

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

Estimación de ecoeficiencia en edificios tradicional e inteligente, en el campus universitario de la PUCP

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el bachiller:

Anny Eileen Rubí Nuñez Blas

ASESOR: Dr. Alexis Dueñas Dávila

Lima, Noviembre de 2017



RESUMEN DE TESIS

La creciente demanda de ambientes de estudio en el campus universitario de la Pontificia Universidad Católica del Perú conlleva a un elevado uso de la Biblioteca “Luis Jaime Cisneros”, conocida como Biblioteca Central, así como de la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA), por parte de alumnos, profesores y trabajadores. En tal sentido, el presente estudio se enfoca en desarrollar una evaluación del desempeño ambiental y económico de dichas construcciones, a fin de establecer relaciones relevantes en la calidad del servicio prestado.

El instrumento de gestión ambiental utilizado es la ecoeficiencia, a través de la cual se evalúan los parámetros ambientales de calidad del paisaje, emisión de ruido y residuos sólidos generados, así como los costos en los que incurre la operación y mantenimiento de los edificios, tales como servicio de limpieza y consumo de agua y energía eléctrica.

La metodología usada en la evaluación de la calidad del paisaje corresponde a una guía de observación desarrollada por un grupo de diez panelistas expertos; la medición de los niveles de presión sonora, en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental; y los residuos sólidos, en el estudio de caracterización de residuos sólidos según la metodología de Sakurai.

Por otro lado, la estimación de los costos de operación y mantenimiento de los edificios se basa en la información obtenida de los recibos de agua y energía eléctrica del campus, y servicio de limpieza.

Los resultados de la ecoeficiencia respecto de la calidad del paisaje muestran que la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA) es más ecoeficiente que la Biblioteca Central. Respecto de los niveles de presión sonora emitidos en ambos edificios, la Biblioteca Central es más ecoeficiente que la biblioteca del Complejo de Innovación Académica. Finalmente, pese a que la cantidad de residuos totales generados en la biblioteca del CIA es el doble de la Biblioteca Central, la ecoeficiencia respecto de los residuos sólidos aprovechables muestra que la biblioteca del Complejo de Innovación Académica es más ecoeficiente que la Biblioteca Central.

Palabras claves: ecoeficiencia, índice adimensional ambiental, índice adimensional de costo.

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : Estimación de ecoeficiencia en edificios tradicional e inteligente, en el campus universitario de la PUCP
Área : Medio Ambiente y Recursos Hídricos
Asesor : Dr. Alexis Dueñas
Alumno : ANNY EILEEN RUBÍ NUÑEZ BLAS
Código : 2010.1402.412
Tema N° : #91
Fecha : Lima, 9 de agosto del 2017



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, el desarrollo del país se centra, casi exclusivamente, en el crecimiento económico; sin embargo, diversas investigaciones señalan que ese esfuerzo por sí es insuficiente y difícilmente sostenible en el largo plazo (Sachs, 2015). Esto se debe básicamente a que la capacidad del medio ambiente es limitada tanto para satisfacer las crecientes demandas de la población en términos de recursos naturales, como su capacidad de absorber los crecientes volúmenes de residuos que son arrojados al aire, agua, y suelo (Naredo, 2016). Es por ello, que en los últimos años, surgen nuevos enfoques que hacen compatible las exigencias de producción y consumo con prácticas ambientales, como es el caso de la ecoeficiencia.

La eficiencia, en el mundo industrial, es una exigencia ya tradicional en la gestión de procesos. Una variante de ella está vinculada al uso eficiente de los recursos naturales en los procesos de transformación de un producto o servicio, mediante la creación de políticas de reciclaje o ahorro en el consumo de agua y energía, así como la aplicación de beneficios tributarios, que en conjunto fomenten las actividades económicas afines a la protección del ambiente, por lo que éstas son algunas de las razones que explican el surgimiento y desarrollo de la ecoeficiencia, como herramienta de gestión ambiental. Sin embargo, a pesar de los beneficios de su uso, ésta no se ha difundido ni aplicado ampliamente en la producción y servicios.

Un servicio tan importante como es la educación superior universitaria es un espacio significativo para indagar sobre el balance ambiental y económico de la infraestructura de servicios que está al servicio de alumnos, profesores y trabajadores, y de cuyo bienestar y comodidad depende, en parte, la calidad del servicio que se brinda en la universidad. En ese orden de ideas, la búsqueda de la eficiencia en el consumo de recursos a fin de ahorrar costos y garantizar el menor impacto ambiental es un aspecto posible para una gestión compatible con la conservación del ambiente. Una visión importante sobre ese tema ha sido la publicación, en el año 2007, de la memoria ambiental de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la PUCP (FCI-PUCP, 2007).

ANTECEDENTES

El término ecoeficiencia fue acuñado por el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) y ha tenido un amplio desarrollo conceptual, que tiene como denominador común, la referencia "al uso más eficiente de los recursos naturales"

67



(Hinterberger y Stiller, 1998). De ese modo, se podría pensar que el prefijo “eco” hace referencia a temas ambientales (Jollands et ál, 2004), empero para otros autores, ese prefijo abarca tanto lo ecológico como lo económico (OECD, 1998).

Por tanto, la ecoeficiencia nació como una respuesta administrativa frente a los aspectos relacionados con los desechos provenientes de los procesos productivos (Jollands et ál, 2004), y en otros casos, como la eficiencia con la cual los recursos naturales se utilizan para satisfacer las necesidades humanas (Mickwitz et ál, 2006). No menos cierto, resulta como lo anota Leal (2005) que son dos los elementos básicos de la ecoeficiencia. De un lado, el uso más sostenible de los recursos naturales, mediante una reducción de la sobreexplotación de los mismos, y de otro, la disminución de la contaminación asociada a los procesos productivos. Es decir, la ecoeficiencia mide la relación entre las entradas (inputs) y salidas (outputs) de un proceso productivo, es por ello, que esta herramienta de gestión ambiental usa los desarrollos conceptuales y metodológicos del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), aun cuando no sea la única opción para su medición y determinación.

El concepto de ecoeficiencia, desde su origen, se ha concentrado en el logro de un incremento de la productividad respecto al uso de los recursos naturales y una disminución de los impactos ambientales. En tal sentido, la ecoeficiencia debería implicar la creación de mayor valor con el menor impacto, y que dio origen al lema de “*más con menos*”. Este problema, sin embargo, ha devenido en una trampa económica, como lo señala Bermejo y otros (2010) al considerar que el desacoplamiento entre producción e impactos ambientales, bajo las consideraciones del modelo teórico de Kuznets, podría ser un aliento a intensificar la producción y la generación de mayores presiones y cargas ambientales.

Por otro lado, resulta indispensable el registro y seguimiento de los resultados obtenidos tras la incorporación de la ecoeficiencia en los procesos de la organización, mediante el uso de indicadores ambientales, como lo refiere el WBCSD, respecto al consumo de energía, agua, materiales, emisiones de GEI, entre otros. La tesis propuesta pretende establecer un análisis detallado de la ecoeficiencia en el paisaje, que es una variable no estudiada ni comprendida en los estudios de ecoeficiencia, así como el ruido y la generación de residuos.

OBJETIVOS

El objetivo principal, del presente proyecto, consiste en estimar la ecoeficiencia de un edificio tradicional y otro inteligente en el campus universitario de la Pontificia Universidad Católica del Perú, a partir de los impactos generados en su etapa de uso, respecto a: calidad del paisaje, ruido ambiental y generación de residuos.

Los objetivos específicos son los siguientes:

Medir los parámetros ambientales y económicos de los edificios en estudio a fin de establecer relaciones relevantes bajo el concepto ecoeficiente.

Estimar la ecoeficiencia de los edificios en estudio, mediante los métodos de Life Cycle Cost (LCC) y Life Cycle Assesment (LCA), por medio del método de índices adimensionales.

Determinar el método más confiable, cuya aplicación brinde valores representativos de ecoeficiencia en los edificios en estudio.

67

Q

PLAN DE TRABAJO

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

Revisión de la literatura especializada en lo referente a conceptos y métodos de estimación de la ecoeficiencia para establecer el estado del arte del tema.

Descripción ambiental de los proyectos a evaluar (edificio convencional e inteligente).

Aplicar la metodología seleccionada para la mejor estimación de la ecoeficiencia.

Análisis e interpretación de resultados.

Redacción del documento final de la tesis, en la cual se integre todos los aspectos que fueron evaluados y de los que obtuvo resultados, considerando los comentarios y críticas o límites reportados por el estudio desarrollado.

Se establecerá un rol de reuniones con la alumna, 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. 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.


Guillermo Zavala

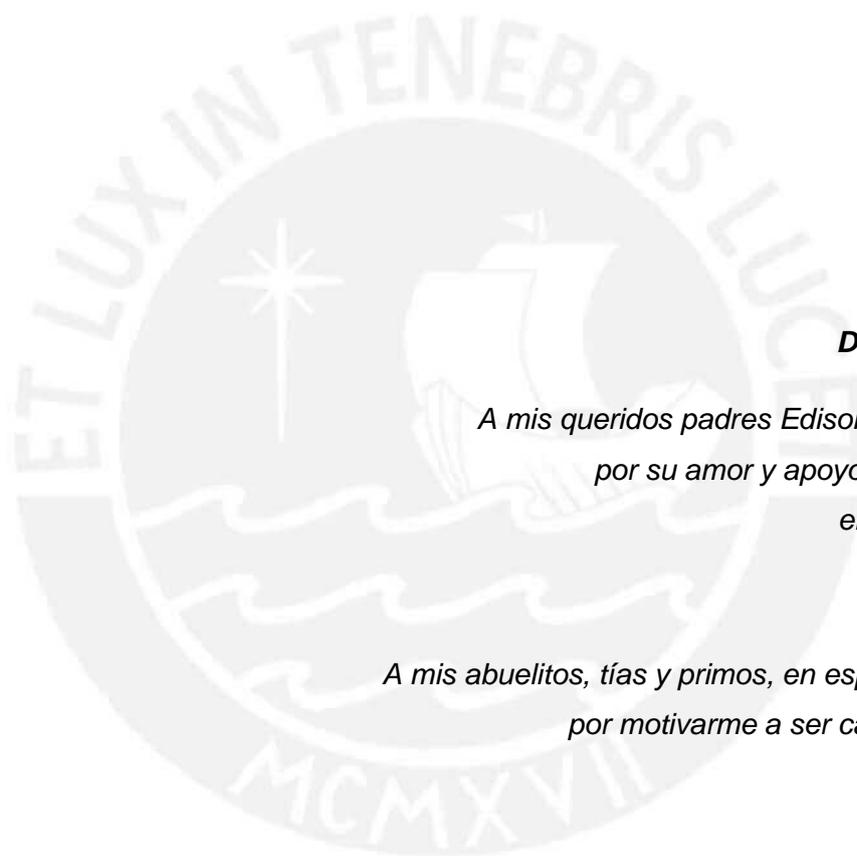



A. Dujovnis

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial al Dr. Alexis Dueñas por su dedicación y constante apoyo durante el desarrollo del presente trabajo.





DEDICATORIA

*A mis queridos padres Edison y Anamelba,
por su amor y apoyo incondicional
en mi día a día.*

*A mis abuelitos, tías y primos, en especial a Rohit,
por motivarme a ser cada día mejor.*

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ASPECTOS GENERALES	2
2.1. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	2
2.2. OBJETIVOS	2
2.3. JUSTIFICACIÓN	3
3. ESTADO DE ARTE	4
3.1. REVISIÓN CONCEPTUAL DEL TÉRMINO ECOEFICIENCIA	4
3.2. LIMITACIONES Y BENEFICIOS DEL ENFOQUE ECOEFICIENTE	7
3.3. EXPERIENCIAS COMPARADAS: LECCIONES APRENDIDAS	10
3.3.1. Ecoeficiencia en España	10
3.3.2. Ecoeficiencia en América Latina.....	11
3.3.2.1. Ecoeficiencia en Colombia.....	11
3.3.2.2. Ecoeficiencia en Brasil.....	14
3.3.2.3. Ecoeficiencia en México	16
3.3.2.4. Ecoeficiencia en Chile	18
3.3.2.5. Ecoeficiencia en Perú	20
4. METODOLOGÍA	27
4.1. Medición de Calidad de Paisaje	30
4.2. Medición de Ruido Ambiental.....	34
4.3. Caracterización de Residuos Sólidos	42
5. RESULTADOS.....	46
5.1. Calidad de Paisaje	46
5.2. Ruido Ambiental	53
5.3. Residuos Sólidos Generados	61
5.4. Costos de Operación y Mantenimiento	73
5.5. Estimación de la Ecoeficiencia	76
6. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.....	87
7. BIBLIOGRAFÍA	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos Generales de la Ecoeficiencia.....	5
Tabla 2. Indicadores de ecoeficiencia propuestos por WBCSD.....	6
Tabla 3. Estructura del Consumo de Energía Primaria en España.....	8
Tabla 4. Normativas y estrategias de España afines a la ecoeficiencia.....	10
Tabla 5. Características de los sectores económicos del País Vasco con mayores retos para la ecoeficiencia.....	11
Tabla 6. Indicadores de ecoeficiencia desarrollados por CECODES.....	13
Tabla 7. Programas afines a la ecoeficiencia, desarrollados por CESPEDES.....	17
Tabla 8. Normativa peruana de apoyo a la ecoeficiencia.....	21
Tabla 9. Indicadores de ecoeficiencia propuestos por el MINAM para empresas.....	25
Tabla 10. Bono MiVivienda Sostenible, según valor de financiamiento y grado del bono otorgado.....	26
Tabla 11. Estaciones de monitoreo de la calidad paisajística en la Biblioteca Central...31	
Tabla 12. Estaciones de monitoreo de la calidad paisajística en la Biblioteca del CIA...31	
Tabla 13. Categorías de evaluación asignadas a la calidad del paisaje.....	34
Tabla 14. Estaciones de monitoreo del ruido en la Biblioteca Central.....	35
Tabla 15. Estaciones de monitoreo del ruido en la Biblioteca del CIA.....	36
Tabla 16. Tolerancias permitidas por tipo de sonómetro, definidas por la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 60651.....	37
Tabla 17. Horarios en los que se puede monitorear el ruido en las bibliotecas.....	38
Tabla 18. Estándares nacionales de calidad ambiental para ruido.....	39
Tabla 19. Escala de afectación tipo Likert para las emisiones sonoras evaluadas.....	42
Tabla 20. Materiales y equipos utilizados en el estudio de caracterización de residuos sólidos.....	43
Tabla 21. Tipos de residuos sólidos que se segregan en la caracterización.....	45
Tabla 22. Resultados de los valores del paisaje en cada estación de monitoreo.....	52
Tabla 23. Índice de calidad del paisaje para cada estación de monitoreo.....	52
Tabla 24. Calidad del paisaje respecto de cada estación de monitoreo.....	52
Tabla 25. Índices de ruido de las estaciones de monitoreo.....	57
Tabla 26. Densidad de los residuos sólidos de los servicios higiénicos.....	63
Tabla 27. Peso diario de los residuos caracterizados.....	65
Tabla 28. Volumen diario de los residuos caracterizados.....	68
Tabla 29. Densidad de los residuos sólidos sin segregar.....	71
Tabla 30. Costos del servicio de limpieza.....	73
Tabla 31. Costos del consumo de agua.....	74
Tabla 32. Costos del consumo de energía eléctrica.....	75
Tabla 33. Costo promedio de mantenimiento mensual en Biblioteca Central y biblioteca del Complejo de Innovación Académica.....	76

Tabla 34. Índices adimensionales de costo y ambientales respecto del parámetro calidad del paisaje.....	76
Tabla 35. Costos de operación y mantenimiento para el parámetro de emisión de ruido.....	79
Tabla 36. Índices adimensionales de costo y valor ambiental respecto del parámetro emisión de ruido.....	79
Tabla 37. Índices adimensionales de costo y valor ambiental respecto del parámetro residuos sólidos generados.....	81
Tabla 38. Índices adimensionales de costo y valor ambiental respecto del parámetro residuos sólidos aprovechables.....	82
Tabla 39. Índices adimensionales de costo y valor ambiental de Biblioteca Central y CIA, total de parámetros evaluados.....	84



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estrategias planteadas por CECODES para la aplicación de la ecoeficiencia en Colombia.....	12
Figura 2. Ventajas y dificultades de los Parques Industriales Ecoeficientes (PIEs) en Bogotá.....	14
Figura 3. Barreras de las empresas para la ecoeficiencia en Brasil.....	15
Figura 4. Líneas de acción trabajadas por el MINAM en el marco de la ecoeficiencia...22	
Figura 5. Número de entidades que anualmente reportan medidas de ecoeficiencia en el Perú.....	23
Figura 6. Número de entidades registradas en la web de ecoeficiencia y su nivel de reporte al año 2015, por tipo de Gobierno.....	24
Figura 7. Metodología del proyecto de estimación de ecoeficiencia.....	27
Figura 8. Evaluación de la ecoeficiencia mediante índices adimensionales.....	29
Figura 9. Ubicación de las estaciones de monitoreo considerados en la evaluación de la calidad paisajística.....	30
Figura 10. Instrumento de medición del ruido, sonómetro TENMA 72-860 A.....	37
Figura 11. Ejemplo de polígono de sonido en una estación de monitoreo de una planta de lubricantes.....	40
Figura 12. Ejemplo de divergencia ambiental de ruido en una estación de monitoreo de una planta de lubricantes.....	41
Figura 13. Trayectoria del transporte de residuos sólidos de la Biblioteca Central y CIA desde los contenedores temporales hacia el Centro de Acopio.....	44
Figura 14. Emisión de ruido en las estaciones de monitoreo de la Biblioteca Central y Complejo de Innovación Académica.....	53
Figura 15. Comparación entre ruido emitido y el estándar de calidad.....	54
Figura 16. Divergencia ambiental de ruido.....	55
Figura 17. Nivel de afectación del ruido.....	59
Figura 18. Nivel de afectación del ruido de la Biblioteca Central respecto al emitido en la Biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA).....	60
Figura 19. Peso diario de los residuos sólidos generados.....	61
Figura 20. Composición porcentual de los residuos sólidos generados.....	62
Figura 21. Densidad de los residuos de los servicios higiénicos.....	64
Figura 22. Composición de los residuos sólidos según peso.....	66
Figura 23. Composición de los residuos sólidos según volumen.....	69
Figura 24. Densidad de los residuos generales sin segregar.....	72
Figura 25. Ecoeficiencia en la calidad del paisaje.....	78
Figura 26. Ecoeficiencia en la emisión de ruido.....	80
Figura 27. Ecoeficiencia en los residuos sólidos generados.....	82
Figura 28. Ecoeficiencia en los residuos sólidos aprovechables.....	83
Figura 29. Ecoeficiencia de la Biblioteca Central y CIA, resumen.....	90

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual, el desarrollo de un país se enfoca principalmente en el crecimiento económico. Sin embargo, dicha concepción se ve contrastada con la limitada capacidad del medio ambiente para satisfacer la creciente demanda de la población en términos de recursos naturales, así como de la absorción de los altos volúmenes de residuos generados (Naredo, 2015). Es por ello que, en los últimos años, cada vez son mayores los enfoques que adaptan dichas exigencias de producción y consumo a prácticas amigables con el medio ambiente, como es el caso de la ecoeficiencia (FFA, 1999).

