esta manera se logra que la escorrentía no fluya hacia donde no se desea, como excavaciones y estructuras de almacenamiento, y se disminuye su escape hacia afuera de la obra.
- **Almacenamiento de químicos y materiales contaminantes:** Todos los químicos, aceites, combustibles y materiales contaminantes dentro de la obra

deben ser almacenados según las indicaciones del fabricante y en áreas que no entren en contacto con el flujo de la escorrentía. Los sitios de almacenamiento deben estar cercados por un cerramiento impidiendo la entrada de escorrentía al sitio, o la salida de materiales en caso de derrame.

- Almacenamiento de tierras, lodos y arenas: Dentro de lo posible se deberá intentar almacenar la menor cantidad de estos materiales dentro de la obra. En caso de ser necesario, el sitio de almacenamiento deberá estar lejos del flujo de escorrentía y los montículos de materiales se deberán cubrir con plásticos o geotextiles. En el caso de tierra y lodos producidos por las excavaciones, estos se deberán retirar del sitio de la obra en volquetas con celeridad después de ser producidos.

b) Manejo de sedimentos:

El agua que sale del sitio de obra muy probablemente presenta sedimentos. Estos sedimentos pueden afectar las zonas aledañas al lote utilizado si viajan en la escorrentía. Además, estos sedimentos afectan las vías de alcantarillado contribuyendo a que estas se tapen, y contaminan las aguas que viajan por ellas. Por tanto, se necesita aplicar medidas para que estos sedimentos se queden en el sitio de obra y no entren en las vías de alcantarillado. Las siguientes medidas serán útiles para controlar estos sedimentos.

- Valla de sedimentos: Normalmente existe un espacio entre la base del metal utilizado para el cerramiento y el piso. A través de este espacio la escorrentía puede llegar a salir del sitio de obra. Por tanto, es necesario instalar una valla de sedimentos utilizando algún tipo de malla o geotextil que disminuya la salida de los sedimentos que acompañan esta escorrentía. Aunque la instalación de esta malla es el método más eficiente para impedir la salida de sedimento, por lo menos debe existir una barrera vegetal (por ejemplo, pasto alto), de madera o de ladrillo que ocupe ese espacio e impida la salida de los sedimentos.
- Tanque de sedimentación: Toda el agua usada de la obra (agua que, apozada en las excavaciones, aguas provenientes de las cortadoras de ladrillo, etc.) debe pasar por tanque de sedimentación antes de salir de la obra y entrar en las vías de alcantarillado. Si no es posible el paso de toda, por lo menos el agua usada por las cortadoras si deberá pasar por tanque de sedimentación antes de entrar al alcantarillado.
- Filtros en las rejillas: Se instalará telas geotextiles o mallas de huecos pequeños cubriendo las rejillas de alcantarillados para que el agua para disminuir la cantidad de sedimentos que entra en el alcantarillado. Estas telas tendrán que estar bien posicionadas de tal manera que toda el agua que

entre en el alcantarillado sea filtrada, y no existan flujos de agua por los lados de la malla que entren sin ser filtrados. Esta malla o tela deberá ser cambiada con cierta frecuencia para que no se sature de sedimento y pierda su utilidad como filtro.

- Cuadrillas de Limpieza: Deberán existir cuadrillas de limpieza encargadas de limpiar cualquier residuo generado en las calles y zonas aledañas al sitio de obra. Esta limpieza se debe hacer lo más pronto posible después de la generación del residuo.

c) Control de Polvo:

Durante las construcciones se producen grandes cantidades de polvo y estas salen del sitio de la obra gracias a los vientos. Para evitar que esto afecte las zonas aledañas a la obra, se deben aplicar medidas que disminuyan la generación de polvo y otras que eviten la salida de este. Estas medidas se enumeran a continuación:

