

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**Facultad de Ciencias e Ingeniería**



**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ**

***“GESTIÓN AMBIENTAL DE PROYECTOS INMOBILIARIOS CON  
PARÁMETROS DE SOSTENIBILIDAD”***

**Tesis para optar el Título de ingeniero civil, que presenta el  
bachiller:**

**Jorge Luis Callo Delgado**

**ASESOR: Alexis Dueñas Dávila, PhD**

**Lima, junio del 2018**



*Dedicatoria:*

*A mis abuelos, maestros universitarios, que hicieron suyo el mundo académico; a mis padres, por ser el pilar de mi formación; a mi hermana, por el apoyo incondicional y a Erika, por su ayuda y comprensión.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco especialmente a mi asesor, el Dr. Alexis Dueñas Dávila, por su apoyo constante, por la confianza puesta en mi persona durante toda esta etapa y por la disponibilidad de esclarecer mis dudas.

Agradezco de sobremanera a la empresa J y JL Ingeniería y Construcción S.A.C. por facilitarme información esencial y relevante para el desarrollo de mi tesis.



## Resumen

En el Perú existe actualmente mayor conciencia ambiental y mayor demanda por desarrollar proyectos que busquen ser sostenibles no solo durante la ejecución de los procesos constructivos, sino a lo largo del ciclo del proyecto. Optándose por aplicar metodologías desarrolladas por certificaciones medioambientales internacionales. Sin embargo, ante la falta de profesionales especializados y certificados; así como los elevados costos que implica la transacción del mantenimiento y/o inversión de una certificación internacional que garantice que el inmueble es eco-amigable con su entorno; es decir, sostenible. Nace la necesidad de impulsar una metodología medioambiental que mitigue los impactos generados durante el proyecto a través de sistemas alternos que, a su vez, otorgará de igual manera una certificación internacional, pero que será de mayor acceso para los usuarios, al estar apoyada en una correcta gestión medioambiental. Por ello, es así como a través de herramientas de evaluación y una metodología VERDE desarrollada por el Green Building Council de España (GBCe), se analizó en tres edificaciones comunes del país; es decir, una vivienda unifamiliar, una vivienda multifamiliar y un edificio comercial su ciclo del proyecto, obteniéndose cuál fue más sostenible y cuál inmueble mitigó potencialmente más impactos. Teniéndose como principales resultados obtenidos que el edificio comercial fue más sostenible, al tener mayor magnitud de proyecto, al manejar mejor los parámetros como los correspondientes a su ubicación (Parcela y Emplazamiento), Calidad del Ambiente Interior y Aspectos Sociales y Económicos. Sin embargo, tener en cuenta que los resultados son sólo referenciales al ser analizados cualitativamente en los tres casos señalados y que debe ser la pauta inicial para gestionar sosteniblemente un proyecto de construcción en el territorio nacional.

## Abstract

In Peru exists a deeper environmental consciousness and a bigger demand for develop projects which seeks to be sustainable not only in the construction processes, but along all the project cycle. Opting for the application of developed methodologies by international environmental certifications. However, due to the lack of specialized and certified professionals; as well as the elevated costs that implies the transaction of maintenance and the initial investment of having an international certification which guarantees that the building is eco-friendly with their environment; in other words, sustainable. Born the necessity of impulse an environmental methodology that mitigates the impacts generated during the project across alternated systems which will bring also an international certification, only which will be of better access for all the users, being supported by a correct environmental management. Thus, across the different evaluation tools and a GREEN methodology developed by the Green Building Council of Spain (GBCe). Three common buildings of the country have been analyzed and their cycle project, being a single-family building, an apartment complex building and a commercial building. Obtaining which one was the most sustainable and which one was the most that potentially mitigated the environmental impacts. Concluding that the first results shows that the commercial building was the most sustainable, handling much better the parameters as the ubication (Plot and Location), the Quality of the Indoor Environment and Social and Economic Aspects. However, is important to have in mind that the results are only referential, being analyzed qualitatively in the three cases indicated previously and does it have to be the guideline for a correct environmental management in a construction project in the national territory.

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : Gestión ambiental de proyectos inmobiliarios con parámetros de sostenibilidad  
Área : Medio Ambiente y recursos hídricos  
Asesor : Alexis Dueñas Dávila  
Alumno : JORGE LUIS CALLO DELGADO  
Código : 2009.7220.412  
Tema N° : # 93  
Fecha : Lima, 03 de octubre de 2017



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, se disponen de mayores términos de consciencia ambiental en cuanto al diseño, gestión y construcción de proyectos inmobiliarios. También se cuentan con herramientas metodológicas y de gestión para desarrollar edificaciones verdes y eco-amigables, que permiten lograr un nivel de sostenibilidad y reducir los impactos ambientales. Sin embargo, esas certificaciones no se han difundido en el país, debido a diversos factores, como: la elevada inversión inicial y/o escasez de certificadores, así como los costos de transacción que implica su mantenimiento. Por ello, han surgido diversas certificaciones alternativas a LEED y BREEAM, que destacan por su sencillez, como es el caso de la herramienta "verde", la cual podría ser aplicada a edificaciones típicas del medio nacional, y de esta forma permita no solo identificar los impactos ambientales generados durante el ciclo de vida del inmueble, sino medir la sostenibilidad en mediano largo plazo.

ANTECEDENTES

El concepto de sostenibilidad ha madurado teórica y metodológicamente en los últimos años. Un ejemplo es la preocupación por el impacto ambiental que ocasiona la construcción de los edificios y la fabricación de los materiales en el ambiente (Macías, 2010). Se han diseñado diversos métodos para la evaluación ambiental, que permite medir el efecto que generan las edificaciones tanto en su pre uso como en su uso y abandono.

62



De otro lado, es importante tener en cuenta que el concepto de sostenibilidad es muy complejo y no puede analizárselo únicamente desde un enfoque ambiental (Salazar, 2015). Es decir, que en su manejo no se centra en proyectos inmobiliarios y, por consiguiente, tiene implicancias trans-sectoriales en su aplicación como lo reportan las encuestas realizadas por el Estado de la Sostenibilidad en el Perú, conducida por KPMG en las 100 empresas más importantes del país. Según esta fuente, el 37% de las empresas miden impactos en el sector económico, el 34% en lo social y el 29% restante en el medio ambiente (Salazar, 2015).

Entonces, surge la interrogante de ¿cuánto puede aplicarse a la gestión ambiental en un país, en el cual, el desarrollo sostenible está evolucionando y se encuentra fuertemente vinculado al desarrollo económico y las regulaciones del Estado? (Horna, 2013). Con esa finalidad, se establecen comisiones ambientales desde el gobierno para *"Promover la implementación y desarrollo de una política ambiental integral y de desarrollo sostenible en el país que garantice la conservación del medio ambiente y ecología"* (Castillo, 2002).

Ante la preocupación ambiental en el mundo y el país, las edificaciones sostenibles se ven inmersas en un *"movimiento técnico y social"* que promueve la edificación verde y que tiene como telón de fondo a un movimiento más amplio, el desarrollo sostenible (Macías, 2010). Es lógico inferir que en el concepto de sostenibilidad está implícito el desarrollo económico y, a su vez, dependiente de éste la gestión de proyectos constructivos; por lo que se requiere controlar la variable *"entorno"* y los impactos ambientales. Es decir, que para lograr el desarrollo sostenible se necesita establecer un equilibrio, que tenga en cuenta el crecimiento económico, la conservación ambiental y el bienestar social (Horna, 2013).

De ese modo, la gestión ambiental considera lograr un nivel de sostenibilidad en el sector de la construcción, dado que es uno de los sectores que presenta mayores impactos (GBCe, 2017) y se ve expuesta a la necesidad por establecer el equilibrio entre las dimensiones económica, social y ambiental del desarrollo (Horna, 2013).

## OBJETIVOS

Realizar el análisis de sostenibilidad y eco-diseño de tres edificaciones típicas del país (vivienda unifamiliar, vivienda multifamiliar, edificio empresarial) y aplicar la metodología verde para evaluar sus impactos ambientales en su entorno.

Los objetivos específicos son los siguientes:

62

1

B

- a. Analizar cualitativamente los parámetros de tres edificaciones (vivienda unifamiliar, de una vivienda multifamiliar y de un edificio empresarial) para identificar los principales parámetros de sostenibilidad y eco-diseño.
- b. Aplicar la metodología verde a las edificaciones elegidas y con base a los resultados, consultar a un panel de expertos para determinar las diferentes variables que deben considerar para lograr que una edificación sea sostenible en las condiciones del país.

#### PLAN DE TRABAJO

Para desarrollar el estudio propuesto, el alumno deberá cumplir con los siguientes aspectos:

- a. Revisión de la literatura especializada en lo referente a conceptos y métodos de estimación de la sostenibilidad ambiental y eco-diseño en edificaciones para establecer el estado del arte del tema.
- b. Descripción ambiental de los proyectos a evaluar (vivienda unifamiliar, vivienda multifamiliar y edificio comercial).
- c. Aplicar la metodología verde a los casos elegidos y sus resultados remitir a un panel de expertos.
- d. Análisis e interpretación de resultados.
- e. Redacción del documento final de la tesis, en la cual se integre todos los aspectos que fueron evaluados y de aquellos que se obtuvo resultados, considerando los comentarios y críticas o límites reportados por el estudio.

Se establecerá un rol de reuniones con el bachiller, que tendrá una frecuencia semanal a fin de garantizar el avance del estudio, sus conclusiones, el estado del arte y la adecuada interpretación de los resultados obtenidos.

Cabe señalar, que la revisión del documento final de la tesis tendrá dos etapas: Un primer borrador que considera los acápites de definición del problema, justificación, objetivos, estado del arte y metodología. Un segundo borrador se centrará en el desarrollo de los resultados y su interpretación; en esta etapa también se evaluará la versión integral del documento.

Nota: máximo 100 páginas.



iii



Guillermo  
Zavala

Coordinación  
Especialidad  
Ingeniería  
Civil  
Dpto. de Ingeniería

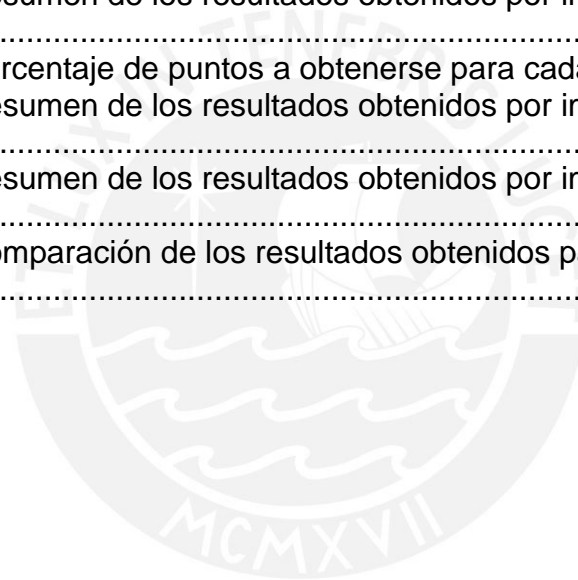
## ÍNDICE

1.	Introducción.....	1
2.	Objetivos, alcance y limitaciones .....	1
2.1	Objetivos .....	1
2.2	Alcance .....	1
2.3	Limitaciones .....	2
3.	Estado del Arte.....	2
3.1	Gestión y desarrollo actual de los proyectos inmobiliarios .....	2
3.1.1	Manejo del concepto “sostenibilidad” .....	2
3.1.2	Metodologías verdes con parámetros de sostenibilidad .....	3
3.2	Marco Conceptual .....	4
3.3	Revisión de la Literatura .....	6
3.3.1	El concepto de sostenibilidad en las edificaciones.....	6
3.3.2	Certificaciones Medioambientales .....	8
3.3.3	Impacto Ambiental en los proyectos constructivos ante la falta de gestión medio ambiental y metodologías sostenibles .....	11
4.	Metodología .....	15
4.1	Selección de casos de estudio .....	15
4.2	Delimitación espacial y temporal.....	15
4.3	Metodología VERDE en tres edificaciones típicas .....	16
4.4	Obtención de datos .....	20
5.	Resultados .....	22
5.1	Aplicación de la herramienta VERDE en vivienda unifamiliar.....	22
5.2	Aplicación de la herramienta VERDE en vivienda multifamiliar.....	26
5.3	Aplicación de la herramienta VERDE en edificio comercial.....	34
6.	Modelamiento ambiental de los casos en VERDE .....	44
6.1	Resultados de la herramienta de evaluación en vivienda unifamiliar .....	45
6.2	Resultados de la herramienta de evaluación en vivienda multifamiliar.....	53
6.3	Resultados de la herramienta de evaluación en edificio comercial .....	63
7.	Comparación de resultados.....	73
8.	Conclusiones y recomendaciones .....	77
9.	Referencias Bibliográficas .....	80



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Sello de certificaciones medioambientales .....	11
Tabla 2.- Magnitud de los impactos ambientales ante la acción del proyecto	12
Tabla 3.- Impactos e indicadores evaluados en VERDE .....	13
Tabla 4.- Delimitación espacial y temporal .....	13
Tabla 5.- Módulos y procesos que componen el ciclo del proyecto de los edificios analizados en VERDE.....	19
Tabla 6.- Fase de producto de vivienda familiar .....	23
Tabla 7.- Fase de uso de vivienda unifamiliar.....	25
Tabla 8.- Fase de producto de vivienda multifamiliar .....	27
Tabla 9.- Fase de uso de vivienda multifamiliar .....	33
Tabla 10.- Fase de producto de hotel .....	35
Tabla 11.- Fase de uso de edificio comercial.....	44
Tabla 12.- Porcentaje de puntos a obtenerse para cada hoja .....	45
Tabla 13.- Resumen de los resultados obtenidos por impactos en vivienda unifamiliar .....	52
Tabla 14.- Porcentaje de puntos a obtenerse para cada hoja .....	54
Tabla 15.- Resumen de los resultados obtenidos por impactos en vivienda multifamiliar.....	62
Tabla 16.- Resumen de los resultados obtenidos por impactos en edificio comercial .....	72
Tabla 17.- Comparación de los resultados obtenidos para los tres inmuebles .....	73



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Criterios y etapas del ciclo del proyecto relacionadas a VERDE ....	17
Figura 2.- Análisis y requisitos de tres edificaciones típicas .....	18
Figura 3.- Vivienda unifamiliar ubicada en Urb. Magisterial. Calle Humberto..	22
Figura 4.- Vivienda multifamiliar ubicada en Urb. De Ingenieros Larapa Grande N° H-9-8, Distrito de San Jerónimo, Provincia y Departamento del Cusco.....	26
Figura 5.- Placas, estacionamientos y ascensor de residencial La Pradera. ...	33
Figura 6.- Hotel San Agustín Plaza ubicado en Av. Sol 594-596, distrito, provincia y departamento del Cusco.....	34
Figura 7.- Escaleras y sistema contra incendio Hotel San Agustín Plaza .....	42
Figura 8.- Pasadizos Hotel San Agustín Plaza .....	43
Figura 9.- Certificación de 3 hojas con puntuación de 50 a 60% .....	45
Figura 10.- Gráfica de la herramienta de evaluación en vivienda unifamiliar en el caso de parcela y emplazamiento.....	46
Figura 11.- Gráfica de la herramienta de evaluación en vivienda unifamiliar en el caso de energía y atmósfera.....	47
Figura 12.- Gráfica de la herramienta de evaluación en vivienda unifamiliar en el caso de recursos naturales .....	48
Figura 13.- Gráfica de la herramienta de evaluación en vivienda unifamiliar en el caso de de calidad del ambiente interior y los aspectos sociales y económicos.....	49
Figura 14.- Gráfica del diagrama de red de los resultados obtenidos con respecto al caso ideal de la vivienda unifamiliar .....	50
Figura 15.- Resultados de la evaluación de impactos ambientales en una vivienda unifamiliar .....	51
Figura 16.- Certificación de 5 hojas con puntuación de 80 a 100% .....	54
Figura 17.- Gráfica de la herramienta de evaluación en vivienda multifamiliar en el caso de parcela y emplazamiento.....	54
Figura 18.- Gráfica de la herramienta de evaluación en vivienda multifamiliar en el caso de energía y atmósfera.....	55
Figura 19.- Gráfica de la herramienta de evaluación en vivienda multifamiliar en el caso de recursos naturales .....	56
Figura 20.- Gráfica de la herramienta de evaluación en vivienda multifamiliar en el caso de calidad del ambiente interior .....	57
Figura 21.- Gráfica de la herramienta de evaluación en vivienda unifamiliar en el caso de los aspectos sociales y económicos.....	58
Figura 22.- Gráfica de la herramienta de evaluación en vivienda multifamiliar en el caso del concepto de calidad .....	59
Figura 23.- Gráfica del diagrama de red de los resultados obtenidos con respecto al caso ideal de la vivienda multifamiliar .....	60
Figura 24.- Resultados de la evaluación de impactos ambientales en una vivienda multifamiliar.....	61
Figura 25.- Gráfica de la herramienta de evaluación en edificio comercial en el caso de parcela y emplazamiento.....	64
Figura 26.- Gráfica de la herramienta de evaluación en edificio comercial en el caso de energía y atmósfera .....	65
Figura 27.- Gráfica de la herramienta de evaluación en edificio comercial en el caso de recursos naturales.....	66
Figura 28.- Gráfica de la herramienta de evaluación en edificio comercial en el	

caso de calidad del ambiente interior.....	67
Figura 29.- Gráfica de la herramienta de evaluación en edificio comercial en el caso de los aspectos sociales y económicos.....	68
Figura 30.- Gráfica de la herramienta de evaluación en edificio comercial en el caso del concepto de calidad .....	69
Figura 31.- Gráfica del diagrama de red de los resultados obtenidos con respecto al caso ideal del edificio comercial .....	70
Figura 32.- Resultados de la evaluación de impactos ambientales en un edificio comercial .....	71
Figura 33.- Gráfica comparativa de los tres inmuebles.....	76



## **1. Introducción**

En la actualidad se dispone de mayores términos de consciencia ambiental en cuanto al diseño, gestión y construcción de proyectos inmobiliarios. También se disponen de herramientas metodológicas y de gestión para desarrollar edificaciones verdes y eco-amigables, que permiten lograr un nivel de sostenibilidad y reducir los impactos ambientales. Sin embargo, tales certificaciones no se han desarrollado, del todo en el país, debido a diversos factores, como la elevada inversión inicial y/o escasez de certificadores, así como los costos de transacción que implica su mantenimiento.

Por ello, han surgido diversas certificaciones alternativas a LEED y BREEAM, que destacan por su sencillez, como es el caso de la herramienta VERDE, la cual podría ser aplicada a edificaciones típicas del medio nacional (vivienda unifamiliar, vivienda multifamiliar, edificio comercial), y de esta forma permita no solo identificar los impactos ambientales generados durante el ciclo de proyecto del inmueble, sino medir la sostenibilidad a mediano y largo plazo. Es decir, fomentar el desarrollo sostenible en las construcciones inmobiliarias del país.

## **2. Objetivos, alcance y limitaciones**

### **2.1. Objetivos**

Realizar el análisis de sostenibilidad y ecodiseño de tres edificaciones típicas del país (vivienda unifamiliar, vivienda multifamiliar, edificio comercial) y aplicar la metodología VERDE para evaluar sus impactos ambientales en su entorno.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Analizar cualitativamente los parámetros de tres edificaciones (vivienda unifamiliar, de una vivienda multifamiliar y de un edificio comercial) para identificar los principales parámetros de sostenibilidad y ecodiseño.
- Aplicar la metodología VERDE a las edificaciones elegidas y con base a los resultados, consultar a un panel de expertos para determinar las diferentes variables que deben considerar para lograr que una edificación sea sostenible en las condiciones del país.

### **2.2. Alcance**

Establecer conclusiones de los distintos análisis y resultados logrados para verificar si es viable aplicar la metodología VERDE, si se precisa de alguna modificación o, simplemente, no hay diferencia en cuanto a los impactos generados por ésta. También, fundar una base en el camino de las metodologías ambientales y desarrollo sostenible en el medio nacional, para así trabajar en simultáneo con lo establecido por el gobierno (fondo Mi Vivienda Verde) y permitir obtener facilidades a los involucrados en el ciclo del proyecto.

### **2.3. Limitaciones**

Para el análisis, entendimiento y desarrollo del presente proyecto se tuvo en cuenta que el estudio de los casos fue de índole cualitativo, puesto que no se consideró otras fuentes probabilísticas, por lo que los resultados sólo conciernen a los casos estudiados y no se pueden inferir.

## **3. Estado del Arte**

La sostenibilidad es un concepto que es analizado de diversos enfoques y cuyo arraigo está en una correcta gestión medioambiental, la cual busca tener en cuenta los distintos factores externos. Además de ser desarrollada por las distintas metodologías impuestas en las certificaciones internacionales, optando por conseguir un edificio que sea sostenible con su medio y a lo largo de su ciclo de proyecto. Por ello, se tiene lo siguiente:

### **3.1 Gestión y desarrollo actual de los proyectos inmobiliarios**

En esta sección se tienen distintos anexos de documentos presentados a las instituciones (nacionales y/o privadas), al momento de realizar la gestión de un proyecto inmobiliario; es decir, todos aquellos documentos entregables por las empresas constructoras encargadas del proyecto y construcción, de acuerdo con los requisitos de la institución encargada (Ministerio de Vivienda, 2010). Como la memoria descriptiva, certificado de parámetros urbanísticos, licencia de obra, perfil económico del proyecto, testimonio de compraventa del terreno, convenio marco para operatividad y construcción entre el banco y empresa contratista, CRI actualizado del terreno, presupuesto detallado por partidas, cuadro de áreas y precios de unidades inmobiliarias, entre otros (CAPECO, 2016).

#### **3.1.1. Manejo del concepto “sostenibilidad”**

Acá se presenta en base a investigaciones y evaluaciones ambientales en la ingeniería civil, el manejo del concepto “sostenibilidad” a lo largo de los años a nivel mundial (González, 2011). Teniéndose en cuenta que existen diversas metodologías que permiten mitigar los impactos ambientales, sólo que, por muchos factores involucrados a la hora de gestionar los proyectos de construcción en el país, no se presenta el crecimiento, como en otros lados, a partir del movimiento a la edificación verde y al desarrollo sostenible (Macías, 2010).

Naciendo así la necesidad de estrategias corporativas en el ámbito de la sostenibilidad que busque que las empresas transformen sus procesos de gestión y dejen de persistir vacíos y debilidades en la valoración de la sostenibilidad en los negocios, comprometiendo así a que se planteen estrategias sostenibles en la aplicación del día a día (Hurtado, 2015).

Es decir, que se presente un planeamiento estratégico eficiente, que presente una misión y visión de la empresa, así como, objetivos organizacionales estratégicos por área de responsabilidad (Mancini, 2016).

Así también, dado que se busca aplicar la herramienta VERDE en proyectos inmobiliarios comunes del medio, en dicha sección, se presentan los estudios e investigaciones realizadas por especialistas para entender y tener un manejo más específico del desarrollo sostenible en el país. Por lo que es muy importante tener un análisis de la realidad del desarrollo sostenible en las empresas y cómo éste ha ido evolucionando; es decir, después de 28 años, la sostenibilidad en el Perú va por un buen camino (Salazar, 2015). No obstante, también se debe tener en cuenta que las empresas recién están considerando en su agenda la gestión ambiental y los aspectos que derivan el manejar el concepto de sostenibilidad; ergo: *“Hoy en día se entiende la necesidad de buscar tecnologías limpias, políticas adecuadas y la activa participación de los pobladores locales para lograr el desarrollo sostenible en el Perú y poder así brindar bienestar y una mejor calidad de vida a largo plazo”* (Castillo, 2002, pág. 80).

### **3.1.2. Metodologías verdes con parámetros de sostenibilidad**

En esta etapa se presenta la guía elaborada para certificación VERDE, que permitirá establecer bases para las tres edificaciones típicas del país (vivienda multifamiliar, vivienda unifamiliar y edificio comercial) (Green Building Council España, 2016). Es decir, el análisis del ciclo del proyecto, así también como el formato de encuesta que se utilizará para presentarlo ante el panel de expertos. Evitándose así, resultados comunes de los proyectos de construcción ante la falta de gestión medioambiental y los impactos derivados en consecuencia por dicha carencia (Romero, 2015).

Finalmente, en dicho inciso se presentan las diferentes metodologías desarrolladas por diferentes instituciones medioambientales que a través de una serie de parámetros buscan llegar, en líneas generales, al mismo resultado que se desea conseguir en dicho estudio. No obstante, a través de esta parte se tendrán los diferentes análisis metodológicos que desarrollan otras instituciones y a su vez similitudes, puesto que GBCe (Green Building Council España) ha suscrito un convenio de colaboración con USGBC para aunar esfuerzos en un trabajo en común para la transformación del mercado de la edificación hacia la sostenibilidad (Green Building Council España, 2017)

A continuación, se presentará el marco conceptual aplicado al momento de realizarse el desarrollo de un proyecto inmobiliario en el país. Cabe resaltar, que dichos aspectos forman parte de la documentación reglamentaria para llevar a cabo una construcción de edificaciones en el medio local; sin embargo, no considera la inclusión de realizar análisis medioambientales que permitan fomentar un desarrollo sostenible.

### **3.2 Marco Conceptual**

En la actualidad, la gestión de proyectos inmobiliarios en el país requiere de una respectiva documentación, cuya función es cumplir con las exigencias impuestas por las diversas instituciones, ya sean públicas o privadas, con las cuales se llevará a cabo el proyecto. Además, cabe resaltar que, a través de dichos escritos, se establece una organización de todo el proyecto, la cual servirá para analizar las labores en las que se necesite la inclusión del área ambiental.

Por ello, dependiendo del tipo de institución, se tiene una documentación diferente; sin embargo, a continuación, se mencionarán y definirán los distintos escritos básicos para una institución privada:

- **Memoria descriptiva**

Documento que describe la ubicación, características de la edificación (áreas, número de pisos, estacionamientos, entre otros), límites de propiedad, entre otros del proyecto inmobiliario (León, 2016).

- **Certificado de parámetros urbanísticos**

Documento otorgado por la municipalidad respectiva en la cual se detallan los requisitos que deben tener las edificaciones de un determinado distrito, como número de pisos, retiros, entre otros.

- **Cuadro de acabados**

Tabla a través de la cual se especifican al detalle el tipo y calidad de los materiales a utilizar en todas y cada una de las partidas a ejecutar en el proyecto.

- **Presupuesto detallado por partidas**

Informe que detalla el costo y/o valor monetario de las diversas partidas que se presentan al momento de realizarse el procedimiento constructivo (obras preliminares, movimiento de tierras, concreto armado, coberturas, albañilería, acabados, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas, instalaciones electromecánicas, equipamiento, entre otros).

- **Cuadro de áreas y precios de unidades inmobiliarias**

Están referidos a las áreas de construcción que tendrán las unidades inmobiliarias a edificar y al costo que demandara el metro cuadrado de construcción de estos inmuebles.

- **Estudio de suelo**

Informe que presenta las características geotécnicas del terreno y que permitirá elaborar estrategias de diseño entre los proyectistas.

- **Perfil económico del proyecto**

Documento desarrollado en base a un estudio y análisis de la zona circundante al proyecto a ejecutar, en base al cual se toman muestras estadísticas de mercado de obras en ejecución y concluidas, para poder determinar la incidencia de factibilidad que tendrá el nuevo proyecto, así como sus potenciales posibilidades de venta en el mercado en base a los costos, áreas, equipamiento y servicios ofertados en comparación a los existentes el área de incidencia de la nueva edificación.

- **Cronograma valorizado de obra**

Tabla que presenta la organización detallada diaria, mensual; de los diversos trabajos y labores que se realizarán durante el tiempo de la construcción de la edificación.

- **Licencia de obra**

Documento otorgado por la municipalidad correspondiente al distrito donde se localiza el bien inmueble a través del cual se otorga la autorización y permiso para llevar a cabo y en orden la construcción de la edificación, en estricto cumplimiento con las normas municipales y el Reglamento Nacional de Edificaciones.

- **Testimonio de compraventa del terreno**

Es el documento público emitido por un Notario Público (de la zona donde se ubica el bien), a través del cual se certifica la titularidad y /o propiedad del bien inmueble (debidamente inscrito en la Superintendencia de los Registros Públicos - Sunarp).

- **CRI actualizado del terreno**

Es el Certificado de Registro Inmobiliario emitido por la sede de la Superintendencia de los Registros Públicos de la localidad donde se encuentra el predio, rustico y/o urbano, a través del cual se certifican la propiedad del predio y dirección de su localización, número de partida registral de inscripción ante esta sede, los antecedentes registrales que tenga o existieron con una antigüedad de 30 años y la existencia o no de alguna carga registral (hipoteca y/o embargos).

- **PU y HR del año en curso**

Están referidos a los formatos del Impuesto Predial anual emitidos por las Municipalidad Distrital y/o Provincial de la jurisdicción donde se encuentra el predio.