La eficiencia, en el rubro industrial, es una exigencia tradicional en la gestión de procesos. Una variante de ella hace referencia al uso eficiente de los recursos naturales en los procesos de transformación de un producto o servicio, mediante la creación de políticas de reciclaje o ahorro en el consumo de agua y energía, así como la aplicación de beneficios tributarios que en conjunto fomenten las actividades económicas afines a la protección del medio ambiente, por lo que éstas son algunas de las razones que explican el surgimiento y desarrollo de la ecoeficiencia como herramienta de gestión ambiental (Gutiérrez, 2012; Inda y Vargas, 2012). Sin embargo, a pesar de los beneficios de su uso, la ecoeficiencia no se haya ampliamente aplicada en la producción de productos o prestación de servicios (González y Morales, 2011).

El servicio de educación superior universitaria es un espacio con alto potencial para evaluar el balance ambiental y económico de la infraestructura que está al servicio de alumnos, profesores y trabajadores, cuyo bienestar y comodidad depende, en parte, del servicio brindado en la universidad, en busca de la eficiencia en el consumo de recursos a fin de ahorrar costos y garantizar el menor impacto ambiental posible.

La presente tesis busca estimar la ecoeficiencia de un edificio tradicional y otro inteligente en el campus universitario de la Pontificia Universidad Católica del Perú, a partir de los impactos generados en su etapa de uso respecto de la calidad del paisaje, ruido ambiental y generación de residuos, y que tanto la metodología como los resultados obtenidos puedan servir como fuente bibliográfica en estudios posteriores sobre esta línea de aplicación de la ecoeficiencia en la prestación de servicios.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1. ALCANCES Y LIMITACIONES

El proyecto se llevó a cabo en el campus universitario de la Pontificia Universidad Católica del Perú, específicamente en la Biblioteca “Luis Jaime Cisneros”, conocida como la Biblioteca Central, y de la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA). Los edificios en mención brindan el servicio de préstamo de libros a los estudiantes, docentes y personal no docente, así como la facilitación de ambientes de estudio en el mismo horario de atención.

El estudio evalúa el impacto ambiental de los dos edificios respecto de la calidad del paisaje, emisión de ruido y nivel de segregación de los residuos sólidos, así como los costos de operación y mantenimiento mensual en el que éstos incurren, para establecer indicadores que permitan medir la ecoeficiencia.

En la evaluación del impacto ambiental, específicamente en la medición del ruido ambiental, las mediciones en cada edificio se realizaron estación por estación y no en simultáneo, debido a que se contó con un único equipo de monitoreo (sonómetro) para cada edificio. Por otro lado, en el cálculo de los costos de operación y mantenimiento, el consumo de agua y energía eléctrica fue estimado proporcionalmente al área construida de cada edificio y teniendo en cuenta el ahorro indicado en el Informe de Revisión de Certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) de la Biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA), debido a que en ambos edificios no se cuenta con un medidor exclusivo de agua y energía eléctrica, sino con suministros que miden el consumo de todo el campus universitario.

2.2. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente proyecto consiste en estimar la ecoeficiencia de un edificio tradicional y otro inteligente en el campus universitario de la Pontificia Universidad Católica del Perú, a partir de los impactos generados en su etapa de uso, respecto a: calidad del paisaje, ruido ambiental y generación de residuos.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- i) Medir los parámetros ambientales y económicos de los edificios en estudio a fin de establecer relaciones relevantes bajo el concepto ecoeficiente.

- ii) Estimar la ecoeficiencia de los edificios en estudio, usando el modelo gráfico del Life Cycle Cost (LCC) y Life Cycle Assessment (LCA), por medio del método de los índices adimensionales de ambos factores.
- iii) Determinar el método más confiable, cuya aplicación brinde valores representativos de ecoeficiencia en los edificios en estudio.

2.3. JUSTIFICACIÓN

Las actividades administrativas y académicas consumen gran parte de los recursos que se utilizan en la universidad, como energía eléctrica, agua, papelería, entre otros (UNJBG, 2017). Asimismo, en nuestro país la educación en ecoeficiencia, pese a los logros alcanzados, sigue siendo un reto de alcanzar en su profundidad y extensión (Lloclla y Arbulú, 2014).

En razón de ello, el presente proyecto realiza una evaluación del balance ambiental y económico de la infraestructura que está al servicio de alumnos, profesores y trabajadores, a fin de difundir los beneficios que ofrece la incorporación de la ecoeficiencia en mejora de la calidad del servicio brindado en la universidad e identificar a su vez las principales limitaciones de la aplicación de la ecoeficiencia en el servicio educativo.

El reporte y seguimiento de indicadores ambientales y económicos de cada uno de los edificios del campus universitario, así como la estandarización propuesta a través del método de los índices adimensionales, pretende mejorar el desempeño de los procesos de la organización. En el ámbito institucional, se genera una ventaja competitiva al distinguirse de otros centros de estudios por su eficiencia en el uso de recursos teniendo en cuenta el menor daño al medio ambiente. En el ámbito social ambiental, se forma un compromiso del público usuario con su uso ambientalmente responsable de la infraestructura puesta a su servicio y se fomenta la participación de otras instituciones o empresas en la medición y evaluación de sus actividades.

Por último, se procura dejar registro de indicadores que formen parte de una data cuyo procesamiento pueda ser utilizado y profundizado en estudios posteriores

3. ESTADO DE ARTE

3.1. REVISIÓN CONCEPTUAL DEL TÉRMINO ECOEFICIENCIA

La ecoeficiencia como idea fue presentada en la literatura académica por Schaltegger y Sturm en 1990 (Schaltegger y Burrit, 2000). Sin embargo, fue Schmidheiny (1992) quien popularizó el término que obtuvo el reconocimiento del World Business Council for Sustainable Development (WBCSD):

“La ecoeficiencia se obtiene por medio del suministro de bienes y servicios con precios competitivos, que satisfacen las necesidades humanas y dan calidad de vida, al tiempo que reducen progresivamente los impactos ecológicos y la intensidad de uso de los recursos a lo largo de su ciclo de vida, a un nivel por lo menos acorde con la capacidad de carga estimada de la Tierra” (Bidwell y Verfaillie, 2000, p.7).

Pese a que el término ecoeficiencia ha tenido un amplio rango de interpretaciones a lo largo de los años, todas tienen en común el interés por un uso más eficiente de los recursos naturales (Hinterberger y Stiller, 1998). En tal sentido, para algunos autores el prefijo “eco” hace referencia únicamente a temas ambientales (Jollands et ál, 2004), mientras que para otros autores dicho prefijo abarca tanto lo ecológico como lo económico (OECD, 1998).

Cabe señalar que la ecoeficiencia en un principio se tomó como una respuesta administrativa frente a los aspectos relacionados a los desechos provenientes de los procesos productivos (Jollands et ál, 2004), y en otros casos, como la eficiencia con la cual los recursos naturales se utilizan para satisfacer las necesidades humanas (Mickwitz et ál, 2006).

Asimismo, Leal (2005) señala dos elementos básicos de la ecoeficiencia: el uso más sostenible de los recursos naturales, mediante una reducción de la sobreexplotación de los mismos, y la disminución de la contaminación asociada a los procesos productivos. Es decir, la ecoeficiencia mide la relación entre las entradas (inputs) y salidas (outputs) de un proceso productivo.

No obstante, el concepto de ecoeficiencia va más allá, pues su implementación busca que a lo largo del ciclo de vida del producto se logre un incremento de la productividad en los procesos, eficiencia de uso de los recursos naturales y una disminución de los impactos ambientales. En tal sentido, la ecoeficiencia

implica crear más valor con un menor impacto ambiental, y que al ser adoptada por la cultura empresarial se aplique dentro de todos los procesos de una organización.

En la tabla 1 se describe los tres objetivos generales de la ecoeficiencia.

Tabla 1
Objetivos Generales de la Ecoeficiencia

OBJETIVOS DE LA ECOEFICIENCIA	DESCRIPCIÓN
Reducir el consumo de recursos	Reducción del consumo de energía, materiales, agua y terreno, así como el aumento del reciclaje y duración del producto.
Reducir el impacto ambiental	Reducción de emisiones, vertimientos, así como la disposición de residuos y dispersión de sustancias tóxicas. Incluye además el apoyo al uso sostenible de los recursos naturales.
Suministrar más valor con el producto o servicio	Brindar mayores beneficios a los usuarios, mediante la funcionalidad y flexibilidad del producto, así como la calidad de servicio.

Fuente: Eco-efficiency: Creating More Value with Less Impact (Lehni, Schmidheiny, Stigson, 2000)

Por otro lado, resulta indispensable el registro y seguimiento de los resultados obtenidos tras la incorporación de la ecoeficiencia en los procesos de la organización, para lo cual se hace uso de indicadores. Mondragón (2002) define un indicador como aquella medida cuantitativa o cualitativa de variables que puede ser considerado como elemento referencial para la identificación de cambios en el funcionamiento del sistema en estudio a lo largo del tiempo.

En la tabla 2 se describe algunos indicadores de ecoeficiencia desarrollados por Bidwell y Verfaillie (2000) a través del World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).

Tabla 2
Indicadores de ecoeficiencia propuestos por WBCSD.

TIPO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Indicadores Ambientales	Consumo de Energía	La energía total consumida es igual a la energía comprada u obtenida, sin considerar la energía vendida a terceros para su uso. Por tanto, el consumo de energía se refiere únicamente a la energía consumida y transformada en el sitio.
	Consumo de Agua	Considera la cantidad de agua dulce comprada a un proveedor u obtenida de la superficie o fuentes de agua subterránea. "Agua dulce" incluye agua utilizada para fines de refrigeración a pesar de no haber contacto físico en el procesamiento de materiales. El agua de mar no debe ser considerada como parte de este indicador.
	Consumo de Materiales	Es la suma del peso de todos los materiales comprados u obtenidos por otros medios (extracción, por ejemplo). Se incluye materias primas para el procesamiento y bienes pre o semi-manufacturados. El agua y combustible se excluyen de este indicador dado que se identifican por separado.
	Emisión de gases de efecto invernadero (GEI)	Considera las emisiones de dióxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄), óxido nitroso (N ₂ O), hidrofluorocarbonos (HFC's) y perfluorocarbonos (PFC's), así como las de hexafluoruro de azufre (SF ₆) debido a la quema de combustible y reacciones de los procesos. Se propone el uso del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) desarrollado entre el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) para la medición, administración y reporte de las emisiones de los GEI directos e indirectos.
Indicadores Económicos	Cantidad de producto generado o vendido	Incluye la cantidad de producto o servicio producido, entregado o vendido a clientes y puede ser medida en masa, volumen o número. Esta medida es más útil en situaciones con productos específicos y la información puede ser obtenida a través de reportes internos. La información a nivel corporativo permite el seguimiento del rendimiento en general, pero con la información específica del producto se puede desarrollar planes de acción para mejora del rendimiento
	Ventas Netas	Registra el total de ventas sin considerar sus descuentos, devoluciones o derechos de emisión. Es el indicador con mayor facilidad de medida para todas las empresas; sin embargo, para la medición del rendimiento resulta complicado el uso de este indicador, debido a que las unidades de producción no siempre están vinculadas a las cifras de ventas, además que los valores de ventas están influenciados por otros factores (precios de materias primas, tipos de cambio), los cuales no están relacionados con la eficiencia ecológica.

Fuente: Measuring Eco-efficiency (Bidwell y Verfaillie, 2000). WBCSD.

3.2. LIMITACIONES Y BENEFICIOS DEL ENFOQUE ECOEFICIENTE

Según Post y Altman (1994) y Hillary (2004), los obstáculos que más dificultan la adopción de estrategias ambientales en el logro de ecoeficiencia corresponden a las barreras de tipo organizativas o internas, como la falta de colaboración entre empresas de la misma cadena de valor, limitando de esta manera las posibilidades de prevención de la propia empresa, resistiéndose a satisfacer las exigencias de los clientes con otras tecnologías o procesos distintos a los actuales. A ello se suma la limitada visión de la empresa entre la política corporativa y el medio ambiente.

Por otro lado, la implementación de la ecoeficiencia requiere de inversión de tiempo y dinero, por lo que el acceso a fuentes de financiación para recibir asesoría técnica resulta complejo para las pequeñas y medianas empresas, considerando además la falta de motivación frente a un mercado cuya demanda de productos o servicios ecoeficientes aún no se encuentra como prioridad (Hausnik, 2002; Montes y Galeano, 2015).

Sin embargo, de acuerdo a la experiencia del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) obtenida al año 2003, las empresas que implementan el modelo ecoeficiente obtienen importantes beneficios financieros, una mejor competitividad y otras ventajas como: mejora de la productividad; ahorro de energía y materias primas; reducción de residuos y materiales tóxicos; disminución de los riesgos; ahorro en el gasto de control de la contaminación; mejora del clima laboral; reducción de los riesgos civiles ambientales; mejor imagen pública y una mayor confianza del consumidor (Leal, 2005).

a) Mejora de la productividad

En México, la empresa de chocolates La Corona S.A. presentaba descargas de sólidos y grasas en aguas residuales que sobrepasaban los estándares normativos. Con la aplicación de la ecoeficiencia se realizó un análisis de cada proceso productivo para detectar las causas del problema y así realizar mejoras. Se identificó mermas que equivalían a 60 mil pesos mensuales y un uso excesivo del agua en las labores de limpieza, por lo que se adoptaron mejoras a los procesos, procedimientos y costumbres de los trabajadores. En tal sentido, el proyecto pasó de ser un tema aislado que solo pretendía minimizar las grasas en las aguas residuales a convertirse en un proyecto de incremento de la eficiencia en toda la empresa. En adición, solo se invirtió el 1.14% del costo que representaba la compra de una planta de tratamiento de

agua y separadores de grasa, lo cual solo iba a representar una solución al final del proceso, el cual era ineficiente (Hauschnik, 2002; Aranda, 2002).

b) Reducción de residuos y materiales tóxicos

Una de las actividades de la empresa peruana Metalexacto S.R.L. es la fabricación de lingotes de plomo, y uno de los cambios adaptados fue el uso de una campana sobre el horno a fin de obtener una mejora en la captación de los gases. De este modo se logró disminuir las emanaciones, además de rescatar materia prima (óxido de plomo) para que pueda ser nuevamente procesada. En la actualidad se recupera más de 300 toneladas de plomo al año (Antúnez, 2008).

c) Ahorro de energía y materias primas

España es un ejemplo de cómo la implementación de la ecoeficiencia en la política pública viene generando un avance significativo desde el año 2000. En la tabla 3 se muestra la estructura del consumo de energía primaria, en porcentaje, desde el año 2000 al 2015.

Tabla 3
Estructura del Consumo de Energía Primaria en España

Año	Consumo de energía primaria (ktep)*	Estructura del consumo de energía primaria (%)				
		Carbón	Petróleo	Gas Natural	Nuclear	Renovables
2000	124.128,00	16,9	52,3	12,3	13,1	5,6
2001	127.329,00	15,1	52,6	12,9	13,0	6,4
2002	130.868,00	16,5	51,4	14,3	12,5	5,3
2003	135.807,00	14,8	50,8	15,7	11,9	6,8
2004	142.445,00	14,8	49,7	17,7	11,6	6,2
2005	144.984,00	14,1	49,1	20,6	10,3	5,8
2006	144.905,00	12,4	49,0	21,5	10,8	6,3
2007	147.545,00	13,5	48,4	21,5	9,7	6,8
2008	142.597,00	9,3	48,0	24,5	10,8	7,4
2009	130.355,00	7,1	48,7	23,9	10,5	9,7
2010	130.313,00	5,2	46,9	23,9	12,4	11,6
2011	129.894,00	9,8	44,9	22,3	11,6	11,4
2012	130.059,00	11,8	41,5	22,0	12,3	12,4
2013	121.378,00	9,3	42,3	21,6	12,2	14,6
2014	118.478,00	9,8	42,6	20,0	12,6	15,0
2015	123.621,00	11,7	42,4	19,9	12,1	13,9

(*) 1 ktep = 10¹⁰ kcal. Las Fuentes renovables incluyen: Hidráulica, Eólica, Solar, Geotérmica, Biomasa, Biocarburantes y residuos renovables.

Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR) 2016. "La energía en España 2015".

Para el año 2015 se ha logrado disminuir el consumo de energía primaria no renovable como el carbón y petróleo (en un 31% y 19%, respectivamente), mientras que el uso de energía de fuentes renovables fue 2.5 veces más que en el año 2000. Cabe señalar que el uso de energía nuclear si bien presentó una disminución hasta el año 2007, ha iniciado nuevamente una tendencia ascendente, lo cual es importante pues dicha energía no produce emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

d) Ahorro en el gasto de control de la contaminación

La empresa peruana Mercurio Industria y Comercio SAC, dedicada a la fabricación de materiales para la fundición, comprobó que el aluminio en polvo que se usa como insumo genera un riesgo de explosión si se acumula excesivamente, además de causar malestar entre sus empleados al ser esparcido por el aire. Tras adquirir 12 contenedores para almacenar el aluminio en polvo, se fabricó un sistema de colección de polvo y se realizó mejoras en el proceso de moldeo. Como resultado, dicho control de contaminación por polvo significó un ahorro de 800 dólares al mes (Antúnez, 2008).

e) Mejora del clima laboral

En México, una empresa de offset cambió el uso de gasolina en el lavado de máquinas por un agente no volátil aprobado por las autoridades ambientales, lo cual, además de resultar más eficiente y económico, permitió que el personal mostrase una mejor disposición al darse cuenta que la limpieza se realizaba en una cuarta parte del tiempo y que el agente sustituto carecía de riesgos a su salud (Hauschnik, 2002).

f) Reducción de los riesgos civiles ambientales

Cuando las empresas manejan buenas prácticas, como control de inventarios (seguimiento de materiales, residuos y emisiones) o mantenimientos preventivos (inspecciones y limpiezas periódicas), logran reducir la probabilidad de ocurrencia de situaciones que afecten directa o indirectamente al medio ambiente, por lo que se reducen los riesgos civiles ambientales. Asimismo, la implementación de una adecuada gestión de riesgos en la empresa reduce a su vez los costos de reparación de los daños producidos a terceros y al medio natural (Mujica, 2016; COEPA, 2007).

g) Mejor imagen pública y una mayor confianza del consumidor

El gerente general de la fábrica de tejidos La Bellota S.A. manifestó que hasta el año 2008 se trabajaba con secadoras de los años 50, por lo que se invirtió en la compra de nuevas lavadoras, secadoras y sobretodo en una planta de tratamiento de agua, a fin de ser respetuosos con el medio ambiente. Dicha inversión le dio a sus productos un valor agregado para los compradores, dado que el 40% de la producción es destinada a la exportación y sus principales clientes viven en Estados Unidos. Asimismo, sólo con la lavadora se ahorró 57% en agua, 75% en energía y 30% en insumos químicos (Antúnez, 2008).

En suma, los beneficios en mención no sólo compensan la inversión inicial de las empresas que lo aplican, sino que aseguran su desarrollo económico con el menor impacto ambiental.

3.3. EXPERIENCIAS COMPARADAS: LECCIONES APRENDIDAS

3.3.1. Ecoeficiencia en España

“En España, la ecoeficiencia está presente de algún modo en las normas, planes y estrategias sectoriales sobre la gestión de recursos naturales, así como la prevención y control de la contaminación” (Pache, 2017, p.154). En tal sentido, algunos ejemplos de la legislación de España afines a la ecoeficiencia son mostrados en la tabla 4.

Tabla 4
Normativas y estrategias de España afines a la ecoeficiencia.