- Cerramiento: Alrededor de todo el sitio de obra deberá haber un cerramiento de mínimo de 2.5m de alto. Entre más alto sea el cerramiento menor será la cantidad de polvo que podrá escapar de la obra.
- Salida de la obra: En el sitio de salida y entrada de equipos a la obra se deben instalar zonas de lavado de los vehículos. En ellas se debe limpiar con agua las llantas y partes bajas de los vehículos que salen de la obra para evitar la salida de barro y polvo desde el sitio de obra. Estas estaciones de limpieza pueden tener cárcamos de rejilla para la recolección del agua utilizada en esta actividad. Otra estrategia útil es crear una plataforma de salida hecha de piedras de mediano tamaño para que el barro que viene en las llantas de los vehículos caiga en la plataforma y se pegue a las piedras. La plataforma deberá tener el mayor tamaño posible, teniendo en cuenta las condiciones del lote, ya que a mayor tamaño más limpieza de llantas se logrará. Esta plataforma deberá limpiarse con frecuencia para evitar la acumulación de barro que impida el buen funcionamiento de la misma.
- Riego de agua: Durante la obra se deberán regar periódicamente las superficies productoras de polvo para mantener su humedad y disminuir la cantidad de polvo liberado. Cuando se desechen materiales desde pisos superiores a través de los ductos de metal instalados para este propósito, estos residuos se deberán mojar ANTES de desecharse para evitar la generación de polvo al caer.
- Cubierta de volquetas: Las cargas de las volquetas que lleven tierra o barro serán cubiertas con geotextiles o plásticos para disminuir la liberación de polvo durante su trayecto hasta el sitio de disposición de los desechos.

- Malla alrededor de los pisos superiores: Cuando se estén construyendo los pisos superiores de la edificación, se deberán cubrir las fachadas con malla polisombra lo cual ayudará a disminuir el polvo liberado desde estos pisos, además de tener ventajas en términos de seguridad para los obreros.

**III. Mantenimiento:**

Se deberán realizar inspecciones periódicas del cumplimiento de todas estas medidas. Estas inspecciones deberán ser en tiempos igualmente espaciados, y deberán hacerse mínimo 5 inspecciones durante la obra. Se deberá realizar un pequeño informe de cada inspección donde se especifique qué medidas se están aplicando y cuáles de estas necesitan mantenimiento. Este informe debe ir acompañado por fotos de algunas de las medidas utilizadas, tomadas el día de la inspección. Se deberán tomar todas las medidas necesarias para mantener asegurar el buen funcionamiento del plan de ESE. En caso de que el contratista considere que se deberá utilizar alguna medida que no esté observada en este plan, bien podrá realizarla siempre y cuando las incluya en el pequeño informe.

Adicionalmente se hace un procedimiento para seleccionar edificios que operen de manera LEED como no LEED, para seleccionar un proyecto LEED, no es necesario que presente alguna renovación importante o cambios en la parte operacional durante los últimos 10 años. Además, todos los edificios seleccionados deben clasificarse dentro del mismo tipo y deben estar ubicados dentro de la misma zona climática. La recopilación de información consiste en reunir datos meteorológicos, características y horarios de los edificios, y datos de consumo. Dichos datos incluyen parámetros para el enfriamiento, electricidad y calefacción para todos los edificios presentados. Para poder plasmar lo anteriormente mencionado, se crea un modelo de desarrollo donde se comparan ocho métodos de regresión, que puede predecir el consumo de energía de los edificios no LEED. (A.Chokor, S.M.ASCE y Mounir, 2016).

Método	Electricidad			Enfriamiento			Calefacción		
	CVRMSE (%)	NRMSE (%)	R <sup>2</sup> (%)	CVRMSE (%)	NRMSE (%)	R <sup>2</sup> (%)	CVRMSE (%)	NRMSE (%)	R <sup>2</sup> (%)
Regresión lineal múltiple (MLR)	37,18	8,47	10,07	55,66	14,71	40,40	60,95	10,69	16,95
Regresión de aumento de gradiente (GBR)	10,04	2,29	92,83	23,83	6,30	88,30	31,83	5,58	77,35
Regresión de bosque aleatorio (RFR)	11,56	2,63	92,65	27,79	7,35	85,01	33,85	5,94	74,46
Árbol de clasificación y regresión (CART)	12,21	2,78	91,46	36,58	9,67	72,37	38,97	6,84	70,92
Regresión de vecinos K-más cercanos (K-NN)	17,89	4,07	78,25	35,22	9,31	74,41	37,31	6,55	67,62
Regresión de la cresta kernel (KRR)	17,80	4,06	82,79	37,97	10,04	75,40	37,11	6,51	70,33
Regresión de la cresta bayesiana (BRR)	39,22	8,93	10,12	57,32	15,15	38,38	66,44	11,66	17,31
Soprote de regresión vectorial (SVR)	18,01	4,10	82,88	36,40	9,62	73,88	34,91	6,12	73,74

**Figura 7.** Modelo de desarrollo de la predicción del consumo de energía. Imagen obtenida de: (A.Chokor, S.M.ASCE y Mounir, 2016).