- **CV del promotor y constructor**

Documento que presenta el currículum vitae de la persona promotora del proyecto constructivo, así como del profesional encargado de plasmarlo en campo.



- **Convenio marco para operatividad y construcción entre el banco y empresa contratista**

Es el documento suscrito (mediante Escritura Pública) entre el Banco que financiara el proyecto y el Promotor del proyecto y/o Constructor, a través del cual ambas partes asumen, fijan reglas y condiciones para el financiamiento, crédito, garantías y modalidades de los préstamos a la constructora, potenciales clientes y fiadores de ser el caso.

### **3.3 Revisión de la Literatura**

#### **3.3.1 El concepto de sostenibilidad en las edificaciones**

El concepto de sostenibilidad ha crecido mucho en los últimos años y está siendo desarrollado cada vez más alrededor del mundo. No obstante, si bien la sostenibilidad se ha alcanzado en distintos sectores, en la construcción se reduce a la aplicación de resultados y respuestas inmediatas que no generen impactos significativos en el régimen social, económico y medioambiental (Villegas, 2013).

Un ejemplo de lo señalado es la preocupación acerca del impacto ambiental que ocasiona la construcción de los edificios y la fabricación de los materiales sobre el medio ambiente natural en el año 80 (Macías, 2010). Por ello, se han desarrollado y desarrollan en la actualidad, diversos métodos para la evaluación medioambiental, que permitirán medir el efecto que dejan las edificaciones al momento de plasmar el trabajo en campo.

Así también, es importante resaltar que, si bien las certificaciones son importantes para tener una referencia fiable, existe el factor económico, lo que lleva a preguntar si todo el movimiento verde genera menos impactos en cuanto a los gastos que implica lograr un edificio verde y conseguir ser sostenible. Es así que la aplicación de certificaciones sostenibles como LEED, que ya tienen un valor agregado en el mercado de los inmuebles sostenibles, ocasiona un incremento del 4% de renta en comparación a sus competidores; no obstante, viendo la diferencia del ratio de renta entre eficiencia de energía, propiedades sostenibles y construcciones tradicionales sin una metodología sostenible, está claro que se presenta una diferencia significativa en lo económico (Bond, 2015).

Por ello, es importante tener en cuenta la realidad del país en dicho concepto, dado que el concepto de sostenibilidad ha evolucionado y se encuentra en evolución, por lo que hoy en día no puede analizárselo simplemente desde un enfoque medioambiental (Salazar, 2015). Así, es importante ver cómo es el manejo del concepto de sostenibilidad en Latinoamérica, teniéndose así que, de acuerdo con investigaciones realizadas, desde un punto de vista de macro, la difusión es mayor en las industrias que se encuentran relacionadas con los recursos naturales y que puedan tener un efecto negativo en el medio ambiente (Almeida, 2015).

Es decir, de acá se concluye que el manejo de dicho concepto en el país no se encuentra netamente arraigado a los proyectos inmobiliarios y, por consiguiente, a la aplicación de consciencia ambiental en tales, puesto que

según las encuestas realizadas por el Estado de la Sostenibilidad en el Perú, conducida por KPMG y el especialista José Salazar a las 100 empresas más importantes del país; indican que el 37% de las empresas se dedican a medir impactos en el sector económico, el 34% en lo social y sólo el 29% restante al medio ambiente (Salazar, 2015).

Entonces, cuánto puede aplicarse la gestión ambiental en un país en el cual el desarrollo sostenible está evolucionando y se encuentra, paradójicamente, amarrado al desarrollo económico del país y por ende del Estado (Horna, 2013). Por ello, se establecen comisiones medioambientales desde el gobierno para así *“promover la implementación y desarrollo de una política ambiental integral y de desarrollo sostenible en el país que garantice la conservación del medio ambiente y ecología”* (Castillo, 2002, pág. 81).

Es así, cómo el concepto de gestión ambiental empresarial es algo que paulatinamente se está desarrollando en el Perú, cuyos pilares son los de constante monitoreo ambiental, disposición para obedecer, responsabilidad (consciencia ambiental) y acciones de gestión ambiental (López, 2014). Por lo tanto, ante la preocupación y consciencia ambiental que cada vez se presenta en el mundo y paulatinamente en el país, las edificaciones sostenibles han crecido a partir del movimiento a la edificación verde y bajo el movimiento más amplio de desarrollo sostenible (Macías, 2010). Ante ello, es lógico inferir que el concepto de sostenibilidad está altamente implicado al desarrollo económico y, a su vez, dependiente de la gestión de proyectos constructivos; por lo que se maneja ante la necesidad del entorno y la demanda por reducir los impactos ambientales. En otras palabras, para lograr un desarrollo sostenible se necesita establecer un equilibrio; es decir, una balanza que tendrá en cuenta el crecimiento económico, la conservación ambiental y el bienestar social (Horna, 2013).

Lo previamente señalado genera una nueva incógnita, ¿cómo saber que la balanza está equilibrada y que se está avanzando acorde a lo estipulado y planificado? Quiere decir que aquí nace la necesidad de tenerse un sistema de indicadores de sostenibilidad para los diversos medios, ya sean áreas naturales o la base de la presente tesis, una edificación urbana que se encuentra expuesta a una serie de factores que la fuerzan a ser medida no sólo desde la etapa del pre-proyecto sino durante todo el ciclo del proyecto y, así, a través de los ya mencionados indicadores, detectar la sostenibilidad. En otras palabras, nace la necesidad de realizarse desde un inicio metodologías sostenibles para preservar el equilibrio, no sólo para obtener una certificación que garantice todo lo previo, sino para que se obtenga una visión global de la eficiencia, eficacia y efectividad de la aplicación de indicadores de sostenibilidad (Gutiérrez, 2012).

En conclusión, de los análisis y estudios señalados previamente por diferentes autores, se llega a establecer que el concepto de sostenibilidad está evolucionando como se señala, pero a su vez se encuentra arraigado al oportuno desarrollo económico en el cual se encuentre el país, ocasionando que las empresas apuesten más a los impactos generados en el sector económico y, por lo tanto, se caiga en un círculo vicioso de que las empresas

no podrán lograr el equilibrio sostenible descrito anteriormente, sin antes apostar por el aspecto económico y sin que el gobierno del país mejore o apunte por lograr un cambio a través de sus comisiones.

Ocasionando que las empresas y el gobierno no se responsabilicen, culpando al otro, cuando un 90% de las personas indica que deben hacerlo en conjunto el sector público y privado (Salazar, 2015). Por lo tanto, trae en consecuencia que el avance del desarrollo sostenible en el sector ambiental del país se vea estancando y, por ende, dejado de lado.

Así que, “la civilización del consumo debe ser cambiada por la civilización de la consciencia” (Fédorova, 2016). Una idea que permite desarrollar eco-ciudades que ayudarán a modificar los altos ratios de consumo, por una metodología de bajo consumo y economía inteligente. Para que así, la gestión medioambiental que busca lograr un nivel de sostenibilidad en diversos sectores, siendo el sector de la construcción uno de ellos, consiga disminuir los grandes impactos a lo largo de su ciclo del proyecto (Green Building Council, 2017). Viéndose expuesto a la necesidad del trabajo en armonía del sector público y privado (gobierno y empresas) y, así, establecer el equilibrio de lo económico, social y medioambiental (Horna, 2013). Dado que, en las empresas se presenta una necesidad de gerenciamiento para poder mitigar los impactos ambientales generados ya sea en el planeamiento del proceso productivo, la sustitución y/o aplicación de tecnologías y la aplicación de sistemas alternos, que no puede ir de la mano si es que no se amplía el enfoque a lo económico y social (Duarte, 2015), puesto que se desea conseguir el desarrollo sostenible que en la actualidad del país va ir de la mano, por no mencionar con la ayuda, del sector público.

Sin soslayar que el movimiento de la construcción sostenible necesita que todos conozcan el ritmo de crecimiento del país y, así, estudiar la manera en que pueda realizarse sosteniblemente a través de los años (Méndez, 2011).

### **3.3.2. Certificaciones Medioambientales**

De acuerdo con lo previamente señalado, queda claro que se busca conseguir un medio en armonía, pero con base a qué indicadores puede establecerse que una edificación fue, es y será sostenible a lo largo de su ciclo.

Todo ello a lo largo de los años llevó a que se formen comisiones medioambientales que puedan conseguir aplicar las mediciones para los distintos enfoques (social, económico, ambiental). Haciendo que cada una busque desarrollar su propia metodología medio ambiental, pero con el mismo propósito; es decir, conseguir mitigar en la medida de lo posible los impactos ambientales y de esa forma lograr el equilibrio que a su vez permitirá ser sostenible.

Entonces, es así como tales metodologías al ser aplicadas otorgan una certificación a la empresa que las aplica a lo largo de su proyecto y procesos constructivos, dado que éstas permiten demostrar la implementación de un

sistema eficaz de gestión medioambiental.

Por lo tanto, de las diversas metodologías medioambientales, se hará a continuación una pequeña reseña de aquellas tres que en su mayoría son aplicadas para medir los impactos a lo largo de la construcción de un inmueble y que, a su vez, otorgan una certificación medioambiental, puesto que son los tres Grandes Sistemas de Certificación de Edificios (Ramírez, 2009). Así como aquella que certifica la documentación del proyecto apuntado a ser sostenibles (SB Tools).

Es así como se tienen las siguientes:

- **SB Tools:** Esta certificación pertenece a la BEPAC Foundation, formada en Canadá desde 1998. La cual es un sistema de índices por el cual, en el edificio a analizar, se toma una serie de datos de proyecto para calcular los consumos de recursos, las emisiones, el ambiente interior, las características de comportamiento, que se compararán de acuerdo con los criterios generales y coeficientes de ponderación en distintos campos (Ramírez, 2009). Al final se obtiene de la división un índice de sostenibilidad, el cual estará del rango de -2 a +5. Es importante recalcar que SB Tools certifica la documentación del proyecto mediante evaluadores externos, ya sea VERDE, LEED, BREEAM, etc.
- **BREEAM:** Dicha certificación pertenece al BRE, formada en Reino Unido en 1996. La cual también es un sistema de índices a través del cual también se evalúan una serie de créditos en diferentes campos, para que así se les otorgue una puntuación, los cuales tendrán pesos ambientales. Siendo éstos últimos valores que van desde 20 hasta 70. Es importante resaltar que la información debe de ser evaluada por un asesor independiente, el cual realizará una evaluación formal, para que luego pase a control de calidad de BRE y así sea devuelto al asesor homologado, tras lo cual finalmente se emite el certificado (Ramírez, 2009).
- **LEED:** Esta certificación muy conocida, por no decir la más famosa, pertenece al Green Building Council de Estados Unidos y fue desarrollada en el año 1997. Consiste en un sistema de ratios a través del cual se evalúan los distintos campos que se encuentran presentes durante la construcción de una edificación; es decir, acorde a donde se desarrollará el inmueble, se tiene el inciso de parcela y emplazamiento, el inciso de manejo de aguas, el inciso de energía y atmósfera, el inciso de recursos naturales, el inciso de calidad del ambiente interior, el inciso de aspectos sociales y económicos y, finalmente, el inciso de concepto de calidad. Todas las previamente mencionadas, proporcionarán una serie de puntos que a través de un miembro asociado; es decir, un asesor certificado, evaluará todo el ciclo de construcción del inmueble para que así comunique al GBC y pueda emitirse una certificación de acuerdo con los impactos que fueron mitigados; es decir, con respecto a los puntos obtenidos. Es importante señalar que “la certificación LEED indica aplicaciones

económicas útiles” (Charles, 2016). Como se señaló en el inciso anterior.

- **VERDE:** Finalmente, dicha certificación consiste en el análisis de reducción de impactos cuantificando lo que representa la implantación de medidas de sostenibilidad en un edificio; es decir, a través de esta metodología se puede tener una visión de una certificación prestacional de reducción de impactos. Además, la metodología VERDE está arraigada a un análisis aproximado del ciclo de vida en cada edificio; sin embargo, se lo conoce como un análisis del ciclo del proyecto. En otras palabras, VERDE analiza la reducción de los impactos del edificio a través de la implementación de medidas que abarcan desde la etapa de diseño hasta los factores de rendimiento, agrupadas así en una lista de criterios de sostenibilidad. Cabe mencionar que el cálculo de la reducción de impactos en cada una de las fases del ciclo del proyecto se normaliza con una puntuación del 0 al 5, presentándose gráficamente con la obtención de 0 a 5 hojas verdes (Green Building Council España, 2017). Es importante mencionar la influencia de la certificación LEED hacia la metodología VERDE, puesto que ésta última fue desarrollada por el Green Building Council de España, basándose en la primera, pero con un enfoque más accesible que se verá próximamente.

Cabe señalarse que el Perú gradualmente viene arraigando las metodologías medioambientales en los proyectos constructivos, teniéndose así que la certificación LEED es la preferida a nivel mundial, 32% de las viviendas eco amigables son de este tipo (Romero, 2018); no obstante, el gobierno peruano a través del fondo Mivivienda Verde, como será explicado más adelante, viene fomentando la aplicación de una metodología ambiental bajo sus propios estándares. Siendo así que en las ciudades de Tarapoto, Piura, Chiclayo, Arequipa, Trujillo, Ica y Lima se cuenta con proyectos en proceso de certificación, mientras que a nivel nacional se cuenta con 6000 viviendas certificadas y 4000 en proceso (Romero, 2018).

En resumen, la siguiente tabla presenta los sellos de las certificaciones mencionadas anteriormente, pero teniéndose en cuenta que SB Tools certifica a un evaluador externo conforme a su respectiva documentación por lo que no se cuenta con un sello y así también se tiene a VERDE que será aplicada en la presente tesis. Por ello, se tiene lo siguiente:

Tabla 1.- Sello de certificaciones medioambientales

Fuente: BREEAM, LEED, Green Building Council España



### 3.3.3. Impacto Ambiental en los proyectos constructivos ante la falta de gestión medio ambiental y metodologías sostenibles

Acorde a todo lo señalado previamente, en el país paulatinamente se va desarrollando el concepto de sostenibilidad, la aplicación de gestión medio ambiental y la implementación de diversas metodologías que midan el nivel de sostenibilidad en una construcción. Sin embargo, lo último radica en que se debe analizar los impactos ambientales generados a lo largo de todo el ciclo del proyecto de las edificaciones, puesto que se presentan diversas variables desde la fase del producto como el proceso de fundición en el caso del fierro, a la fase de transporte y las respectivas emisiones generadas y a su fase de consumo en la cual las diferentes instalaciones como sistemas de ventilación, refrigeración generarán mayores impactos que otros inmuebles, dependiendo del consumo de los usuarios.

Entonces, acá se presenta la necesidad de aplicar metodologías simples y herramientas verdes para el desarrollo sostenible del país; es decir gestión, ya que “los sistemas de gestión medioambiental obligan, en cada obra, a aplicar procedimientos que eviten daños al medio ambiente” (Ruiz, 2013). Por ello, es importante considerar los efectos que podrían generarse y de los cuales se debe evitar o procurar disminuir.

Ante todo, se puede establecer una relación del impacto ambiental ante la magnitud del proyecto y la componente ambiental. Una fórmula teórica establecida por Rosa Ruiz sugiere la siguiente relación:

$$I = M_{acción\ de\ proyecto} * F_{componente\ ambiental}$$

Dicha ecuación presentada por la doctora Rosa Ruiz, resulta ser muy interesante para el caso específico de inmuebles, puesto que el impacto ambiental resultará del producto de la acción del proyecto y la componente ambiental que se tiene en un tipo de edificación específica. En otras palabras, dado que se busca analizar tres edificaciones típicas del país como una vivienda unifamiliar, una vivienda multifamiliar y un edificio comercial. Es lógico pensar que la magnitud del proyecto de la primera no será igual que de la segunda o tercera, al presentarse mayores usuarios y mayores instalaciones, que durante su consumo presentarán mayores impactos

ambientales. Entonces es importante resaltar la acción del proyecto, puesto que en ella radica el impacto ambiental y de la cual debe basarse el diseño del proyecto constructivo, por lo tanto, es acá que entra la intervención en las acciones del proyecto con la cual se podrá mitigar, minimizar o eliminar el impacto ambiental (Ruiz, 2013).

De la Tabla 1 puede establecerse que, independiente al valor que resulte de la ecuación, la fragilidad de la componente ambiental y la magnitud del proyecto muestran la relación de impacto ocasionado. Teniéndose así que, para el caso de un inmueble con una magnitud en la acción del proyecto alta, como es el caso de un edificio comercial, la calidad de la componente ambiental presenta tres escenarios diferentes dependiendo del entorno en el cual se encuentre; es decir, no presentará la misma fragilidad un edificio comercial construido en un centro empresarial de Lima al de uno construido en el centro histórico de la ciudad del Cusco. Sin embargo, es muy importante recalcar que la fragilidad del medio no es lo que produce el impacto, sino la acción del proyecto, aunque ambas vayan a determinar la magnitud del proyecto (Ruiz, 2013).

*“Además, la intervención sobre la acción del proyecto y, por tanto, sobre el planteamiento, la localización y el diseño del proyecto, así como el ciudadano durante la obra y el funcionamiento van a ser determinantes en el impacto”* (Ruiz, 2013, pág. 112)

Así, se tendrá la siguiente tabla que señala la relación de la componente ambiental con la magnitud de acción del proyecto:

*Tabla 2.- Magnitud de los impactos ambientales ante la acción del proyecto*

<b>Calidad/Fragilidad del componente ambiental</b>		<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Baja</b>
<b>Magnitud de la acción del proyecto</b>	<b>Alta</b>	Impacto muy alto	Impacto alto	Impacto medio
	<b>Media</b>	Impacto alto	Impacto medio	Impacto medio
	<b>Baja</b>	Impacto medio	Impacto medio	Impacto bajo

Fuente: (Ruiz, 2013)

Cabe resaltar que a través de la metodología VERDE se busca calcular la reducción potencial de impactos respecto al edificio que se pondrá como referencia, en donde la calidad medioambiental interior, criterios de diseño y factores de rendimiento se determinará por un método prestacional que permite dar valores absolutos en la evaluación (Green Building Council España, 2011).

En la Tabla 3 desarrollada por el Green Building Council de España, se aprecian los diversos impactos ambientales que se presentan durante la construcción de las edificaciones y con las cuales se tendrá que lidiar al momento de realizar un proyecto inmobiliario en base a la metodología VERDE. Además de los indicadores que manejan cada uno de ellos, para así manejar la proporción de las emisiones, riesgos, pérdidas, etc. A partir de los cuales se establecerán los valores cuantitativos de los distintos impactos ocasionados por los inmuebles. Es decir, como ejemplo se tiene el caso de una vivienda multifamiliar, la cual presentará agotamientos de energía no renovables, por lo que sus impactos estarán en función al indicador MJ (agotamiento de energía no renovable).

Es importante resaltar que los reglamentos de construcción evalúan cada vez más los impactos ambientales generados desde que el producto sale de la fábrica, con varios controles de calidad, pero a su vez sin afectar la seguridad de la obra. Encontrándose así que en las certificaciones se puede contar con: *“una referencia fiable y superar el recelo inicial que pudiera existir para el empleo de materiales reciclados o procedentes de procesos de producción sostenibles.”* (Méndez, 2011, pág. 40)

Teniéndose así los siguientes parámetros para el análisis de los impactos ambientales:

*Tabla 3.- Impactos e indicadores evaluados en VERDE*

Fuente: (Green Building Council España, 2011)

IMPACTO	INDICADOR
Cambio Climático	kg de CO <sub>2</sub> eq
Aumento de las radiaciones UV a nivel del suelo	kg de CFC11 eq
Pérdida de fertilidad	kg de SO <sub>2</sub> eq
Pérdida de vida acuática	kg de PO <sub>4</sub> eq
Emisión de sustancias foto-oxidantes	kg de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq
Cambios en la biodiversidad	%
Agotamiento de energía no renovable	MJ
Agotamiento de recursos no renovables diferentes de la energía primaria	kg de Sb eq
Agotamiento de agua potable	m <sup>3</sup>
Generación de residuos no peligrosos	m <sup>3</sup>
Pérdida de salud, confort y calidad para los usuarios	%
Riesgos y beneficios para los inversores	€/m <sup>2</sup>



De ese modo los sistemas de certificaciones de edificios se crean para definir la sostenibilidad de un modo sistemático en el medio construido, comparar la sostenibilidad entre diferentes edificaciones, evitar el “Green Wash” (“lavado de cara sostenible”), donde se presenta la adjudicación de cualidades sostenibles a un edificio que realmente no lo tiene (Ramírez, 2009).

Entonces, así, la metodología VERDE desarrollada por el GBCe (Green Building Council España) piensa que el hacer un edificio cumpliendo las normas y regulaciones es hacer el peor edificio que la ley te permite hacer, y aun así hay un 5% que incumple esas normas. Obtándose así por la metodología de LEED: *“Los edificios LEED son aquellos que superan ampliamente las normas existentes, integrando e implantando un alto número de estrategias sostenibles, para conseguir que las buenas prácticas de hoy sean las prácticas estándar del mañana”* (Ramírez, 2009, pág.57). Sin embargo, con un enfoque que sea accesible para todos, dado que el GBCe es una asociación privada sin fines de lucro de empresas involucradas en el mundo de la construcción y que buscan aportar la buena práctica de la educación ambiental para el desarrollo sostenible. En otras palabras, la educación en función de la realidad ambiental bajo la cual se pueda proyectar realidades ambientales en prácticas educativas alternativas a las tradicionales, teniéndose así que el medio ambiente juega un papel importante en el desarrollo de todo el ciclo del proyecto (García, 2013).

Así también, se viene desarrollando la aplicación de metodologías medioambientales en el Perú, dado que cada vez existe mayor consciencia ambiental en el medio nacional. Es así como el gobierno peruano a través del decreto supremo N° 015-2015-VIVIENDA, el año 2015, aprueba el Código Técnico de Construcción Sostenible (Peruano, 2015) el cual está enfocado a la eficiencia hídrica y a la eficiencia energética, lo cual comienza siendo el primer paso al desarrollo sostenible. Por ello, el gobierno peruano a través del fondo de MiVivienda Verde, opta por incorporar criterios de sostenibilidad tanto en la etapa de diseño como en la de construcción, para disminuir el impacto sobre el medio ambiente. Para así brindar facilidades a aquellos usuarios que quieran acudir a un financiamiento a la hora de comprar su inmueble y puedan tener el beneficio de un bono de financiamiento del 3% ó 4% , siempre y cuando la edificación cumpla con los criterios básicos de sostenibilidad proporcionados por Mivivienda, los cuales apuntan a una eficiencia energética e hídrica; es decir, presentar un ahorro del 30% en los consumos mensuales de Luz y de agua; en otras palabras, sistemas de iluminación de bajo consumo (tecnología LED) y calentador de agua; así como griferías y sanitarios con sistemas de bajo consumo (lavatorios, duchas e inodoros) y contómetros o medidores de agua independizados (Fondo Mivivienda, 2018). Todo lo mencionado previamente, es un cimiento a la paulatina aplicación de estrategias medioambientales en busca de un entorno sostenible, el cual ayuda a la buena recepción de las distintas certificaciones medioambientales que se desarrollan a nivel internacional.

## 4. Metodología

### 4.1 Selección de casos de estudio

Para la aplicación de la herramienta VERDE, se analizará el ciclo del proyecto en tres edificaciones típicas del país; es decir, se aplicará la metodología impuesta por Verde para una vivienda unifamiliar, una vivienda multifamiliar y un edificio comercial, que en este caso será un Hotel.

Es importante señalar que los tres inmuebles se encuentran en el departamento del Cusco y la capital del Cusco. Por ello, cuando se realizó toda la investigación sobre la fase inicial (fase del producto) se tuvo en cuenta las variabilidades que pudieron presentarse a la hora de conseguir los materiales necesarios y que puedan ser controlados o tenerse un plan de monitoreo de acuerdo con lo requerido por la metodología VERDE.

Finalmente, los casos de estudio buscan demostrar la manera de sustentar a través de la mitigación de impactos potenciales ambientales generados en los distintos proyectos constructivos, la forma en que puede aplicarse el mismo análisis para cualquier inmueble del medio peruano. Teniéndose en cuenta las limitaciones del presente proyecto dado que se tuvo en cuenta que el estudio de los casos fue de índole cualitativo, puesto que no se consideró otras fuentes probabilísticas, por lo que los resultados sólo conciernen a los casos estudiados y no se pueden inferir.

### 4.2 Delimitación espacial y temporal

Se tiene la siguiente Tabla:

*Tabla 4.- Delimitación espacial y temporal*

Caso	Edificio	Región	Área (m <sup>2</sup> )	UTM
1	Unifamiliar	Wanchaq-Cusco	300.76	(180987.9228;8503336.6590)
2	Multifamiliar	San Jerónimo-Cusco	305.99	(185953.2632;8502758.1377)
3	Comercial	Cusco-Cusco	572.44	(178051.9640;8503596.7270)

### **4.3 Metodología VERDE en tres edificaciones típicas**

En los proyectos de construcción típicos del país, pueden identificarse tres edificaciones comunes que en gran magnitud suelen ser elaborados y, en efecto, plasmados en campo. Tal es el caso de las viviendas multifamiliares, viviendas unifamiliares y edificios comerciales (oficinas, hoteles, etc.).

Por ello, a través de la herramienta VERDE se analizarán los ciclos del proyecto y establecerán procesos acordes a la metodología que permitirán establecer la reducción potencial de impactos de los edificios, basándose de un edificio de referencia que será aquel que cumpla estrictamente con la normativa. (Green Building Council España, 2016).

Para ello es importante recalcar qué parámetros se aplicarán para cada una de las distintas edificaciones, teniéndose así que sólo podrán compararse aquellos con la misma equivalencia funcional, siendo tal la unidad de referencia, ya que son para un período determinado; es decir, la vida útil.

Por lo tanto, el inventario de entradas y salidas resultante de las etapas de producción, construcción y fin de vida se mantendrá de forma independiente de la duración del período de referencia, mientras que el de la etapa de uso sí dependerá de esta duración. (Green Building Council España, 2016)

Es así como para las distintas edificaciones que se tendrán, la metodología VERDE establece una serie de criterios y etapas del ciclo del proyecto, acorde a lo que vaya a ser construido; es decir, desde el momento en que se diseña y plantea el proyecto, la “cuna”, hasta el fin de su uso y posterior derrumbe, la “tumba”.

En la figura 1 se muestra, basándose de los diferentes parámetros, como energía, emisiones CO<sub>2</sub>, consumo de agua, residuos, entre otros. Las etapas del ciclo del proyecto de una edificación, a través de la metodología VERDE:

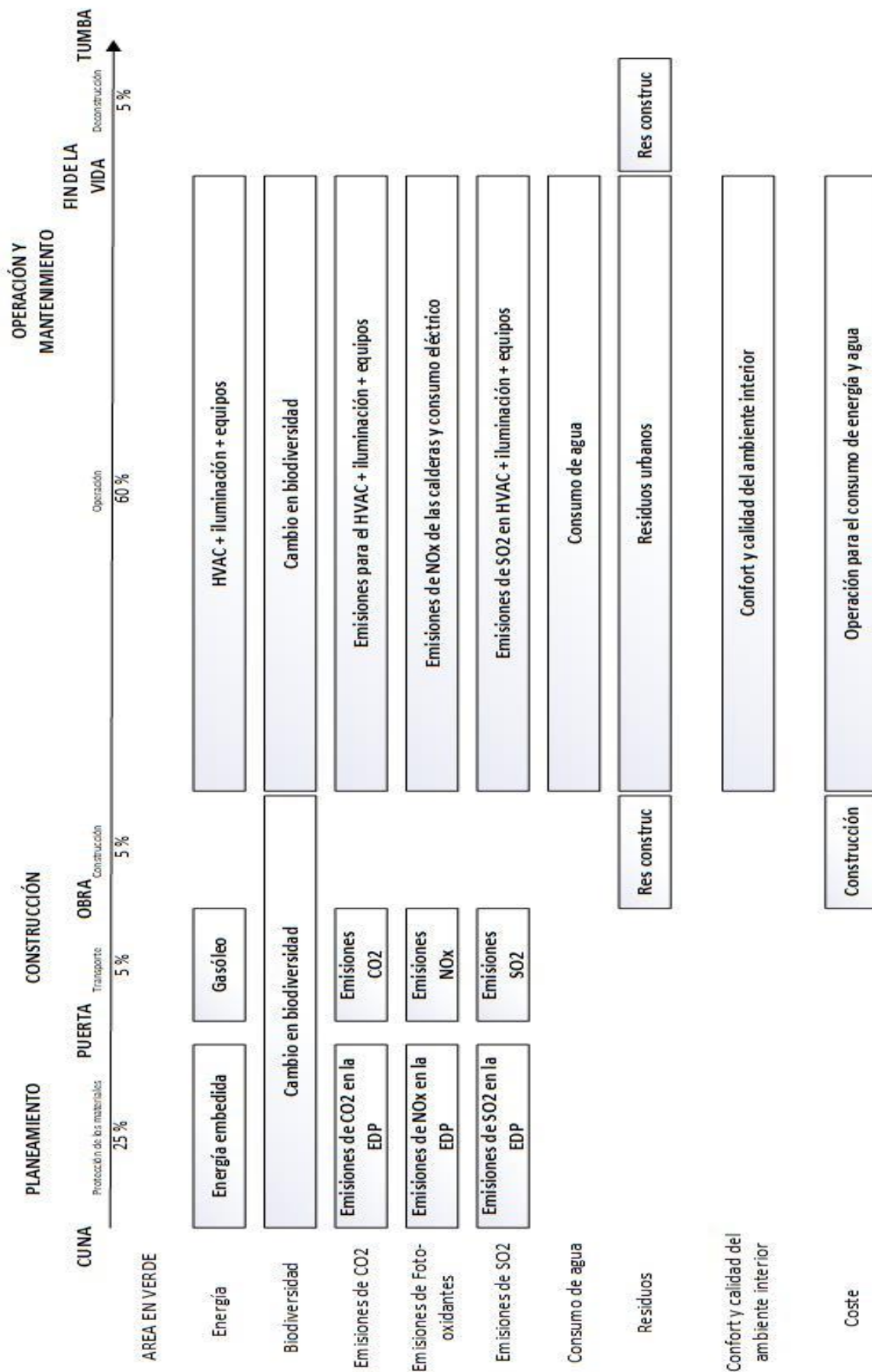


Figura 1.- Criterios y etapas del ciclo del proyecto relacionadas a VERDE

Fuente: (Green Building Council España, 2011)

En la Figura 2 se presentan los distintos análisis que deben hacerse a cada inmueble, dado que éstos servirán para el ciclo del proyecto de cada uno y, en consecuencia, la aplicación de la herramienta verde. Además, es muy importante resaltar el patrón de uso puesto que cada uno presentará diferente magnitud de proyecto, así como requisitos técnicos y funcionales.