TITULO	DESCRIPCIÓN
Ley 45/2007, de 13 de diciembre, para el desarrollo sostenible del medio rural.	Tiene por objetivo regular y establecer medidas para favorecer el logro de un desarrollo sostenible del medio rural.
Estrategia de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020.	Elaborada por el MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente), en colaboración con el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA). El objetivo es reducir en un 20% el consumo energético en España al 2020.
Plan de Turismo Español Horizonte 2020	Su meta es la de lograr que en el horizonte 2020 el sistema turístico español sea el más competitivo y sostenible, aportando el máximo bienestar social.
Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020	Incluye el diseño de nuevos escenarios energéticos y la Incorporación de objetivos acordes al fomento de energía procedente de fuentes renovables
Programa A.G.U.A. (Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua).	Incorpora actuaciones en el conjunto del territorio español que afectan a todas las políticas y ámbitos ligados a la disposición y gestión sostenible del agua.
Plan Nacional de Regadíos (PNR).	Tiene por objetivo mejorar, modernizar y consolidar los regadíos existentes, en especial las dirigidas a racionalizar el uso del agua).

Fuente: Teoría de la Ecoeficiencia. Modelo Teórico e Hipótesis de Investigación (Pache, 2017)

- ***Iniciativa ecoeficiente en el País Vasco (Comunidad Autónoma Española)***

El Gobierno Vasco ha publicado el informe “Ecoeficiencia 2003. Medio Ambiente en la Comunidad Autónoma del País Vasco” en el que se analiza el grado de desvinculación entre la economía vasca y el medio ambiente (CONFEBASK, 2003), por lo que la tabla 5 muestra las principales características de los sectores económicos en el País Vasco

que representan retos para la ecoeficiencia en dicha comunidad española.

Tabla 5

Sectores económicos del País Vasco con mayores retos para la ecoeficiencia.

Sector Industrial	Sector Transporte	PyMEs
<input type="checkbox"/> Alta contribución a la renta y riqueza nacional.	<input type="checkbox"/> Aumento de la movilidad (pasajeros y mercancías).	<input type="checkbox"/> Programa de apoyo a través de la Diputación General de Aragón, Departamento de Medio Ambiente.
<input type="checkbox"/> Gran aporte social: puestos de trabajo.	<input type="checkbox"/> Prima el transporte privado.	<input type="checkbox"/> Desarrollo de indicadores de ecoeficiencia
<input type="checkbox"/> Emisiones excesivas en relación con la capacidad receptora del ambiente.	<input type="checkbox"/> Aporte a la contaminación atmosférica.	<input type="checkbox"/> <i>Indicador General:</i> variable ambiental a controlar vs variable económica relevante.
<input type="checkbox"/> Impacto agregado de la industria en el ambiente (vinculación absoluta).	<input type="checkbox"/> Reto: descongestión de las vías y disminución de la intensidad energética del sector.	<input type="checkbox"/> <i>Indicador Específico:</i> relación aplicada a subsectores, distintos tipos de producción.
<input type="checkbox"/> Impacto por unidad de producto (vinculación relativa).	<input type="checkbox"/> Crecimiento paralelo a las presiones sobre el ambiente.	<input type="checkbox"/> Criterios de cálculo de las variables: garantiza la calidad de la información utilizada y ejemplos de cálculo.
<input type="checkbox"/> Reducción de las presiones ambientales con incremento en niveles de producción.	<input type="checkbox"/> Aumento de ocupación del suelo por 36% de incremento de vías y autopistas.	

Fuente: Ecoeficiencia: Marco de Análisis, Indicadores y Experiencias. (Leal, 2005).

3.3.2. Ecoeficiencia en América Latina

Las experiencias de ecoeficiencia en América Latina permiten identificar lineamientos interesantes de su aplicación, a pesar de tratarse de iniciativas cuya efectividad real aún no se ha podido cuantificar (Leal, 2005).

3.3.2.1. Ecoeficiencia en Colombia

Las empresas colombianas, conscientes de que su supervivencia depende no sólo de su nivel productivo sino de asegurar un mejor ambiente social y una buena calidad de vida para las futuras generaciones, están adoptando la ecoeficiencia como parte de su filosofía (Montes, 2008, p.33).

- **Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible (CECODES)**

El Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) presenta un capítulo colombiano que fue creado en 1993 y que busca liderar el proceso de reforma del sector empresarial colombiano hacia la

ecoeficiencia. Al año 2014 son 40 las empresas asociadas, las cuales pertenecen a las áreas más importantes de la economía colombiana (minería, energía, forestal, agro-industria, manufactura, construcción y financiera) y que desarrollan prácticas que permiten la mejora continua y un equilibrio entre sus objetivos económicos, sociales y ambientales (CECODES, 2014)

Frente a los escenarios en los que un proyecto de ecoeficiencia puede fracasar, tales como el impedimento de cambios rápidos en las políticas de las compañías y/o poca información sobre herramientas que formen parte de planes de acción frente a un deterioro ambiental, CECODES ha identificado las principales estrategias para que la ecoeficiencia pueda ser una realidad en Colombia (Leal, 2005). Es así como la figura 1 muestra las estrategias planteadas por CECODES para la implementación de un proyecto ecoeficiente.



Figura 1: Estrategias planteadas por CECODES para la aplicación efectiva de la ecoeficiencia en Colombia.

Por otro lado, en la tabla 6 se presenta los indicadores de ecoeficiencia desarrollados por CECODES y que muestra una imagen del comportamiento del conjunto de empresas que lo conforman.

Tabla 6
Indicadores de ecoeficiencia desarrollados por CECODES.

INDICADOR	CONSUMO DE AGUA	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
Indicador de consumo	Sumatoria del consumo de agua en la operación de cada empresa. Ejemplo: 100 millones m ³ Reporte: 12 empresas y 1 gremio	Sumatoria del consumo de energía eléctrica en la operación de cada empresa. Ejemplo: 71 millones de gigajulios Reporte: 12 empresas y 1 gremio
Indicador económico	Valor agregado por consumo de agua. Ejemplo: 21.4 dólares/m ³ Reporte: 12 empresas y 1 gremio	Valor agregado por consumo de energía. Ejemplo: 30 dólares/gigajulio Reporte: 12 empresas y 1 gremio
Inversión Ambiental	Sumatoria de obras y adquisición de equipos de control, mantenimiento y operación, así como estudios ambientales y sistemas gerenciales de acciones relacionadas directamente con el impacto ambiental del proceso productivo. Ejemplo: 50 millones de dólares Reporte: 14 empresa y 2 gremios	

Fuente: Ecoeficiencia: CECODES, Casos y experiencias en ecoeficiencia (1996-2000), 2003.

- **Parques industriales ecoeficientes en Colombia**

Un Parque Industrial Ecoeficiente (PIE) es un grupo de empresas dedicadas a la manufactura y prestación de servicios, localizadas en una misma área geográfica y que desarrollan en conjunto proyectos para la mejora de su desempeño económico y ambiental, obteniendo un beneficio colectivo mayor que los beneficios individuales (DAMA, 2006).

En Colombia, el concepto de Parque Industrial Ecoeficiente (PIE) surgió en 1997 como una alternativa de agremiación para sectores productivos que necesitaban reubicarse a fin de evidenciar una mejora en su comportamiento ambiental, debido al establecimiento de nuevas regulaciones (Leal, 2005). Del mismo modo, en la ciudad capital de Bogotá, la construcción de los PIEs se inició por cumplimiento de las políticas establecidas en el Plan de Ordenamiento Territorial, además de los conflictos con las comunidades vecinas (Monroy y Ramirez, 2004).

En la figura 2 se muestra las principales ventajas y dificultades de la construcción de parques industriales ecoeficientes en la ciudad de Bogotá.

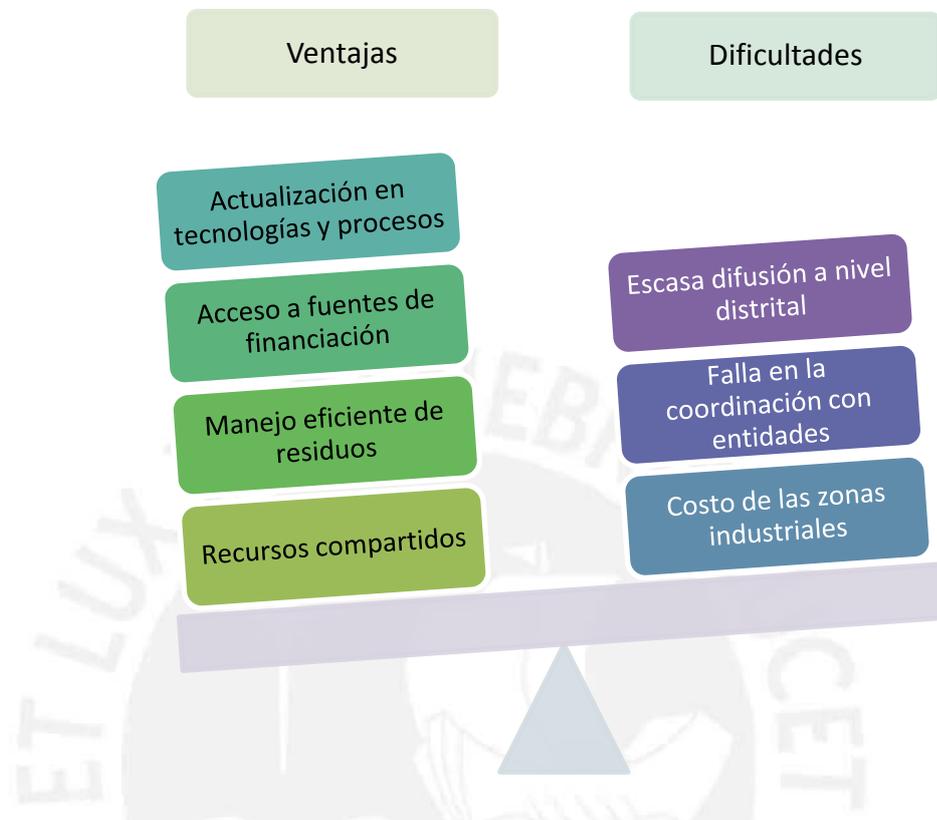


Figura 2: Ventajas y dificultades de la construcción de PIEs en Bogotá.

Fuente: "Parques Industriales Ecoeficientes en Bogotá: ¿Una Alternativa Ambiental, Económica y/o social?" (Monroy, 2004).

3.3.2.2. Ecoeficiencia en Brasil

El Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) presenta un capítulo brasileño en el cual se promueve el desarrollo sostenible en las empresas de Brasil, es por ello que el concepto de ecoeficiencia en el país ha cobrado mayor énfasis a partir de su creación (Leal, 2005).

- **Consejo Empresarial Brasileño para el Desarrollo Sostenible (CEBDS)**

CEBDS fue fundada en 1997 tras el interés de importantes empresarios brasileños conscientes de las oportunidades de la sostenibilidad presentadas en Río 92. Al presente año, 2017, más de 70 grupos empresariales del país son miembros activos de CEBDS, cuyas ventas

representan alrededor del 40% del PBI nacional, además de ser responsables de más de 1 millón de puestos de trabajo directos (CEBDS, 2017).

El concepto fundamental planteado por CEBDS se conoce como Triple Botton Line, el cual guía el funcionamiento de las empresas teniendo en cuenta el equilibrio del ámbito económico, social y ambiental, así como el trabajo conjunto de sus agentes sociales: empresas, gobierno y comunidades. En tal sentido, se lleva a cabo la implementación de la “Red Brasileña de Producción Más Limpia”, que plantea técnicas de reducción de consumo de recursos y reducción de impacto en la naturaleza, así como condicionantes que incentiven la innovación (Rossi y Barata, 2009).

Los trabajos realizados en el programa en mención han demostrado que las principales barreras en el cumplimiento de los objetivos esperados están relacionadas con el manejo de conceptos ambientales y de gestión financiera. Sin embargo, con el aumento gradual de centros de fortalecimiento de políticas de producción limpia se ha podido reducir el número de limitaciones para la aplicación de ecoeficiencia, a la vez que ha identificado nuevas restricciones y/o barreras, las cuales se hayan reflejadas en la figura 3.



Figura 3: Barreras externas e internas de las empresas para la aplicación de ecoeficiencia en Brasil.

- **Premios a la Ecoeficiencia en Brasil**

El Servicio Brasileño de Apoyo a las Micro y Pequeñas Empresas (SEBRAE) otorga el Premio SEBRAE a la Ecoeficiencia a las empresas que han optimizado sus procesos para la reducción del desperdicio de energía, sin comprometer la producción, calidad del producto y condiciones de trabajo. En tal sentido, el premio en mención permite a las pequeñas y medianas empresas ser acreedoras, además de certificados y trofeos, de asesorías y accesos gratuitos a cursos y publicaciones de la SEBRAE, así como a su promoción como empresas ejemplo en ecoeficiencia en los diversos medios de comunicación (Leal, 2005; OEFA, 2016).

Por otro lado, el Premio ECO, otorgado por la Cámara Americana de Comercio de Brasil (ANCHAM) desde el año 1982, ha sido pionero en el reconocimiento de empresas privadas, públicas o de economía mixta, que generan una reflexión sobre su desenvolvimiento empresarial sostenible en Brasil, cuyos proyectos inscritos y ganadores desde el 2008 se encuentran disponibles al público a través de su banco de prácticas (OEFA, 2016).

3.3.2.3. Ecoeficiencia en México

En México, la mayoría de empresas prestan atención al impacto ambiental de sus actividades únicamente cuando las autoridades realizan cierto control, el cual incluye multas o clausura de los establecimientos, o cuando los clientes internacionales exigen el cumplimiento de estándares ambientales (Haushnik, 2002).

Pese a ello, existen diversas iniciativas privadas que brindan asesorías respecto de los criterios básicos para una gestión más ecoeficiente, la cual busca obtener mayor productividad, progreso tecnológico y nuevos mercados, a la par que se ejerce la protección ambiental requerida.

- **Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sostenible (CESPEDES)**

La Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sostenible (CESPEDES), creada en 1994, forma parte de la red global

del Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD).

Integrada a su vez al Consejo Coordinador Empresarial (CCE), CESPEDES cuenta con 33 empresas que se organizan en grupos de trabajo para seguir los lineamientos estratégicos de acción: Crecimiento Económico, Conservación de los Recursos Naturales y Desarrollo Humano (CEE, 2013), cuyos principales programas afines a la ecoeficiencia son descritos en la tabla 7.

Tabla 7
Programas afines a la ecoeficiencia patrocinados por CESPEDES.

Programa GEI México (2004)	México NAMAs Facility. – MNF (2014)
<ul style="list-style-type: none"> • Programa nacional voluntario de contabilidad y reporte de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GyCEI). • Cuenta con 4 niveles de reconocimiento (GEI1, GEI2, GEI3 y GEI4) para impulsar la gestión integral de emisiones de GyCEI. • Instrumento para el Monitoreo, Reporte y Verificación de datos de emisión para promover el registro de proyectos y reducciones voluntarias. • Contribución a la Ley de Cambio Climático 	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo facilitador para la implementación de NAMAs (Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación) en México. • NAMAs: Acciones voluntarias realizadas por países en desarrollo para reducir la emisión de GEIs y generar co-beneficios para el país anfitrión. • Algunos Resultados al 2015: 7% de reducción de emisiones de GEIs, 7% en CO₂, 20% en NO_x, 31% en SO₂, 37% en CO, así como 15% de ahorro en costos por combustible • Sectores de aplicación: Industria, Bosques Renovables, Transporte, Residuos, Refrigerantes, Petróleo y Gas, Educación, Eficiencia Energética y Vivienda.

Fuente: Portal Web de CESPEDES <http://www.cespedes.org.mx>

- **Implementación de la Ecoeficiencia en las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs)**

Algunos de los supuestos de las Pymes hacen referencia a la simplicidad en la toma de decisiones, bajos costos operativos y organizacionales, entre otros (García, 2014). Asimismo, “a veces no se tiene la preparación o el tiempo necesario, pero generalmente no se

percibe el valor de disponer de un plan de acción y por ello no se asignan los recursos requeridos” (Debernardo y Hurtado, 2010, p.25).

Pese a ello, dado que la protección al medio ambiente es una oportunidad de éxito en los negocios, resulta importante tomarlo en cuenta en la gestión empresarial, manteniendo el nivel de competitividad que se desea alcanzar (García, 2014).

Claro ejemplo de ello es la empresa Prettl de México S.A. de C.V. La implementación de una estrategia ecoeficiente logró reducir su impacto ambiental a la vez que obtuvo beneficios económicos. A través de la clasificación adecuada de los residuos, en el año 2011 se tuvo una disminución del 54% de basura respecto del año 2010. Asimismo, la conciencia de ahorro en el consumo de papel nuevo se reflejó en un 2.57%, lo que significó un ahorro de \$32,883.20 pesos. Sin embargo, el ahorro más considerable tuvo como origen el cambio de empaque de los termostatos; tras un acuerdo con el cliente, se optó por el envío de los termostatos en una caja con separadores y no en cajas individuales como se venía realizando, lo cual significó un ahorro económico de \$202824 pesos y un ahorro ambiental de: 22 m² rellenos sanitarios, 1552 litros de petróleo, 554400 litros de agua y 9979.2 kg de CO₂ (Martínez, 2016).

3.3.2.4. Ecoeficiencia en Chile

La condición de Chile como primer miembro pleno de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en América del Sur, en el mes de mayo del año 2010, le impuso un elevando estándar a sus políticas públicas en el rubro ambiental (Rondón y Szantó, 2012).

- ***Ecoeficiencia y manejo de residuos sólidos***

El sector de los residuos sólidos urbanos (RSU) requiere de un sistema de manejo integral correctamente diseñado y operado, para la protección del medio ambiente, la mejora de la salud pública, la estética y la mejora de las finanzas de una ciudad (WBG, 2010).

En tal sentido, desde enero del 2005, Chile cuenta con una política de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS), cuyo objetivo es “garantizar un manejo de residuos sin riesgos para la salud y para el

medio ambiente, asegurando un desarrollo sustentable y eficiente del sector” (CONAMA, 2005, p.9). Asimismo, cabe señalar que el 17 de mayo de 2016 se promulgó la Ley 20920 que establece el marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje, mediante la cual se pretende disminuir la generación de residuos y fomentar la reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización (BCN, 2016).

- ***Impuestos Verdes en Chile***

Como parte de la Ley 20780 de reforma tributaria, en setiembre del 2014 Chile aprobó la implementación de un impuesto verde que grava directamente las emisiones contaminantes al aire de MP, NO_x, SO₂ y CO₂, tanto para las personas naturales como jurídicas (BCN, 2014).

Este impuesto introduce un nuevo instrumento de gestión ambiental que permite apoyar la reducción de la contaminación local y global en Chile y que tiene como principales objetivos: reconocer el costo social (daño ambiental), contribuir a la disminución de GEI, reconocer el impacto en la salud y explicitar los principios de la política ambiental (MMA, 2014).

En tal sentido, para la cuantificación de las emisiones se publicó en noviembre del año 2016 el instructivo desarrollado por la Superintendencia del Medio Ambiente del Gobierno de Chile (SMA), el cual incorpora once alternativas para cuantificar las emisiones, independientes para cada fuente y parámetro regulado.

- ***Asociación de Empresas y Profesionales por el Medio Ambiente (AEPA)***

AEPA constituye una de las organizaciones más activas respecto del equipamiento y servicio ambiental en Chile, por lo que plantea la disponibilidad técnica para poder cooperar con autoridades y organismos en las políticas medioambientales del país. Asimismo, dado que agrupa a las empresas que contribuyen al desarrollo sostenible del país, tiene como objetivo fomentar alianzas entre ellas a fin de mejorar la competitividad y su debida promoción con instituciones nacionales y extranjeras (Leal, 2005).