CVRMSE (Cross Validation Root Mean Squared Errors / Errores cuadráticos medios de la raíz de validación cruzada).

NRMSE (Normalized Root Mean Square Error / Error cuadrático medio de la raíz normalizada).

Todo se realiza con el fin de seleccionar los mejores modelos basados en tres criterios que miden el rendimiento de ajuste y la desviación de las diferencias entre los valores predichos y observados. Como el coeficiente de determinación, coeficiente de errores cuadráticos medios de la raíz de validación cruzada y error cuadrático medio normalizado. El análisis de regresión busca establecer una relación entre una variable dependiente (en este caso el consumo de energía variables: electricidad, refrigeración y calefacción) y dos o más variables independientes. (Braun, 2014). Para establecer el análisis de regresión, se hace la validación en dos pasos distintos: entrenamiento y prueba. El entrenamiento es una submuestra extraída del gran conjunto de datos puede considerarse el modelo más robusto (Hertz, 2006). Todo se realiza con el fin de verificar que los edificios LEED si son sostenibles y amigables con el medio ambiente, por ende, se aconseja su implementación en proyectos verdes.

En la figura 8 se aprecia un ejemplo de los parámetros que se midieron en el Edificio Torre Uno 93 en la planta 3 y la aplicabilidad del artículo que se toma como referencia para argumentar lo expuesto en el ensayo.

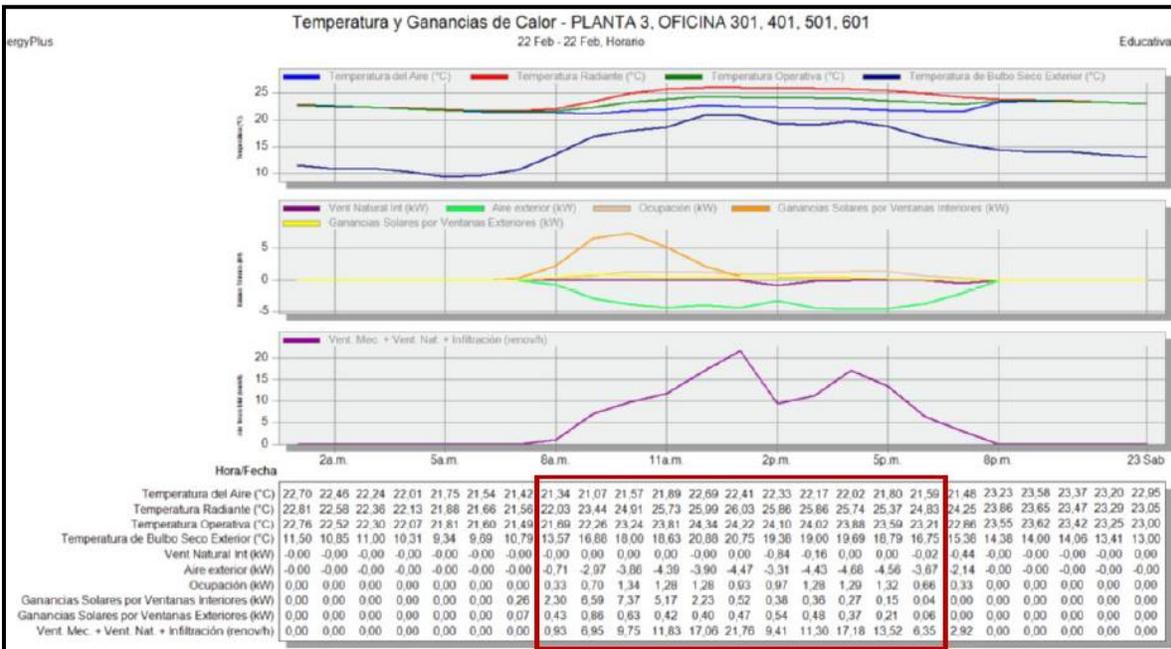


Figura 8. Ejemplo de parámetro medidos en la planta 3 del proyecto. Imagen obtenida de: Estudio Bioclimático de Edificio Torre Uno 93.