*Figura 2.- Análisis y Requisitos de tres edificaciones típicas*

	<b>Vivienda unifamiliar</b> <ul style="list-style-type: none"><li>•Requisitos técnicos y funcionales relevantes</li><li>•Patrón de uso</li><li>•Vida útil prevista.</li><li>•Análisis del escenario sobre la producción, construcción, uso y del fin de vida.</li></ul>
	<b>Vivienda multifamiliar</b> <ul style="list-style-type: none"><li>•Requisitos técnicos y funcionales relevantes</li><li>•Patrón de uso</li><li>•Vida útil prevista.</li><li>•Análisis del escenario sobre la producción, construcción, uso y del fin de vida.</li></ul>
	<b>Edificio comercial</b> <ul style="list-style-type: none"><li>•Requisitos técnicos y funcionales relevantes</li><li>•Patrón de uso</li><li>•Vida útil prevista.</li><li>•Análisis del escenario sobre la producción, construcción, uso y del fin de vida.</li></ul>

Cabe mencionar que los distintos escenarios tienen determinadas restricciones y requisitos a tomarse en cuenta, puesto que desde la producción de los materiales a implementarse hasta el proceso que implica la fase de uso, existen bastantes factores externos que influyen importantemente en el análisis del proyecto y, por consiguiente, escenarios de las diferentes edificaciones. Tal es el caso del uso de agua operacional, uso de energía para iluminación, climatización, agua caliente sanitaria y dispositivos de control; tipo y cantidad de residuos aprovechables, tratamiento aplicado a los residuos. Más adelante, al momento de aplicar la herramienta VERDE en las tres edificaciones a utilizar, se mencionará y desarrollará en mayor detalle lo previamente mencionado.

Finalmente, es así como a través de la metodología VERDE y los escenarios que implican las distintas construcciones a considerarse en el presente proyecto de investigación, se distinguen las fases necesarias a controlar y medidas a considerar, para así poder establecer los procesos que comprenden los tres edificios a analizar.

De la Tabla 5 se establece la siguiente relación: puede establecerse un control de los impactos ambientales dependiendo de la magnitud del proyecto, de los factores que se presentaron en cada fase y así realizar procedimientos de gestión medio ambiental oportunos que se acomoden a las metodologías escogidas por los proyectistas.

*Tabla 5.- Módulos y procesos que componen el ciclo del proyecto de los edificios analizados en VERDE*

Fuente: (Green Building Council España, 2011)

Fase	Escenario	Proceso incluido
I. Fase de producto	A1. Producción de materias primas A2. Transporte A3. Fabricación	Análisis de la "cuna hasta la puerta de la fábrica" de los productos (materiales constructivos, equipamiento, etc.) que constituyen el edificio. Si se usan materiales reciclados, se deben incluir los procesos de recogida y reciclado de los residuos. Los impactos de fabricación de los bienes capitales (camiones, grúas, fábricas, etc.) no deben incluirse.
II. Fase de transporte	A 4 Transporte hasta la obra	Transporte de los materiales y productos desde la puerta de la fábrica hasta la obra
III. Fase de construcción	A5 Proceso de instalación / construcción	Se incluyen los materiales, productos, la energía y los procesos de gestión de residuos necesarios o derivados de los procesos de construcción.
IV. Fase de uso	B1 Uso o aplicación del producto instalado	Impactos que ocasionan los componentes del edificio durante su uso normal anticipado. Por ejemplo: emisión de substancias (como compuestos orgánicos volátiles) desde la fachada, cubierta, pavimentos u otras superficies interiores o exteriores
	B2 Uso de energía operacional (consumo de energía e impactos derivados durante el uso del edificio)	El análisis debe incluir la energía utilizada durante el uso del edificio, así como sus impactos ambientales asociados, para las siguientes funciones: - Calefacción - Refrigeración - Ventilación - Agua caliente sanitaria (ACS) - Iluminación - Automatización y control Adicionalmente, se incluyen también el uso de energía para otros sistemas (ascensores, escaleras, sistemas de seguridad...).
	B3 Uso de agua operacional	Consumo de agua e impactos derivados durante el uso del edificio.
	B4 Calidad ambiental interior y reducción de emisiones	Calidad del aire, confort y salud del los ocupantes en periodo de uso
V. Fase de fin de vida	C1. Deconstrucción	Todos los procesos que se producen in-situ desde el desmontaje hasta la demolición, incluyendo el desmontaje, la separación de materiales y componentes u otros.

#### 4.4 Obtención de datos

- **Memorias descriptivas:**

Para el primer caso es un inmueble unifamiliar ubicado en la Urbanización Magisterial, Calle Humberto Luna H-7 en el distrito de Wanchaq de la provincia y departamento del Cusco. El propietario es el señor Rubén Villena Soria y se inició la construcción el 19 de diciembre del 2000. El inmueble cuenta con 2 pisos, de los cuales en el primer nivel se tiene 2 dormitorios de 2.35 x 4.55 m y de 3.35 x 4.85 m, así como un baño principal de 2.30 x 1.60 m y un baño social de 1.25 x 1.65 m. Además de tener una cocina de 4.25 x 3.75 m, una sala comedora de 6.00 x 5.35 m, un hall de 7.75 x 2.30 m y una cochera de 3.80 x 3.38 m. Cabe resaltar que dicho nivel se encuentra conectado con el segundo a través de una escalera, teniéndose en dicho piso una oficina de 2.80 x 3.80 m, una secretaria de 2.10 x 3.80 m, dos dormitorios de 2.90 x 2.90 m y de 3.35 x 2.90 m, así como un baño de oficina de 1.80 x 1.00 m, un baño de servicio de 2.75 x 1.00 m, un baño social 1.20 x 1.80 m y un hall de 2.35 x 4.60 m. Además, el inmueble cuenta con una terraza.

Luego, en el segundo caso se presenta una vivienda residencial de nombre "Residencial La Pradera", ubicado en la Urbanización de Ingenieros Larapa Grande N° H-9-8 del distrito de San Jerónimo, en la provincia y departamento del Cusco. El predio es un inmueble urbano, de los cuales los propietarios son la empresa C.M. Contratistas S.A.C. y la construcción se inició en marzo del 2012. Además, la vivienda residencial cuenta con 5 pisos, de los cuales se tienen 10 departamentos, 11 cocheras y 10 depósitos. Así también, en el sótano, donde se encuentran las cocheras y los depósitos, se tiene un área techada de 12 metros cuadrados por cochera y de 3 metros cuadrados por depósito. En cuanto a los departamentos, el primer departamento del primer piso presenta un área techada de 128 metros cuadrados, mientras que el segundo departamento del mismo piso tiene un área techada de 122 metros cuadrados. Luego, en el segundo piso, el primer departamento tiene un área techada de 137 metros cuadrados y el segundo de 132 metros cuadrados. Cabe resaltarse que los departamentos del piso tres al último piso (piso cinco), presentarán la misma área techada de los dos departamentos del segundo piso.

Finalmente, para el tercer caso, la edificación de dicho ítem es un inmueble comercial, el cual está ubicado en la Avenida El Sol con Pasaje Grace, consignado con los números municipales 594 y 596 en el distrito, provincia y departamento del Cusco. Los linderos que presenta por el frente (Noreste) con la avenida El Sol, en línea recta de 16 metro lineales, luego, por la derecha (Noroeste) con la propiedad de Andrés Guillén Tamayo, en línea recta de 36.15 metros lineales. Así también, por la izquierda (Sureste) con el pasaje Grace, en línea recta de 35.85 metros lineales y, finalmente, por el fondo (Suroeste) con la propiedad de Jorge Romainville, en línea recta de 16 metros lineales. El inmueble presenta un perímetro total de 104 metro lineales y un área total del terreno de 575

metros cuadrados (área resultante tras la donación de 45 m<sup>2</sup> por parte de la Inmobiliaria Hotelera Rama a favor de la Municipalidad). Es importante señalar que el terreno está ubicado en el centro Histórico de la ciudad del Cusco con zonificación CS-CH (Zona comercial y de servicios). La obra comenzó en noviembre del 2008 y cuenta con cuatro niveles y un sótano. El primer nivel presenta servicios higiénicos diferenciados, hall, lobby y 7 habitaciones dobles (cada una con un baño), luego en el segundo piso se tienen nueve habitaciones dobles que cuentan con closet y servicio higiénico completo. Además, en el tercer nivel se tienen quince habitaciones dobles con closet y servicios higiénicos completos. Finalmente, en el cuarto piso se cuenta con quince habitaciones dobles que presentan closet y servicios higiénicos completos.

- **Base de datos:**

- Inventario de impactos: Para los tres inmuebles se tuvieron impactos por su uso o aplicación del producto instalado, por su uso de energía operacional y, finalmente, por su uso de agua operacional, de los cuales el detalle se puede apreciar en la Tabla 7, Tabla 9 y Tabla 11.
- Estimaciones: Las estimaciones realizadas para los tres casos fue de acuerdo a los estándares de la metodología VERDE y los criterios que ésta indica para su respectiva medición; es decir, la estimación de impactos medioambientales en los diferentes rubros que se necesiten de acuerdo al tipo de inmueble, pero en los que sobresalen las estimaciones de Parcela y Emplazamiento, Energía y Atmósfera, Recursos Naturales, Calidad del Ambiente Interior, Aspectos Sociales y Económicos y, finalmente, la Innovación.
- Softwares: Todo el estudio y/o análisis de los inmuebles del proyecto, desde su etapa de diseño hasta su etapa de análisis de metodologías ambientales, se hizo con ayuda de los siguientes softwares:
  - AutoCAD
  - SAP
  - Microsoft Word
  - Microsoft Excel
  - Microsoft Project
  - Microsoft Excel-VERDE (hojas de cálculo preestablecidas por la herramienta)



## 5. Resultados

### 5.1 Aplicación de la herramienta VERDE en vivienda unifamiliar

Para el análisis y aplicación de la metodología VERDE en dicho inciso, se contará con una vivienda unifamiliar ubicada en el departamento del Cusco, la cual presenta la siguiente información:



*Figura 3.- Vivienda Unifamiliar ubicada en Urb. Magisterial, Calle Humberto*

*Fuente: Fotografía tomada por N.C.I. Contratistas S.A.C.*

#### 5.1.1. Análisis del ciclo del proyecto

Para el respectivo análisis de ciclo del proyecto de la vivienda unifamiliar se aplicarán las primeras cuatro fases de la metodología verde mostradas en la Tabla 5, dado que la quinta (deconstrucción) solamente se implementaría en teoría. Por lo tanto, la primera fase será llamada fase de producto, la segunda será fase de transporte, la tercera será fase de construcción, la cuarta será fase de uso y la quinta, como se mencionó previamente, será fase de deconstrucción. Entonces, el análisis acorde a la herramienta VERDE será:

- **Fase de producto**

En dicha fase se contará con tres escenarios; es decir, la producción de materias primas, el transporte y finalmente la fabricación del producto respectivo. Por lo tanto, se tendrá la siguiente lista de materiales implementados en la construcción, desde su origen hasta la puerta de la

fábrica, con certeza de un control de calidad acorde a los requisitos de la herramienta VERDE y que permite un correcto análisis de los procesos:

*Tabla 6.- Fase de producto de vivienda unifamiliar*

<b>Materiales</b>	<b>Ubicación del material</b>	<b>Transporte</b>	<b>Fabricación</b>
Fierro corrugado	Ciudad de Arequipa	Desde la ciudad de Arequipa hasta la Ciudad de Cusco	Fábrica de Aceros Arequipa
Agregado fino	Río Vilcanota, a 32 km de la ciudad del Cusco	Desde el río Vilcanota hasta la Ciudad del Cusco	-
Agregado grueso	Río Vilcanota, a 32 km de la ciudad del Cusco	Desde el río Vilcanota hasta la Ciudad del Cusco	-
Madera	Puerto Maldonado	Desde la ciudad de Puerto Maldonado hasta la ciudad del Cusco	-
Ladrillo artesanal	-	-	Horno artesanal del distrito de San Jerónimo
Yeso artesanal	-	-	Horno artesanal del pueblo de Huacarpay
Cemento	Cemento Yura Arequipa	Desde la Ciudad de Arequipa hasta la Ciudad de Cusco	Fábrica cementos Yura Arequipa

- **Fase de transporte**

El transporte de los materiales previamente mencionados desde su lugar de fabricación hasta la zona de obra no presentó inconvenientes en cuanto a su embarco y desembarco; es decir, cumpliendo las ordenanzas municipales como también la calidad del material. Llegando en óptimas condiciones a la construcción. Cabe resaltar que todo estuvo correctamente y de acuerdo con lo programado, sin presentar inconvenientes y permitiendo que se pueda implementar dicho material correctamente a los procesos constructivos.

Como se mencionó en la tabla 6 los agregados fueron transportados desde el río Vilcanota, a 32 km de la ciudad del Cusco; la madera fue desde el departamento de Puerto Maldonado a 465 km, el yeso artesanal fue desde el pueblo de Huacarpay a 30.3 km y tanto el cemento como el acero fueron transportados por las fábricas de Cementos Yura y Aceros Arequipa, respectivamente, desde la ciudad de Arequipa a una distancia de 488.1 km.

- **Fase de construcción**

El proceso de construcción e instalación de los materiales indicados anteriormente, fueron implementados de acuerdo con los siguientes procesos constructivos y especificaciones técnicas:

- ✓ Cimentación. - Zapatas conectadas de concreto armado y cimientos corridos y sobrecimientos de concreto ciclópeo.
- ✓ Muros y Columnas. - Columnas y vigas de concreto armado, con muros de bloquetas de cemento.
- ✓ Techos. - Losas aligeradas de concreto armado y tijerales de madera Eucalipto recubiertos con tejas de arcilla sobre un enchaclado de carrizo.
- ✓ Acabados. -
  - Pisos. - Parqué guayacán con laca DD en dormitorios, sala comedor, hall, oficina, secretaria y pasadizos de circulación; loseta cerámica en baños, cocina, escaleras de ingreso oficina; cemento pulido en dormitorio de servicio, baño de servicio, huellas en garaje y terraza.
  - Puertas y Ventanas. - Serán de carpintería de madera, siendo las puertas de madera cedro del tipo tablero rebajado, contando las ventanas con vidrios crudos color bronce de 4 mm.
  - Revestimientos. - Los muros interiores y exteriores serán de tarrajeo frotachado, mientras que los cielos rasos serán de enlucido de yeso, ambos recubiertos con pintura látex.

- Baños. - Serán de losa de color, con zócalos de cerámica de color de altura 1.80 en duchas y 1.20 el resto, en baños principales, y de mayólica blanca y losa blanca en baño de servicio.
- Instalaciones Eléctricas y Sanitarias. - Las sanitarias contarán con instalaciones para desagüe, agua fría y agua caliente, en tubería PVC, mientras que las eléctricas serán empotradas con instalaciones para energía trifásica, con tubería PVC-SEL, conductores pirelli y placas de baquelita marca ticino.

- **Fase de uso**

Para dicha fase es importante resaltar tres etapas importantes en cuanto a su uso como vivienda unifamiliar; es decir, el uso o aplicación del producto instalado, el uso de energía operacional y el uso de agua operacional. Por lo tanto, se tendrá el siguiente análisis:

*Tabla 7.- Fases de uso de vivienda unifamiliar*

Escenario	Impacto ambiental
<b>Uso o aplicación del producto instalado</b>	Los distintos impactos ambientales generados por los componentes de la casa ante un uso anticipado radican en los productos instalados, que son las pinturas implementadas en la vivienda, el barniz aplicado a las maderas y/o acabados y chimenea.
<b>Uso de energía operacional</b>	Impactos generados por la iluminación, agua caliente sanitaria.
<b>Uso de agua operacional</b>	Consumo de agua durante el uso de la vivienda, así como como la prueba de la correcta instalación de los aparatos sanitarios, durante la conclusión de la etapa de construcción.

## 5.2 Aplicación de la herramienta VERDE en vivienda multifamiliar

Para el caso de análisis y aplicación de una vivienda multifamiliar, se analizará un condominio ubicado en la ciudad del Cusco, el cual cuenta con 10 departamentos y la siguiente información:



*Figura 4.- Vivienda multifamiliar ubicada en Urbanización de Ingenieros Larapa Grande N° H-9-8, Distrito de San Jerónimo, Provincia y Departamento del Cusco*

*Fuente: Fotografía tomada por C.M. Contratistas S.A.C.*

### 5.2.1. Análisis del ciclo del proyecto

Para el respectivo análisis del ciclo del proyecto de la vivienda multifamiliar se aplicarán las primeras cuatro fases de la metodología VERDE mostradas en la Tabla 5, dado que la quinta (deconstrucción) solamente se implementaría en teoría. Por lo tanto, la primera fase será llamada fase de producto, la segunda será fase de transporte, la tercera será fase de construcción, la cuarta será fase de uso y la quinta, como se mencionó previamente, será fase de deconstrucción. Entonces, el análisis acorde a la herramienta VERDE será:

- **Fase de producto**

En dicha fase se contará con tres escenarios; es decir, la producción de materias primas, el transporte y finalmente la fabricación del producto respectivo. Por lo tanto, se tendrá la siguiente lista de materiales implementados en la construcción, desde su origen hasta la puerta de la fábrica, con certeza de un control de calidad acorde a los requisitos de la herramienta verde y que permite un correcto análisis de los procesos:

*Tabla 8.- Fase de producto de vivienda multifamiliar*

<b>Materiales</b>	<b>Ubicación del material</b>	<b>Transporte</b>	<b>Fabricación</b>
Fierro corrugado	Ciudad de Arequipa	Desde la ciudad de Arequipa hasta la Ciudad de Cusco	Fábrica de Aceros Arequipa
Agregado fino	Río Vilcanota, a 32 km de la ciudad del Cusco	Desde el río Vilcanota hasta la Ciudad del Cusco	-
Agregado grueso	Río Vilcanota, a 32 km de la ciudad del Cusco	Desde el río Vilcanota hasta la Ciudad del Cusco	-
Madera	Puerto Maldonado	Desde la ciudad de Puerto Maldonado hasta la ciudad del Cusco	-
Ladrillo artesanal	-	-	Horno artesanal del distrito de San Jerónimo
Cemento	Cemento Yura Arequipa	Desde la Ciudad de Arequipa hasta la Ciudad de Cusco	Fábrica cementos Yura Arequipa

- **Fase de transporte**

El transporte de los materiales previamente mencionados desde su lugar de fabricación hasta la zona de obra no presentó inconvenientes en cuanto a su embarco y desembarco; es decir, cumpliendo las ordenanzas municipales como también la calidad del material. Llegando en óptimas condiciones a la construcción. Cabe resaltar que todo estuvo correctamente y de acuerdo con lo programado, sin presentar inconvenientes y permitiendo que se pueda implementar dicho material correctamente a los procesos constructivos.

Como se mencionó en la tabla 8 los agregados fueron transportados desde el río Vilcanota, a 32 km de la ciudad del Cusco; la madera fue desde el departamento de Puerto Maldonado a 465 km y tanto el cemento como el acero fueron transportados por las fábricas de Cementos Yura y Aceros Arequipa, respectivamente, desde la ciudad de Arequipa a una distancia de 488.1 km.

- **Fase de construcción**

El proceso de construcción e instalación de los materiales indicados anteriormente, fueron implementados de acuerdo con los siguientes procesos constructivos y especificaciones técnicas:

El proyecto plantea una edificación conformada por un bloque de cuatro niveles con terraza, y un sótano construidos sobre un área de terreno de 300 m<sup>2</sup> aproximadamente.

La topografía del terreno presenta unas capas de material de desecho, motivo por el cual se deberá realizar trabajos de corte durante la etapa constructiva.

La altura de la edificación es de 13.60 metros los que deberán salvarse por medio de escaleras de concreto, la altura en el primer nivel es de 3.20 m y de los niveles restantes de 2.60 m.

El proyecto presenta un sótano, que se utilizara como garaje, los muros perimetrales que forman cuña con el perfil del terreno será muros de concreto armado hasta alcanzar la viga del primer piso.

**A.- Cimentación:**

La edificación será soportada por columnas que transmitan sus cargas a vigas de cimentación de concreto armado, de resistencia a la compresión 210 kg/cm<sup>2</sup>, unidas mediante vigas de cimentación de 30x80 cm. De sección "T" y "L"; también de concreto armado, se deberá cimentar a una profundidad entre 1.20 como mínimo, por debajo del nivel +1.78, debiendo eliminarse una cuña de terreno de 1.60 m de espesor, para albergar el sótano del proyecto.

Se plantea cimentación corrida mediante vigas en "T" y "L", para absorber deformaciones diferenciales con mayor eficiencia.

Para efectos de diseño de la cimentación se utilizó el valor para la resistencia del terreno con una capacidad de carga admisible de  $1.74 \text{ kg/cm}^2$ . Se obtuvo mediante pruebas de laboratorio de Mecánica de Suelos, con un factor de seguridad de 3.00.

#### **B.- Sistema estructural:**

Para el diseño estructural se ha optado por el Sistema de Pórticos de Concreto Armado.

Los pórticos de concreto que se plantea, conformados por vigas y columnas están diseñados para soportar adecuadamente las solicitaciones dinámicas (sísmicas y sobrecarga), eventuales y las cargas propias de la edificación; la resistencia del concreto deberá ser  $210 \text{ kg/cm}^2$ .

La rigidez y la resistencia está asegurada por otra parte por vigas peraltadas de sección rectangular mínima de  $25 \times 50 \text{ cm}$ . Para las vigas principales y de  $25 \times 50$  para las de amarre.

Las columnas se muestran deberán tener secciones constantes en todos los niveles.

#### **C.- Entrepisos:**

Las losas aligeradas están armadas en una sola dirección y son de  $20 \text{ cm}$ . de espesor; habiéndose especificado en algunos casos refuerzos longitudinales en los bordes de los volados y de los duchos de ventilación que pide el proyecto.

Los entrepisos según lo reglamentado para una edificación de este tipo con gran concentración de público, se ha diseñado para soportar sobrecarga de  $250 \text{ kg/m}^2$ .

Las losas de escaleras están diseñadas para soportar aparte de su propio peso, una sobrecarga estática de  $500 \text{ kg/m}^2$ .

#### **D.- Sistema de techos:**

Los techos han sido proyectados con estructura de madera en forma de tijerales, apoyados sobre vigas de concreto armado, diseñados para soportar la carga de una cobertura de teja cerámica sobre encarrizado con cama de barro. Así mismo soportara sobrecargas de viento y nieve.

#### **E.- Producción de Concreto:**

El concreto que se usa deberá adquirir la resistencia mínima a la compresión indicada en los planos, a los 28 días.

El diseño de la mezcla deberá efectuarse de acuerdo con la práctica recomendable para él proporciona miento de mezclas de concreto.



## **F.-Mezclado:**

### a.- Equipo

El mezclado de concreto deberá hacerse en una mezcladora del tipo apropiado que pueda asegurar una distribución uniforme del material mezclado por dosificación, no deberá exceder al de la capacidad regulada por el fabricante.

### b.- Tiempo de mezclado

Para mezclas de la capacidad de una yarda cubica o menos, el tiempo mínimo de mezclado deberá ser de 1.5 minutos.

Para mezclas mayores de una yarda cubica, el tiempo de mezclado deberá aumentarse a razón de 15 segundos por cada media yarda de capacidad adicional. Durante el tiempo de mezclado, el tambor deberá girar a una velocidad periférica de 200 pies por minuto.

Los períodos de mezclado deberán computarse desde el momento en que todos los materiales incluso el agua se hallan en el tambor.

Todo el concreto que se obtenga será usado inmediatamente después de haber sido mezclado, no se usara concreto en obra con edad de más de media hora de mezclado.

### c.- Remezclado

El mezclado de concreto de mortero que haya endurecido parcialmente no será permitido.

## **G.-Conducción de transporte:**

Con el fin de reducir el manipuleo del concreto al mínimo, la mezcladora deberá estar ubicada lo más cerca posible del sitio de vaciado.

El concreto deberá transportarse de la mezcladora lo más rápido que sea posible para evitar la segregación y pérdida de sus ingredientes.

## **H.-Vaciado:**

### a.- Generalidades

Antes de comenzar el vaciado de concreto, deberá eliminarse el concreto endurecido en cualquier otra manera extraña en las superficies internas del equipo mezclador y transportador.

Antes de vaciar el concreto, deberán eliminarse los residuos que pudieran encontrarse en los espacios que van a ser ocupados por el concreto, si las formas son de madera estas deberán estar limpias bien mojadas o aceitadas. El refuerzo deberá estar firmemente asegurado en su posición final y aprobado por el Ingeniero.

El concreto deberá vaciarse de manera continua o en capas de un espesor tal, que este no sea depositado sobre otro concreto que se haya endurecido lo suficiente para como para causar la formación de juntas o planos débiles dentro de determinadas secciones.

El concreto que se vacié o ponga en contacto con el concreto fraguado, deberá contener un exceso de mortero para asegurar Así el empate o junta.

#### **I.- Compactación:**

En el momento mismo y después del vaciado del concreto, este deberá ser debidamente compactado mediante herramientas adecuadas, deberá usarse un batidor o paleta para el concreto a fin de lograr que el agregado grueso se aparte de las formas, mientras que el fino pueda fluir hacia las mismas a fin de lograr un acabado fino.

El concreto deberá compactarse con vibraciones mecánicas y deberá ser removido a fin de que llegue a rodear el refuerzo y lograr que este ocupe todos los ángulos y esquinas de las formas.

#### **J.- Acabados:**

##### **a.- Cavidades ocultas**

Las cavidades producidas por los tirantes de las formas o cualquier otro hueco, picaduras, canales, esquinas o aristas rotas, u otros defectos, deberán ser limpiadas y saturadas con agua por un período no menor de tres horas y por último rellenarlas con mortero para dejarlas perfectas.

##### **b.- Superficies descubiertas y expuestas**

Inmediatamente después que se haya quitado las formas y mientras el concreto este fresco, todas las pequeñas picaduras aberturas y grietas, que pudieran aparecer en las superficies descubiertas del concreto, deberán ser rellenadas con mortero de cemento líquido.

Las superficies de losas deberán ser frotachadas con cemento y agua, dejando la superficie uniformemente lisa, limpia y presentada.

#### **K.- Curado:**

Todo el concreto deberá protegerse de manera que por un período de siete días se evite la pérdida de humedad en la superficie. El curado deberá iniciarse tan pronto como sea posible.

#### **L.- Pruebas:**

Durante el proceso de la construcción, el Ingeniero hará pruebas para determinar que el concreto que está produciendo cumpla o no los patrones de calidad especificado en los planos.

### **M.- Acero de Refuerzo:**

El acero de refuerzo especificado en los planos deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- a.- Acero de refuerzo en barras redondas corrugadas
- b.- Con resistencia a la fluencia de  $f_y$  4200  $kg/cm^2$ . ASTM-A615.

### **N.- Excavaciones:**

Las excavaciones serán del tamaño exacto, se podrá omitir los moldes laterales cuando se compruebe que no se producirán hundimiento o derrumbes.

Se aprobará la buena ejecución de las zanjas antes de verter el concreto.

No se permitirá llenar los cimientos sobre material de relleno.