Asimismo, la Asociación de Empresas y Profesionales por el Medio Ambiente (AEPA) junto con el Consejo Nacional de Producción Limpia del Ministerio de Economía de Chile, organizaron en mayo del 2005 el Primer Congreso Internacional “En el camino de la Producción Limpia”, en el que se realizó una presentación sobre ecoeficiencia en términos conceptuales.

Por último, en setiembre del 2017 se llevó a cabo la primera Feria de Innovación Tecnológica y Gestión Ambiental, FITGA 2017, en la que durante dos días se difundió los proyectos que buscan soluciones de eficiencia energética y amigable con el medio ambiente, siendo una plataforma de negocios, innovación y debate.

- ***Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA)***

Fundada en 1883, SOFOFA surgió como una necesidad de hacer valer los derechos del sector industrial chileno y de transformar a Chile en un país eminentemente industrial (Ceppi et ál, 1983). Asimismo, agrupa a cerca de 4000 empresas, 43 asociaciones sectoriales y 14 gremios empresariales regionales, que en conjunto aportan con el 30% del producto interno bruto chileno y que trabajan tanto en la promoción del desarrollo sostenible del sector industrial como en el crecimiento económico del país (SOFOFA, 2016).

Las áreas temáticas desarrolladas son: SOFOFA Medio Ambiente, enfocado a una agenda ambiental sobre bonos de carbono y legislación ambiental, y SOFOFA Responsabilidad Social (SRS), área de trabajo que promueve y difunde las buenas prácticas empresariales.

3.3.2.5. Ecoeficiencia en Perú

Dado que la globalización obliga a ser competitivos y cada vez más ecoeficientes, es deber del Estado generar efectivos canales de comunicación que permitan convertir al ciudadano peruano en un agente activo de cambio frente a su entorno ambiental inmediato (MINAM, 2012).

- ***Normativa general de apoyo a la Ecoeficiencia***

En la tabla 8 se muestra la normativa general del gobierno peruano y que son afines a la ecoeficiencia.

Tabla 8
Normativa peruana de apoyo a la ecoeficiencia.

NORMATIVA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
DS N° 053-2007-EM	Aprueban Reglamento de la Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía (Ley 27345)	Tiene como objetivo asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, fomentar la competitividad de la economía nacional y reducir el impacto ambiental negativo del uso y consumo de los energéticos.
Ley N° 29289	Ley de presupuesto del sector público para el año fiscal 2009	El numeral 7.5 del artículo 7° de la Ley N° 29289 determinó que las entidades públicas dispongan la adopción de medidas de ecoeficiencia, tales como ahorro de consumo de energía, agua y papel, gastos de combustible, etc. Las medidas deben aprobarse en el primer trimestre de cada año y ser publicadas en el portal institucional, al igual que sus resultados de manera mensual.
DS N° 009-2009-MINAM	Medidas Ecoeficientes para el Sector Público	Se aprueban las medidas de ecoeficiencia que tienen como efecto el ahorro en el Gasto Público.
DS N° 011-2010-MINAM	Modifican artículos del DS N° 009-2009-MINAM	Se incorpora el uso obligatorio de productos reciclados y biodegradables (numeral 4.1.5.) y se dispone el reporte mensual las medidas implementadas y los resultados alcanzados (artículo 6°).
RM N° 021-2011-MINAM	Establecen porcentaje en material reciclado	Se precisa que el porcentaje de material reciclado será de aplicación para aquellos productos cuya composición sea mayor del 90% en peso de plástico y que para los envases de plástico, el porcentaje mínimo de material reciclado debe ser del 80%.
DS N° 001-2012-MINAM	Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)	Se establece derechos y obligaciones de los actores involucrados en el manejo y gestión de los RAEE a fin de prevenir, controlar, mitigar y evitar daños a la salud de las personas y al ambiente.
RM 217-2013-MINAM	“Programa de Promoción del Uso de Gas Natural Vehicular (GNV) y Paneles Solares en las Instituciones Públicas 2013-2015”.	Se aprueba su implementación para que en el año 2013 las instituciones públicas de Lima y Callao evalúen su consumo de energía en kWh, el gasto que ello demanda y la factibilidad del uso de paneles solares. Para el año 2014 y 2015 se espera un incremento en el uso de GNV y paneles solares.
RESOLUCIÓN N° 58-2013/CNB-INDECOPI	Resolución Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias N°58-2013/CNB-INDECOPI	Se aprueba cinco Normas Técnicas Peruanas, dentro de las cuales se encuentra la NTP-ISO 14045:2013 Gestión ambiental. Evaluación de la ecoeficiencia del sistema del producto. Principios, requisitos y directrices. 1ª Edición.
DS N° 004-2016-EM	Aprueban medidas para el uso eficiente de energía	Se precisa que las entidades y/o empresas públicas que requieran adquirir o reemplazar equipos energéticos deberán sustituirlos por la tecnología más eficiente que exista en el mercado al momento de su compra. Se establece los lineamientos y/o especificaciones técnicas de las tecnologías más eficientes de equipos energéticos.

Fuente: Portal de Ecoeficiencia – Presidencia del Consejo de Ministros (PCM).
<http://hera.pcm.gob.pe/ecoeficiencia/>

Asimismo, el Sub Comité Técnico de Normalización (SCTN) de Ecoeficiencia, instalado en diciembre del 2012 y como parte del comité de gestión ambiental, ha trabajado diez Normas Técnicas Peruanas (NTP) aprobadas por INDECOPI (hoy INACAL) sobre ecoeficiencia:

- NTP ISO 14044:2013, Análisis de Ciclo de Vida.
- NTP-RT/ISO TR 14049:2014, Ejemplos de NTP ISO 14044.
- NTP ISO 14045:2014, Evaluación de la Ecoeficiencia.
- NTP 900.075, Método de verificación de fibras recicladas en papel.
- NTP 900.077, Plásticos, trazabilidad y verificación.
- NTP 900.079, Guía terminológica.
- NTP 900.080, Requisitos de envases y embalajes.
- NTP ISO 17088:2015, Plásticos Compostables.
- NTP 900.076:2015, Tasa de Reciclado
- NTP 900.078:2015, Sistemas de Reutilización.

• **Ministerio del Ambiente (MINAM)**

La ecoeficiencia es una oportunidad para asumir la responsabilidad empresarial hacia el ambiente y sociedad, por lo que la promoción de la actividad empresarial es parte de la política del Estado (MINAM, 2009).

En la figura 4 se muestra las principales características de cuatro líneas de acción trabajadas por el MINAM para la ecoeficiencia.



Figura 4: Líneas de acción trabajadas por el MINAM en el marco de la ecoeficiencia.

Asimismo, en cumplimiento de la Ley N°29829 y el DS N° 009-2009, el Ministerio del Ambiente presenta informes anuales sobre la implementación de la ecoeficiencia en el sector público.

En la figura 5 se muestra la evolución del número de instituciones públicas que reportan sus medidas de ecoeficiencia, según el Informe Anual 2015: Instituciones Públicas Ecoeficientes.

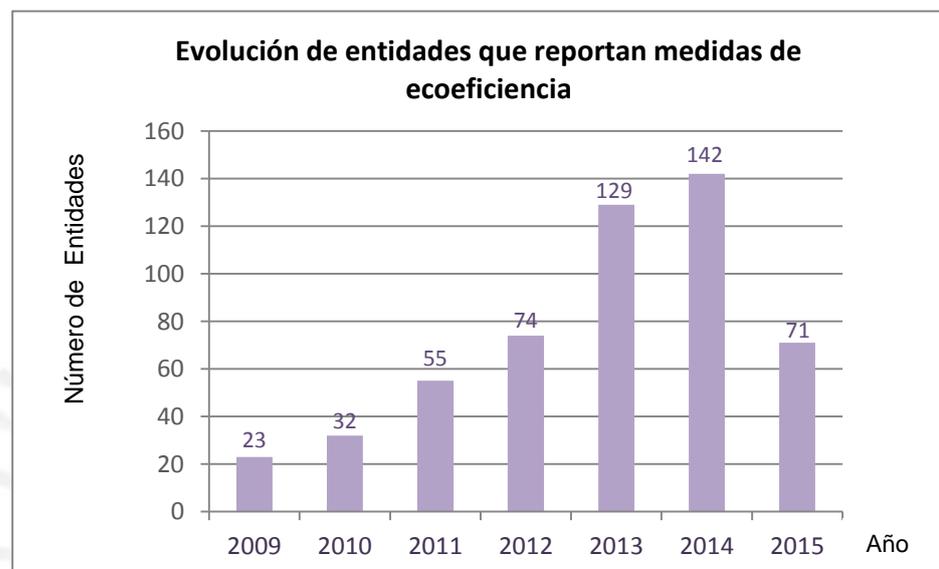


Figura 5: Número de entidades que anualmente reportan medidas de ecoeficiencia en el Perú. Fuente: Informe Anual 2015 – “Instituciones Públicas Ecoeficientes” (MINAM, 2016).

Pese a que en el periodo del año 2009 al 2014 se evidenció una tendencia creciente en cuanto al número de entidades públicas que reportan sus indicadores de ecoeficiencia, en el año 2015 se obtuvo una disminución de dicho reporte en un 50%.

Asimismo, se debe tener en cuenta el número de entidades públicas que a pesar de estar inscritas en la web de ecoeficiencia del gobierno, no reportan sus indicadores de ecoeficiencia.

En la figura 6 se muestra el comparativo entre las entidades, por tipo de gobierno, respecto del nivel de reporte que realizan en la web de ecoeficiencia, según el Informe Anual 2015: Instituciones Públicas Ecoeficientes.

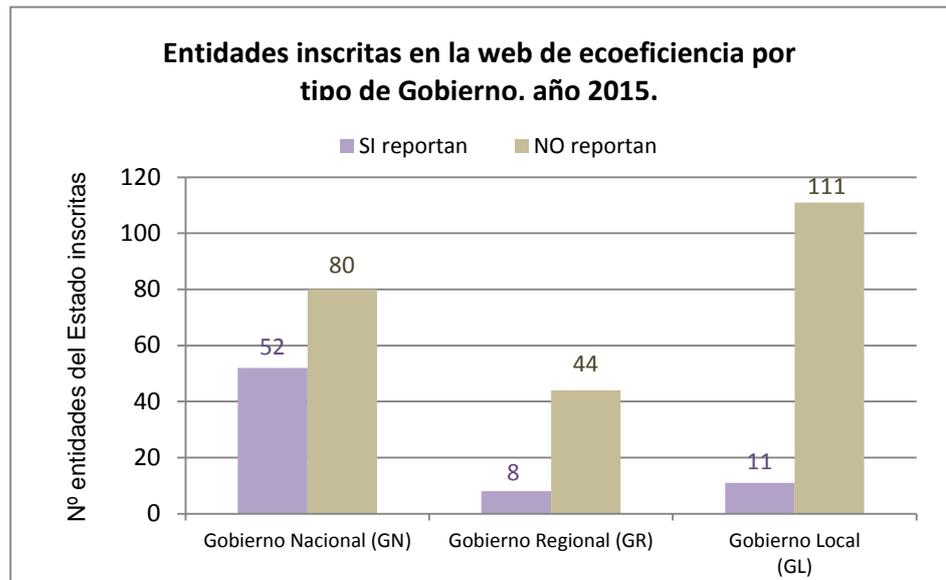


Figura 6: Número de entidades registradas en la web de ecoeficiencia y su nivel de reporte al año 2015, por tipo de Gobierno. Fuente: Informe Anual 2015 – “Instituciones Públicas Ecoeficientes” (MINAM, 2016).

Como se puede apreciar, pese a que en el año 2015 y en los tres tipos de gobierno el reporte de indicadores de ecoeficiencia no es el esperado (hay mayor cantidad de instituciones públicas inscritas en la web que no realizan reporte en comparación a las que sí reportan), son las entidades del gobierno local las que presentan el menor nivel de reporte de sus indicadores.

En tal sentido, las acciones desarrolladas por el MINAM para revertir la situación anteriormente descrita y visualizada a través de la figura 5 y 6, son las siguientes:

- Fortalecimiento de capacidades, mediante la capacitación de servidores públicos.
- Guías de buenas prácticas ecoeficientes en el sector públicos.
- Catálogo de proveedores de productos y servicios ecoeficientes.
- Seminario y expoferia de ecoeficiencia.

Por último, el Ministerio del Ambiente propone, a su vez, una lista de indicadores que las empresas deben tomar en cuenta para la implementación de la ecoeficiencia, indicadores que son descritos en la tabla 9.

Tabla 9
Indicadores de ecoeficiencia propuestos por el MINAM para empresa.

Indicador	Unidad de medida	Fuente de datos
Consumo de agua	m ³ agua consumida / N° de personas	Facturas de la empresa proveedora o monitoreo de medidores en el punto de recolección (cuando se obtiene de fuentes superficiales o subterráneas)
Consumo de Energía	kWh energía total consumida / N° de personas.	Facturas de la empresa proveedora del recurso, compra de combustibles para generación eléctrica, medidores en el punto de generación (en generación propia).
Consumo de Materiales	Unidad de medida establecida según material (kg., unidades) / N° de personas	Facturas de empresas proveedoras del material (materias primas, insumos, papel reciclado).
Gestión de residuos	t. material que no se envía a vertedero de basura	Inventario de la empresa sobre el material para reciclar o reutilizar.
Emisiones CO ₂	t. de CO ₂ /N° de personas.	Facturas de compras de combustibles, estimaciones y cálculos de entidades ambientales, revisiones de planta, encuestas e inventarios sobre monitoreo de viajes de empleados, etc.

Fuente: Guía de Ecoeficiencia para empresas (MINAM, 2009)

- **Fondo MIVIVIENDA (FMV) y Bono MiVivienda Sostenible (BMS)**

El Fondo Hipotecario de Promoción de la Vivienda, Fondo MIVIVIENDA, creado en el año 1998 y convertido en Sociedad Anónima (S.A.) el 01 de enero del 2006, es una empresa estatal de derecho privado que promueve el acceso a la vivienda única y adecuada, principalmente de las familias con menores ingresos, a través de la articulación entre el Estado y los Sectores Inmobiliario y Financiero, impulsando su desarrollo.

En tal sentido, el Fondo MIVIENDA (FMV), bajo el ámbito del Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado (FONABE), y adscrita al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, presentó el 30 de junio del 2015 el Bono de Vivienda Sostenible, el cual se define como un atributo de los créditos Mivivienda que consiste en la ayuda económica directa no reembolsable que se

otorga a las personas que accedan a una vivienda sostenible con el crédito MIVIVIENDA.

En la tabla 10 se muestra la fluctuación del valor del bono, en función al valor del financiamiento y al grado del Bono.

Tabla 9:
Bono MiVivienda Sostenible, según valor de financiamiento y grado del bono.

Monto de financiamiento	Monto Bono	Monto Bono
	Grado 1	Grado 2
Hasta S/. 140,000	4%	
Mayores a S/. 140,000 hasta el monto máximo de financiamiento de productos MiVivienda.	3%	4%

Fuente: Reglamento del Bono MiVivienda Sostenible (FONDO MIVIVIENDA S.A., 2015).

El Bono se calcula descontando en primer lugar, del valor de vivienda, la cuota inicial y el Bono del Buen Pagador (BBP), de ser el caso. A dicho monto de financiamiento se le divide entre 1.04 y/o 1.03 y se multiplica por 0.04 y/o 0.03 dependiendo del grado del bono, el cual es determinado por el Fondo MIVIVIENDA según su evaluación del expediente del proyecto.

El primer Bono MiVivienda Sostenible (BMS) fue desembolsado en octubre del 2016, tras la adquisición de una vivienda en el Condominio Paseo Colonial, la cual obtuvo una certificación de grado 1 por Bureau Veritas.

- **Infraestructura Ecoeficiente**

La Cámara de Comercio de Lima (CCL), conscientes de su responsabilidad con el medio ambiente y a fin de ampliar su sede institucional y centro de arbitraje, decidió construir en su ampliación el primer edificio ecoeficiente ejecutado en el Perú por un gremio empresarial, motivo por el cual ha sido catalogada como la Primera Cámara de Comercio con un edificio verde en Sudamérica.

Según E&N (2013), la edificación ha sido diseñada y construida dentro de los parámetros internacionales de operaciones empresariales que requiere la organización internacional Council on Green, la cual certifica

a instituciones como “Green Business” o “Empresa Verde”. En tal sentido, los detalles sostenibles desarrollados en el proyecto abarcan desde las griferías y sanitarios hasta el sistema de agua de toda la infraestructura. A modo de ejemplo se menciona el uso de inodoros sin agua y toilets de doble sifón, lavadores de mano con sensores y aireadores, máquinas de vapor para limpiar y anular en su totalidad el uso de productos de limpieza, así como señales de escape tipo LED distribuidos en toda la edificación, entre otros.

4. METODOLOGÍA

En la figura 7 se muestra la secuencia metodológica para el desarrollo del presente proyecto.



Figura 7: Metodología del proyecto de estimación de ecoeficiencia.

a) Recopilación de Información

La recopilación de información abarcó la búsqueda información sobre el concepto de ecoeficiencia, principales beneficios y limitaciones de su aplicación, así como una revisión general de las principales experiencias adquiridas en otros países, relacionadas a la gestión ambiental y económica afines a la ecoeficiencia y sostenibilidad.

b) Medición de Parámetros

La elección de los parámetros ambientales medidos en el presente proyecto se basó en las consideraciones de la ISO 14031 (Evaluación de Desempeño Ambiental, EDA), los indicadores propuestos por el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), así como en las recomendaciones del Ministerio del Ambiente (MINAM) para el reporte de indicadores de ecoeficiencia en las empresas.

En tal sentido, los parámetros ambientales considerados en la Biblioteca Central y en la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA) fueron los siguientes:

- Energía eléctrica consumida, expresado en unidades de kw/área.
- Agua consumida, expresado en unidades de m³/área.
- Residuos sólidos generados, expresado en kg/área.
- Ruido emitido, expresado en dB/área.
- Calidad del paisaje, a través de una evaluación de panelistas expertos quienes asignaron valores escalados a las características de estética, armonía y nivel de visión en los dos edificios en estudio.

Por otro lado, para la elección y estimación de los parámetros económicos se consideró el reporte de los recibos del servicio de limpieza, consumo de agua y energía eléctrica, así como del metrado de planos de ambos edificios.

c) Tratamiento de los Datos

La metodología e instrumentos utilizados en la medición de los parámetros de calidad de paisaje, ruido ambiental y generación de residuos sólidos son detallados en los apartados 4.1., 4.2. y 4.3, respectivamente. Asimismo, cabe señalar que los resultados de dichas mediciones son finalmente representados a través de figuras radiales y de barra, para lograr una adecuada comparación entre los valores de la Biblioteca Central y del CIA.

Por otro lado, el consumo de energía eléctrica y agua en cada edificio se determina mediante una distribución proporcional del consumo total del campus universitario entre el área construida de cada edificio en estudio, considerando además el porcentaje de ahorro indicado en el Informe de Revisión de Certificación LEED de la Biblioteca del Complejo de Innovación Académica.

Obtenidos los valores parciales, económicos y ambientales, de cada estación de monitoreo, éstos son sumados para determinar sus respectivos valores máximos. Posteriormente, se establece la relación Valor parcial / Valor máximo y de esta manera se obtiene los índices adimensionales, tanto de costo como ambientales, los cuales presentan una estandarización en el rango de 0 a 1 y que permiten la medición de la ecoeficiencia de cada edificio en estudio, bajo la relación:

$$\text{ecoficiencia} = \frac{\text{valor económico}}{\text{valor ambiental}}$$

En la figura 8 se muestra la representación del análisis económico y ambiental para la evaluación de la ecoeficiencia mediante los índices adimensionales.