## PARTE VI: CONCLUSIONES

- Se logra diseñar un plan LEED para la construcción del edificio Torre Uno 93 en Bogotá que consta de un orden puntual para concluir su desarrollo, el estudio se basa en datos reales obtenidos en el sector del proyecto, como temperatura, humedad, trayectoria solar, etc. El enfoque guiado va de la mano con los temas desarrollados durante el diplomado en Gestión Ambiental como claramente es un aporte ambiental el tener un edificio LEED.
- Para determinar un análisis se concluye que se es primordial realizar inspecciones periódicas del cumplimiento de todas las medidas anteriormente mencionadas. Estas inspecciones deben ser en tiempos igualmente espaciados, y deben hacerse mínimo 5 inspecciones durante la obra. Se recomienda realizar un pequeño informe de cada inspección donde se especifique qué medidas se están aplicando y cuáles de estas necesitan mantenimiento. Adicionalmente incluir fotos de las medidas adaptadas de las medidas utilizadas, tomadas el día de la inspección. Se deberán tomar todas las medidas necesarias para mantener asegurar el buen funcionamiento del plan de ESE.
- Este documento determina el impacto de la certificación LEED en la construcción del Edificio Torre Uno 93 ubicado en la Carrera 11A # 93 – 35 Bogotá, Colombia. Las contribuciones de este ensayo incluyen la introducción de un nuevo método de evaluación del desempeño LEED a través del caso de estudio, después del desarrollo de un plan LEED para la Erosión, Sedimentación, Escorrentías y a su vez una predicción del consumo de energía para los edificios.
- Es determinante realizar una planeación en las fases respectivas de diseño del proyecto, para plasmar las ideas y gustos solicitados por el cliente, ejecutando de manera organizada la programación LEED del control de Erosión, Sedimentación y Escorrentía (ESE), obteniendo de esta manera una calificación de 55 puntos para una certificación LEED plata
- El documento introduce un método aplicado que utiliza un modelo predictivo robusto para la investigación de edificios no LEED que indaga la desviación de los edificios LEED consumo de energía, así como la correlación entre certificaciones LEED y el consumo energético real de las instalaciones certificada.
- Los datos fueron recopilados y leídos a través de varias encuestas las cuales se utilizaron para el desarrollo, modificación y validación de la guía de implementación LEED en la construcción del proyecto estudiado. La guía propuesta junto con el plan de desarrollo, se centró en todos los aspectos LEED directamente afectados en actividades durante el desarrollo del programa hasta la fase de postconstrucción.

- Contratistas generales, jefes de obra, e ingenieros pueden utilizar la Guía de implementación LEED como referencia para la gestión de su proceso de certificación LEED en otros proyectos, además, puede servir como guía para los propietarios interesados en construir un Instalación con certificación LEED.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- C. Zhang y J. Chen. (17 de Marzo de 2015). LEED Embedded Building Information Modeling System. AEI 2015. Recuperado el 16 de 08 de 2021. DOI:10.1061/9780784479070.003.
- Mehmet Emre Bayraktar, A.M.ASCE; y Clayton R. Owens. (29 de Octubre de 2009). LEED Implementation Guide for Construction Practitioners. TECHNICAL PAPERS. Recuperado el 16 de 08 de 2021. DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000013.
- Abbas Chokor, S.M.ASCE; y Mounir El Asmar, Ph.D., A.M.ASCE. (18 de Abril de 2016). Data-Driven Approach to Investigate the Energy Consumption of LEED-Certified Research Buildings in Climate Zone 2B. Case Studies. Recuperado el 16 de 08 de 2021. DOI: 10.1061/(ASCE)EY.1943-7897.0000405.
- Carlos Medina y Joshep Ariel (03 de Diciembre de 2013). Plan para el control de Erosión, Sedimentación y Escorrentías. GreenFactory. Recuperado el 16 de 08 de 2021, de Empresa GreenFactory.
- Arq. Marcela de la Roche y Arq. Ayesha Salas Tobón. (12 de Noviembre de 2012). Estudio bioclimático edificio torre uno 93. Arquitectura Bioclimática. Recuperado el 16 de 08 de 2021, de Empresa Arquitectura Bioclimática.