En el plano de cimentación se indica la presión de contacto sobre el terreno en  $kg/cm^2$ . Este valor se verificará en obra, mediante un estudio de campo de Mecánica de Suelos. Si las pruebas determinan una resistencia del suelo menor a la indicada en el plano, el contratista notificará de inmediato y por escrito al inspector de obra, quien resolverá la modificación pertinente.

El fondo de la excavación hecha para la cimentación quedara limpio y parejo. Se retirará todo derrumbe o material suelto y se vaciará un solado de concreto 1:12 para emparejar la superficie.

Las excavaciones para los cimientos corridos tendrán como mínimo las dimensiones indicadas en los planos, este siempre y cuando se alcance terreno con la resistencia deseada.

### **O.- Cimientos corridos:**

Los cimientos para los muros de ladrillo serán de concreto preparado con cemento-hormigón limpio de río en proporción 1:10 dicha mezcla será preparado con mezcladora y vaciada sin excesivo manipuleo, incorporándose hasta un 30% de piedra grande, la que se colocará después de un lavado previo y forma que no esté en contacto con otra unidad.

El espesor mínimo de los cimientos corridos será de 0.50 metros.

### **P.- Sobre cimientos:**

Los sobre cimientos se construirán del mismo espesor del muro que resisten, su altura mínima será de .30 metros serán construidos en mezcla de cemento-hormigón limpio de río en proporción de 1:8, pudiéndose utilizar hasta un 25% de piedra mediana, los Sobre cimientos serán encofrados con madera derecha y limpia.

### Q.- Sistema de techos:

Los elementos de amarre están formados por vigas de concreto armado de resistencia a la compresión  $f'c$  210  $kg/cm^2$ , cuyas secciones están definidas en los planos de estructuras.

La cobertura deberá apoyarse sobre una estructura de madera estructural como puede ser viga de eucalipto, formando tijerales según diseño.

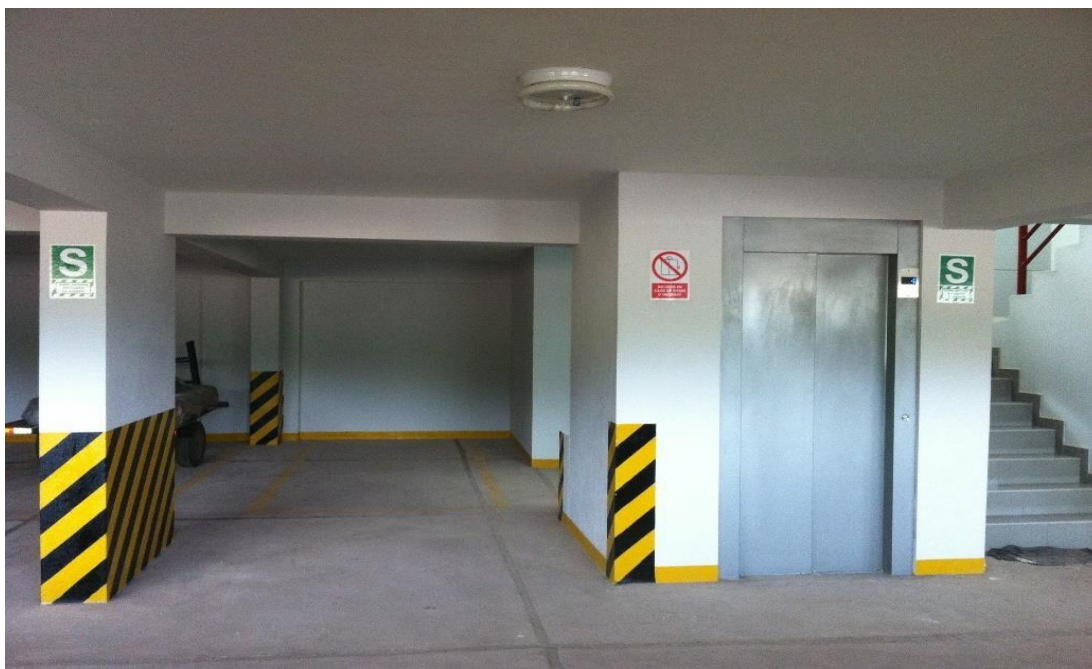


Figura 5.- Placas, estacionamientos y ascensor de residencial La Pradera

Fuente: Fotografía tomada por C.M. Contratistas S.A.C.

#### • Fase de uso

Para dicha fase es importante resaltar tres etapas importantes en cuanto a su uso como vivienda multifamiliar; es decir, el uso o aplicación del producto instalado, el uso de energía operacional y el uso de agua operacional.

Por lo tanto, se tendrá el siguiente análisis:

Tabla 9.- Fases de uso de vivienda multifamiliar

Escenario	Impacto ambiental
Uso o aplicación del producto instalado	Los distintos impactos ambientales generados se deben a los componentes implementados ante un uso anticipado de los productos instalados, que son las pinturas implementadas en la residencial, el barniz aplicado a las maderas y/o acabados.
Uso de energía operacional	Impactos generados por la iluminación, agua caliente sanitaria, ventilación, automatización y control.
Uso de agua operacional	Consumo de agua durante el uso de la vivienda, así como su uso temprano como prueba de la correcta instalación de los aparatos sanitarios, durante la conclusión de la etapa de construcción.

### 5.3. Aplicación de la herramienta VERDE en edificio comercial

Se tendrá un hotel que simulará la aplicación y análisis de un edificio comercial, dado que ambos cuentan con las mismas especificaciones en cuanto a seguridad y servicios a otorgar al usuario. Por ello, se tendrá un hotel ubicado en la ciudad del Cusco, el cual contará con la siguiente información:



*Figura 6.- Hotel San Agustín Plaza ubicado en Av.Sol 594-596, distrito, provincia y departamento del Cusco*

Fuente: Fotografía tomada por J y JL Ingeniería y Construcción S.A.C.

#### 5.3.1. Análisis del ciclo del proyecto

Para el respectivo análisis de ciclo de proyecto del hotel se aplicarán las primeras cuatro fases de la metodología VERDE mostradas en la Tabla 5, dado que la quinta (deconstrucción) solamente se implementaría en teoría. Por lo tanto, la primera fase será llamada fase de producto, la segunda será fase de transporte, la tercera será fase de construcción, la cuarta será fase de uso y la quinta, como se mencionó previamente, será fase de deconstrucción. Entonces, el análisis acorde a la herramienta VERDE será:

- **Fase de producto**

En dicha fase se contará con tres escenarios; es decir, la producción de materias primas, el transporte y finalmente la fabricación del producto respectivo. Por lo tanto, se tendrá la siguiente lista de materiales implementados en la construcción, desde su origen hasta la puerta de la

fábrica, con certeza de un control de calidad acorde a los requisitos de la herramienta verde y que permite un correcto análisis de los procesos:

*Tabla 10.- Fase de producto de hotel*

<b>Materiales</b>	<b>Ubicación del material</b>	<b>Transporte</b>	<b>Fabricación</b>
Agregado fino	Río Vilcanota, a 32 km de la ciudad del Cusco	Desde el río Vilcanota hasta la ciudad del Cusco	-
Agregado grueso	Río Vilcanota, a 32 km de la ciudad del Cusco	Desde el río Vilcanota hasta la ciudad del Cusco	-
Madera	Puerto Maldonado	Desde la Ciudad de Puerto Maldonado hasta la ciudad del Cusco	-
Ladrillo artesanal	-	-	Horno artesanal del distrito de San Jerónimo
Yeso artesanal	-	-	Horno artesanal del pueblo de Huacarpay
Cemento	Cemento Yura Arequipa	Desde la ciudad de Arequipa hasta la ciudad de Cusco	Fábrica cementos Yura Arequipa
Fierro corrugado	Ciudad de Arequipa	Desde la ciudad de Arequipa hasta la ciudad de Cusco	Fábrica de Aceros Arequipa

- **Fase de transporte**

El transporte de los materiales previamente mencionados desde su lugar de fabricación hasta la zona de obra no presentó inconvenientes en cuanto a su embarco y desembarco; es decir, cumpliendo las ordenanzas municipales como también la calidad del material. Llegando en óptimas condiciones a la construcción. Cabe resaltar que todo estuvo correctamente y de acuerdo con lo programado, sin presentar inconvenientes y permitiendo que se pueda implementar dicho material correctamente a los procesos constructivos.

Como se mencionó en la tabla 10 los agregados fueron transportados desde el río Vilcanota, a 32 km de la ciudad del Cusco; la madera fue desde el departamento de Puerto Maldonado a 465 km, el yeso artesanal fue desde el pueblo de Huacarpay a 30.3 km y tanto el cemento como el acero fueron transportados por las fábricas de Cementos Yura y Aceros Arequipa, respectivamente, desde la ciudad de Arequipa a una distancia de 488.1 km.

- **Fase de construcción**

El proceso de construcción e instalación de los materiales indicados anteriormente, fueron implementados de acuerdo con los siguientes procesos constructivos y especificaciones técnicas:

Se ubicaron y vaciaron calzaduras de concreto simple debajo de aquellas estructuras de las edificaciones existentes cuyo nivel de fundación quedo en una cota superior al nivel de vaciado de las estructuras de cimentación a colocarse. El ancho de las calzaduras fue de 0.25 m., conforme a lo indicado por la Supervisión de acuerdo con el estado del material encontrado debajo de las cimentaciones existentes. Estos trabajos fueron ejecutados a mano, en forma gradual y por paños alternados con una longitud y altura no mayor a 1.00 m. de modo que el suelo natural de cimentación de las estructuras adyacentes no se desestabilice ni se produzcan desplazamientos ni deslizamientos que pongan en riesgo la estabilidad de las edificaciones existentes.

El Contratista presentó un plan para ejecutar estos trabajos, el mismo que fue revisado y aprobado por la Supervisión. La longitud de las calzaduras en un sector no fue superior a 4.00 m., no se procedió al retiro del suelo natural lateral adyacente, no alternándose la ejecución de las calzaduras en tramos con una longitud no mayor de 4.00 m., de modo que no quedarán expuestas las cimentaciones corridas adyacentes en longitudes mayores a 4.00 m.

El concreto de las calzaduras fue  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , con slump no mayor a 2" (mezcla seca) y fue colocado encofrando la cara expuesta, a presión mediante pañeteo y colocación manual de las piedras de la mezcla. Las caras de los encofrados fueron retiradas en 24 horas y no se permitió el curado del concreto por métodos convencionales sino mediante el empleo de aditivos, para evitar el humedecimiento excesivo de las superficies de suelo adyacentes.

Las obras de concreto simple cumplieron con todas las exigencias indicadas en las especificaciones técnicas para concreto armado, tanto en su producción, manipuleo, transporte, colocación, curado, protección y evaluación mediante pruebas de resistencia.

Las obras de concreto simple cumplieron con todas las exigencias indicadas en las especificaciones técnicas para concreto armado, tanto en su producción, manipuleo, transporte, colocación, curado, protección y evaluación mediante pruebas de resistencia.

Los demás elementos de concreto simple son de las siguientes características:

Concreto solados Cemento: Hormigón 1:10, e = 10 cm. Concreto para subzapatas Cemento: Hormigón = 1:10+30% P. G., máx. 6"

Concreto cimientos corridos Cemento: Hormigón = 1:10+30% P. G., máx. 6"

Concreto para sobrecimientos Cemento: Hormigón = 1:8 + 25% P.M., máx. 3".

Las obras de concreto simple cumplieron con todas las exigencias indicadas en las especificaciones técnicas para concreto armado, tanto en su producción, manipuleo, transporte, colocación, curado, protección y evaluación mediante pruebas de resistencia.

El cemento fue ASTM C-150 Portland Tipo I, excepto cuando se indicó otro tipo en los planos del proyecto.

#### ✓ **Agregado Fino**

El agregado fino fue arena natural, limpia que tenía granos sin revestir, resistentes, fuertes y duros, libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, esquistos, álcalis, ácidos, cloruros, materia orgánica, greda u otras sustancias dañinas.

#### ✓ **Agregado Grueso**

El agregado grueso fue piedra ya sea en su estado natural, triturada, o partida, de grano compacto y de calidad dura. Estuvo limpia, libre de polvo, materia orgánica, cloruros, greda u otras sustancias perjudiciales y no contuvo piedra desintegrada, mica o cal libre. Estuvo bien graduado desde la malla estándar ASTM 1/4".

#### ✓ **Hormigón**

Fue una mezcla natural de agregado fino y grueso. Estuvo bien graduado entre las mallas estándar ASTM 100 y la malla 2". Estuvo libre de polvo, sustancias deletéreas y materia orgánica.

#### ✓ **Agua**

El agua para el presente concreto fue fresca, limpia y bebible. Se podía usar agua no bebible sólo cuando, mediante pruebas previas a su uso, se establezca que los cubos de concreto sin agregado grueso hechos con ella dan resistencias iguales o mayores al 90% de la resistencia de cubos similares elaborados con agua potable.

El contenido de cloruros en el agua se concilió con el contenido total de cloruros de la mezcla de manera de no exceder los contenidos máximos



permitidos en la norma ACI 318.

✓ **Aditivos**

Sólo se empleó los aditivos especificados en el proyecto o similares aprobados por la Supervisión, los que fueron usados de acuerdo con las instrucciones del fabricante. No se aceptó el uso de aditivos que contengan cloruros y/o nitratos. En caso de emplearse los aditivos fueron almacenados de tal manera que se evite la contaminación, evaporación o mezcla con cualquier otro material. El empleo de aditivos sólo pudo hacerse con aprobación por escrito de la Supervisión.

✓ **Almacenaje y protección**

El cemento y acero fueron almacenados separadamente, libres de alteración en su contenido de humedad, contenido de arcilla y materia orgánica. El acero se protegió del polvo y suciedad, especialmente del aceite y grasa y se mantuvo libre de contaminación con agua salada.

✓ **CONCRETO**

○ **Transporte y colocación**

El Contratista sometió a la aprobación de la Supervisión, los métodos y medios que propone usar para el transporte y colocación del concreto. El concreto a ser usado en la obra, en ningún caso tuvo más de 30 minutos entre su preparación y colocación.

○ **Compactación**

La compactación del concreto se ceñó a la norma ACI- 309.

El tipo de vibrador a utilizarse para los diferentes llenados y clases de concreto por compactar fue sometido a la aprobación de la Supervisión, quien pudo exigir vibradores de diámetro y características específicas y condicionar o limitar el ritmo de colocación del concreto en función del equipo con que cuenta el Contratista.

En el llenado, los vibradores penetraron verticalmente unos 10 cm. En la llenada previa se procedió colocando el vibrador a distancias regulares, sistemáticas, con el objeto de lograr una compactación correcta. No se pudo iniciar el vaciado de una nueva capa, antes de que la inferior haya sido completamente vibrada. El equipo mínimo constaba de dos vibradores, por cada frente de trabajo.

En áreas en donde era difícil el vibrado y dudoso su efecto, será necesaria la utilización adicional de "chuceado" para lo cual se usó una barra de construcción de tamaño manejable.

○ **Curado**

En general el concreto fue curado por vía húmeda. El curado se inició tan pronto como fue posible sin dañar la superficie y prolongarse ininterrumpidamente por un mínimo de siete días.

En el caso de superficies verticales, el Contratista pudo aplicar una membrana selladora desvaneciente, aprobada por la Supervisión, en reemplazo del curado por vía húmeda.

Para todos los casos, el Contratista se ceñó a la norma general ACI- 308.

#### **o Protección del concreto fresco y resanado de defectos superficiales**

El concreto fresco se protegió de la acción nociva de los rayos del sol, de viento seco en condiciones de evaporación alta, de golpes, de vibraciones y otros factores que podía afectar su integridad física o interferir con la fragua.

Todos los defectos superficiales reparables fueron reparados inmediatamente del desencofrado. La decisión de qué defectos superficiales podían ser reparados y de que áreas debían ser removidas, era función exclusiva del Supervisor, él que debía estar presente en todas las labores de desencofrado, no pudiendo efectuarse las mismas sin su aprobación expresa.

El procedimiento y materiales para el resane fueron tales que aseguren la permanencia de la restitución de la capacidad estructural del elemento y de los recubrimientos de la armadura especificada.

El resane del concreto fue decidido por el Supervisor, el cual ejecutó inmediatamente después de haber desencofrado. En todo caso la responsabilidad final fue del Contratista, al que podía exigírsele la remoción o demolición una vez efectuado el resane si el resultado final, a juicio exclusivo del Supervisor, no era satisfactorio.

#### **o Acabado de superficies**

Los elementos que quedaron expuestos a la vista, columnas, vigas, fondos de losas, muros, fueron encofrados con formas que les den un acabado liso como el producido por elementos continuos, como planchas de triplay, planchas metálicas, planchas de materiales sintético como fibra de vidrio, plástico u otros.

Las uniones entre elementos del encofrado que dejaban marcas en el concreto terminado fueron alineadas en toda la longitud del elemento.

Los encofrados de las vigas no llevaron uniones horizontales. Las uniones verticales se dispusieron de manera que sean simétricas entre caras de columnas.

En todo caso, el esquema de juntas fue sometido a la aprobación de la Supervisión.

Los encofrados de los muros de las cajas de ascensores y escalera no tuvieron uniones horizontales.

Las uniones verticales se modularon ordenadamente de manera simétrica con relación al centro de la longitud de cada muro y con relación al eje de la fachada.

## ✓ ENCOFRADOS

Los encofrados estuvieron preparados para resistir con seguridad todas las cargas impuestas por su propio peso, el peso y empuje del concreto vaciado y una sobrecarga de llenado (vibradores, trabajadores, carretillas, equipos, etc.).

### ○ **Materiales**

Para los elementos de concreto expuesto, la fabricación de los encofrados fue de paneles prefabricados de madera multilaminada o revestida, de fibra de vidrio o metálicos como planchas de fierro o de aluminio.

Para los elementos que quedaron sumergidos en el terreno no hubo condiciones para el acabado de los encofrados.

### ○ **Características**

Los encofrados y andamiajes se construyeron para resistir con seguridad y sin deformaciones apreciables las cargas impuestas por su peso propio, el peso o empuje del concreto y una sobrecarga no inferior a  $300 \text{ kg/m}^2$ .

Los encofrados fueron herméticos a fin de evitar la pérdida de lechada y fueron adecuadamente arriostrados y unidos entre sí a fin de mantener su posición y forma.

Los encofrados fueron debidamente alineados y nivelados de tal manera que formen elementos en la ubicación y de las dimensiones indicadas en los planos.

### ○ **Preparación y colocación**

Los encofrados y sus soportes fueron diseñados y construidos bajo la responsabilidad del Contratista para resistir con seguridad todas las cargas impuestas.

Los encofrados, fueron diseñados en forma tal que no causen daños a las estructuras previamente colocadas. Fueron construidos en forma durable, principalmente si iba a ser usado muchas veces.

El análisis estructural de los encofrados y los resultados de los ensayos de resistencia fueron proporcionados a la Supervisión cuando lo requería.

Ninguna carga de construcción que exceda la combinación de las cargas muertas sobrepuestas más las cargas vivas especificadas, fue soportada por cualquier porción de la estructura en construcción no apuntalada, a menos que el análisis indicase que existe una resistencia adecuada para soportar tales cargas adicionales.

Los encofrados y sus soportes fueron adecuadamente arriostrados y fueron los suficientemente impermeables como para impedir pérdidas de lechada o mortero.

Los encofrados estuvieron atados y amarrados para conservar la posición, forma y alineamiento deseados durante y después de la colocación del concreto. Se colocaron largueros, puntales, arriostramientos, y otros tipos de soporte para que los esfuerzos de trabajo no sean excedidos.

No se permitió la fijación de los encofrados con alambre que atraviesan en concreto.

Se previó la colocación de insertos metálicos, pases para tuberías y cualquier otro elemento antes del vaciado de concreto de tal forma que se evite posteriormente el picado y rotura de los elementos estructurales.

Las vigas y losas apoyadas en columnas de concreto se encofraron de tal forma que cuando los encofrados de las columnas se remuevan no se perturben los soportes de las vigas y losas.

Se consideraron aberturas temporales en las bases de columnas, muros y en otros puntos donde sea necesario para facilitar la limpieza, inspección y adecuado vaciado del concreto.

La superficie interior de todos los encofrados estuvo limpia de toda impureza, grasa, mortero u otras materias extrañas y fue recubierta con un aceite solución aprobada por la Supervisión. Esta sustancia no causó ningún tipo de mancha en la superficie del concreto; quedó expresamente prohibido el uso de aceite quemado o petróleo común.

Se colocaron chaflandes en los encofrados en los filos y cantos salientes, con excepción de los bordes superiores de muros, losas que fueron acabados y las esquinas que fueron enterradas.

En general, los encofrados estuvieron de acuerdo con lo dispuesto por el capítulo VI del ACI 318 -99.

#### **o Desencofrados**

Todos los encofrados fueron retirados en el tiempo indicado o cuando la resistencia indicada había sido alcanzada, y de modo que no pongan en peligro la estabilidad del elemento estructural o dañen su superficie.

Se tomaron precauciones cuando se efectuó el desencofrado para evitar fisuras, roturas a las esquinas y bordes u otros daños al concreto; cualquier daño causado al concreto fue reparado por cuenta del Contratista, a satisfacción de la Supervisión.

Los puntales debajo de las vigas y losas permanecieron, o fueron reforzados según era necesario para soportar equipos o materiales puestos en éstas.

En casos especiales, la Supervisión podía ordenar que los encofrados permanezcan en su posición más del tiempo indicado en las especificaciones por razones justificadas.

Cuando se usó concreto con cemento de fragua rápida, el desencofrado podía hacerse en períodos de tiempo menores que los usuales para los concretos con cemento normal, contando para ello con la aprobación de la Supervisión.

✓ **ACERO DE REFUERZO**

El acero estaba especificado en los planos en base a su esfuerzo de fluencia ( $f_y$ ) y debía ceñirse además a las normas indicadas.

○ **Enderezamiento y Redoblado**

Las barras no fueron enderezadas ni vueltas a doblar en forma tal que el material sea dañado. No se usaron las barras con ondulaciones o dobleces no mostrados en los planos, o las que tuvieron fisuras o roturas.

El calentamiento del acero se permitió solamente cuando toda la operación era aprobada por la Supervisión o Projectista.

○ **Colocación**

La colocación de la armadura fue efectuada en estricto acuerdo con los planos y con una tolerancia no mayor de  $\pm 1$  cm. Con relación a la ubicación indicada en los planos, ella se aseguró contra cualquier desplazamiento por medio de amarras de alambre ubicadas en las intersecciones.

El recubrimiento de la armadura se logró por medio de espaciadores de concreto tipo anillo u otra forma que tenga un área mínima de contacto con el encofrado.



*Figura 7.- Escaleras y sistema contra incendio Hotel San Agustín Plaza*

*Fuente: Fotografía tomada por J y JL Ingeniería y Construcción S.A.C.*



*Figura 8.- Pasadizos Hotel San Agustín Plaza*

*Fuente: Fotografía tomada por J y JL Ingeniería y Construcción S.A.C.*

- **Fase de uso**

Para dicha fase es importante resaltar tres etapas importantes en cuanto a su uso como vivienda multifamiliar; es decir, el uso o aplicación del producto instalado, el uso de energía operacional y el uso de agua operacional.

Por lo tanto, se tendrá el siguiente análisis:

Tabla 11.- Fases de uso de edificio comercial

Escenario	Impacto ambiental
<b>Uso o aplicación del producto instalado</b>	Los distintos impactos ambientales generados se deben a los componentes implementados ante un uso anticipado de los productos instalados, que son las pinturas implementadas en la residencial, el barniz aplicado y acabados.
<b>Uso de energía operacional</b>	Impactos generados por la refrigeración, iluminación, agua caliente sanitaria, ventilación, automatización y control, ascensores, sistemas de seguridad, calefacción.
<b>Uso de agua operacional</b>	Consumo de agua durante el uso de la vivienda, así como el uso temprano como prueba de la correcta instalación de los aparatos sanitarios, durante la conclusión de la etapa de construcción.

## 6. Modelamiento ambiental de los casos en VERDE

A través de la herramienta VERDE, se realizará la evaluación respectiva de acuerdo con los criterios establecidos por la metodología del Green Building Council; es decir, la valoración de eficiencia de referencia de edificios. Teniéndose así el análisis de ciclo de proyecto de cada inmueble, anteriormente desarrollado, y el emplazamiento por la implementación de medidas, tanto en estrategias de diseño como en factores de rendimiento. Por ello, deberá tenerse en cuenta las siguientes denominaciones:

- Seguro (S):** Cuando el fruto del análisis realizado en esta evaluación no anticipa razón para no obtener el crédito.
- Probable (P):** Cuando el fruto del análisis realizado en esta evaluación, el crédito sería concedido con cierta/bastante probabilidad.
- Dudoso (D):** Cuando la consecución no se puede anticipar en esta preevaluación por requerir modificaciones del diseño que deberán ser confirmadas o estar sujeto a incertidumbres durante la obra.
- Descartados (N):** Créditos que no son aplicables al proyecto.

En consecuencia, se tendrá lo siguiente:

## 6.1 Resultados de la herramienta de evaluación en vivienda unifamiliar

Para la aplicación de la herramienta VERDE de evaluación en una vivienda unifamiliar, se debe tener en cuenta que el Green Building Council presenta cinco tipos de certificaciones diferentes (cinco hojas), brindando una sumatoria del 100% por cada porcentaje obtenido al momento de evaluarse cada inciso y 105% si hubo innovación. Siendo así las siguientes:

- Certificación por parcela y emplazamiento (7.6%)
- Certificación por energía y atmósfera (44%)
- Certificación por recursos naturales (31.7%)
- Certificación por la calidad del ambiente interior (13.9%)
- Certificación por aspectos sociales y económicos (2.8%)
- Certificación por la innovación (5%)

Así, la certificación dependerá del porcentaje de puntos obtenidos en relación con el total de puntos que resulten de aplicación en el edificio concreto, según la siguiente tabla, se obtendrá una imagen del GBCe con un número de hojas delineadas acorde al puntaje que se obtuvo.

*Tabla 12.- Porcentaje de puntos a obtenerse para cada hoja  
Fuente: Green Building Council España (GBCe)*

De >30% a 40% de los puntos	1 hoja
De >40% a 50% de los puntos	2 hojas
De >50% a 60% de los puntos	3 hojas
De >60% a 80% de los puntos	4 hojas
De >80% a 100% de los puntos	5 hojas

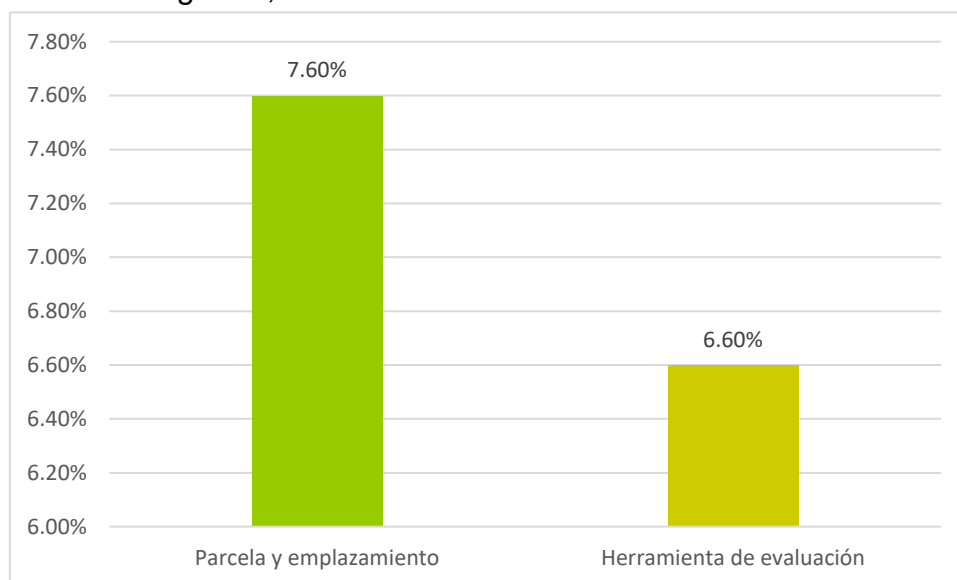
En la siguiente figura, se tiene una referencia de la certificación que llegaría obtenerse de acuerdo con el puntaje obtenido, lo que para dicho caso de la figura 8, sería una certificación con 50 a 60% de los puntos, ya que se logró 3 hojas.