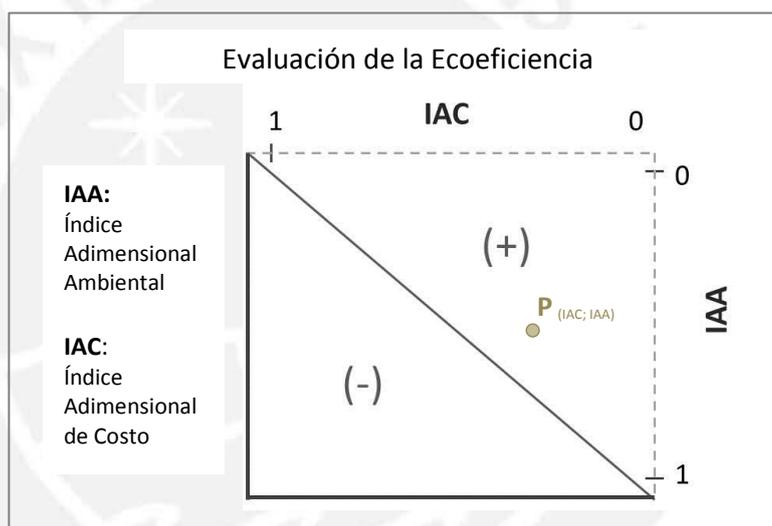


Figura 8: Evaluación de la ecoeficiencia a través de índices adimensionales.

El índice adimensional de costo (IAC) se ubica en el eje horizontal de la figura, mientras que el índice adimensional ambiental (IAA) se ubica en el eje vertical. Asimismo, dado que la ecoeficiencia mide la relación valor económico-valor ambiental, en el estudio de cada uno de los parámetros (calidad del paisaje, emisión de ruido y residuos sólidos generados) se evalúa que tanto IAC como IAA, en conjunto, presenten valores cercanos a cero.

En tal sentido, un edificio será más ecoeficiente que otro a medida que los puntos $P_{(IAC; IAA)}$ se aproximen a la franja superior derecha, caso contrario, si éstos se aproximan a la franja inferior izquierda, ello reflejaría a un edificio poco o nada ecoeficiente.

d) Comentarios y Conclusiones

Por cada parámetro evaluado, se desarrolla los principales comentarios de comparación entre la Biblioteca Central y la del Complejo de Innovación Académica (CIA) en base a sus índices adimensionales obtenidos.

Se establece, además, el edificio más ecoeficiente y algunas recomendaciones para mejorar el balance ambiental y económico de la infraestructura que está al servicio de alumnos, profesores y trabajadores.

4.1. MEDICIÓN DE CALIDAD DE PAISAJE

Según la Convención Europea del Paisaje: “El paisaje es un área tal como lo percibe la población, cuya característica es el resultado de la acción y la interacción de los recursos naturales y/o factores humanos” (Council of Europe, 2000, p.9). Por tanto, el paisaje hace referencia al área en el que conviven tanto los rasgos naturales como los influenciados por el hombre y que da lugar a una percepción visual y mental, individual y colectiva, de dicho espacio (Abad y García, 2006).

En la figura 9 se muestra una vista en planta de las estaciones de monitoreo que han sido consideradas para la evaluación de la calidad del paisaje.

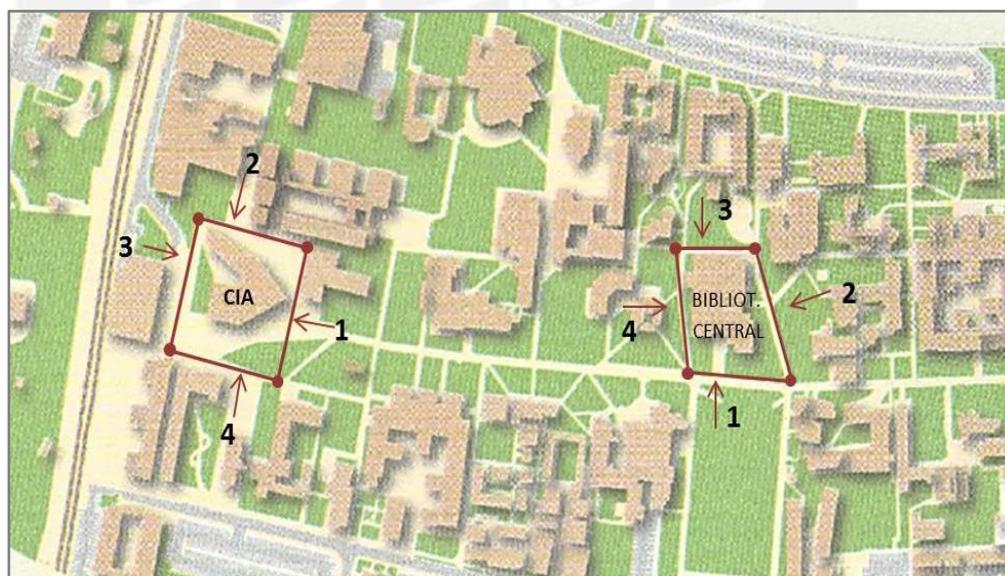


Figura 9: Estaciones de monitoreo considerados en la evaluación de la calidad paisajística.

La evaluación de la calidad paisajística, desde las estaciones de monitoreo mostradas en la figura 9, ha sido desarrollada de manera cualitativa a través de una Guía de Observación aplicada a diez panelistas expertos, con las

consideraciones del método Delphi para la recolección de información y obtención del acuerdo grupal (Dalkey et ál, 1969; Landeta, 1999; García y Suárez, 2012). En tal sentido, el grupo de panelistas estuvo conformado por cuatro alumnos egresados de la Facultad de Ciencias e Ingeniería (especialidad Ingeniería Civil) y seis alumnos egresados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

En las tablas 11 y 12 se describe las zonas de referencia para ubicación de las estaciones de monitoreo mostradas en la figura 9 y consideradas en la evaluación de la calidad paisajística de la Biblioteca Central y del CIA.

Tabla 11
Estaciones de monitoreo de la calidad paisajística de la Biblioteca Central

Estaciones de Monitoreo	Zona de Referencia
<i>Estación 1</i>	Frontis del edificio, visto desde el jardín principal del campus.
<i>Estación 2</i>	Comedor de Letras
<i>Estación 3</i>	Pabellón H
<i>Estación 4</i>	Centro de Asesoría Pastoral Universitaria (CAPU).

Tabla 12
Estaciones de monitoreo de la calidad paisajística de la Biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA)

Estaciones de Monitoreo	Zona de Referencia
<i>Estación 1</i>	Frontis del edificio, visto desde el tontódromo.
<i>Estación 2</i>	Cajeros BCP y Continental.
<i>Estación 3</i>	Laboratorios de Hidráulica y Suelos.
<i>Estación 4</i>	Aulario, Facultad de Química.

Con la Guía de Observación aplicada al grupo de panelistas se busca la desagregación de las características físicas y de percepción del paisaje, es por ello que los parámetros evaluados en cada una de las estaciones de monitoreo fueron elegidos en base al Modelo de la Fragilidad Visual del Paisaje (Escribano et ál, 1987). Asimismo, se utilizó la escala Likert para asignar un valor numérico a cada característica del parámetro evaluado.

- **Pendiente**

Entendida como un parámetro de medida del grado de inclinación de un terreno, cuyo valor es comúnmente expresado en porcentaje, resultado de multiplicar por 100 la tangente del ángulo en mención. Se ha considerado tres intervalos de pendiente.

Categoría	Descripción	Escala de valoración
Alta	Pendiente < 5%	3
Media	5 % < Pendiente < 15%	2
Baja	Pendiente > 20%	1

- **Orientación**

Considera el grado de exposición de la máxima pendiente a los rayos solares. En tal sentido, solana es la parte del terreno donde inciden mucho los rayos solares, mientras que las zonas en umbría son más sombrías y relativamente más húmedas debido a la menor insolación.

Categoría	Descripción	Escala de valoración
Alta	Solana	3
Media	Exposición intermedia	2
Baja	Umbría	1

- **Vegetación**

La cobertura del suelo previsto por las plantas se ha evaluado considerando la densidad, altura, cromatismo (variedad de colores) y estacionalidad.

Densidad	Altura	Cromatismo	Estacionalidad	Escala de valoración
Alta	Alta	Alta	SI	1
Media	Media	Media	NO	2
Baja	Baja	Baja	-	3

- **Cuenca Visual Relativa**

Hace referencia al conjunto de superficies o zonas que son vistas desde un punto de observación, es decir, el entorno visual del punto (Fernandez, 1977).

Categoría	Descripción	Escala de valoración
Alta	Cuenca visual amplia	3
Media	Cuenca visual media	2
Baja	Cuenca visual reducida	1

- **Compacidad**

Se trata de evaluar los huecos o zonas no vistas dentro del perímetro de la cuenca visual. Para su medición se usará el índice de compacidad (I_c), definido como la media de las pendientes, en valor absoluto, correspondientes a las orientaciones Este, Sur, Sureste y Suroeste.

Categoría	Descripción	Escala de valoración
Muy alta	$I_c < 3$	4
Alta	$3 < I_c < 8$	3
Media	$8 < I_c < 15$	2
Baja	$15 < I_c < 24$	1

En el procesamiento de los datos, para cada estación de monitoreo se integra los valores parciales obtenidos por cada parámetro, mediante la siguiente expresión:

$$V_i = \sum_i^n P_i \dots\dots\dots \text{Expresión 1}$$

A su vez, asumiendo que cada parámetro P_i tiene el mismo peso o carga factorial, el Índice de Calidad del Paisaje (IC) está expresado por:

$$IC = \sum_i^n P_i / V_i \text{ max} \dots\dots\dots \text{Expresión 2}$$

Tras aplicar la expresión 2, la distribución de los valores del índice de calidad en cada estación de monitoreo varía de 0.01 a 1, y dado que la máxima escala de valoración fue de 4, queda determinado cuatro rangos para la calidad del paisaje.

En la tabla 13 se muestra las cuatro categorías de calidad del paisaje establecidas: Alta calidad, mediana calidad, baja calidad y crítica.

Tabla 13

Categorías de evaluación asignadas a la calidad del paisaje

ÍNDICE DE CALIDAD	CATEGORÍA DE CALIDAD DEL PAISAJE
0.01 a 0.25	Calidad Crítica
0.26 a 0.50	Baja Calidad
0.51 a 0.75	Calidad Regular o Media
0.76 a 1.00	Alta Calidad

4.2. MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL

El ruido es el sonido no deseado que molesta, perjudica o afecta a la salud de las personas (NTP-ISO 1996-1:2007). En tal sentido, el ruido ambiental hace referencia al conjunto de sonidos poco agradables, e incluso dañinos, generados por el ser humano en determinados ambientes o contextos.

La medición del ruido en los ambientes de la Biblioteca Central y del Complejo de Innovación Académica (CIA) se basa en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental (MINAM, 2012).

4.2.1. Ubicación de las Estaciones de Monitoreo

Las estaciones de monitoreo se ubican en los ambientes más representativos de la Biblioteca Central y Complejo de Innovación Académica (CIA). En tal sentido, se cuenta con 17 y 22 estaciones de monitoreo, respectivamente.

En la tabla 14 se detalla la ubicación cada una de las estaciones de monitoreo correspondientes a la Biblioteca Central, durante la medición del ruido ambiental.

Tabla 14

Ubicación de las estaciones de monitoreo del ruido en Biblioteca Central

Estación de Monitoreo	Descripción	Ubicación
Estación 4A	Sala de lectura y cubículos. Recepción de colecciones del Centro de Documentación (CEDOC).	Piso 4
Estación 4B	Catálogo en línea y colecciones del CEDOC. Zona de ascensor.	
Estación 3A	Sala de lectura y cubículos.	Piso 3
Estación 3B	Colección de Literatura, Ciencias, Fotografía y Bibliotecologías. Sala de lectura y cubículos.	
Estación 3C	Colección de Lingüística, Arte, Música y Educación. Cubículos.	
Estación 3D	Autoservicio de préstamo, reserva de ambientes de estudio y devolución o renovación de libros.	
Estación 2A	Colección de Historia de América, Psicología y Filosofía. Cubículos.	Piso 2
Estación 2B	Colección de Antropología, Arqueología, Geografía e Historia del Perú. Sala de lectura.	
Estación 2C	Catálogo en línea, sala de lectura. Zona de ascensor. Colecciones de Derecho.	
Estación 2D	Autoservicio de préstamo, reserva de ambientes de estudio, devolución o renovación de libros.	
Estación 1A	Hemeroteca (Revistas PUCP, Derecho, Revistas A-HE de 1993). Sala de lectura.	Piso 1
Estación 1B	Pasillo principal. Soporte Técnico de la Unidad de Automatización (UDEA). Sala de lectura.	
Estación 1C	Cubículos, ambientes de estudio con material audiovisual.	
Estación 1D	Ingreso principal. Colección de Estudios Generales Letras. Escalera de acceso a niveles superiores.	
Estación S1A	Revistas (HF-Z de 1993). Sala de lectura. Colección Naciones Unidas. Fotocopiadora.	Sótano 1
Estación S1B	Sala de lectura. Periódicos y Publicaciones Legales. Base de datos Legales.	
Estación S2A	Colecciones Especiales, Revistas (antes de 1992). Sala de lectura y ascensor.	Sótano 2

El registro fotográfico de la ubicación de las estaciones de monitoreo en los distintos niveles de la Biblioteca Central se muestra en el Anexo 1.

Por otro lado, en la tabla 15 se detalla la ubicación cada una de las estaciones de monitoreo del ruido en la biblioteca del CIA.

Tabla 15

Ubicación de las estaciones de monitoreo del ruido en Complejo de Innovación Académica

Estación de Monitoreo	Descripción	Ubicación
Estación 4B1	Cubículos y ambientes de estudio grupales.	Piso 4
Estación 4I1	Zona de estar, máquina expendedora, información al usuario y zona de ascensores.	
Estación 4A1	Zona de estar y escalera.	
Estación 4A3	Sala de estudio y servicio de autopréstamo de libros de Ingeniería.	
Estación 3B2	Cubículos, zona de impresión 3D.	Piso 3
Estación 3I2	Zona de estar, máquina expendedora, información al usuario y zona de ascensores.	
Estación 3A2	Zona de estar y escalera.	
Estación 3A4	Sala de estudio y servicio de autopréstamo de libros de Ingeniería.	
Estación 2B1	Cubículos y ambientes de estudio grupales.	Piso 2
Estación 2I1	Zona de estar, máquina expendedora, información al usuario y zona de ascensores.	
Estación 2A1	Zona de estar y escalera.	
Estación 2A3	Sala de estudio y servicio de autopréstamo de colecciones de Arquitectura.	
Estación 1B2	Sala multifuncional y mediateca.	Piso 1
Estación 1I2	Zona de ingreso principal, servicio de impresión.	
Estación 1A2	Sala de estudio.	
Estación 1A4	Sala de estudio y equipos audiovisuales.	
Estación S1B1	Sala UNO (espacio de trabajo creativo e interdisciplinario), cafetería.	Sótano 1
Estación S1I1	Sala de estudio, máquina expendedora y zona de ascensores.	
Estación S1A1	Zona de estar, escaleras de ingreso directo, información al usuario.	
Estación S1A3	Sala de estudio, colecciones de Estudios Generales Ciencias.	
Estación S2B2	Sala de estudio grupal, mapoteca.	Sótano 2
Estación S2I2	Sala de estudio, colecciones de Ciencias, información al usuario.	

El registro fotográfico de la ubicación de las estaciones de monitoreo en los distintos niveles de la Biblioteca Central se muestra en el Anexo 2.

4.2.2. Equipo de Monitoreo

Para medir la intensidad de ruido en decibeles (dB) en forma directa se hace uso del sonómetro, el cual mide el nivel de presión sonora a la entrada de su micrófono y es capaz de ponderarlo en función a la sensibilidad real del oído humano a las distintas frecuencias.

En la tabla 16 se muestra las tres clases de sonómetro definidas por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC 60651) según la tolerancia en la precisión de la medida del sonido.

Tabla 16

Tolerancias permitidas por tipo de sonómetro definidas por la IEC 60651

TIPO DE SONÓMETRO	TOLERANCIA (dB)
Clase 0	± 0.4
Clase 1	± 0.7
Clase 2	± 1.0

Fuente: Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental (MINAM, 2012).

Asimismo, dado que la medición de ruido en la Biblioteca Central y del Complejo de Innovación Académica (CIA) se compara con el Estándar de Calidad de Ruido, debe usarse el sonómetro clase 1 o clase 2.

En la figura 10 se muestra el sonómetro utilizado en el monitoreo del ruido de los dos edificios en estudio, así como sus principales características.



Características del SONÓMETRO TENMA 72-860 A	
Tipo	Clase 2 (precisión de ± 2 dB)
Rango de frecuencias	De 31.5 Hz a 8 Khz
Ponderación	Ponderación A y C
Pantalla	LCD, la intensidad del sonido se visualiza con 3 dígitos.

Figura 10: Instrumento de medición del ruido, sonómetro TENMA 72-860 A
Fuente: Ficha técnica del equipo.

4.2.3. Procedimiento de Monitoreo

El sonómetro se coloca a una altura aproximada de 1.5 m. respecto del nivel del suelo, utilizando parantes de triple soporte o trípode. Asimismo, el técnico operador ubica el equipo como mínimo 2 m. de distancia respecto de elementos verticales y 0.50 m. respecto de sí mismo, para evitar efectos de pantalla.

Una vez posicionado el equipo, se procede a encenderlo y se verifica que se encuentre seleccionada la opción de ponderación A, a fin de poder comparar los resultados con el ECA (estándar de calidad) de ruido vigente.

Seguido de ello, se espera aproximadamente un minuto para que el sonómetro registre valores estables cuya diferencia no sea mayor a ± 1 dB.

Los valores de los niveles de ruido se registran mediante fotografías, y para garantizar imágenes con valores legibles se elige la opción de “*Slow Response*” en el sonómetro (presentación de valores lenta), así como la adaptación de una adecuada posición de la cámara fotográfica, sin el reflejo de la iluminación en la pantalla.

En cada estación de monitoreo se registran como mínimo 10 valores en un minuto de medición (valores cada 6 segundos) y el rango de medición por estación es de 1.5 a 2 minutos. En dicho rango, el micrófono del equipo es rotado en las principales direcciones de las fuentes de emisión de ruido.

En la tabla 17 se muestran las tres opciones de horarios de medición aplicables en los edificios en estudio.

Tabla 17
Horarios en los que se puede monitorear el ruido en las bibliotecas.

ZONA HORARIA	DESCRIPCIÓN
Turno Mañana	8:00 – 10:00 a.m.
Turno Mediodía	12:00 – 14:00 p.m.
Turno Tarde	16:00 – 18:00 p.m.

A fin de obtener valores representativos, el periodo de medición fue de seis semanas, con mediciones interdiarias y en dos horarios por día (turno mañana y turno mediodía).

4.2.4 Tratamiento de Datos

Los registros de los niveles de presión sonora de cada estación, en todos los horarios y días monitoreados, se comparan con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.

En la tabla 18 se detalla los valores de estándares de calidad ambiental (ECA) para ruido, así como sus respectivas zonas y horarios de aplicación.

Tabla 18
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.