*Figura 9.-Certificación de 3 hojas con puntuación de 50 a 60%  
Fuente: Herramienta de evaluación de vivienda unifamiliar (GBCe)*



Por lo tanto, se procedió con la aplicación de la herramienta de evaluación, basándose del análisis del ciclo de proyecto desarrollado anteriormente y la guía de evaluador acreditado para el caso de viviendas unifamiliares. Así, de acuerdo con la figura 1, se tuvo:



*Figura 10.-Gráfica de la herramienta de evaluación en vivienda unifamiliar en el caso de parcela y emplazamiento*

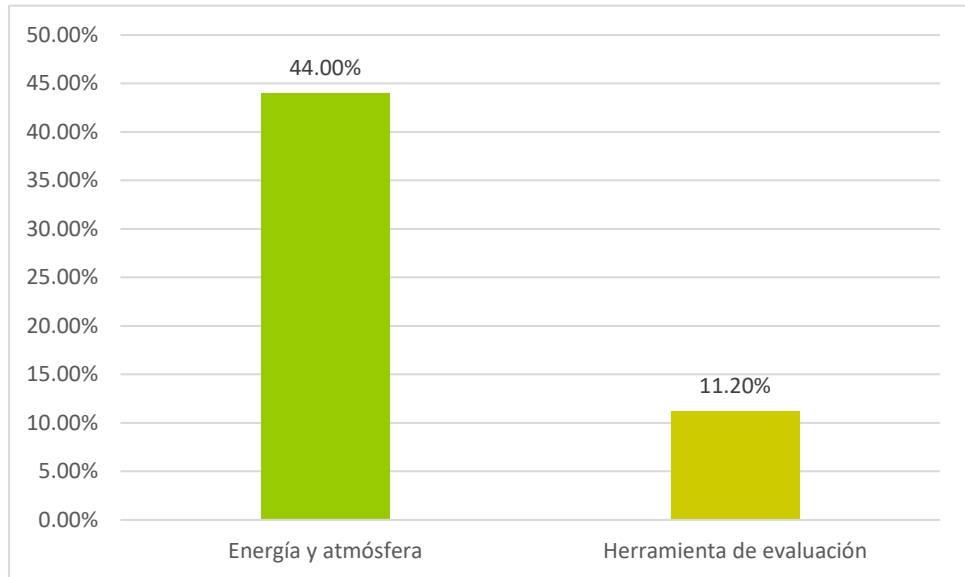
Para el primer caso de certificación, parcela y emplazamiento, se opta, a través de las diferentes medidas, lograr un puntaje ideal de 7.6%, como se señaló anteriormente; sin embargo, al momento de analizarse cada criterio se tuvo que, en efecto, se cuenta con proximidad al transporte público, acceso a los equipamientos y servicios; y que la vivienda dispone de espacio para contenedores de papel y cartón, vidrio, orgánico, envases y otros. Además, el proyecto cuenta con puntos de recogida municipales más cercanos de dichas fracciones. Así también, el análisis de gestión ambiental señaló que la ocupación de la parcela es, al menos, un 20% inferior al máximo establecido por la ordenanza; el 80% de la superficie libre de parcela no se encuentra impermeabilizada y, finalmente, la cubierta de la vivienda es ajardinada.

No obstante, las medidas que evitaron un criterio netamente ideal fueron que el proyecto no cuenta con estrategias de reutilización de residuos generados en la parcela ni con otras medidas de clasificación y reciclaje de residuos como los previamente señalados.

Ante todo, ello, se prosiguió a realizar el análisis con apoyo de los criterios de la ficha del evaluador certificado, obteniéndose así que la vivienda sí cuenta con proximidad al transporte público, dado que está a 100 metros de uno de ellos. También, con respecto al acceso a los equipamientos y servicios, la vivienda tiene acceso a más de cinco servicios en un radio de 800 metros, como restaurantes, bancos, ferreterías, supermercados, gimnasio, colegio y farmacias. Además, la vivienda dispone de espacio en su exterior suficiente para contenedores y, en cuanto a gestión del hábitat, el inmueble presenta un 40% de área libre. Todo justificado con la documentación respectiva, exigida por la metodología VERDE y así, dando por consecuencia, con los criterios y fórmulas preestablecidas, un valor de subtotal de 6.6 % como puede apreciarse

en la figura 10.

De otro lado, se tiene el caso de la herramienta de evaluación para el caso de energía y atmósfera. Obteniéndose a través del criterio el siguiente análisis:



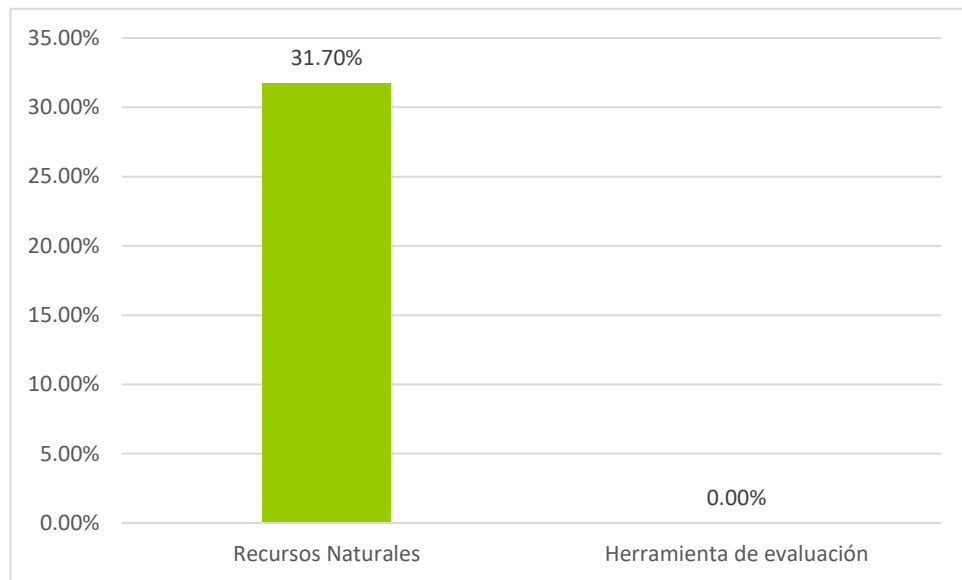
*Figura 11.- Gráfica de la herramienta de evaluación en vivienda unifamiliar en el caso de energía y atmósfera*

Para el segundo caso de certificación, energía y atmósfera, la metodología VERDE brinda un puntaje total de 44%; sin embargo, no se obtuvo un caso perfecto para dicha medida, dado que, en cuanto al consumo de energía no renovable durante el uso del edificio, se previó una reducción para los sistemas de HVAC (calor, ventilación y aire acondicionado) y ACS (agua caliente sanitaria) de más del 25%; sin embargo, no se llegó a valores altos como los propuestos por el GBCe de 60%, por mencionar uno. También, la demanda de energía eléctrica en la fase de uso, sólo se redujo en, al menos, un 20% y no más de un 40% y, finalmente, la producción de energías renovables en la parcela solo se redujo en un 5%. Cabe resaltar, que no se instaló una caldera con emisiones de NOx igual o inferior a 40 mg/Kwh; por lo que no hubo emisión de sustancias foto-oxidantes en procesos de combustión.

Al igual que el caso anterior, se prosiguió a realizar el análisis con apoyo de los criterios de la ficha del evaluador certificado, llegándose a que simplemente se redujo el consumo de energía en un 33%, además de que, el 90% de los materiales fueron locales y que se implementó una terma solar. Lo que dio como resultado que el porcentaje de reducción de energía por el uso de renovables sea de 10%. Por ello, todo lo previamente señalado dio un porcentaje total de 11.2%, con base en los criterios de análisis y evaluación presentados en el anexo y en la guía de evaluación de una vivienda unifamiliar, estipulados en la herramienta VERDE.

Un valor pequeño con respecto a lo ideal; es decir, no se mitigaron los impactos ambientales en su mayoría, como se aprecia en la figura 11.

Luego, para el criterio de análisis de recursos naturales, se obtuvo como resultado la siguiente gráfica:



*Figura 12.- Gráfica de la herramienta de evaluación en vivienda unifamiliar en el caso de recursos naturales*

Para el caso de recursos naturales se consideraron diferentes medidas, las cuales están justificadas con la información de los documentos respectivos, los resultados del análisis del ciclo de proyecto y los datos adicionales presentados en los anexos.

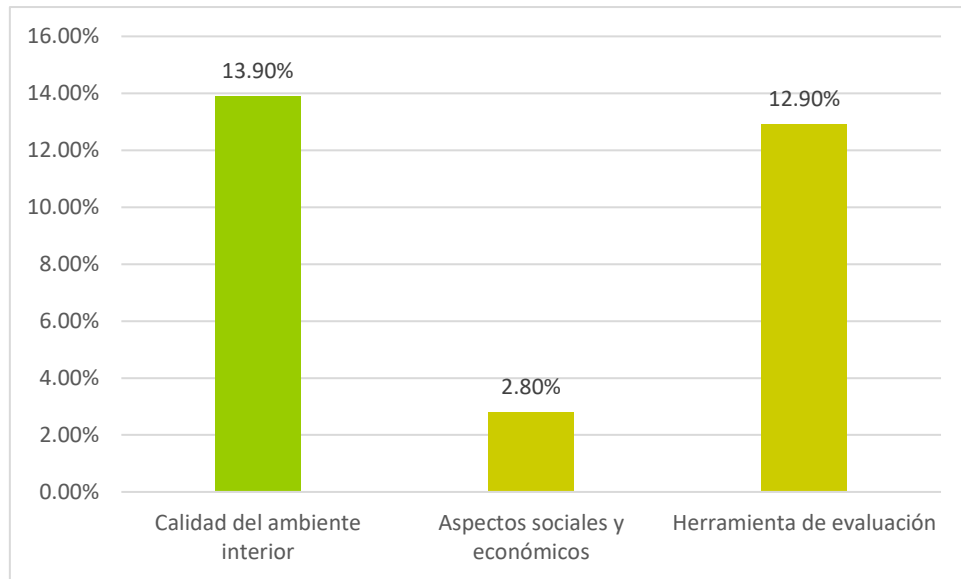
Entonces, entre las principales medidas para dicho inciso, se tiene el consumo de agua potable, la retención de aguas de lluvia para su reutilización, la recuperación y reutilización de aguas grises, el uso de materiales durables, reutilización de materiales, uso de materiales reciclados, uso de productos obtenidos de recursos sostenibles; así como, el índice de contribución de la estructura y el eco etiquetado del producto. No obstante, la reducción del consumo de agua de los ocupantes no fue mayor al 20%, no hubo retención de aguas de lluvia durante el proyecto para su reutilización, no se recuperaron ni reutilizaron aguas grises y el porcentaje de materiales duraderos fue mayor o igual al 10%.

Es importante resaltar que no se usaron materiales reciclados, no se usaron productos obtenidos de recursos sostenibles y tampoco hubo índice de contribución de la estructura ni eco etiquetado del producto. Lo que, en consecuencia, de acuerdo con las fichas del evaluador certificado dio como resultado un valor del 0%, dado que no se hizo ni aplicó ninguno criterio, de los anteriormente mencionados. Por ello, la figura 12 muestra una herramienta de evaluación sin valor alguno que disminuya los impactos medioambientales.

Finalmente, se tienen los últimos indicadores de medición para el caso de vivienda unifamiliar; es decir, la calidad de ambiente interior y los aspectos sociales y económicos, los cuales otorgan un total del 16.7% para un caso

ideal.

Así se tendrá lo siguiente:



*Figura 13.-Gráfica de la herramienta de evaluación en vivienda unifamiliar para el caso de calidad del ambiente interior y los aspectos sociales y económicos*

Para el caso de este último inciso se cuenta con que, respecto a la calidad del ambiente interior, sí se emplearon materiales con bajo contenido en CDVs para adhesivos y sellantes, sí se emplearon materiales con bajo contenido en CDVs para pinturas y recubrimientos; y compuestos de madera y fibras vegetales. Además, sí hubo eficacia de la ventilación en espacios con ventilación; es decir, se cumplió con las medidas indicadas en las estancias vivideras, además de que se logró que el inmueble tenga iluminación natural en los espacios de ocupación. Sin embargo, no hubo protección de los recintos frente al ruido procedente del exterior.

En cuanto a los aspectos sociales y económicos, se llegó al cumplir efectivamente con las medidas en cuanto a derecho al sol, dado que el salón se encuentra soleado al menos dos horas entre las diez y catorce horas solares del día 22 de diciembre y el dormitorio principal se encuentra también soleado al menos dos horas a la misma hora y fecha.

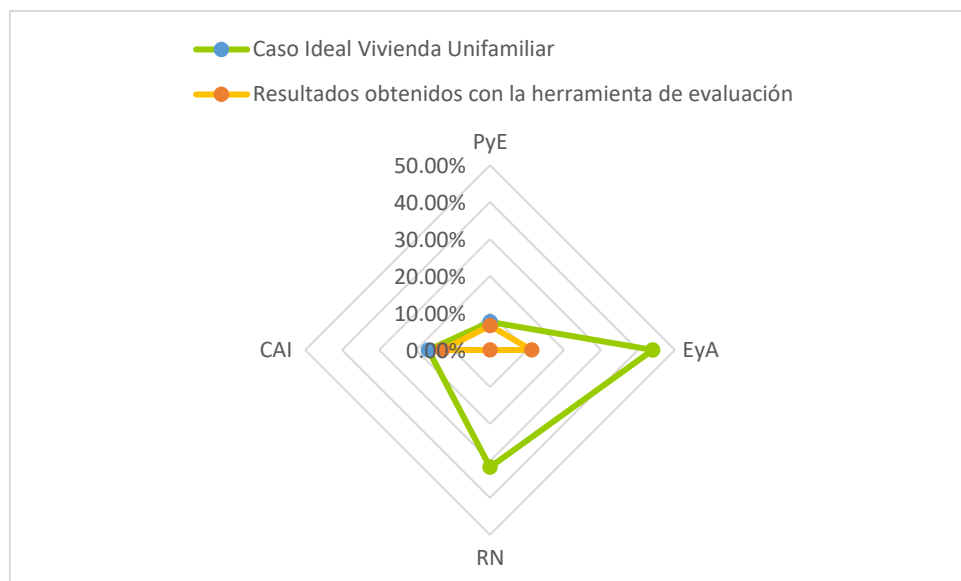
Por ello, con base de las herramientas y manuales utilizados por los certificadores que pueden apreciarse en los anexos, se logró un total de 12.9% con respecto al 16.7% del caso ideal; es decir, en la calidad del ambiente interior se obtuvo un valor del 10.1% dado que no hubo protección del recinto con respecto al ruido exterior y para el caso de aspectos sociales y económicos se obtuvo el valor máximo de 2.8%, ya que sí se cumplió con los requisitos del derecho al sol.

De esta forma, con los totales para cada caso que se obtuvieron de la herramienta de evaluación VERDE, se tiene que en el inciso de parcela y emplazamiento se obtuvo un subtotal del 6.6%, luego para el caso de energía

y atmósfera se llegó a un total de 11.2%, de ahí para el inciso de recursos naturales, al momento de establecerse el análisis de medidas, se obtuvo un total del 0% y, finalmente, para el caso de calidad del ambiente interior y aspectos sociales y económicos, se obtuvo un total del 12.9%.

Dichos ratios permitirán obtener una gráfica con los impactos ambientales finales generados, así como el resultado del análisis de la herramienta VERDE en una vivienda familiar, señalando que aspectos deben mejorarse y de cuántas hojas serán los criterios. Es importante mencionar que no se tuvo en cuenta las mediciones de innovaciones, puesto que no se aplicó ninguna de ellas a la hora de diseñarse y construirse dicho inmueble.

Entonces, se tendrán los siguientes resultados de la herramienta de evaluación VERDE en una vivienda unifamiliar:



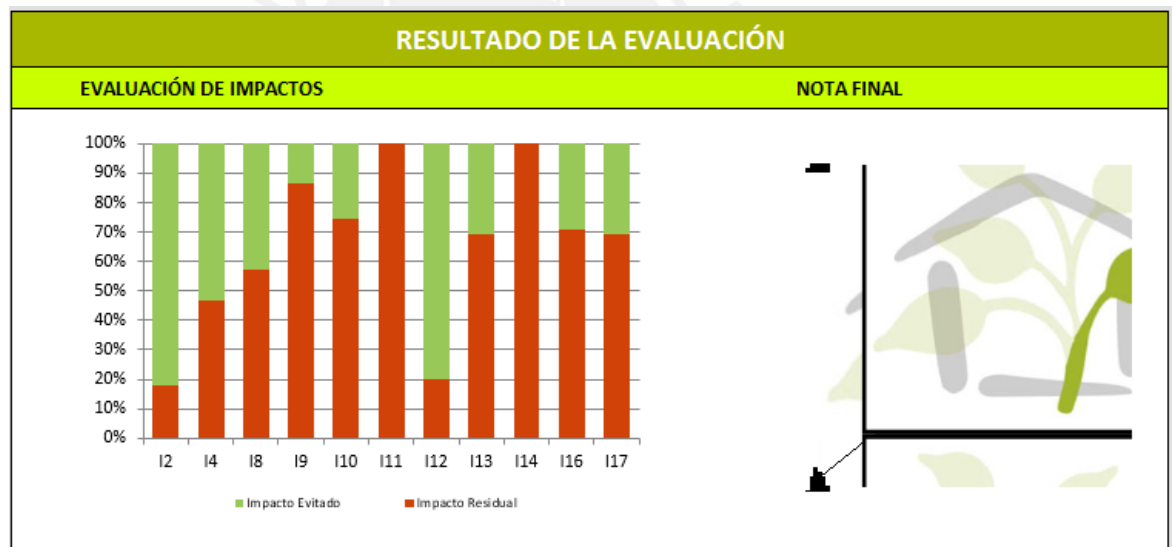
*Figura 14.-Gráfica del diagrama de red de los resultados obtenidos con respecto al caso ideal de la vivienda unifamiliar*

En la figura 14, se aprecia como variaron los resultados para cada criterio evaluado anteriormente, siendo Parcela y Emplazamiento (PyE) con un total de 7.60% y habiéndose obtenido un 6.60%, Energía y Atmósfera (EyA) con un total de 44% y habiéndose obtenido un 11.20%, Recursos Naturales (RN) con un total de 31.70% y no obteniéndose valor alguno, por lo ya explicado previamente, y Calidad del Ambiente Interior y Aspectos Sociales y Económicos (CAI) con un total de 16.70% y obteniéndose un 12.90% de puntuación final. Es decir, el caso ideal presentado en color azul muestra los valores mayores a los que se puede llegar para cada criterio; sin embargo, dados los diversos elementos y mediciones que se hicieron, se obtuvo un resultado con menos impactos mitigados como se aprecia en el margen naranja.

Por lo tanto, para los resultados señalados en la figura 15, se tiene el total obtenido para cada denominación; los cuales no se vieron modificados, ya que no se utilizaron criterios de innovación, por lo que no se alteró el resultado final, volviéndose en un total y ya no un subtotal.

Además, dichos resultados señalan la cantidad de hojas como parte de la certificación que se tendrán junto a la evaluación de impactos ambientales, lo que para dicho caso será una certificación de una hoja, puesto que se cuenta con criterios seguros, probables y dudosos dando un total de 30.76%, lo que de acuerdo al rango establecido por el Green Building Council de la Tabla 12, es mayor o igual a 30% y menor a 40%, por lo que el resultado es una certificación de una hoja, según lo que se aprecia en la figura 14.

Por ello, se llegó a obtener la siguiente figura y la siguiente tabla, donde se señalan los diferentes impactos ambientales, la manera en que fueron mitigados y aquello de lo cual se careció. Así también como los resultados de impactos ambientales que mostrarán qué rubros se deben mejorar para lograr un edificio sostenible y eco amigable en cuanto a lo que significa diseñar y construir una vivienda unifamiliar. Siendo estos los siguientes:



*Figura 15.-Resultados de la evaluación de impactos ambientales en una vivienda unifamiliar*

*Fuente: Herramienta de metodología verde (GBCe)*

Después de todo el análisis previo, en la figura 15 y tabla 13, se puede apreciar los resultados respectivos en cuanto a la evaluación de impactos ambientales en una vivienda unifamiliar. Lo que señala que el impacto reducido fue tan sólo de un 30.76% y que el impacto residual es de 69.24%; es decir, no se mitigaron los impactos ambientales en su mayoría, teniéndose que reforzar las medidas en el aspecto residual ya que presentan impactos altos que proporcionan consecuencias en el medio.

En otras palabras, no se logró ser sostenible con dicho proyecto ya que no se

llegó ni a la mitad de los impactos reducidos. Resultado que lleva a tomar una serie de estrategias al momento del uso del inmueble y, más que nada, un replanteo en cuanto al uso de agua, dado que tales indicadores son los que muestran un gran impacto con el medio y no mantienen el equilibrio a lo largo de todo su ciclo de proyecto.

Además, puede apreciarse una nota relativa, la cual, respecto al valor más alto, que es cinco, señala una nota baja, puesto que se bajaron los impactos tan sólo en una tercera parte. Siendo esta 1.54, como se puede ver en la tabla 13, lo que significa una certificación de una hoja y media.

Cabe resaltar que en la figura 15 se aprecia una gráfica para la nota final, la cual sólo se encuentra delineada una hoja de la imagen del Green Building Council, lo que significa que solamente se consiguió una tercera parte de impactos reducidos, una nota relativamente baja y una certificación de una hoja; es decir, se mitigaron los impactos medioambientales en un 30.76%, lo que es mayor o igual a 30% y menor a 40%; por lo que, se es sostenible a menor rango, como se explicó anteriormente.

*Tabla 13.-Resumen de los resultados obtenidos por impactos en vivienda unifamiliar*

*Fuente: Herramienta de metodología VERDE (GBCe)*

Resumen de los resultados obtenidos por impactos					
Impactos		Peso	Impacto Reducido	Impacto Residual	Nota Relativa
I2	Bienestar de los usuarios	1.89%	82%	18%	<b>4.11</b>
I4	Cambios en la biodiversidad	3.77%	53%	47%	<b>2.67</b>
I8	Riesgo para los inversores	5.66%	43%	57%	<b>2.13</b>
I9	Generación de residuos NO peligrosos	5.66%	13%	87%	<b>0.67</b>
I10	Pérdida de fertilidad	5.66%	25%	75%	<b>1.27</b>
I11	Pérdida de vida acuática	5.66%	0%	100%	<b>0.00</b>
I12	Pérdida de salud, confort y calidad	13.21%	80%	20%	<b>4.00</b>
I13	Agotamiento de energía no renovable	7.55%	31%	69%	<b>1.53</b>
I14	Agotamiento de agua potable	9.43%	0%	100%	<b>0.00</b>
I16	Emisión de compuestos foto oxidantes	7.55%	29%	71%	<b>1.45</b>
I17	Cambio climático	24.53%	31%	69%	<b>1.53</b>
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>	<b>30.76%</b>	<b>69.24%</b>	<b>1.54</b>

En conclusión, de los diferentes impactos generados, se debe trabajar con la generación de residuos no peligrosos, dado que presenta un impacto de 87%. También se tiene el agotamiento de energía no renovable ya que presentan altos ratios de consumo y un impacto residual del 69%, así como el cambio climático generados por tales.

Finalmente, la emisión de compuestos foto oxidantes presenta un impacto ambiental muy por encima de lo controlado (71%); y donde sí se debe

establecer un cambio es en el consumo de agua potable, como fue mencionado anteriormente, puesto que éste consume el 100% y genera un impacto residual del mismo valor. Hecho que debe cambiarse para lograr la sostenibilidad del inmueble y evitar consecuencias a largo plazo.

## **6.2. Resultados de la herramienta de evaluación en vivienda multifamiliar**

Para la aplicación de la herramienta VERDE de evaluación en una vivienda multifamiliar, se debe tener en cuenta que el Green Building Council presenta seis tipos de certificaciones diferentes (cinco hojas), a diferencia del caso anterior, brindando una sumatoria del 100% por cada porcentaje obtenido al momento de evaluarse cada inciso y un valor de 105%, si es que hubo innovación. No obstante, para dicho caso en particular, se debió tener en cuenta, previa evaluación, qué criterios aplican para el inmueble y cuáles no. Lo que trajo como consecuencia una modificación en el porcentaje de las certificaciones. Siendo así las siguientes:

- Certificación por parcela y emplazamiento (22.50%)
- Certificación por energía y atmósfera (12.36%)
- Certificación por recursos naturales (22.64%)
- Certificación por la calidad del ambiente interior (13.86%)
- Certificación por aspectos sociales y económicos (14.32%)
- Certificación por concepto de calidad (14.32%)
- Certificación por innovación (5%)

Es importante mencionar que para la certificación de parcela y emplazamiento no se tuvo en cuenta, para el inmueble, la capacidad de carga de vehículos eléctricos. En cuanto a energía y atmósfera, no se consideró la demanda de calefacción y refrigeración, la emisión de NOx en calderas de combustión y la elección responsable de refrigerantes, puesto que la edificación no cuenta con calderas, calefacción ni refrigeración. Luego, para los recursos naturales, no se consideró el consumo de agua en zonas comunes, el uso de agua no potable, el uso de material reciclado, el uso de materiales obtenidos de recursos sostenibles y el eco etiquetado del producto. Finalmente, para la calidad del ambiente interior y los aspectos sociales y económicos, no se consideró la limitación en las emisiones de COVs, protección frente al ruido y el acceso a espacios abiertos privados.

Así, la certificación dependerá del porcentaje de puntos obtenidos en relación con el total de puntos que resulten de aplicación en el edificio concreto, según la siguiente tabla, se obtendrá una imagen del GBCE con un número de hojas delineadas acordes al puntaje que se obtuvo.



Tabla 14.-Porcentaje de puntos a obtenerse para cada hoja

Fuente: Green Building Council España (GBCe)

Menos del 50% de los puntos	1 hoja
De >50% a 60% de los puntos	2 hojas
De>60% a 70% de los puntos	3 hojas
De>70% a 80% de los puntos	4 hojas
De>80% a 100% de los puntos	5 hojas

En la siguiente figura, se tiene una referencia de la certificación que llegaría obtenerse de acuerdo con el puntaje obtenido, lo que para dicho caso de la figura 15, sería una certificación con 80 a 100% de los puntos, ya que se logró 5 hojas.



Figura 16.- Certificación de 5 hojas con puntuación de 80 a 100%

Fuente: Herramienta de evaluación de vivienda unifamiliar (GBCe)

Por lo tanto, se procedió con la aplicación de la herramienta de evaluación, basándose del análisis del ciclo de proyecto desarrollado anteriormente y la guía de evaluador acreditado para el caso de viviendas unifamiliares. Así, de acuerdo con la figura 1, se tuvo:

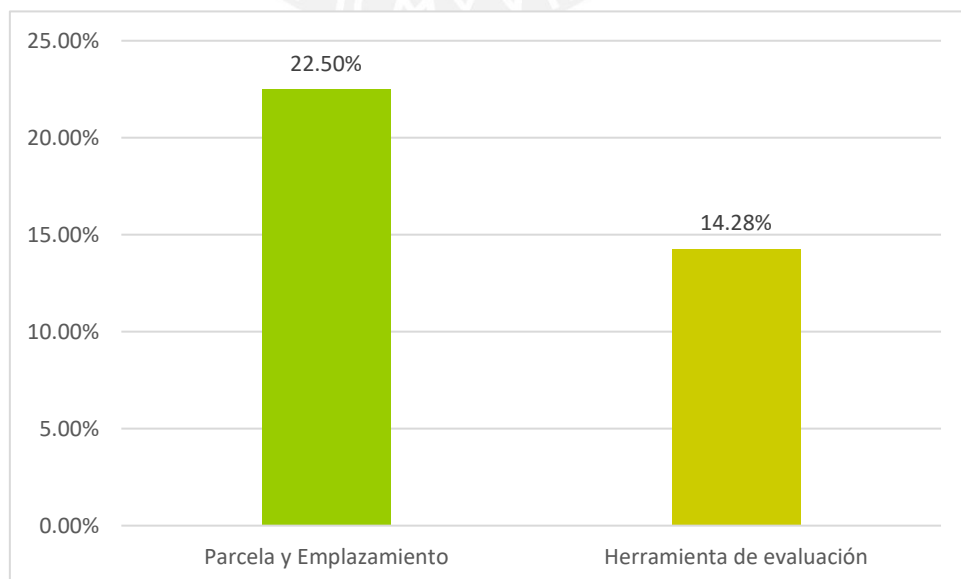


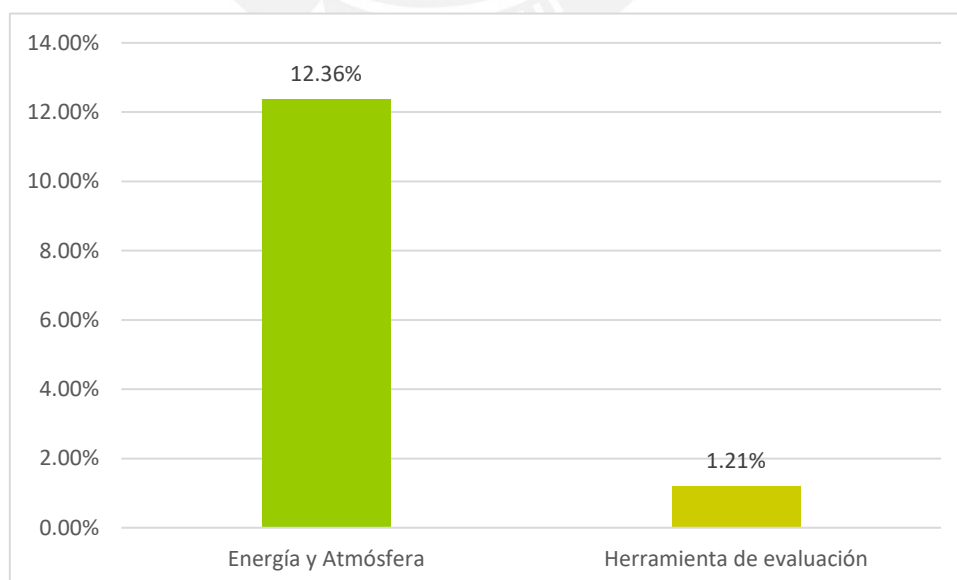
Figura 17.-Gráfica de la herramienta de evaluación de parcela y emplazamiento en el caso de vivienda multifamiliar

Para el primer caso de certificación, parcela y emplazamiento, se opta, a través de las diferentes medidas, lograr un puntaje ideal de 22.50%, como se señaló anteriormente; sin embargo, al momento de analizarse cada criterio se tuvo que, en efecto, se cumple con proximidad al transporte público, proximidad al equipamiento y servicios, facilidades para las bicicletas, clasificación de residuos sólidos (RSU) y, además, el porcentaje de superficie libre de parcela más cubierta es superior al 50%. No obstante, el porcentaje de superficie ajardinada ocupada por plantas autóctonas no está entre el 70% y 75%, así también como no existe un sistema de revalorización de los residuos producidos en la parcela.

Ante todo, se prosiguió a realizar el análisis con apoyo de los criterios de la ficha del evaluador certificado, obteniéndose así que sí se cumple con el requisito de dos líneas de transporte público en las paradas situadas en un radio de 1000 metros, también se cuenta con un número de equipamientos suficientes de prioridad como farmacias, colegios, hospitales, supermercados, entre otros.

Es importante señalar que la zona de protección lumínica de la parcela es de tipo E3; es decir, el inmueble presenta áreas de brillo o luminosidad media, puesto que es una zona urbana residencial, donde la calzada están iluminadas. Además, todo está justificado con la documentación respectiva, exigida por la metodología VERDE y así, dando por consecuencia, con los criterios y fórmulas preestablecidas, un valor de subtotal de 14.28 % como puede apreciarse en la figura 16.

Luego, se tiene el caso de la herramienta de evaluación para el criterio de energía y atmósfera, donde la certificación, ante un caso ideal, pide un porcentaje total de 12.36%; sin embargo, se obtuvo un valor de 1.21% como puede apreciarse en la figura 17 siguiente:

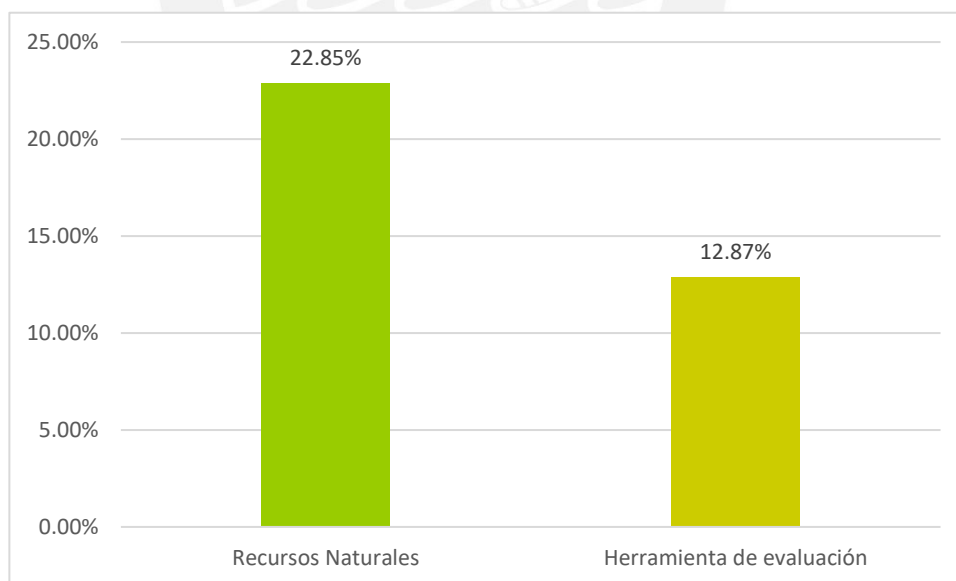


*Figura 18.-Gráfica de la herramienta de evaluación de energía y atmósfera en el caso de vivienda multifamiliar*

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se mitigaron a pequeños rasgos los impactos medioambientales generados por el uso de energía eléctrica, así como el consumo conjunto del proyecto se redujo en más de un 19% al consumo límite del proyecto. También las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, respecto al valor de referencia, se redujeron en más de un 16%, además de que el ascensor cuenta con una clasificación C según la norma VDI4707. Cabe señalarse que existen dispositivos de ahorro en cuanto a la iluminación como detectores de presencia y temporizadores.

No obstante, de acuerdo con las fichas de evaluadores certificados, se encontraron diversos tipos de falencias en dicho proyecto, como que el consumo de energía primaria no renovable fue mayor, superior a los 40 Kwh/m<sup>2</sup> aceptados por el GBCe. También, el ascensor carece de detectores de presencia con sonda de iluminación, además de la sonda iluminación misma. Todo esto dio como resultado que sólo se alcance un 1.21% de puntaje en dicho criterio, como fue mencionado anteriormente.

Continuando con los siguientes criterios, se tiene el caso de recursos naturales, donde la metodología VERDE brinda un puntaje de 22.64% para la respectiva certificación; sin embargo, al igual que en los casos anteriores, no se logró el puntaje ideal ya sea por factores externos o por aspectos que no cumplieran con las exigencias expuestas por los criterios. Teniéndose así un resultado de 11.09%; es decir, se logró aproximadamente la mitad del puntaje de los criterios requeridos, dando así la siguiente gráfica:

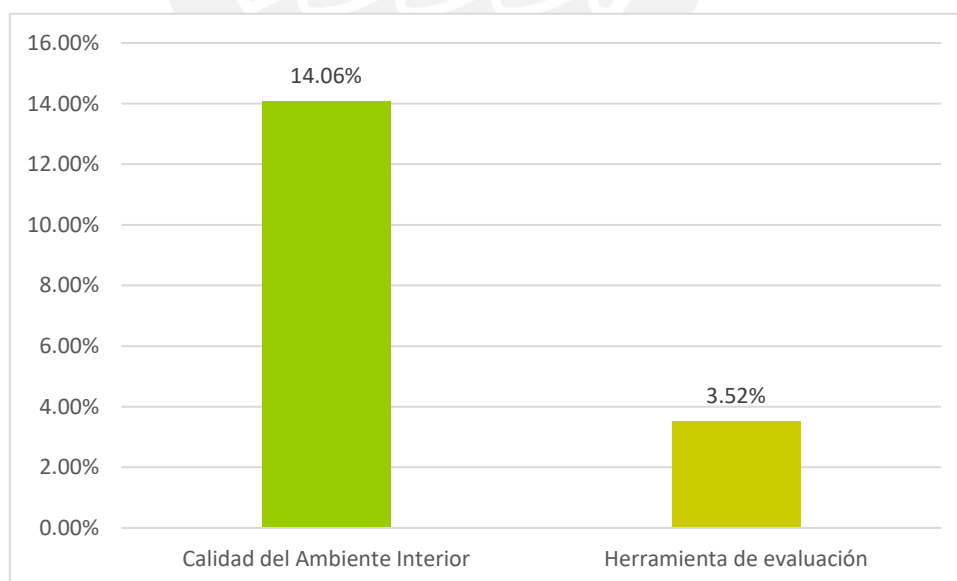


*Figura 19.-Gráfica de la herramienta de evaluación de recursos naturales en el caso de vivienda multifamiliar*

Como se aprecia en la figura 19 y, de acuerdo con lo mencionado previamente, se logró mitigar mejor los impactos medioambientales generados por un mal manejo y distribución de los recursos naturales, teniéndose así que se consiguió reducir el consumo de agua en los aparatos sanitarios en un 30%, así como reducir las necesidades de riego en los jardines a un 40%. También es importante señalar que el 65% de los materiales fueron de origen local, que existe un plan de demolición selectivo, además de un análisis de ciclo de vida (ACV) que mide el consumo de energía no renovable, las emisiones de CO<sub>2</sub>, que tiene en cuenta tres o más impactos y que demuestra una reducción del 10% en los impactos del consumo de energía no renovable y emisiones de CO<sub>2</sub>.

Sin embargo, con base de los análisis de apoyo implementados por los evaluadores de certificación, se obtuvo que, en cuanto a la gestión de los residuos de la construcción, no se garantizó la revalorización en un 75%. Además, el porcentaje de residuos de la construcción a los que se garantiza su revalorización es bajo, siendo éste de un 15%. Todo ello dio como resultado un valor en puntaje del 11.09% como se señaló y observa en la figura 19.

Luego, se analizó el inmueble para el criterio de la calidad del ambiente interior, donde la certificación otorga un puntaje del 13.86%, pero se obtuvo un valor de 6.47%, como se aprecia en la figura 20. Cabe resaltar que, de acuerdo con lo mencionado previamente, no hubo protección frente al ruido y limitación en las emisiones de COVs para el análisis de dicho inmueble en específico. Entonces, se tuvo la siguiente gráfica:



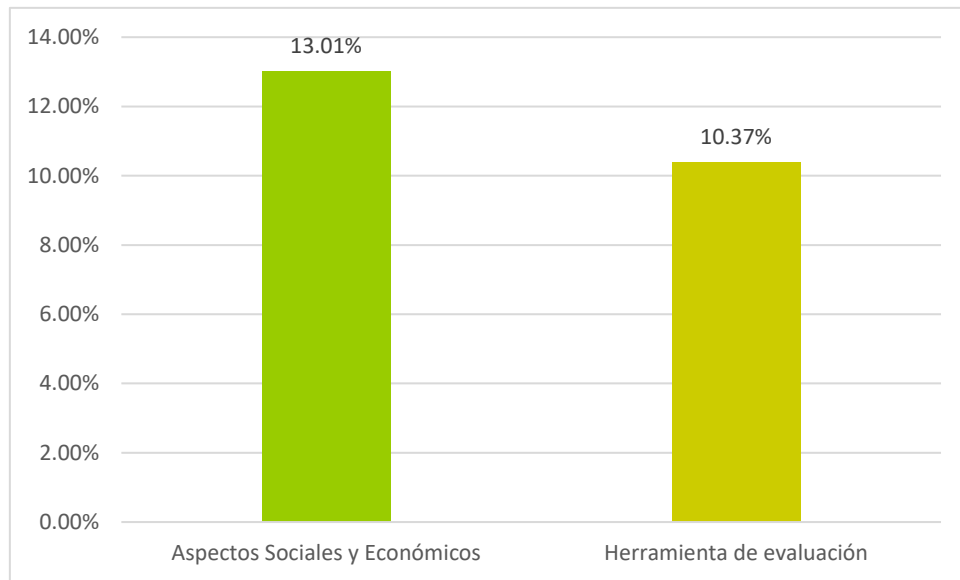
*Figura 20.-Gráfica de la herramienta de evaluación de calidad del ambiente interior en el caso de vivienda multifamiliar*

De acuerdo con la figura 20, se observa que se cumplió con proporcionar ventilación natural al inmueble, puesto que el porcentaje de viviendas que cuenta con ventilación natural oscila entre 90 a 100%. Además, el porcentaje

de las viviendas que alcanza una iluminación natural del 2% en los salones oscila entre el 70 y 80%.

A continuación se tiene el criterio de aspectos sociales y económicos, donde se tuvo que la metodología, a través de su certificación, otorga un puntaje de 14.32%, pero se alcanzó el valor de 7.07%; es decir, casi la mitad de lo exigido, dado que no se prevé una señalización específica para personas con discapacidad visual en todos los espacios comunes del edificio, también no se prevé una señalización para personas con discapacidad auditiva; además, el costo de construcción no fue un 15% menor al de la referencia.

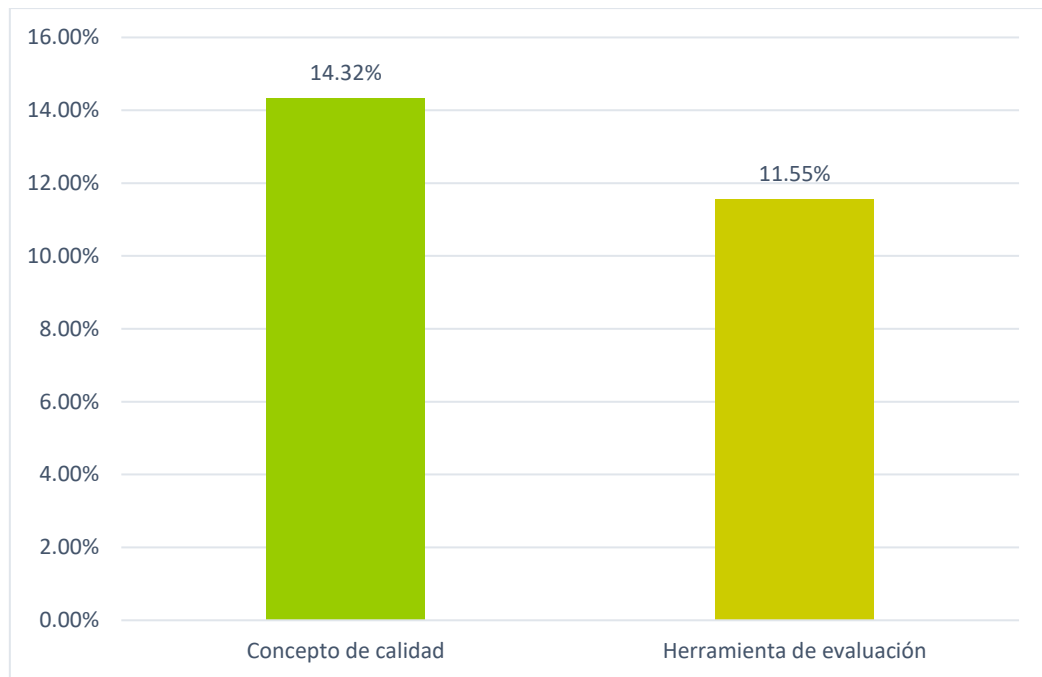
Por lo tanto, se tuvo la siguiente gráfica:



*Figura 21.-Gráfica de la herramienta de evaluación de aspectos sociales y económicos en el caso de vivienda multifamiliar*

Así como se mencionó anteriormente aquello que no mitigó impactos en el inmueble, también hubo aquellos que cumplieron con los requisitos medioambientales, como puede apreciarse en la figura 21. Por ello, se tuvo que se previó el libre acceso mediante itinerarios accesibles a personas con movilidad reducida a todas las viviendas del edificio, al menos hasta la sala de estar. También, el porcentaje de viviendas que tienen el salón soleado durante dos horas entre las 11 y 16 horas solares del día 22 de diciembre oscila entre el 75 y 100%, así como más del 80% de las viviendas garantizan la protección de su interior de las vistas del exterior. Cabe resaltar que el presupuesto final de la construcción presentó un ingreso, dado que su costo fue de un 5% inferior del estipulado; es decir, hubo una buena gestión a la hora de realizarse el proyecto respectivo.

Finalmente, se tiene el caso del último criterio para certificación, el de concepto de calidad, puesto que no hubo innovación presente en dicho proyecto; por ello, se tuvo que el GBCe otorga una puntuación de 14.32% para el caso más ideal; sin embargo, se obtuvo una puntuación de 11.55%, como se aprecia en la siguiente figura:



*Figura 22.-Gráfica de la herramienta de evaluación de concepto de calidad en el caso de vivienda multifamiliar*

Para dicho caso, se cumplió que sí hubo un sistema de gestión del edificio, justificada a través de las diferentes documentaciones requeridas. Además, hubo custodia de la documentación del proyecto, la cual incluyó propietarios, equipo de proyecto, la constructora encargada, promotores y usuarios. Finalmente, se estableció el edificio como una herramienta para la educación, dado que hay un compromiso de facilitar la información de manera pública a aquellas instituciones interesadas, como entidades educativas.

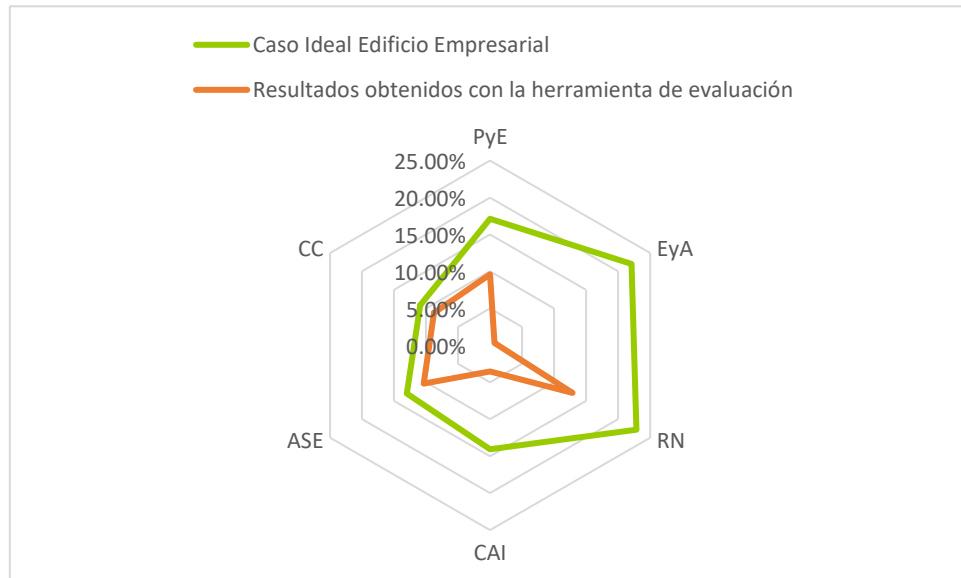
Además, se presentó mucha eficiencia con respecto a los espacios utilizados, puesto que el ratio de superficie útil funcional (0.70) fue menor al establecido por la herramienta de evaluación.

Entonces, con los totales para cada caso que se obtuvieron de la herramienta de evaluación VERDE, se tiene que en el inciso de parcela y emplazamiento se obtuvo un subtotal del 14.28%, luego para el caso de energía y atmósfera se llegó a un subtotal de 1.21%, de ahí para el inciso de recursos naturales, al momento de establecerse el análisis de medidas, se obtuvo un total del 11.09%, prosiguiendo, para el caso de calidad del ambiente interior se obtuvo un subtotal de 6.47% y, en cuanto, a los aspectos sociales y económicos el subtotal fue de 7.07% y, finalmente, para el caso de concepto de calidad, se obtuvo un subtotal del 11.55%.

Dichos ratios permitirán obtener una gráfica con los impactos ambientales finales generados, así como el resultado del análisis de la herramienta VERDE en una vivienda multifamiliar, señalando que aspectos deben mejorarse y de cuántas hojas serán los criterios. Es importante mencionar que no se tuvo en cuenta las mediciones de innovaciones, puesto que no se aplicó ninguna de ellas a la hora de diseñarse y construirse dicho inmueble. Teniéndose así, por

consecuencia, que los subtotales se convirtieron en totales respectivamente.

Entonces, se tendrán los siguientes resultados de la herramienta de evaluación VERDE en una vivienda multifamiliar:

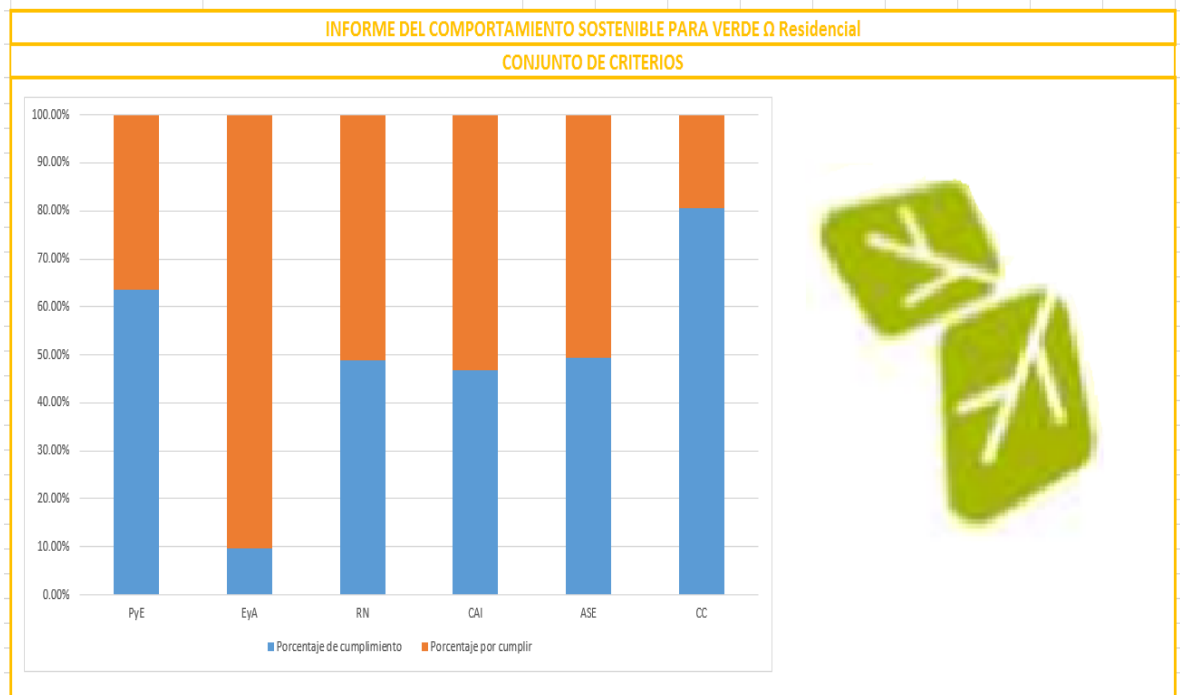


*Figura 23.-Gráfica del diagrama de red de los resultados obtenidos con respecto al caso ideal de la vivienda multifamiliar*

En la figura 23, se aprecia como variaron los resultados para cada criterio evaluado anteriormente, siendo Parcela y Emplazamiento (PyE) con un total de 22.50% y habiéndose obtenido un 14.28%, Energía y Atmósfera (EyA) con un total de 12.36% y habiéndose obtenido un 1.21%, Recursos Naturales (RN) con un total de 22.64% y obteniéndose el valor de 11.09%, luego para Calidad del Ambiente Interior (CAI) de un total de 13.86%, se obtuvo un 6.47%, para los Aspectos Sociales y Económicos (ASE) con un total de 14.32%, se obtuvo 7.07% y, finalmente, para el Concepto de Calidad (CC) de un total de 14.32%, se obtuvo un 11.55% de puntuación final. El caso ideal presentado en color azul muestra los valores mayores a los que se puede llegar para cada criterio; sin embargo, dados los diversos elementos y mediciones que se hicieron, se obtuvo un resultado con menos impactos mitigados como se aprecia en el margen naranja.

Finalmente, dichos resultados señalan la cantidad de hojas como parte de la certificación que se tendrán junto a la evaluación de impactos ambientales, lo que para dicho caso será una certificación de dos hojas, puesto que se cuenta con criterios seguros, probables y dudosos dando un total de 42.30% en resultados seguros y de 16.79% en resultados probables, y así en consecuencia, se da como resultado final un valor de 59.09%, lo que de acuerdo al rango establecido por el Green Building Council de la tabla 14, es mayor a 50% y menor a 60%, por lo que el resultado es una certificación de dos hojas, según lo que se aprecia en la figura 24.

Por ello, se llegó a obtener la siguiente figura y la siguiente tabla, donde se señalan los diferentes impactos ambientales, la manera en que fueron mitigados y aquello de lo cual se careció. Así también como los resultados de impactos ambientales que mostrarán qué rubros se deben mejorar para lograr un edificio sostenible y eco amigable en cuanto a lo que significa diseñar y construir una vivienda unifamiliar. Siendo estos los siguientes:



*Figura 24.-Resultados de la evaluación de impactos ambientales en una vivienda multifamiliar*

*Fuente: Herramienta de metodología VERDE (GBCe)*

Después de todo el análisis previo, en la figura 24 y tabla 15, se puede apreciar los resultados respectivos en cuanto a la evaluación de impactos ambientales en una vivienda multifamiliar. Lo que señala que el impacto reducido fue de un 42.30% y que el impacto residual es de 57.70%; es decir, no se mitigaron los impactos ambientales en su mayoría, pero se logró un gran avance en beneficio del entorno, puesto que se logró impactos positivos sobre el vecindario, accesibilidad, salud y confort y ahorro en el coste del ciclo de vida.

En otras palabras, se logró ser sostenible a mitad en dicho proyecto, ya que se mitigaron los impactos ambientales a aproximadamente la mitad, por lo que se redujo en gran parte los impactos residuales. Dicho resultado lleva a tomar una serie de estrategias al momento del uso del inmueble, dado que se busca seguir siendo sostenibles en el tiempo y no sólo durante el proyecto y/o construcción del inmueble, dado que se busca mantener el equilibrio a lo largo de todo su ciclo de proyecto.

Cabe resaltar, que en la figura 24, se aprecia la figura para la nota final, la cual de acuerdo a lo explicado anteriormente y la tabla 15, dio como resultado dos hojas de la imagen del Green Building Council, lo que significa que solamente



se consiguió una gran parte de impactos reducidos, una nota relativamente buena y una certificación de dos hojas; es decir, se mitigaron los impactos medioambientales en un 57.70%, lo que es mayor o igual a 50% y menor a 60%; por lo que, se es sostenible a un medio rango, como se explicó anteriormente.

*Tabla 15.-Resumen de los resultados obtenidos por impactos en vivienda multifamiliar*

*Fuente: Herramienta de metodología VERDE (GBCe)*

Área de criterios	Criterio	Impacto Reducido	Impacto Residual	
Parcela y Emplazamiento	PyE 01	Proximidad al transporte público	63.47%	36.53%
	PyE 02	Proximidad a equipamiento y servicios		
	PyE 03	Facilidades para bicicleta		
	PyE 04	Capacidad de carga de vehículos eléctricos		
	PyE 05	Clasificación de RSU		
	PyE 06	Gestión y restauración del hábitat		
	PyE 07	Uso de plantas para crear sombras		
	PyE 08	Efecto isla de calor		
	PyE 09	Contaminación lumínica		
Energía y Atmósfera	EyA 01	Demanda de calefacción y refrigeración	9.79%	90.21%
	EyA 02	Consumo de energía primaria no renovable		
	EyA 03	Emisiones de CO2		
	EyA 04	Demanda de energía eléctrica en fase de uso		
	EyA 05	Emisión de NOx en calderas de combustión		
	EyA 06	Elección responsable de refrigerantes		
Recursos Naturales	RN 01	Consumo de agua en aparatos sanitarios	48.98%	51.02%
	RN 02	Necesidades de riego en jardines		
	RN 03	Consumo de agua en zonas comunes		
	RN 04	Uso de aguas no potables		
	RN 05	Uso de materiales reciclados		
	RN 06	Uso de materiales obtenidos de recursos sostenibles		
	RN 07	Uso de materiales locales		
	RN 08	Planificación de una estrategia de demolición selectiva		
	RN 09	Gestión de los residuos de la construcción		
	RN 10	Impacto de los materiales de la construcción		
	RN 11	Ecoetiquetado de producto		
Calidad del Ambiente Interior	CAI 01	Limitación en las emisiones de COVs	46.68%	53.32%
	CAI 02	Eficacia de la ventilación natural		
	CAI 03	Iluminación natural		
	CAI 04	Protección frente al ruido		
Aspectos Sociales y Económicos	ASE 01	Acceso universal	49.37%	50.63%
	ASE 02	Derecho al sol		
	ASE 03	Acceso a espacios abiertos privados		
	ASE 04	Derecho a la intimidad		
	ASE 05	Coste de construcción		
Concepto de Calidad	CC 01	Eficiencia de los espacios	80.66%	19.34%
	CC 02	Sistema de gestión de los edificios (BMS)		
	CC 03	Custodia de la documentación del proyecto		
	CC 04	El edificio como una herramienta para la educación		
TOTAL		42.30%	59.09%	

En conclusión, de los diferentes impactos generados, se debe trabajar con la generación de impactos medioambientales en el criterio de energía y atmósfera, dado que presenta un impacto residual de 90.21%; por lo que se deben mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub> y la demanda de energía eléctrica en la fase de uso como principales criterios, según todo lo presentado anteriormente. También se tiene que el concepto de calidad se encuentra bien desarrollado, dado que se redujeron los impactos en un 80.66%, así también como un buen manejo del criterio de área y emplazamiento, puesto que su impacto residual solo fue la tercera parte del total, siendo 36.53%.

Finalmente, con respecto a los recursos naturales, calidad del ambiente interior y aspectos sociales y económicos, los impactos fueron mitigados en su mitad aproximadamente, por lo que se mantuvo a medios rasgos la sostenibilidad en dichos criterios.