ZONAS DE APLICACIÓN	De 07:01 a 22:01 horas*	De 22:01 a 07:01 horas*
Zona de protección especial	50 dB	40 dB
Zona Residencial	60 dB	50 dB
Zona Comercial	70 dB	60 dB
Zona Industrial	80 dB	70 dB

Fuente: Decreto Supremo N° 085-2003 PCM. Anexo 1

*Expresado en L_{AeqT} (nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de tiempo T).

La Biblioteca Central y del Complejo de Innovación Académica (CIA), al ser establecimientos educativos, requieren de una protección especial contra el ruido. En tal sentido, sus valores registrados se comparan con los correspondientes a la Zona de Protección Especial.

Asimismo, dado que el sonómetro a utilizar es análogo, para comparar sus valores con los establecidos en los estándares de calidad es necesario realizar la conversión de dichos valores reales a niveles de presión sonora continua equivalente ponderado A de tiempo T (L_{AeqT}) mediante la siguiente expresión:

$$L_{AeqT} = \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_i} \right] \dots\dots\dots \text{Expresión 3}$$

Donde:

L= Nivel de presión sonora ponderado A instantáneo o en un tiempo T de la muestra i, medido en función "Slow".

N= Cantidad de mediciones en la muestra i.

Los valores L_{AeqT} en mención se relacionan con el estándar de calidad (ECA) de ruido de la normativa vigente y se obtiene el Polígono de Sonido, gráfico de tipo radial.

En la figura 11 se muestra un ejemplo de Polígono de Sonido en una estación de monitoreo de una planta de lubricantes.

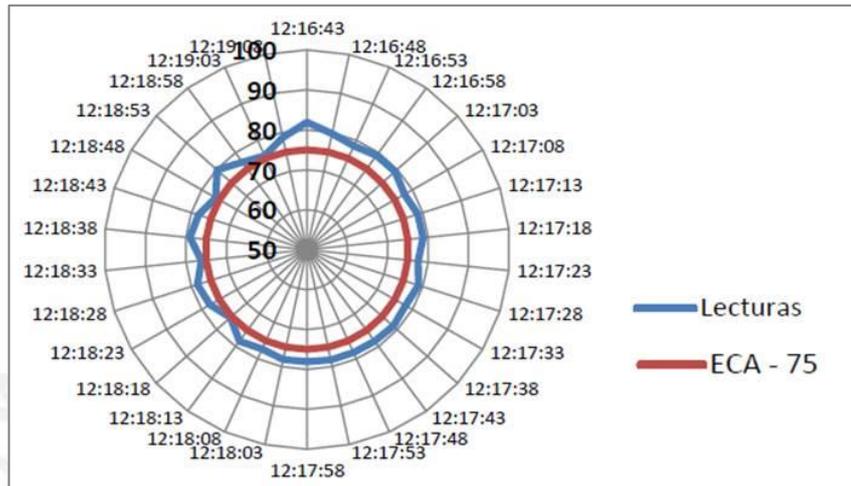


Figura 11: Ejemplo de Polígono de Sonido en una estación de monitoreo en una planta de lubricantes. Fuente: Documentación de monitoreo ambiental (Synergia Consultores Ambientales, 2015).

Seguido de ello, se aplica el Método de Divergencia Ambiental (Dueñas. A, Ramirez. V, y M. Defilippi, 2012). A partir de los valores iniciales que describen al cuerpo receptor (V_i) y los valores finales obtenidos en las estaciones de monitoreo (V_f), se determina una distancia que evidencia la diferencia entre el valor normativo y el valor medido o final.

En la siguiente expresión se muestra el modelamiento de dicha distancia a partir de un residual:

$$\Delta V = \sqrt{(V_f - V_i)^2} \dots\dots\dots \text{Expresión 4}$$

En la figura 12 se muestra un ejemplo del gráfico de divergencia ambiental del ruido en base a lo representado en la figura 11 y la aplicación de la expresión 4, y que al presentar valores positivos indica que los niveles de presión sonora registrados en la estación de monitoreo del ejemplo fueron superiores al estándar de calidad de 75 dB.

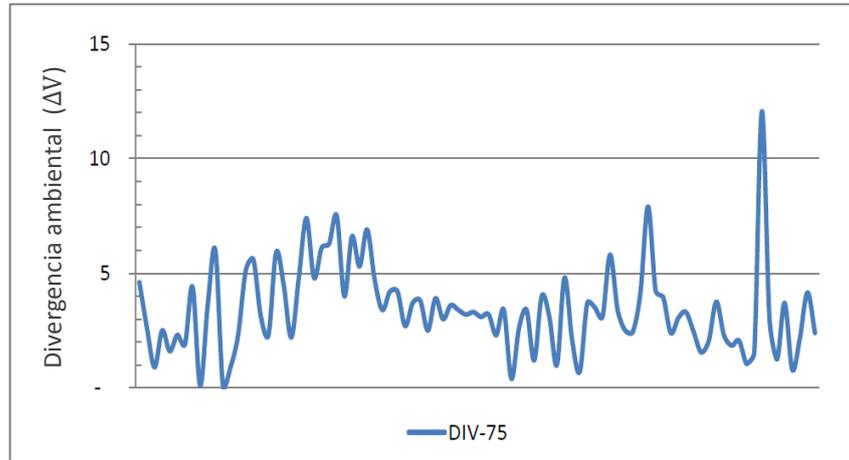


Figura 12: Divergencia ambiental de ruido en una estación de monitoreo de una planta de lubricantes. Fuente: Documentación de monitoreo ambiental (Synergia Consultores Ambientales, 2015).

A partir de la distancia obtenida mediante la expresión 4 se puede obtener una distancia adimensional al ser tratada en función del cociente respecto del valor normativo, la cual se denomina cociente de divergencia ambiental (Canter, 1998) y que queda determinado mediante la siguiente expresión:

$$d_v = \frac{\Delta V}{V_i} \dots\dots\dots \text{Expresión 5}$$

Por otro lado, a fin de comparar los diferentes niveles de presión sonora registrados en las estaciones de monitoreo de un edificio en particular, se realiza una conversión de los cocientes de divergencia (d_v) en índices de ruido, expresados por:

$$I_i = \frac{dv_i}{dv_{max}} \dots\dots\dots \text{Expresión 6}$$

Finalmente, tras aplicar la expresión 6, la distribución de los valores del índice de ruido en cada estación de monitoreo varía de 0.00 a 1, por lo que resulta necesario establecer una escala de afectación para las emisiones sonoras analizadas. En tal sentido, es posible construir una escala tipo Likert donde se establezcan los niveles de afectación según importancia y se pondere los impactos ambientales generados.

En la tabla 19 se presenta la categorización de las emisiones sonoras según su nivel de afectación.

Tabla 19
Escala de afectación tipo Likert para las emisiones sonoras evaluadas.

Índice de ruido (I_i)	Nivel de Afectación (Puntuación)	Interpretación
0.00 a 0.20	1	Afectación muy baja, consecuencias leves en la calidad del medio evaluado.
0.21 a 0.40	2	Afectación baja, consecuencias menores en la calidad del medio evaluado.
0.41 a 0.60	3	Afectación regular, afecta medianamente el bienestar del medio evaluado.
0.61 a 0.80	4	Afectación alta, consecuencias graves en la calidad del medio evaluado.
0.81 a 1.00	5	Afectación muy alto, consecuencias críticas en la calidad del medio evaluado.

4.3. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

La Ley General de Residuos Sólidos, Ley 27314, define al residuo sólido como toda sustancia u objeto que, una vez generado por la actividad humana, no se considera útil o se tiene la intención u obligación de deshacerse de él.

A fin de conocer las características de los residuos sólidos generados en la Biblioteca Central y Complejo de Innovación Académica (CIA), se realiza el estudio de caracterización de dichos residuos según la metodología diseñada por el doctor Kunitoshi Sakurai (1982).

La metodología de Sakurai es de aplicación en los países de la región de América Latina y el Caribe, por lo que ha sido aplicada en estudios de caracterización de residuos sólidos de algunos edificios del campus universitario, tales como Facultad de Arte, Facultad de Derecho, Mc Gregor y ambientes de Maestría pertenecientes a la Oficina de Mantenimiento.

4.3.1. Trabajo Preliminar

Se coordina una reunión con los supervisores de limpieza a fin de conocer la forma de trabajo del personal de limpieza respecto de la recolección, traslado y depósito final de los residuos sólidos generados en los dos edificios en estudio.

Asimismo, mediante observaciones diarias durante una semana se realiza un seguimiento al volumen aproximado de residuos sólidos recolectados por el personal de limpieza en sus distintos turnos de trabajo, a fin de determinar el número y capacidad de los contenedores temporales que van a ser instalados, así como la cantidad de colaboradores que se requieren en el trabajo de campo.

4.3.2. Materiales y Equipos

En la tabla 20 se detalla la cantidad de materiales y equipos utilizados durante el estudio de caracterización de los residuos sólidos generados por el público usuario de la Biblioteca Central y del Complejo de Innovación Académica (CIA).

Tabla 20
Materiales y equipos utilizados en el estudio de caracterización de residuos sólidos

Material y/o equipo	Descripción
Cal	08 bolsas, en presentación de 1 kg.
Plástico de polietileno	Dimensiones 3m x 1 m
Escoba	01 und.
Recogedor	01 und.
Cilindro de metal	01 und. Capacidad de 200 litros
Contenedor de PVC	02 und. Capacidad de 1100 litros aprox.
Bolsa de plástico	34 und. Presentación de 150 litros, de preferencia transparentes.
Balanza	01 und. Capacidad de registro hasta 100 kg.
Balanza digital portátil	01 und. Capacidad de registro desde 10 g.
Wincha	01 und. Capacidad de 5 m. de longitud.
Cámara fotográfica	01 und.
Guantes quirúrgicos	15 pares de guantes quirúrgicos
Mascarilla	15 und. Con filtro mecánico
Buzo de protección	03 und. Protección contra polvos y salpicaduras líquidos.

Por otro lado, los operarios de limpieza con quienes se trabaja en conjunto deben contar con sus respectivos uniformes y equipos de protección personal (EPP): guantes quirúrgicos, guantes de cuero, zapatos de seguridad y mascarilla con filtro mecánico.

4.3.3. Trabajo de Campo

El trabajo de campo del estudio de caracterización de residuos sólidos se lleva a cabo durante cinco días consecutivos.

a) Disposición y traslado de los residuos sólidos

En la figura 13 se muestra la trayectoria del transporte de residuos de la Biblioteca Central y Complejo de Innovación Académica, desde los contenedores temporales de color verde hacia el centro de acopio de la universidad.

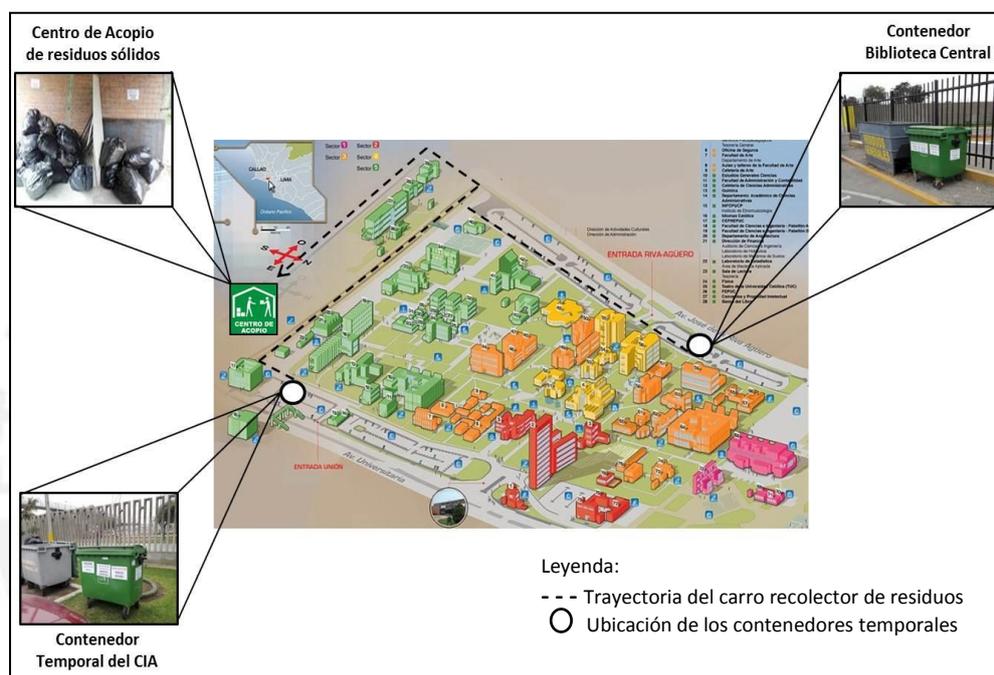


Figura 13: Trayectoria del transporte de residuos sólidos de la Biblioteca Central y CIA desde los contenedores temporales hacia el Centro de Acopio.

b) Procedimiento de Caracterización de los residuos sólidos

La caracterización de los residuos sólidos de los dos edificios en estudio se lleva a cabo en el Centro de Acopio de la universidad, ubicado cerca a la intersección de la Av. Universitaria y la Av. Urubamba, por la estación meteorológica de la PUCP. Asimismo, los residuos son caracterizados al día siguiente de su disposición en el Centro de Acopio, a primeras horas.

El procedimiento diario a seguir para la caracterización de los residuos sólidos de cada edificio es el siguiente:

- i. Se identifica, separa y contabiliza el número total de bolsas que contienen residuos provenientes de los servicios higiénicos y aquellos que provienen de las actividades académicas y/o administrativas, denominados “residuos generales sin segregar”.
- ii. Se registra el peso del total de bolsas provenientes de los servicios higiénicos y se toma como depósito estándar un cilindro de metal de alrededor de 100 litros para definir el volumen que ocupa dicho tipo de residuo. Se procede del mismo modo para las bolsas que contienen residuos generales sin segregar.
- iii. Se toma una muestra representativa del total de bolsas de residuos generales sin segregar, mediante el método del cuarteo y sobre un plástico de polietileno de 3 m. x 1 m., el cual se cubre con un kilogramo de cal a fin de evitar el lixiviado de los residuos.
- iv. Se separa los componentes de la muestra y se realiza su clasificación utilizando bolsas de plástico de aproximadamente 150 litros, de preferencia transparentes para rápida identificación de su contenido.

En la tabla 21 se muestra los tipos de residuos que se usan en la clasificación de los residuos generales sin segregar.

Tabla 21

Tipos de residuos sólidos que se segregar en la caracterización.

Tipo de residuo	Descripción y/o ejemplos
Peligroso	Pilas, baterías, desechos de tintas.
PET (Polietileno de tereftalato)	Botellas plásticas de gaseosas, agua mineral.
Papel / Cartón	Periódicos, revistas, folletos, catálogos, papel bond, cajas de cartón, sobres.
Vidrio	Botellas, frascos y tarros de vidrio.
Metales / Aluminio	Latas de conservas, tapas de metal.
Orgánico	Cáscaras de fruta, residuos de comida, huesos.
Tecnopor / polipapel / tetrapak	Envases de tecnopor, hojas de polipapel en envoltura de productos, envases tetrapak.
Generales	Envolturas de golosinas, bolsas, descartables de plástico no reciclable.

- v. Se registra el peso de los residuos caracterizados y, en base a las dimensiones del cilindro estándar, se registra la altura libre que poseen las bolsas que los contienen a fin de obtener el volumen su contenido.

4.3.4. Tratamiento de Datos

En primer lugar, se obtiene el peso total acumulado, en los cinco días de estudio, de los residuos provenientes de los servicios higiénicos y de aquellos denominados residuos generales sin segregar. Asimismo, se obtiene el peso promedio diario de los dos grupos en mención a fin de mostrar sus porcentajes respecto del total de residuos sólidos generados.

En segundo lugar, se obtiene el peso total acumulado de cada tipo de residuo caracterizado y su respectivo peso promedio, a fin de detallar la composición porcentual de los residuos generados en las actividades académicas y administrativas. Del mismo modo, se obtiene la composición porcentual respecto del volumen total de dichos residuos.

Los valores parciales de peso y volumen se muestran a través de gráficos de barra, mientras que para las composiciones porcentuales se utiliza gráficos circulares, conocidos como gráficos de torta.

Cabe señalar que según la metodología de Sakurai, en el tratamiento de datos no se considera los resultados del primer día de estudio.

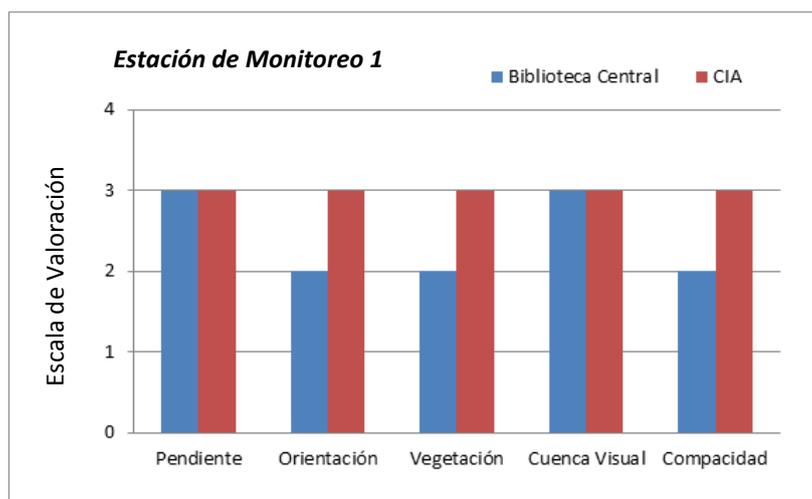
5. RESULTADOS

5.1. CALIDAD DEL PAISAJE

Los resultados de la aplicación de la guía de observación mediante panel de expertos, respecto de cada parámetro evaluado, son los siguientes:

- **Estación de Monitoreo 1**





En la estación de monitoreo 1, el grupo de panelistas asignó el valor de 3 al parámetro pendiente de ambos edificios, lo cual indica que sus pendientes en dicha estación de monitoreo ha sido considerada menor a 5%. Asimismo, dicha valoración contribuye a una alta calidad del paisaje porque la poca pendiente resulta poco susceptible al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él.

En relación al grado de exposición de la máxima pendiente a los rayos solares (parámetro orientación), los panelistas le asignaron una valoración de 3 a la biblioteca del CIA y un valor de 2 a la Biblioteca Central, lo cual indica que las bibliotecas se encuentran en una zona solana e intermedia, respectivamente.

En el parámetro vegetación, el escenario es similar al descrito anteriormente. La valoración de 3 para la biblioteca del CIA y 2 para la Biblioteca Central indica que la vegetación en la primera biblioteca presenta baja densidad, altura y cromatismo, mientras que la vegetación en la Biblioteca Central presenta características de tipo medio.

Respecto del entorno visual de la estación de monitoreo 1 (parámetro cuenca visual), tanto a la biblioteca del CIA como Biblioteca Central se les asignó el valor de 3. En tal sentido, desde dicha estación de monitoreo puede ser visto un amplio conjunto de superficies o zonas.