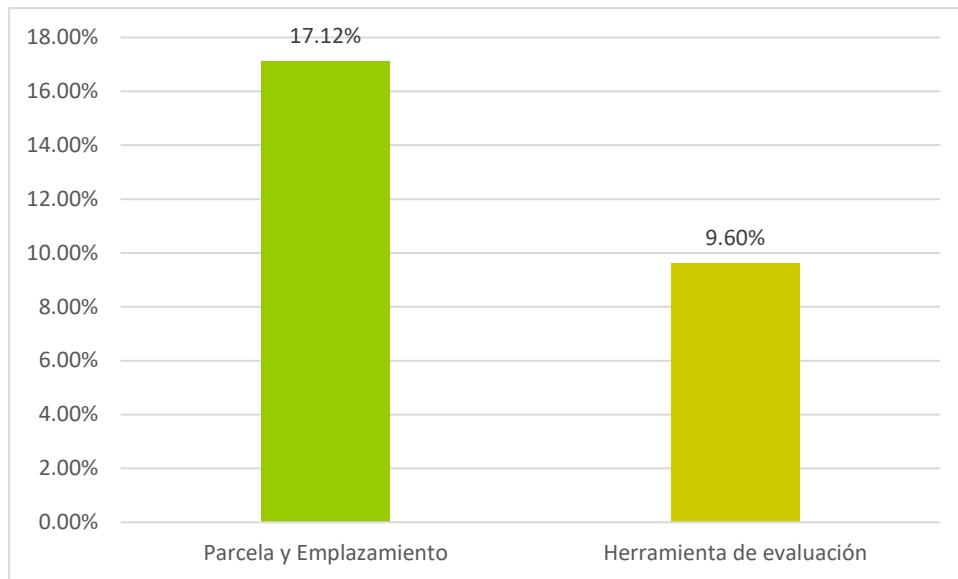
### **6.3. Resultados de la herramienta de evaluación en edificio comercial**

Para la aplicación de la herramienta VERDE de evaluación en un edificio comercial, se debe tener en cuenta que el Green Building Council presenta seis tipos de certificaciones diferentes (cinco hojas), brindando una sumatoria del 100% por cada porcentaje obtenido al momento de evaluarse cada inciso y un valor de 105%, si es que hubo innovación. No obstante, para dicho caso en particular, se debió tener en cuenta, previa evaluación, qué criterios aplican para el inmueble y cuáles no. Lo que trajo, en efecto, que se descarten algunas medidas debido al tipo de inmueble, como la capacidad de carga de vehículos eléctricos, el uso de materiales reciclados, el uso de materiales obtenidos de recursos sostenibles y la protección frente al ruido. Trayendo como consecuencia una modificación en el porcentaje de las certificaciones. Siendo así las siguientes:

- Certificación por parcela y emplazamiento (17.12%)
- Certificación por energía y atmósfera (22.06%)
- Certificación por recursos naturales (22.85%)
- Certificación por la calidad del ambiente interior (14.06%)
- Certificación por aspectos sociales y económicos (13.01%)
- Certificación por concepto de calidad (10.90%)
- Certificación por innovación (5%)

Así, la certificación dependerá del porcentaje de puntos obtenidos en relación con el total de puntos que resulten de aplicación en el edificio concreto, de acuerdo con la tabla 14, se obtendrá una imagen del GBCe con un número de hojas delineadas acordes al puntaje que se obtuvo.

Por lo tanto, se procedió con la aplicación de la herramienta de evaluación, basándose del análisis del ciclo de proyecto desarrollado anteriormente y la guía de evaluador acreditado para el caso de viviendas unifamiliares. Así, de acuerdo con la figura 1, se tuvo:



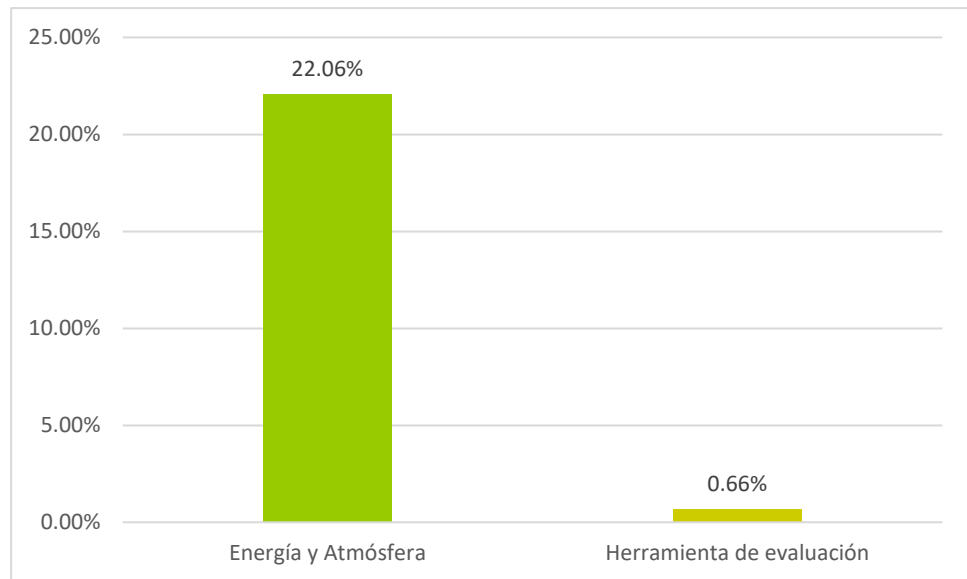
*Figura 25.-Gráfica de la herramienta de evaluación de parcela y emplazamiento en el caso de edificio comercial*

Según lo que se aprecia en la figura 25, la herramienta de evaluación para un caso ideal otorga un 17.12% de la certificación; sin embargo, se logró un 9.60%, dado que se cumple con proximidad al transporte público, proximidad a equipamiento y servicios, clasificación de residuos sólidos (RSU), el porcentaje de superficie libre de parcela más cubierta es superior al 50% y, además, se cumplieron con los requisitos de sombreamiento para la fachada oeste y este. No obstante, el porcentaje de superficie ajardinada ocupada por plantas autóctonas no está entre el 70% y 75%, así también como no existe un sistema de revalorización de los residuos producidos en la parcela y facilidades para las bicicletas.

Ante todo, se prosiguió a realizar el análisis con apoyo de los criterios de la ficha del evaluador certificado, obteniéndose así, que sí se cumple con el requisito de dos líneas de transporte público en las paradas situadas en un radio de 1000 metros, también se cuenta con un número de equipamientos suficientes de prioridad como farmacias, colegios, hospitales, supermercados, entre otros.

Es importante señalar que la zona de protección lumínica de la parcela es de tipo E4; es decir, el inmueble se encuentra en un centro urbano, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna. Además, todo está justificado con la documentación respectiva, exigida por la metodología VERDE y así, dando por consecuencia, con los criterios y fórmulas preestablecidas, un valor de subtotal de 9.60 % como puede apreciarse en la figura 25.

Luego, se tiene el caso de la herramienta de evaluación para el criterio de energía y atmósfera, donde la certificación, ante un caso ideal, pide un porcentaje total de 22.06%; sin embargo, se obtuvo un valor de 0.66% como puede apreciarse en la figura 26 siguiente:

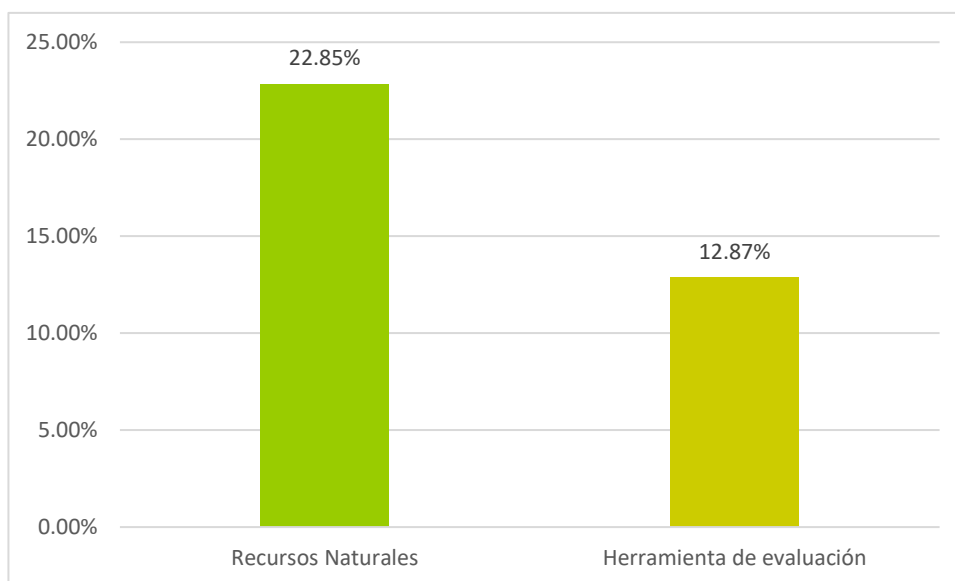


*Figura 26.-Gráfica de la herramienta de evaluación de energía y atmósfera en el caso de edificio comercial*

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se mitigaron a pequeños rasgos los impactos medioambientales generados por el uso de energía eléctrica, así como las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, respecto al valor de referencia, se redujeron en más de un 16%, además de que el ascensor cuenta con una clasificación C según la norma VDI4707. Cabe señalarse que, existen dispositivos de ahorro en cuanto a la iluminación como detectores de presencia y temporizadores, además, la iluminación de la cabina del ascensor se realiza con leds.

No obstante, de acuerdo con las fichas de evaluadores certificados, se encontraron diversos tipos de falencias en dicho proyecto, como que el consumo de energía primaria no renovable fue mayor, superior a los 40 Kwh/m<sup>2</sup> aceptados por el GBCe. También, la demanda de calefacción del proyecto no se redujo en más de un 12% a la demanda límite de calefacción, así como la demanda de refrigeración del proyecto no se redujo en más de un 6% de la demanda límite de refrigeración. Todo esto dio como resultado que sólo se alcance un 0.66% de puntaje en dicho criterio, como fue mencionado anteriormente. No se mitigaron los impactos medioambientales ni a pequeños rasgos.

Continuando con los siguientes criterios, se tiene el caso de recursos naturales, donde la metodología VERDE brinda un puntaje de 22.85% para la respectiva certificación; sin embargo, al igual que en los casos anteriores, no se logró el puntaje ideal ya sea por factores externos o por aspectos que no cumplieran con las exigencias expuestas por los criterios. Teniéndose así un resultado de 12.87%; es decir, se logró aproximadamente la cuarta parte del puntaje de los criterios requeridos, dando así la siguiente gráfica:

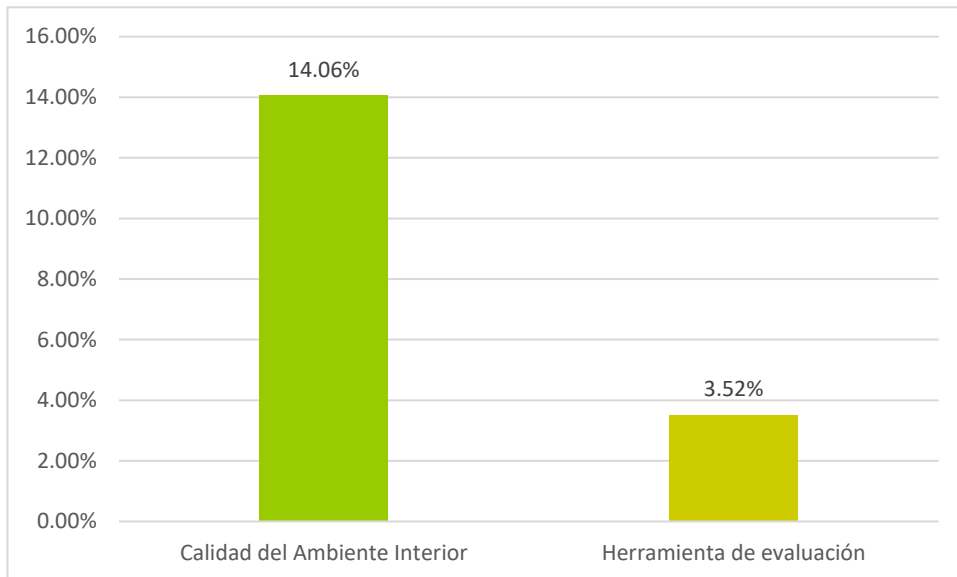


*Figura 27.-Gráfica de la herramienta de evaluación de recursos naturales en el caso de edificio comercial*

Como se aprecia en la figura 27 y, de acuerdo con lo mencionado previamente, se logró mitigar mejor los impactos medioambientales generados por un mal manejo y distribución de los recursos naturales; no obstante, el consumo de agua en sanitarios no se redujo en más de un 20%, las necesidades de riego en jardines no se redujeron en más de un 40%, las aguas recuperadas no cubrieron el 30% de las necesidades y no se garantizó la revalorización del 75% de los residuos de la construcción.

Sin embargo, con base de los análisis de apoyo implementados por los evaluadores de certificación, se obtuvo que sí se instalaron aparatos sanitarios eficientes en las zonas comunes, el 80% de los materiales fueron de origen local, sí se planteó un plan de demolición selectivo y, además, sí hubo manejo de los impactos de los materiales de construcción, puesto que existe un ACV que estableció el consumo de energía no renovable y las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como una reducción del 10% en los impactos de consumo de energía no renovable y emisiones de CO<sub>2</sub>. Todo ello dio como resultado un valor en puntaje del 12.87% como se señaló y observa en la figura 27.

Luego, se analizó el inmueble para el criterio de la calidad del ambiente interior, donde la certificación otorga un puntaje del 14.06%, pero se obtuvo un valor de 8.44%, como se aprecia en la figura 28. Cabe resaltar que, de acuerdo con lo mencionado previamente, no hubo protección frente al ruido. Entonces, se tuvo la siguiente gráfica:

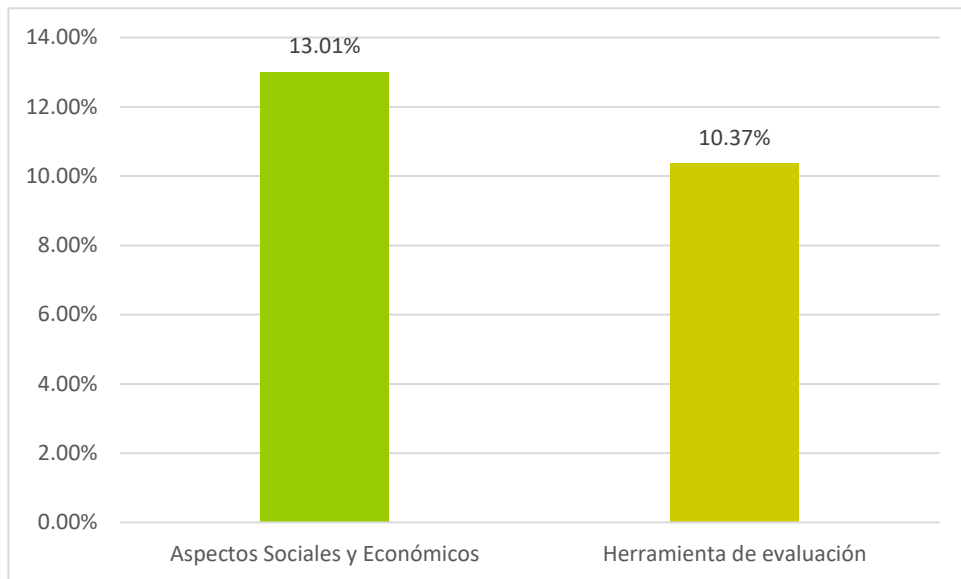


*Figura 28.-Gráfica de la herramienta de evaluación de calidad del ambiente interior en el caso de edificio comercial*

De acuerdo con la figura 28, se observa que se cumplió con proporcionar ventilación natural al inmueble, puesto que el porcentaje de viviendas que cuenta con ventilación natural oscila entre 80 a 90%. Además, el porcentaje de las viviendas que alcanza una iluminación natural del 2% en los salones oscila entre el 70 y 80%. Es importante señalar que al menos el 90% de los adhesivos, sellantes, pinturas, recubrimientos, compuestos de madera y fibras vegetales tienen bajas emisiones de COVs.

A continuación se tiene el criterio de aspectos sociales y económicos, donde se tuvo que la metodología, a través de su certificación, otorga un puntaje de 13.01%, pero se alcanzó el valor de 10.37%; es decir, casi la mayor parte de lo exigido, dado que no se prevé una señalización específica para personas con discapacidad visual en todos los espacios comunes del edificio, también no se prevé una señalización para personas con discapacidad auditiva; además, el costo de construcción no fue un 15% menor al de la referencia.

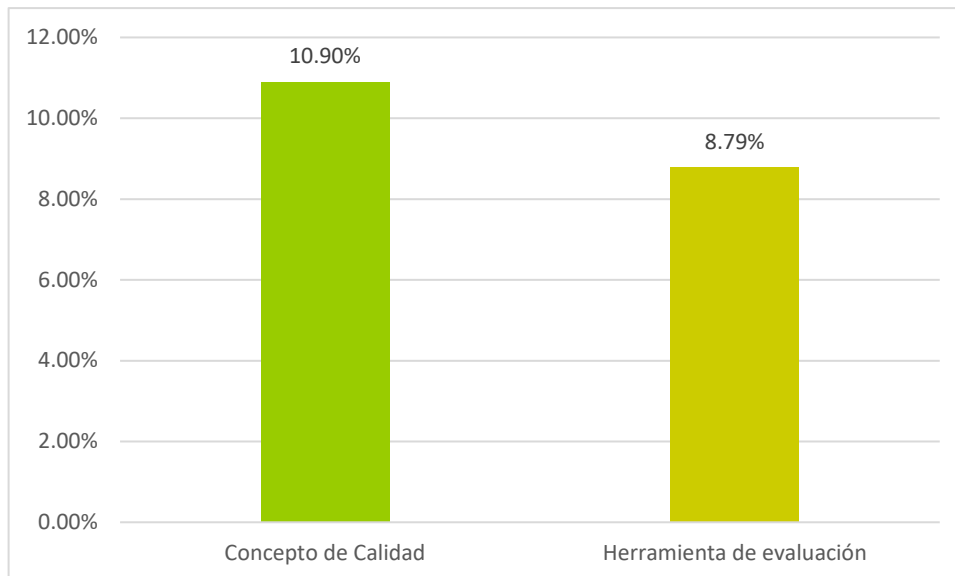
Por lo tanto, se tuvo la siguiente gráfica:



*Figura 29.-Gráfica de la herramienta de evaluación de aspectos sociales y económicos en el caso de edificio comercial*

Así como se mencionó anteriormente aquello que no mitigó impactos en el inmueble, también hubo aquellos que cumplieron con los requisitos medioambientales, como puede apreciarse en la figura 29. Por ello, se tuvo que se previó el libre acceso mediante itinerarios accesibles a personas con movilidad reducida a todas las viviendas del edificio, al menos hasta la sala de estar. También, el porcentaje de viviendas que tienen el salón soleado durante dos horas entre las 11 y 16 horas solares del día 22 de diciembre oscila entre el 75 y 100%, así todas las viviendas garantizan la protección de su interior de las vistas del exterior. Cabe resaltar que el presupuesto final de la construcción presentó un ingreso, dado que su costo fue de un 10% inferior del estipulado; es decir, hubo una buena gestión a la hora de realizarse el proyecto respectivo.

Finalmente, se tiene el caso del último criterio para certificación, el de concepto de calidad, puesto que no hubo innovación presente en dicho proyecto; por ello, se tuvo que el GBCe otorga una puntuación de 10.90% para el caso más ideal; sin embargo, se obtuvo una puntuación de 8.79%, como se aprecia en la siguiente figura:



*Figura 30.-Gráfica de la herramienta de evaluación de concepto de calidad en el caso de edificio comercial*

Para dicho caso, se cumplió que sí hubo un sistema de gestión del edificio, justificada a través de las diferentes documentaciones requeridas. Además, hubo custodia de la documentación del proyecto, la cual incluyó propietarios, equipo de proyecto, la constructora encargada, promotores y usuarios. Finalmente, se estableció el edificio como una herramienta para la educación, dado que hay un compromiso de facilitar la información de manera pública a aquellas instituciones interesadas, como entidades educativas.

Además, se presentó mucha eficiencia con respecto a los espacios utilizados, puesto que el ratio de superficie útil funcional (0.70) fue menor al establecido por la herramienta de evaluación.

Entonces, con los totales para cada caso que se obtuvieron de la herramienta de evaluación VERDE, se tiene que en el inciso de parcela y emplazamiento se obtuvo un subtotal del 9.60%, luego para el caso de energía y atmósfera se llegó a un subtotal de 0.66%, de ahí para el inciso de recursos naturales, al momento de establecerse el análisis de medidas, se obtuvo un total del 12.87%, prosiguiendo, para el caso de calidad del ambiente interior se obtuvo un subtotal de 3.52% y, en cuanto, a los aspectos sociales y económicos el subtotal fue de 10.37% y, finalmente, para el caso de concepto de calidad, se obtuvo un subtotal del 8.79%.

Dichos ratios permitirán obtener una gráfica con los impactos ambientales finales generados, así como el resultado del análisis de la herramienta VERDE en un edificio comercial, señalando qué aspectos deben mejorarse y de cuántas hojas serán los criterios. Es importante mencionar que no se tuvo en cuenta las mediciones de innovaciones, puesto que no se aplicó ninguna de ellas a la hora de diseñarse y construirse dicho inmueble. Teniéndose así, por consecuencia, que los subtotales se convirtieron en totales respectivamente. Entonces, se tendrán los siguientes resultados de la herramienta de



evaluación verde en un edificio comercial:

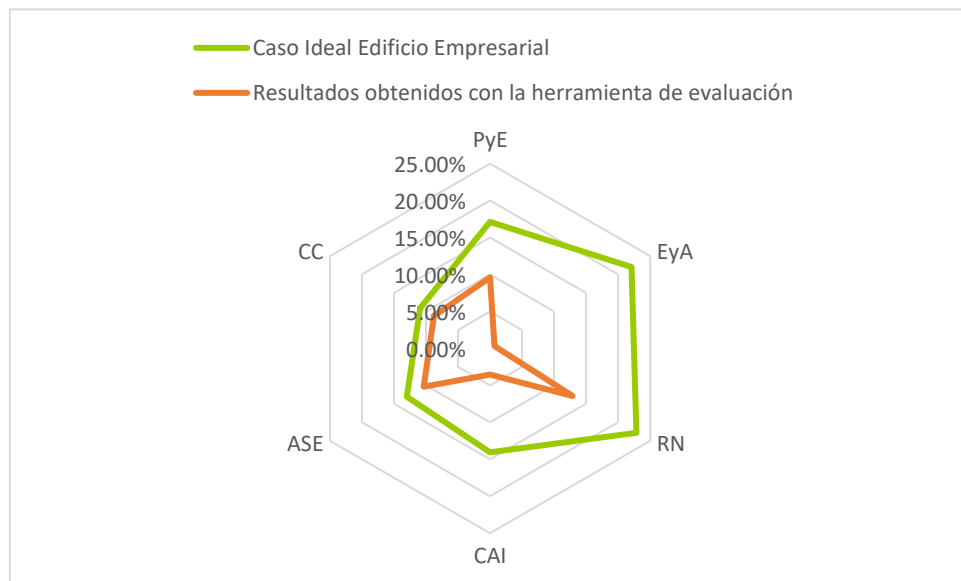
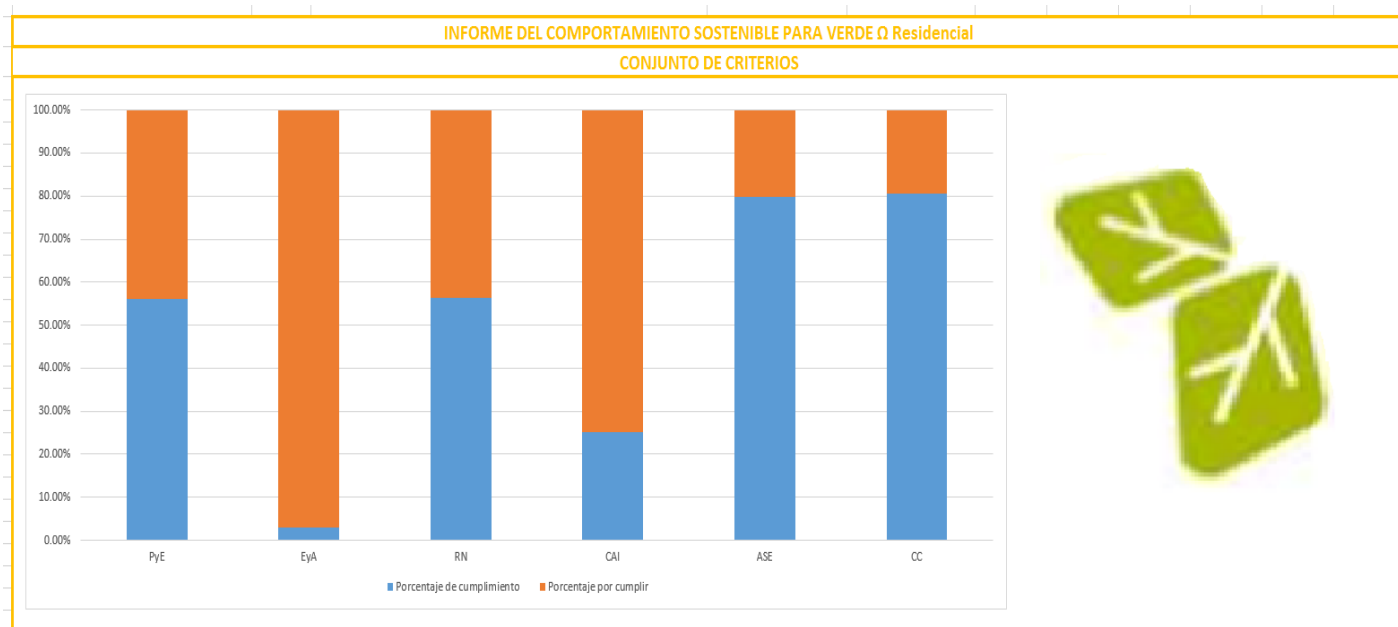


Figura 31.-Gráfica del diagrama de red de los resultados obtenidos con respecto al caso ideal del edificio comercial

En la figura 31, se aprecia como variaron los resultados para cada criterio evaluado anteriormente, siendo Parcela y Emplazamiento (PyE) con un total de 17.12% y habiéndose obtenido un 9.60%, Energía y Atmósfera (EyA) con un total de 22.06% y habiéndose obtenido un 0.66%, Recursos Naturales (RN) con un total de 22.85% y obteniéndose el valor de 12.87%, luego para Calidad del Ambiente Interior (CAI) de un total de 14.06%, se obtuvo un 3.52%, para los Aspectos Sociales y Económicos (ASE) con un total de 13.01%, se obtuvo 10.37% y, finalmente, para el Concepto de Calidad (CC) de un total de 10.90%, se obtuvo un 8.79% de puntuación final. El caso ideal presentado en color azul muestra los valores mayores a los que se puede llegar para cada criterio; sin embargo, dados los diversos elementos y mediciones que se hicieron, se obtuvo un resultado con menos impactos mitigados como se aprecia en el margen naranja.

Finalmente, dichos resultados señalan la cantidad de hojas como parte de la certificación que se tendrán junto a la evaluación de impactos ambientales, lo que para dicho caso será una certificación de dos hojas, puesto que se cuenta con criterios seguros, probables y dudosos dando un total de 45.54% en resultados seguros y de 10.48% en resultados probables, y así en consecuencia, se da como resultado final un valor de 56.02%, lo que de acuerdo al rango establecido por el Green Building Council de la Tabla 13, es

mayor a 50% y menor a 60%, por lo que el resultado es una certificación de dos hojas, según lo que se aprecia en la figura 32.



*Figura 32.-Resultados de la evaluación de impactos ambientales en edificio comercial*

*Fuente: Herramienta de metodología VERDE (GBCe)*

Después de todo el análisis previo, en la figura 32 y tabla 16, se puede apreciar los resultados respectivos en cuanto a la evaluación de impactos ambientales en un edificio comercial. Lo que señala que el impacto reducido fue de un 45.54% y que el impacto residual es de 54.46%; es decir, no se mitigaron los impactos ambientales en su mayoría, pero se logró un gran avance en beneficio del entorno, puesto que se logró impactos positivos sobre el vecindario, accesibilidad, salud y confort y ahorro en el coste del ciclo de proyecto.

En conclusión, se logró ser sostenible a mitad en dicho proyecto, ya que se mitigaron los impactos ambientales a aproximadamente la mitad, por lo que se redujo en gran parte los impactos residuales. Dicho resultado, lleva a tomar una serie de estrategias al momento del uso del inmueble, dado que se busca seguir siendo sostenibles en el tiempo y no sólo durante el proyecto y/o construcción del inmueble, dado que se busca mantener el equilibrio a lo largo de todo su ciclo de proyecto.