En la evaluación del parámetro de compacidad, es decir, la cantidad de zonas no vistas dentro del perímetro de la cuenca visual del punto de monitoreo 1, el valor asignado a la biblioteca del CIA es de 3, lo cual indica

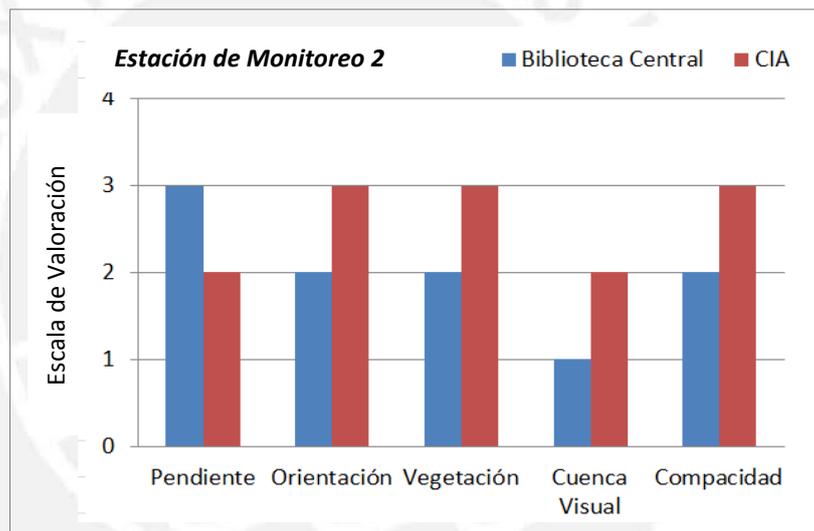
que el número de puntos no vistos varía entre 3 a 8. Por otro lado, la Biblioteca Central presenta una valoración de 2, lo que significa un número de puntos no vistos en el rango de 8 a 15.

- **Estación de Monitoreo 2**



Biblioteca Central

CIA

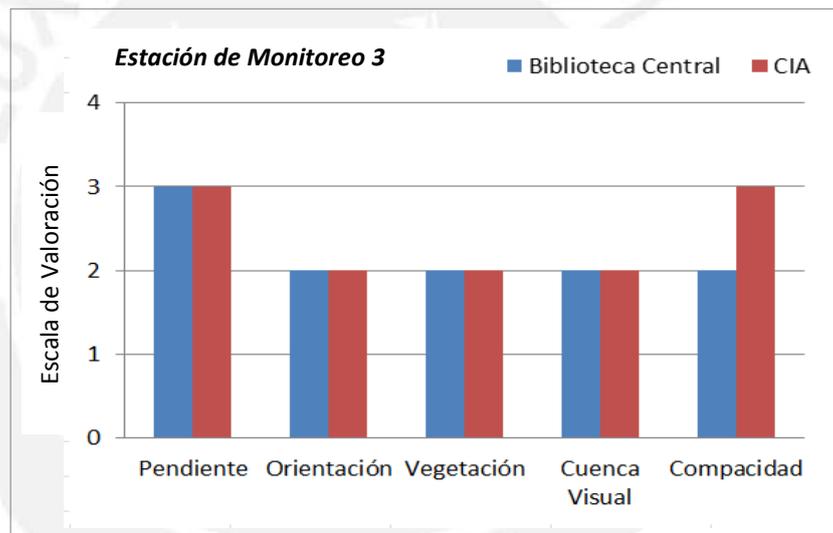


El escenario de la estación de monitoreo 2 respecto del parámetro pendiente es lo opuesto al de la estación 1. La Biblioteca Central presenta una alta categoría de valoración del grupo de panelistas (valor de 3), lo que indica una pendiente menor a 5%, mientras que la biblioteca del CIA, presenta una categoría media (valor asignado de 2), lo que indica que su pendiente está en el rango de 5% a 10%.

Los parámetros de orientación, vegetación y compacidad en este escenario presentan resultados iguales a los obtenidos desde la estación de monitoreo 1. Una valoración de 3 (alta) desde la biblioteca del CIA y una valoración de 2 (media) desde la Biblioteca Central.

Por otro lado, desde la estación de monitoreo 2 la cuenca visual para ambos edificios es menor que en el anterior escenario. La biblioteca del CIA posee una cuenca visual media (valor asignado de 2), mientras que la Biblioteca presenta una cuenca visual baja (valor asignado de 1).

- **Estación de Monitoreo 3**



En el escenario de la estación de monitoreo 3 la valoración asignada por los panelistas a los parámetros: pendiente, orientación, vegetación y cuenca visual, son iguales tanto para la Biblioteca Central como para la biblioteca del CIA.

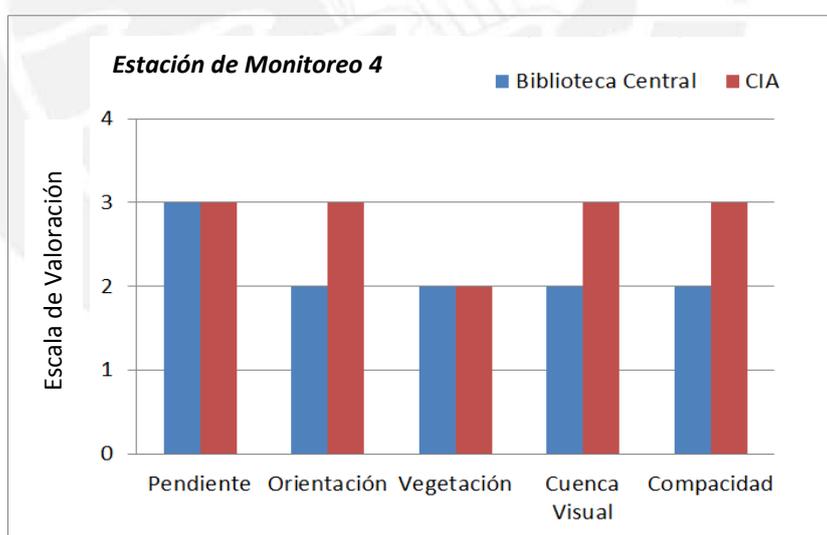
En tal sentido, en ambos edificios las pendientes evaluadas pertenecen a la categoría alta de valoración el paisaje, es decir, dichas pendientes presentan un valor asignado de 3, lo que indica que son menores a 5%.

Por otro lado, en los parámetros de orientación, vegetación y cuenca visual, los panelistas asignaron a ambos edificios una valoración de 2 (valoración media de calidad del paisaje), lo cual refleja una exposición intermedia a los

rayos solares, una vegetación con mediana densidad, altura y cromatismo, así como una reducida cuenca visual.

Es en el parámetro compacidad de la estación de monitoreo 3, en el que, al igual que en las estaciones de monitoreo 1 y 2, se tiene una diferencia de valores asignados a ambos edificios. La cantidad de zonas no visibles en la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA) varía entre 3 a 8, por ello se le asignó una valoración de 3. Sin embargo, en la Biblioteca Central el número de zonas no visibles se encuentra en el rango de 8 a 15, por lo que la compacidad evaluada pertenece a un valor medio (valor de 2).

- **Estación de Monitoreo 4**



Los resultados de la estación de monitoreo 4 muestran igual valoración del parámetro pendiente tanto para la biblioteca del CIA como para la Biblioteca Central. El valor asignado es de 3 (alta valoración) e indica para el panel de expertos dicha estación de monitoreo posee pendiente menor a 5%.

En relación al grado de exposición de la máxima pendiente a los rayos solares (parámetro orientación), el grupo de panelistas asignaron a la biblioteca del CIA una valoración de 3, es decir, la exposición a los rayos solares es alta y representa a una zona solana. Por otro lado, el punto de monitoreo 4 de la Biblioteca Central presenta una exposición intermedia a los rayos solares, debido a que el valor asignado por los panelistas fue de 2.

En la estación de monitoreo 4, la evaluación del parámetro vegetación presenta igual valoración en los dos edificios en estudio; el valor asignado por el panel de expertos fue de 2, lo que indica una regular o media densidad, altura, cromatismo y estacionalidad de la cubierta vegetal del suelo.

Respecto del entorno visual de la estación de monitoreo 4 (parámetro cuenca visual), la valoración asignada a la biblioteca del CIA es mayor que la Biblioteca Central, con valores de 3 y 2, respectivamente. En tal sentido, la cuenca visual del CIA es amplia, permitiendo la visibilidad de un alto número de puntos, mientras que en la Biblioteca Central dicha cuenca visual es media.

Finalmente, la evaluación del parámetro de compacidad en la estación de monitoreo 4 muestra que la cantidad de zonas no visibles en la biblioteca del CIA, al asignarle una valoración de 3, varían entre 3 a 8; por otro lado, la cantidad de zonas no visibles para la Biblioteca Central se encuentran en el rango de 8 a 15, debido a que la valoración asignada por el panel de expertos fue de 2.

Los resultados anteriormente descritos, al ser valores de los parámetros considerados en la guía de observación, representan valores parciales del valor final del paisaje.

En la tabla 22 se muestra los valores finales del paisaje de la Biblioteca Central y del Complejo de Innovación Académica (CIA) obtenidos mediante la suma de los valores parciales en mención y que representa el grado de acuerdo que se ha obtenido por parte de los panelistas sin que haya existido la interacción personal entre ellos.

Tabla 22
Resultado de los valores del paisaje en cada estación de monitoreo.

BIBLIOTECA CENTRAL		CIA	
Estación de Monitoreo	Valor de Paisaje (V_i)	Estación de Monitoreo	Valor de Paisaje (V_i)
Estación 1	12	Estación 1	13
Estación 2	10	Estación 2	12
Estación 3	12	Estación 3	12
Estación 4	11	Estación 4	14

En la tabla 23 se muestra el índice estimado de la calidad del paisaje, en base a los resultados mostrados en la tabla 22.

Tabla 23
Índice de calidad del paisaje para cada estación de monitoreo

BIBLIOTECA CENTRAL				CIA			
Estación de Monitoreo	Valor de Paisaje (V_i)	V_i max	Índice de Calidad	Estación de Monitoreo	Valor de Paisaje (V_i)	V_i max	Índice de Calidad
Estación 1	12	12	1.00	Estación 1	13	14	0.93
Estación 2	10	12	0.83	Estación 2	12	14	0.86
Estación 3	12	12	1.00	Estación 3	12	14	0.86
Estación 4	11	12	0.92	Estación 4	14	14	1.00

Finalmente, en la tabla 24 se muestra las categorías de calidad de paisaje a las que pertenecen cada estación de monitoreo, las cuales se hayan definidas previamente en la tabla 13 de la metodología.

Tabla 24
Calidad del paisaje respecto de cada estación de monitoreo.

Calidad del Paisaje		
Estación de Monitoreo	Biblioteca Central	CIA
Estación 1	ALTO	ALTO
Estación 2	ALTO	ALTO
Estación 3	ALTO	ALTO
Estación 4	ALTO	ALTO

Se observa que los índices de calidad paisajística en cada estación de monitoreo de ambos edificios en estudio corresponden a una categoría de alta calidad del paisaje.

5.2. RUIDO AMBIENTAL

La aplicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental en los ambientes de la Biblioteca Central y Complejo de Innovación Académica (CIA) presenta los siguientes resultados:

- **Emisión de Ruido**

En la figura 14 se muestra las emisiones de ruido características de cada estación de monitoreo de la Biblioteca Central y del CIA.

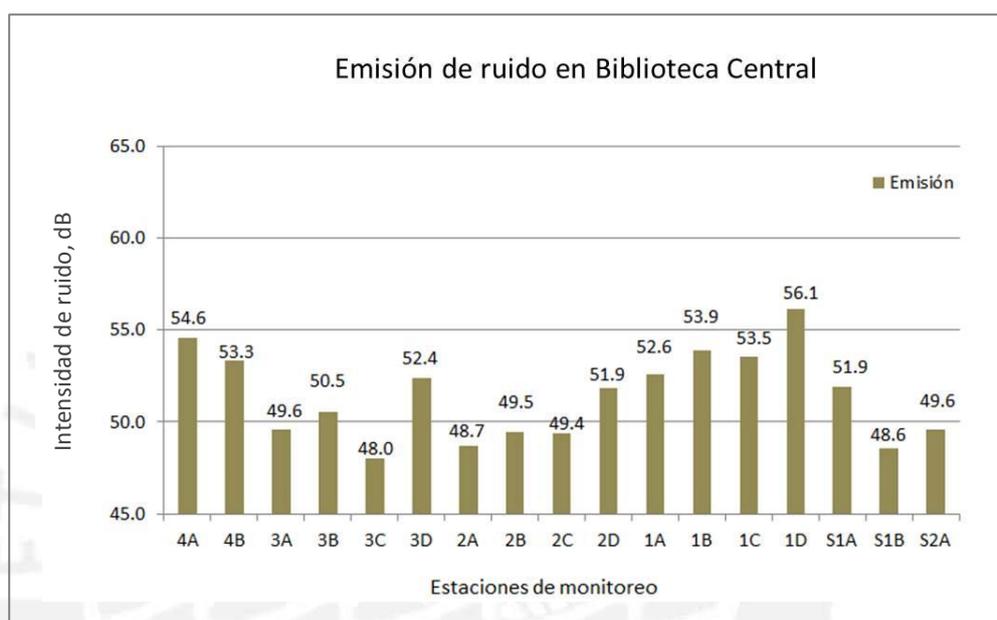


Figura 14-A: Emisiones de ruido en las estaciones de monitoreo de la Biblioteca Central.

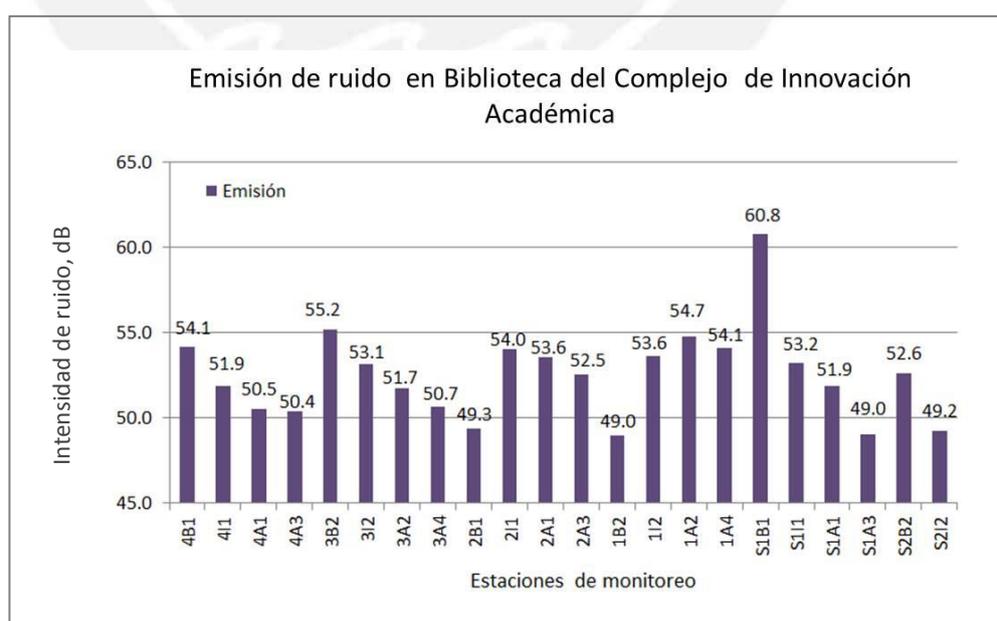


Figura 14-B: Emisiones de ruido en las estaciones de monitoreo de la Biblioteca del CIA.

La Biblioteca Central presenta un valor máximo de 56.1 dB, en la estación de monitoreo 1D, y un valor mínimo de 48.0 dB, perteneciente a la estación de monitoreo 3C. Por otro lado, en la biblioteca del Complejo de Innovación Académica se emite un máximo de 60.8 dB de ruido en la estación S1B1 y un mínimo de 49.0 dB de ruido tanto en la estación 1B2 como en la S1A3.

Asimismo, en la figura 15 se muestra la comparación entre los niveles de presión sonora emitidos y el valor del estándar de calidad ambiental (ECA) correspondiente a la zona denominada “Zona de Protección Especial”, a la cual pertenecen las dos edificaciones en estudio.

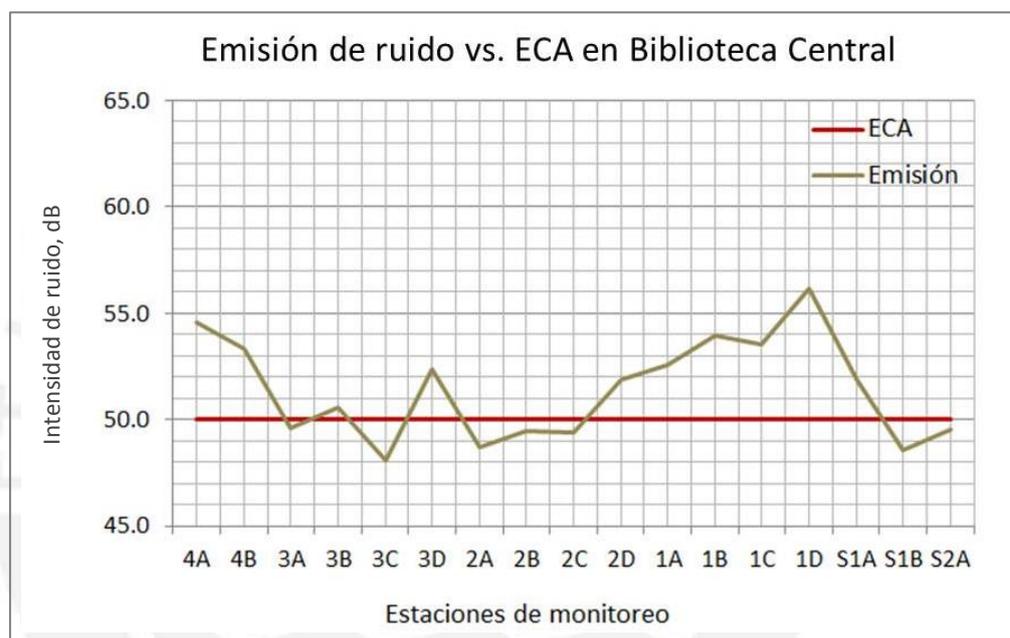


Figura 15-A: Comparación entre ruido emitido y ECA en Biblioteca Central.

En la Biblioteca Central, diez estaciones de monitoreo (59% del total) presentan niveles de presión sonora mayores que el establecido en el estándar de calidad. Dichas estaciones corresponden a todos los ambientes del cuarto y primer piso del edificio. En el tercer piso, son los ambientes donde se ubican las estaciones 3B y 3D (Colección de Literatura, Ciencias, Fotografía y Bibliotecologías, así como sala de lectura y autoservicio de préstamos de libros), los que se emite mayor nivel de presión sonora que el indicado en la normativa vigente. Por otro lado, tanto en el segundo piso como sótano 1, se cuenta con un único ambiente cuya emisión de ruido es mayor al estándar de calidad, estaciones 2D (autoservicio de préstamo) y S1A (fotocopiadora), respectivamente.