Cabe resaltar, que en la figura 32, se aprecia la figura para la nota final, la cual de acuerdo a lo explicado anteriormente y la tabla 16, dio como resultado dos hojas de la imagen del Green Building Council, lo que significa que solamente se consiguió una gran parte de impactos reducidos, una nota relativamente buena y una certificación de dos hojas; es decir, se mitigaron los impactos medioambientales en un 56.02%, lo que es mayor o igual a 50% y menor a 60%; por lo que, se es sostenible a un medio rango, como se explicó

anteriormente.

*Tabla 16.-Resumen de los resultados obtenidos por impactos en edificio comercial*

*Fuente: Herramienta de metodología VERDE (GBCe)*

Área de criterios	Criterio	Impacto Reducido	Impacto Residual	
Parcela y Emplazamiento	PyE 01	Proximidad al transporte público	56.08%	43.92%
	PyE 02	Proximidad a equipamiento y servicios		
	PyE 03	Facilidades para bicicleta		
	PyE 04	Capacidad de carga de vehículos eléctricos		
	PyE 05	Clasificación de RSU		
	PyE 06	Gestión y restauración del hábitat		
	PyE 07	Uso de plantas para crear sombras		
	PyE 08	Efecto isla de calor		
	PyE 09	Contaminación lumínica		
Energía y Atmósfera	EyA 01	Demanda de calefacción y refrigeración	3.00%	97.00%
	EyA 02	Consumo de energía primaria no renovable		
	EyA 03	Emisiones de CO2		
	EyA 04	Demanda de energía eléctrica en fase de uso		
	EyA 05	Emisión de NOx en calderas de combustión		
	EyA 06	Elección responsable de refrigerantes		
Recursos Naturales	RN 01	Consumo de agua en aparatos sanitarios	56.32%	43.68%
	RN 02	Necesidades de riego en jardines		
	RN 03	Consumo de agua en zonas comunes		
	RN 04	Uso de aguas no potables		
	RN 05	Uso de materiales reciclados		
	RN 06	Uso de materiales obtenidos de recursos sostenibles		
	RN 07	Uso de materiales locales		
	RN 08	Planificación de una estrategia de demolición selectiva		
	RN 09	Gestión de los residuos de la construcción		
	RN 10	Impacto de los materiales de la construcción		
	RN 11	Ecoetiquetado de producto		
Calidad del Ambiente Interior	CAI 01	Limitación en las emisiones de COVs	25.04%	74.96%
	CAI 02	Eficacia de la ventilación natural		
	CAI 03	Iluminación natural		
	CAI 04	Protección frente al ruido		
Aspectos Sociales y Económicos	ASE 01	Acceso universal	79.71%	20.29%
	ASE 02	Derecho al sol		
	ASE 03	Acceso a espacios abiertos privados		
	ASE 04	Derecho a la intimidad		
	ASE 05	Coste de construcción		
Concepto de Calidad	CC 01	Eficiencia de los espacios	80.64%	19.36%
	CC 02	Sistema de gestión de los edificios (BMS)		
	CC 03	Custodia de la documentación del proyecto		
	CC 04	El edificio como una herramienta para la educación		
TOTAL		45.54%	54.46%	

En conclusión, de los diferentes impactos generados, se debe trabajar con la generación de impactos medioambientales en el criterio de energía y atmósfera, dado que presenta un impacto residual de 97%; por lo que se deben mitigar las emisiones de CO2 y la demanda de energía eléctrica en la fase de uso como principales criterios, según todo lo presentado anteriormente. También se tiene que el concepto de calidad se encuentra bien desarrollado, dado que se redujeron los impactos en un 80.64%, así también como un buen manejo del criterio de parcela y emplazamiento, puesto que su impacto residual fue menor, siendo 43.92%. Así también como los aspectos sociales y económicos, ya que se redujo el impacto en un 79.71%, evitando desbalance en el acceso, derecho al sol, derecho a la intimidad, acceso a espacios abiertos privados y coste de construcción, porque el impacto residual fue de un 20.29%. Sin embargo, es importante señalar el criterio de calidad del

ambiente interior ya que los impactos reducidos tan sólo fueron de un 25.04%, ocasionando un desbalance en cuanto al equilibrio sostenible que se busca, puesto que se generó un impacto residual de 74.96%

Finalmente, con respecto a los recursos naturales los impactos fueron mitigados en su mitad aproximadamente, por lo que se mantuvo a medios rasgos la sostenibilidad en dichos criterios.

## 7. Comparación de resultados

Después de haber visto la aplicación minuciosa para cada criterio establecido por la metodología del GBCe a los tres casos de estudio de la presente tesis, claramente se presenta una disminución potencial de los impactos ambientales, puesto que éstas fueron aplicadas bajo un criterio cualitativo, a fin de demostrar la manera en que podría desarrollarse y mejorarse la sostenibilidad en tales inmuebles a fin de aplicarse la metodología VERDE, mas no fue así en la realidad de los inmuebles. Lo que nos permite llegar a la siguiente tabla resumen donde se proseguirá a compararlos y verificar cuál es más “sostenible”, cuál mitigó potencialmente los impactos generados durante toda la etapa de proyecto, cuál obtuvo una mayor puntuación en los criterios de la herramienta VERDE y cuáles trabajaron de manera sostenible ante las exigencias presentadas desde la etapa del diseño hasta su etapa actual de uso, puesto que todas fueron sometidas a un análisis de ciclo de proyecto, a la aplicación de la herramienta VERDE y a los requisitos expuestos en cada criterio de la certificación respectiva.

Entonces, así se tendrá la siguiente tabla:

*Tabla 17.- Comparación de los resultados obtenidos para los tres inmuebles*

Inmueble	Criterios	Impacto Reducido	Impacto Residual	Impacto Reducido Total	Impacto Residual Total
Vivienda Unifamiliar	PyE	86.84%	13.16%	30.76%	69.24%
	EyA	25.45%	74.55%		
	RN	0%	100%		
	CAI	72.66%	27.34%		
	ASE	100%	0%		
	CC	NO APLICA PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR			
Vivienda Multifamiliar	PyE	63.47%	36.53%	42.30%	59.09%
	EyA	9.79%	90.21%		
	RN	48.98%	51.02%		
	CAI	46.68%	53.32%		
	ASE	49.37%	50.63%		
	CC	80.66%	19.34%		
Edificio Empresarial	PyE	56.08%	43.92%	45.54%	54.46%
	EyA	3.00%	97.00%		
	RN	56.32%	43.68%		
	CAI	25.04%	74.96%		
	ASE	79.71%	20.29%		
	CC	80.64%	19.36%		

Luego de todo lo señalado anteriormente y de ver los resultados resumidos con respecto a los impactos medioambientales reducidos potencialmente en la Tabla 17, se tiene en primer lugar que al momento de aplicarse la metodología VERDE impuesta por el GBCe, claramente el edificio comercial (empresarial) es el que mitigó potencialmente en mayor porcentaje los impactos generados y analizados en los diversos criterios, lo que lleva a la primera comparación de que, ante la realidad de los inmuebles, de haberse aplicado la metodología del GBCe, el tercer inmueble habría sido más sostenible con el medio en el que se encontraba, probablemente, debido al contexto y a los criterios que se manejaron a la hora de la construcción ya que dicho proyecto fue plasmado y desarrollado en pleno centro histórico de la ciudad del Cusco, por lo que se tuvo que manejar con mucha cautela y criterio todos los procedimientos constructivos de tal caso, lo cual podemos observarlo claramente en el criterio de recursos naturales, con una mitigación potencial del 56.32%, donde sí se instalaron aparatos sanitarios eficientes en las zonas comunes, el 80% de los materiales fueron de origen local, donde sí se planteó un plan de demolición selectivo y, además, sí hubo manejo de los impactos de los materiales de construcción, puesto que en apoyo de las guías de la metodología VERDE se hizo una simulación de ACV donde se estableció el consumo de energía no renovable y las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como una reducción del 10% en los impactos de consumo de energía no renovable y emisiones de CO<sub>2</sub>. Como ya se explicó anteriormente y puede apreciarse en los anexos. Así también, se puede apreciar que se mitigó potencialmente los impactos generados en cuanto al criterio de aspectos sociales y económicos, al margen de no ser el que más mitigó de acuerdo a los análisis aplicados al inmueble, con respecto a la vivienda unifamiliar; no obstante, es importante señalarlo ya que por el contexto en el que se vio involucrado, se previó el libre acceso mediante itinerarios accesibles a personas con movilidad reducida a todas las viviendas del edificio, al menos hasta la sala de estar. También, el porcentaje de viviendas que tienen el salón soleado durante dos horas entre las 11 y 16 horas solares del día 22 de diciembre oscila entre el 75 y 100%, así todas las viviendas garantizan la protección de su interior de las vistas del exterior. Cabe resaltar que el presupuesto final de la construcción presentó un ingreso, dado que su costo fue de un 10% inferior del estipulado; es decir, hubo una buena gestión a la hora de realizarse el proyecto respectivo, lo que presenta un claro planeamiento constructivo. Sin embargo, es importante señalar a la vivienda unifamiliar puesto que dentro de la sencillez del inmueble, a la hora de aplicarse la metodología VERDE, se llegó a mitigar potencialmente los impactos en mayor porcentaje en otros criterios, como es el caso del criterio de parcela y emplazamiento, la cual obtuvo un porcentaje del 86.84% de impacto potencial reducido, ya que como se indicó minuciosamente, anteriormente, se cuenta con proximidad al transporte público, acceso a los equipamientos y servicios; y que la vivienda dispone de espacio para contenedores de papel y cartón, vidrio, orgánico, envases y otros. Además, el proyecto cuenta con puntos de recogida municipales más cercanos de dichas fracciones.

Del mismo modo, es importante recalcar el impacto potencial mitigado por a vivienda unifamiliar para el caso de energía y atmósfera, puesto que presentó menos impactos residuales, siendo éste de un valor de 74.55%, ya que se

previó una reducción para los sistemas de HVAC (calor, ventilación y aire acondicionado) y ACS (agua caliente sanitaria) de más del 25. También, la demanda de energía eléctrica en la fase de uso se redujo en, al menos, un 20% y, finalmente, la producción de energías renovables en la parcela se redujo en un 5%. Cabe resaltar, que no se instaló una caldera con emisiones de NOx igual o inferior a 40 mg/Kwh; por lo que no hubo emisión de sustancias foto-oxidantes en procesos de combustión, lo cual favoreció al inmueble. Así también, la calidad de ambiente interior para la vivienda unifamiliar presenta una mayor mitigación potencial de impactos, puesto que sí se emplearon materiales con bajo contenido en CDVs para adhesivos y sellantes, sí se emplearon materiales con bajo contenido en CDVs para pinturas y recubrimientos; y compuestos de madera y fibras vegetales. Además, sí hubo eficacia de la ventilación en espacios con ventilación; es decir, se cumplió con las medidas indicadas en las estancias vivideras, además de que se logró que el inmueble tenga iluminación natural en los espacios de ocupación.

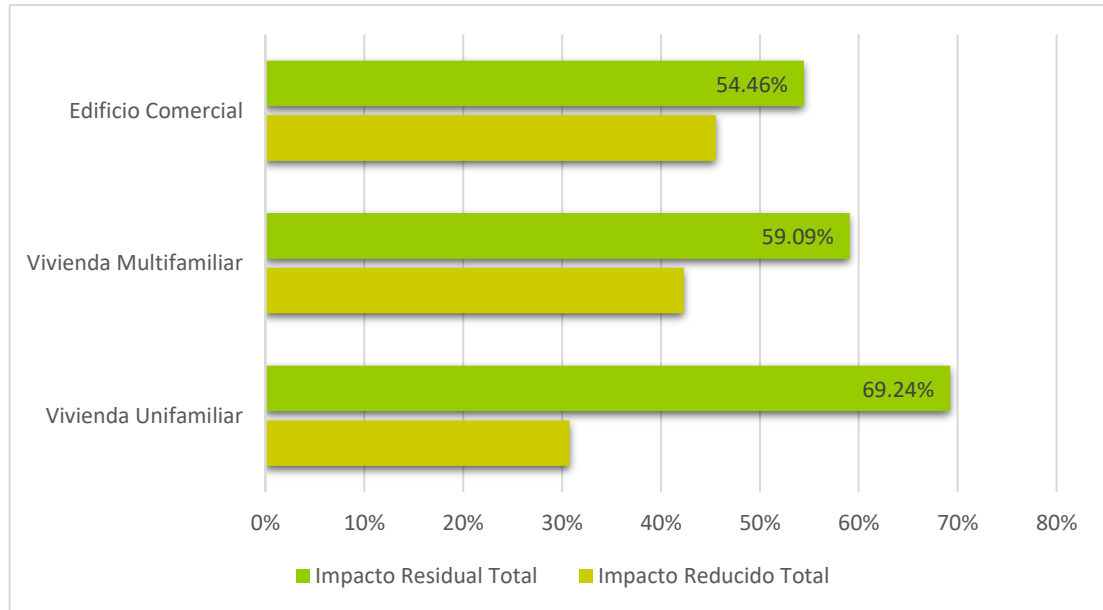
Después de todo lo previamente señalado, no se puede dejar de lado a la vivienda multifamiliar, a pesar de que no presento mayores impactos mitigados potencialmente en comparación a los otros dos inmuebles; no obstante, presenta el mayor porcentaje con respecto al criterio de concepto de calidad, ligeramente con respecto al edificio comercial, pero lo cual se justifica en el análisis realizado anteriormente, dado que sí hubo un sistema de gestión del edificio, justificada a través de las diferentes documentaciones requeridas. Como también, hubo custodia de la documentación del proyecto, la cual incluyó propietarios, equipo de proyecto, la constructora encargada, promotores y usuarios. Además, se estableció el edificio como una herramienta para la educación, dado que hay un compromiso de facilitar la información de manera pública a aquellas instituciones interesadas, como entidades educativas, lo cual fue corroborado al momento de requerirse la información necesaria para el desarrollo de la presente tesis.

Cabe resaltar, que para el caso del criterio de concepto de calidad, la vivienda unifamiliar no presentó análisis, al no ser parte de los parámetros y formato del panel de expertos desarrollado por la metodología VERDE. Ante ello, a pesar de que la vivienda unifamiliar fue la que más controló en su mayoría los impactos ocasionados en cada criterio; no fue el inmueble con la mayor cantidad de impactos potenciales reducidos en su totalidad, siendo tal resultado perteneciente al edificio comercial, puesto que éste último logró mitigar los impactos medioambientales potencial en un 45.54% y solamente dejó un impacto residual del 54.46%.

En conclusión, si bien los impactos para los tres casos no fueron mitigados potencialmente en un gran porcentaje, en el caso del edificio comercial se logró un gran control, puesto que se llegó prácticamente a la mitad de los impactos reducidos en su totalidad. Además, la vivienda multifamiliar quedó bastante cerca del edificio comercial, puesto que logró disminuir potencialmente los impactos en un 42.30%, mientras que la vivienda unifamiliar dejó un impacto residual del 69.24%, siendo así un impacto

reducido potencial total de 30.76%.

De los resultados y comparaciones mostrados y señalados anteriormente, se tiene presente la siguiente gráfica que permite visualizar como variaron los tres inmuebles a través de cada criterio.



*Figura 33.-Gráfica comparativa de los tres inmuebles*

De la figura 33, claramente puede apreciarse como los impactos mitigados potencialmente del edificio comercial fueron mayores con respecto a la vivienda multifamiliar y unifamiliar. No obstante, para los tres casos se puede visualizar que los impactos residuales aún se encuentran presentes en gran porcentaje, por lo que para poder ser sostenible en el tiempo se busca atenuar más tales y lograr así un medio sostenible.

En otras palabras, el edificio comercial fue aquel más sostenible, que cumplió la mayor cantidad de criterios y parámetros y, por consiguiente, será el que presente mayor desarrollo sostenible y un medio eco amigable a lo largo de todo su ciclo de proyecto.

## 8. Conclusiones y recomendaciones

Ante todo el análisis de sostenibilidad detallado y la aplicación minuciosa de la metodología VERDE para mitigar potencialmente los impactos medio ambientales en los tres inmuebles típicos del país seleccionados (vivienda unifamiliar, vivienda multifamiliar, edificio comercial), se pudo establecer y llegar a las siguientes conclusiones: lo desarrollado al aplicar la metodología VERDE en los incisos anteriores, se pudo observar que el edificio comercial fue el más sostenible y aquel que mantuvo reducidos potencialmente los impactos medioambientales a un 50% aproximadamente; sin embargo, a pesar de ello, los tres inmuebles aún mostraron falencias en cuanto a gestión ambiental y manera apropiada de manejar los diversos factores y retos que se presentan a lo largo de todo el proyecto y proceso constructivo.

Teniéndose así lo siguiente:

- Primera conclusión: El edificio comercial presenta un mayor grado de sostenibilidad; es decir, fue aquel que mitigó potencialmente más impactos en comparación a los otros dos casos también estudiados. Lo cual se resume en el buen control aplicado con la herramienta VERDE, debido a las variables que tuvieron que considerarse dado el contexto determinado de tal inmueble (centro histórico del Cusco). Dando en consecuencia que, ante la magnitud del proyecto, los usuarios involucrados, la responsabilidad de obtener un medio en armonía que sea sostenible con los involucrados de su entorno y más aún, la zona en que se encuentra; termina siendo más sostenible al aplicarse la metodología VERDE. Lo que, en conclusión, dependerá de la magnitud del proyecto, siendo claramente representado en el edificio comercial, dada su importancia y variables que maneja.
- Segunda conclusión: El análisis cualitativo realizado a los tres inmuebles estuvo arraigado a los indicadores establecidos por el panel de expertos del GBCE, llevando a la conclusión de que los principales parámetros que definieron la sostenibilidad en las tres edificaciones fueron los de Parcela y Emplazamiento, dado que la proximidad al transporte público, a los servicios; así como la gestión y restauración del hábitat, entre otros; terminó siendo un criterio determinante para la mitigación potencial de impactos ambientales, puesto que dichos inmuebles se encuentran en zonas urbanas a las que se tuvo que proporcionar facilidades. Así también, el parámetro de la calidad del ambiente interior es determinante para la aplicación de la metodología VERDE, debido al contexto en que se encuentran los casos analizados, siendo así determinantes la eficacia de la ventilación natural, la iluminación natural y la protección frente al ruido. Indicadores que fueron necesarios para la mitigación potencial de impactos. Finalmente, el parámetro que implica los aspectos sociales y económicos fue el último indicador de sostenibilidad imprescindible para todo el análisis de los casos de estudio, dado que el acceso universal, acceso a espacios abiertos privados y coste de construcción mantuvieron un



equilibrio sostenible debido a la requerida planificación que requirió tener los tres proyectos.

- Tercera conclusión: Con base con todo lo estipulado previamente y a lo desarrollado por el panel de expertos de VERDE, las variables que se deben considerar para que una edificación sea sostenible en las condiciones desarrolladas y, así, servir de pilar para el medio nacional, son que, en primer lugar, se debe distinguir la magnitud del proyecto, lo cual implicará una gestión del proyecto, como una gestión medio ambiental distinta, teniéndose en cuenta el contexto y la cantidad y tipo de usuarios que estarán involucrados en el proyecto. También, la zona en la cual se encuentra el inmueble; es decir, lo que implicará desarrollar una edificación del tipo que sea en una zona residencial, comercial o una zona turística, teniéndose así que buscar la mejor manera de acomodar los criterios de la metodología, bajo el concepto de que algunos parámetros no se cumplirán. Finalmente, la variable correspondiente a las limitaciones en cuanto a la fase de producción, terminaron siendo determinantes para la efectiva sostenibilidad en los inmuebles, puesto que debido a la locación de las tres edificaciones, se presentó variabilidades en cuanto a las limitaciones de poder acceder a un tipo de material más sofisticado, eco amigable y sostenible con su entorno, básicamente por el costo elevado de estos y las limitaciones del acceso a tales, para el tiempo que fueron construidos.

En cuanto a las recomendaciones a tenerse en cuenta, se tiene lo siguiente:

- Primera recomendación: Es importante tener en cuenta los objetivos, metas y alcances a los cuales se quiere llegar a través de una metodología VERDE, puesto que debido a las variabilidades algunos criterios no aplicarán. Se busca lograr el balance apropiado para que, a lo largo del proceso de gestión medioambiental, se puedan mitigar los impactos medioambientales generados durante todo el ciclo de proyecto del inmueble y, así, mantener controlados los efectos que puedan presentarse a lo largo de la fase de uso, dado que no se busca ser sostenible en el proyecto o durante el proceso constructivo. Se busca ser sostenible a lo largo del tiempo y no involucrar a todo el entorno, a todos aquellos involucrados; es decir, se quiere conseguir un medio sostenible y eco amigable.
- Segunda recomendación: La naturaleza de la construcción es muy importante de tener cuenta, puesto que es diferente realizar un proyecto de una vivienda unifamiliar en una zona que se escasea de una gran cantidad de materiales locales, pero que involucrará pocos de éstos durante su proceso constructivo, al de una vivienda multifamiliar donde sí habrán bastantes materiales de la zona a ser utilizado y, por ende, no se verán perjudicados en calidad y manejo de la obra durante

la fase de transporte de su ciclo de proyecto; y, además, habrá facilidad de conseguirlos.

- Tercera recomendación: Todos los factores señalados anteriormente generan variaciones a lo largo de los criterios y la metodología expuesta por el GBCe; sin embargo, es ahí cuando el evaluador certificado debe estar preparado para analizar y saber qué metodologías deberá aplicar, además de qué parámetros deberá involucrar en cada inmueble, teniendo en cuenta el contexto en el cual el proyecto será desarrollado, puesto que no es lo mismo diseñar y construir un edificio comercial en una zona residencial a realizarlo en pleno centro histórico del Cusco, como fue el caso del presente proyecto.
- Cuarta recomendación: La sostenibilidad en un inmueble es una meta que se busca lograr en cada proceso constructivo; no obstante, más allá de lograrse una certificación o un equilibrio medioambiental, se busca no perjudicar a las generaciones venideras y así poder establecer consciencia ambiental en las empresas, puesto que durante todo el ciclo de proyecto de un edificio, se presentarán diversos factores que podrán afectar de manera comprometedora al entorno y; por ello mismo, deben evaluarse y atenuarse todos los efectos que habrán durante la fase del producto hasta la fase de deconstrucción.



## 9. Referencias Bibliográficas

- [1] Abounaga, Mohsen M. "Sustainable Cities: Strategy and Indicators for Healthy Living Environments". Universidad Sabah de Dubay.
- [2] Alonso-Almeida María Alonso, M. F. (2015). Difusión de las memorias de sostenibilidad en Latinoamérica: análisis territorial y sectorial. *Estudios Gerenciales*, 139-149.
- [3] Bond, S. A., & Devine, A. (2016). Certification Matters: Is Green Talk Cheap Talk? *Real Estate Financial Economy*, 117-140.
- [3] CAPECO (2016). Edificio amigable con el entorno. *Construcción e Industria*, 47-76.
- [4] Castillo, F. M. (2002). El Desarrollo Sostenible en el Perú y la Comisión de Ambiente y Ecología. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 80-82.
- [5] Corbella, Oscar. "Sustainable Parameters for Latin American Cities". Brasil. PROURB/FAU/Universidad Federal de Río de Janeiro.
- [6] Duarte, C., & García, C. (2015). Sustentabilidade nas Organizações: Método GAIA de Gerenciamento de Impactos Ambientais em uma Empresa. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade-GeAS*, 103-121.
- [7] Fédorova, K. (2016). Sustainability, urbanization and civilization: focus on Spain. *Reflexión Política*, 42-56.
- [8] Fondo Mivivienda. (1 de Mayo de 2018). Obtenido de <https://www.mivivienda.com.pe/PORTALWEB/usuario-busca-viviendas/pagina.aspx?idpage=450>
- [9] García Del Dujo, J. M. (2013). Enfoques tradicionales y enfoques emergentes en la construcción del marco teórico de la educación ambiental para el desarrollo sostenible. *Revista española de pedagogía*, 209-226.
- [10] Gutiérrez, F., Cloquell, V., & Cloquell, V. (2012). Propuesta de un Sistema de Indicadores de Sostenibilidad para Áreas Naturales con Uso Turístico, Validado mediante Consulta a terceros. *Anuario Turismo y Sociedad*, 55-83.
- [11] GBCe, «Green Building Council España». [En línea]. Disponible: <http://www.gbce.es/es/pregunta-frecuente/%C2%BFen-que-consiste-la-metodologia-verde> [Último acceso. 10 noviembre 2016].
- [12] GBCe, «Green Building Council España». [En línea]. Disponible: <http://www.gbce.es/archivos/ejercicios> [Último acceso. 14 noviembre 2016].
- [13] Gonzáles, D. (septiembre - diciembre de 2011). *Ciudades*

- sustentables. Retos y oportunidades. *Arquitectura y Urbanismo*, 66-71.
- [14] Hasan, Ala. "Optimal design of Net Zero Energy Buildings". Finlandia. Departamento de Tecnología Energética, Universidad Aalto.
- [15] Hernández Silvio, D. H. (8 de noviembre de 2012). Water sustainable management for buildings. Toluca, México, México.
- [16] Horna, R. El Portal del Emprendedor Peruano . [En línea]. Disponible: <http://emprendedor.pe/economia/805-el-desarrollo-sostenible-en-el-peru.html> [Último acceso. 05 enero 2017].
- [17] Hurtado Carlos, A.-S.N. (2015, Julio). Estrategia corporativa en el ámbito de la sostenibilidad. Vich, Cataluña, España.
- [18] Indicadores ambientales. Una propuesta para España, Ministerio de Medioambiente, Madrid, 1996.
- [19] ISO/FDIS 15392 Sustainability in building construction - General Principles.
- [20] ISO/TS 21929 Sustainability in building construction - Sustainability indicators- Part 1: Framework for the development of indicators for buildings.
- [21] ISO 21930 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products.
- [22] León, J. L. (10 de octubre de 2016). Información sobre los requisitos para la financiación de un proyecto inmobiliario por Scotiabank y Banco Continental. (J. L. Callo, Entrevistador).
- [23] López, L., & Vargas, E. (2014). Gestão Ambiental Empresarial: Um Estudo Comparativo de Hotéis em Cancun, México e Varadero, Cuba. *Revista Turismo*, 61-91.
- [24] Macías, J. N. (2010). Metodología y herramienta verde para la evaluación de sostenibilidad en edificios. En J. N. M. Macías, *Informes de la construcción*, Vol.62 (págs. 87-100). Madrid: ISSN.
- [25] Mancini, A. (2016). Planeamiento estratégico y operativo como herramienta de control de gestión en diagnóstico de sostenibilidad de las organizaciones. *Revista Contable*, 101-123.
- [26] Méndez, F. (2011). Certificación y cooperación, pilares de una construcción sostenible. *Directivos construcción* N°245, 38-41.
- [27] Ministerio de Vivienda, C. y. (2010). *Metrado para obras de edificación y habilitaciones urbanas*. Lima: Instituto de Construcción y Gerencia.
- [28] Mohamed, M. F. "A Study of Single-Sided Ventilation and Provision of Balconies in the Context of High-Rise Residential Buildings". Australia,

Universidad de New South Wales, Facultad de Ambiente Construido.

- [29] Peruano, E. (28 de Agosto de 2015). Decreto Supremo que aprueba el Código Técnico de Construcción Sostenible. *Normas Legales*, págs. 560155-560158.
- [30] Ramírez, A. (2009). El Movimiento de la construcción sostenible. *Directivos construcción* N°223, 56-59.
- [31] Romero, E. M. (2015). Evaluación y gestión medioambiental para planes, programas y proyectos de ingeniería. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- [32] Romero, G. V. (26 de Marzo de 2018). *ConstruyeBien*. Obtenido de Construcciones sostenibles para sobrevivir al futuro: <https://elcomercio.pe/especial/construyebien/noticias/construcciones-sostenibles-sobrevivir-al-futuro-noticia-1993109?datasection=customURL4>
- [33] Ruiz, R. M. (2013). La evaluación ambiental en la ingeniería civil. Madrid: Mundi-Prensa.
- [34] Salazar, J. (29 de Noviembre de 2015). Gestión: El diario de economía y negocios del Perú. [En línea]. Disponible: <http://gestion.pe/economia/sostenibilidad-peru-perfecto-equilibrio-2149707>
- [35] Sánchez Dávila, C. (2016). Impacto de la legislación sobre edificios verdes certificados LEED en Puerto Rico y su implementación como herramienta para preservar el medio ambiente. *Derecho Puertorriqueño*, 509-521.
- [36] Thomas Saunders. (2008). A discussion document comparing International environmental assessment methods for buildings. BRE, March (2008).
- [37] Villegas Noé, P. A. (2013). Analysis of indicators that determine the sustainability level in special concretes. *Tecnura* Vol.17, 12-25.
- [38] Zhuguo Li. (2006). A new life cycle impact assessment approach for buildings. *Building and Environment*, 41 (2006) 1414–1422.