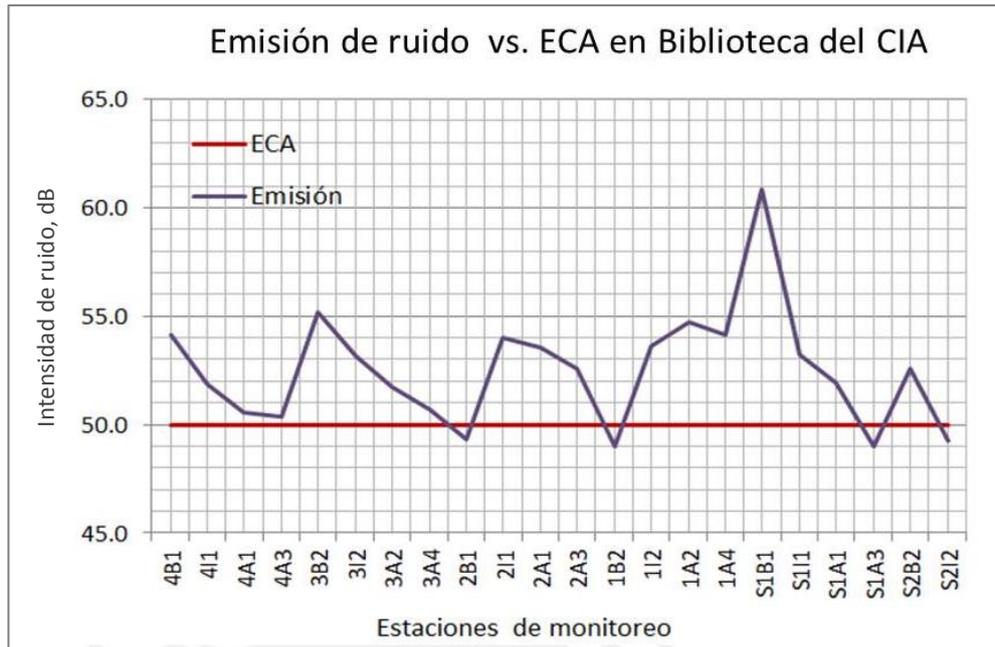


Figura 15-B: Comparación entre ruido emitido y ECA en Biblioteca del CIA.

En la Biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA), dieciocho estaciones de monitoreo (82% del total) presentan niveles de presión sonora mayores que el estándar de calidad, de las cuales todas corresponden a los ambientes del tercer y cuarto piso, y al 75% de los ambientes del primer y segundo piso. Sin embargo, es la Sala UNO, ubicada en el sótano 1, la cual presenta la mayor emisión sonora del edificio (estación de monitoreo S1B1).

- **Divergencia Ambiental de Ruido**

La figura 16 muestra la divergencia entre el valor normativo y el real en los ambientes de la Biblioteca Central y del CIA.

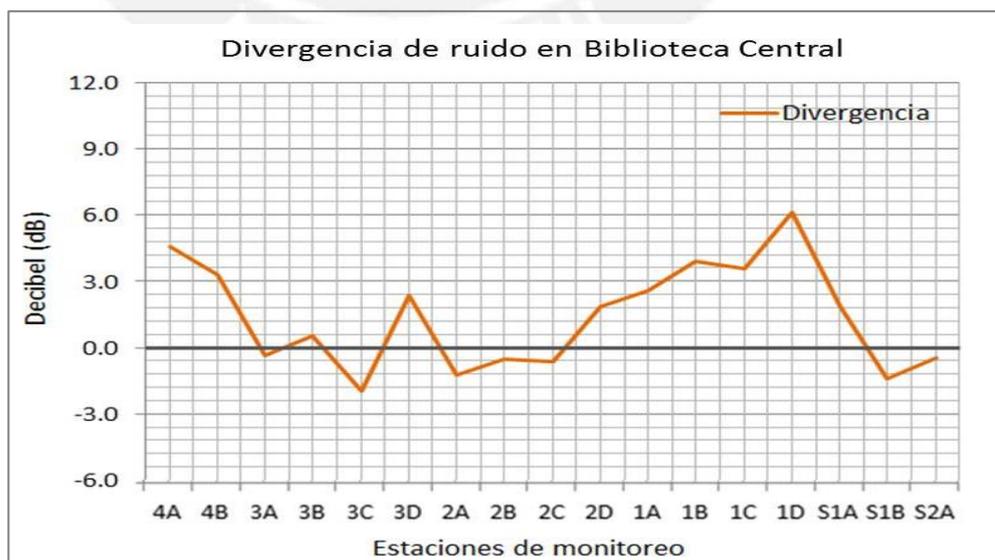


Figura 16-A: Divergencia ambiental de ruido en Biblioteca Central.

Los valores positivos indican que las emisiones de ruido exceden el valor del estándar de calidad, mientras que los negativos corresponden a emisiones de ruido inferiores a dicho ECA.

En tal sentido, la Biblioteca Central presenta un valor de 6.1 dB como máxima divergencia ambiental positiva respecto del estándar de calidad y dicho valor pertenece a la estación 1D. Asimismo, la mínima divergencia ambiental de ruido corresponde a la estación 3C, con un valor de 2.0 dB por debajo del estándar de calidad.

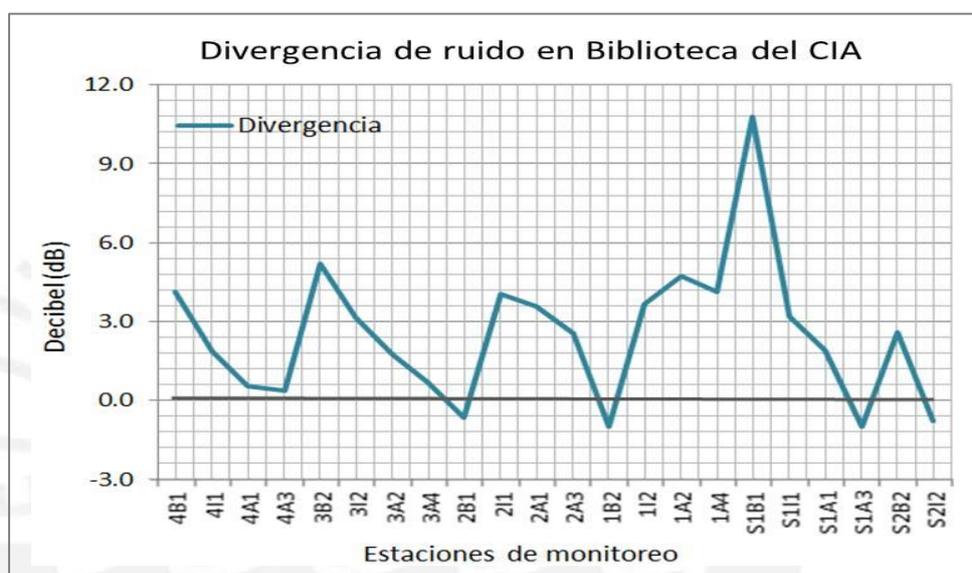


Figura 16-B: Divergencia ambiental de ruido en la Biblioteca del CIA.

La biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA) posee una estación de monitoreo con un valor máximo de divergencia positiva de 10.8 dB (estación S1B1), es decir, mayor que el de la Biblioteca Central. Asimismo, el valor mínimo de divergencia ambiental de ruido corresponde a la estación 1B2 y es de 1.3 dB por debajo del estándar de calidad.

- **Índice de Ruido**

Los resultados de la divergencia ambiental de ruido mostrados en la figura 16 permiten el cálculo del denominado “cociente de divergencia ambiental”, con el que se obtienen los índices de ruidos de todas las estaciones de monitoreo.

En la tabla 25 se muestra los valores descritos anteriormente y los índices de ruido de todas las estaciones de monitoreo en las bibliotecas.

Tabla 25-A
Índices de ruido de las estaciones de monitoreo de la Biblioteca Central.

Estación de Monitoreo	Divergencia (ΔV)	Cociente de Divergencia (d_v)	Cociente de Divergencia Máximo ($d_{v_{max}}$)	Índice de Ruido (I)
4A	4.6	0.09	0.12	0.74
4B	3.3	0.07	0.12	0.54
3A	-0.4	-0.01	0.12	-0.06
3B	0.5	0.01	0.12	0.09
3C	-2.0	-0.04	0.12	-0.32
3D	2.4	0.05	0.12	0.39
2A	-1.3	-0.03	0.12	-0.21
2B	-0.5	-0.01	0.12	-0.09
2C	-0.6	-0.01	0.12	-0.10
2D	1.9	0.04	0.12	0.30
1A	2.6	0.05	0.12	0.42
1B	3.9	0.08	0.12	0.64
1C	3.5	0.07	0.12	0.58
1D	6.1	0.12	0.12	1.00
S1A	1.9	0.04	0.12	0.31
S1B	-1.4	-0.03	0.12	-0.23
S2A	-0.4	-0.01	0.12	-0.07

La distribución del índice de ruido en la Biblioteca Central varía entre 0.09 y 1.00 para las estaciones en las que los niveles de presión sonora son mayores que el estándar de calidad.

Por otro lado, los valores resaltados corresponden a estaciones cuyas emisiones de ruido son inferiores al estándar de calidad (ECA) vigente, por lo que sus índices de ruido se interpretan como 0.00.

Tabla 25-B
Índices de ruido de las estaciones de monitoreo de la Biblioteca del CIA.

Estación de Monitoreo	Divergencia (ΔV)	Cociente de Divergencia (d_v)	Cociente de Divergencia Máximo ($d_{v_{max}}$)	Índice de Ruido (I)
4B1	4.1	0.08	0.22	0.38
4I1	1.9	0.04	0.22	0.17
4A1	0.5	0.01	0.22	0.05
4A3	0.4	0.01	0.22	0.04
3B2	5.2	0.10	0.22	0.48
3I2	3.1	0.06	0.22	0.29
3A2	1.7	0.03	0.22	0.16
3A4	0.7	0.01	0.22	0.06
2B1	-0.7	-0.01	0.22	-0.06
2I1	4.0	0.08	0.22	0.37
2A1	3.6	0.07	0.22	0.33
2A3	2.5	0.05	0.22	0.24
1B2	-1.0	-0.02	0.22	-0.09
1I2	3.6	0.07	0.22	0.34
1A2	4.7	0.09	0.22	0.44
1A4	4.1	0.08	0.22	0.38
S1B1	10.8	0.22	0.22	1.00
S1I1	3.2	0.06	0.22	0.30
S1A1	1.9	0.04	0.22	0.18
S1A3	-1.0	-0.02	0.22	-0.09
S2B2	2.6	0.05	0.22	0.24
S2I2	-0.8	-0.02	0.22	-0.07

La distribución del índice de ruido de la Biblioteca del Complejo de Innovación Académica varía entre 0.04 y 1.00 para las estaciones en las que los niveles de presión sonora son mayores que el estándar de

calidad. Asimismo, los valores resaltados corresponden a estaciones cuyas emisiones de ruido son inferiores al ECA vigente, por lo que sus índices de ruido se interpretan como 0.00.

- **Nivel de Afectación**

En base a la tabla 19 mostrada en el acápite metodología, en la figura 17 se muestra los niveles de afectación del ruido emitido en las estaciones de monitoreo de la Biblioteca Central y del CIA.

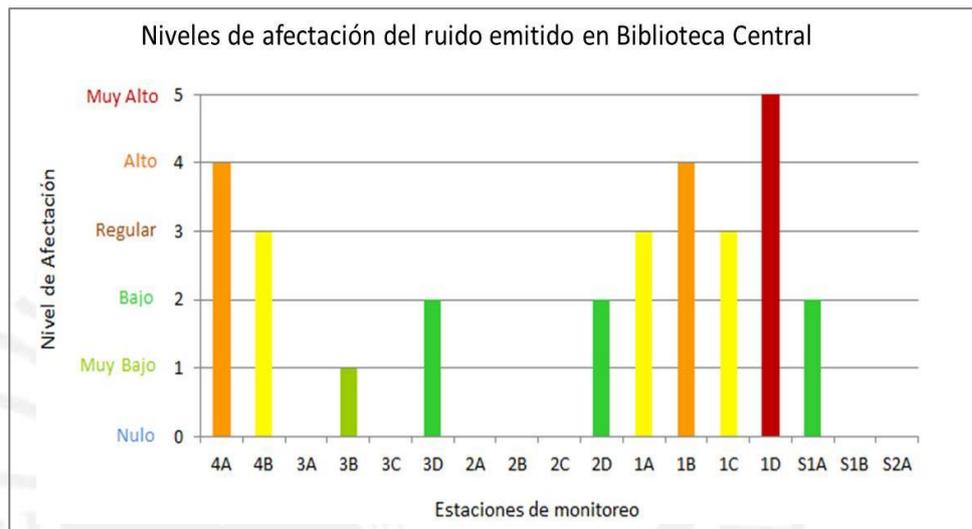


Figura 17-A: Nivel de afectación del ruido en Biblioteca Central.

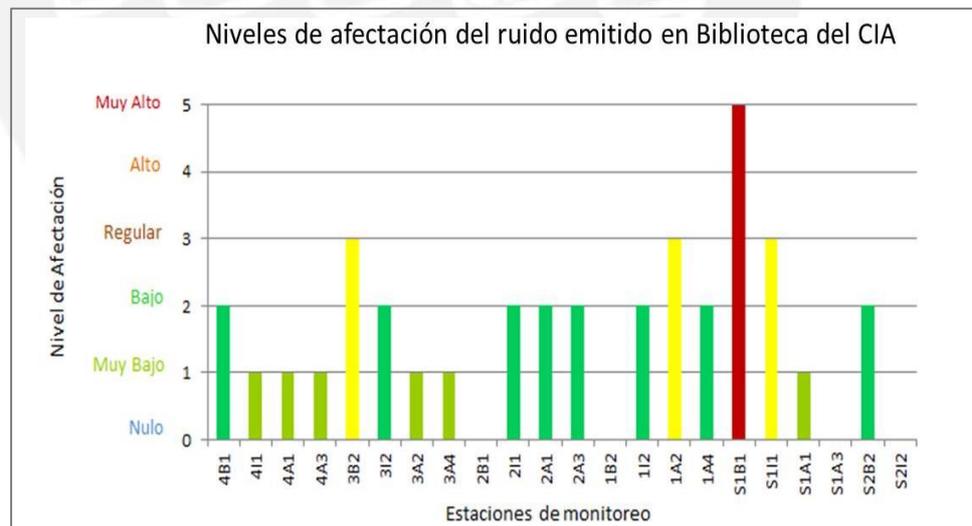


Figura 17-B: Nivel de afectación del ruido en Biblioteca del CIA.

En base al valor máximo del cociente de divergencia (dv_{max}) para cada edificio, se determina que el 18% de las estaciones de la biblioteca del CIA presentan una afectación nula por contaminación sonora y que el 27% presenta un nivel muy bajo de afectación por el ruido emitido.

Asimismo, el 36% de sus ambientes presentan una afectación baja, mientras que el 14% y 5% de sus ambientes presentan niveles de afectación de regular y muy alta, respectivamente.

En la Biblioteca Central los cocientes de divergencia de sus estaciones son variables y cercanos al valor máximo, es por ello que los niveles de afectación del ruido emitido se distribuyen en el rango de nulo a muy alto.

A fin de comparar el nivel de afectación del ruido emitido en ambos edificios se elige como referencia el máximo valor de cociente de divergencia, el cual corresponde a la biblioteca del CIA y es 0.22.

En la figura 18 se muestra el nivel de afectación del ruido emitido en la Biblioteca Central para el mismo cociente de divergencia del CIA.

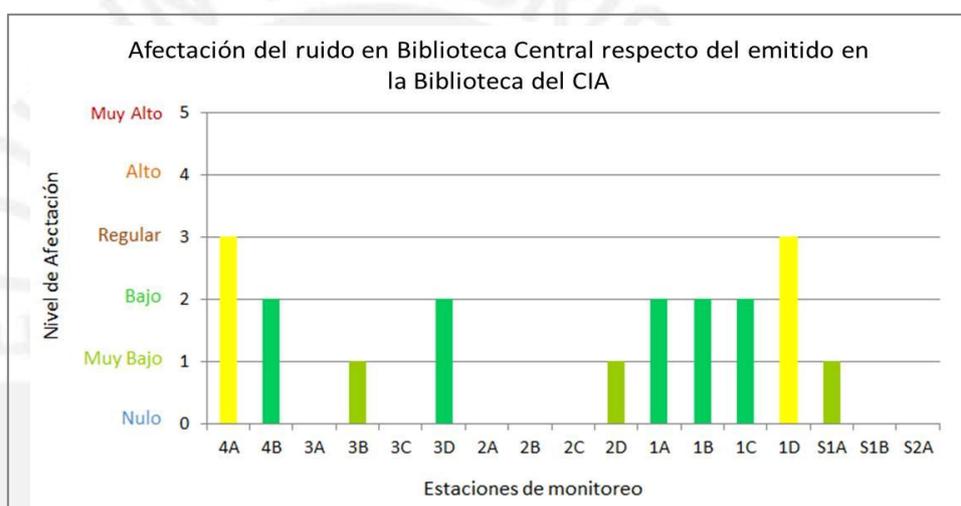


Figura 18: Nivel de afectación del ruido en Biblioteca Central respecto al ruido emitido en la Biblioteca del CIA.

Las estaciones de monitoreo de la Biblioteca Central en las que se emite el máximo nivel de presión sonora (índice de ruido de 1.00 y 0.74 en las estaciones 1D y 4A, respectivamente) presentan un nivel regular de afectación del ruido al ser comparada con los valores emitidos en los ambientes del CIA. Asimismo, las emisiones de ruido en sus demás ambientes (88% del edificio) presentan niveles de afectación en el rango de 0 a 2, es decir, desde nulo a bajo.

En suma, pese a que el 59% de las estaciones de monitoreo de la Biblioteca Central presentan emisiones de ruido por encima del estándar de calidad, dichos valores representan niveles muy bajos de afectación al ser comparados con los obtenidos en los ambientes del CIA.

5.3. RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS

Los resultados de la aplicación de la metodología del doctor Kunitoshi Sakurai (1982) en el estudio de caracterización de los residuos sólidos generados en la Biblioteca Central y Complejo de Innovación Académica (CIA) durante cinco días son los siguientes:

- **Peso Diario de los Residuos Sólidos Generados**

En la figura 19 se muestra los pesos diarios de los residuos sólidos provenientes tanto de los servicios higiénicos como de las actividades académicas y/o administrativas (residuos generales sin segregar).

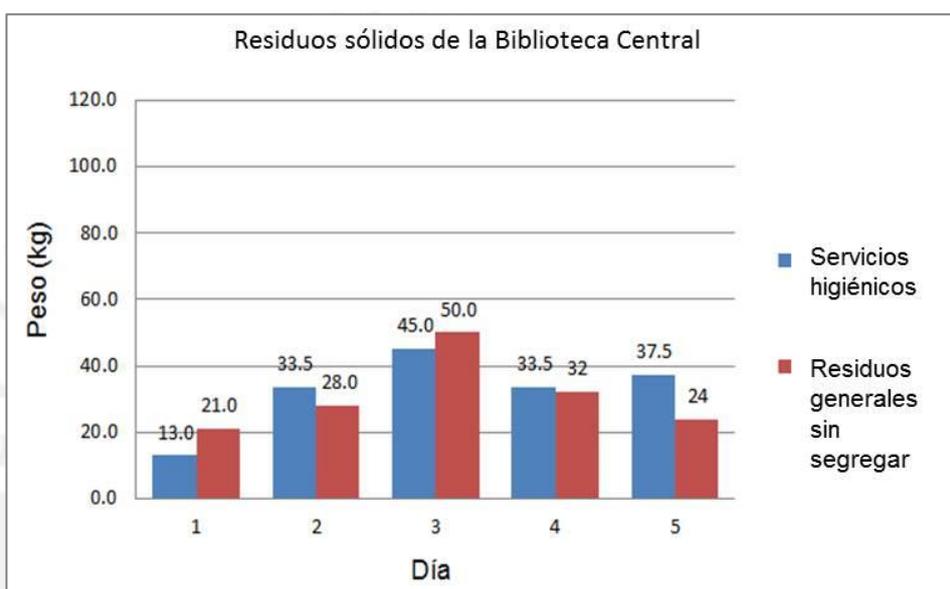


Figura 19-A: Peso diario de los residuos sólidos generados en la Biblioteca Central

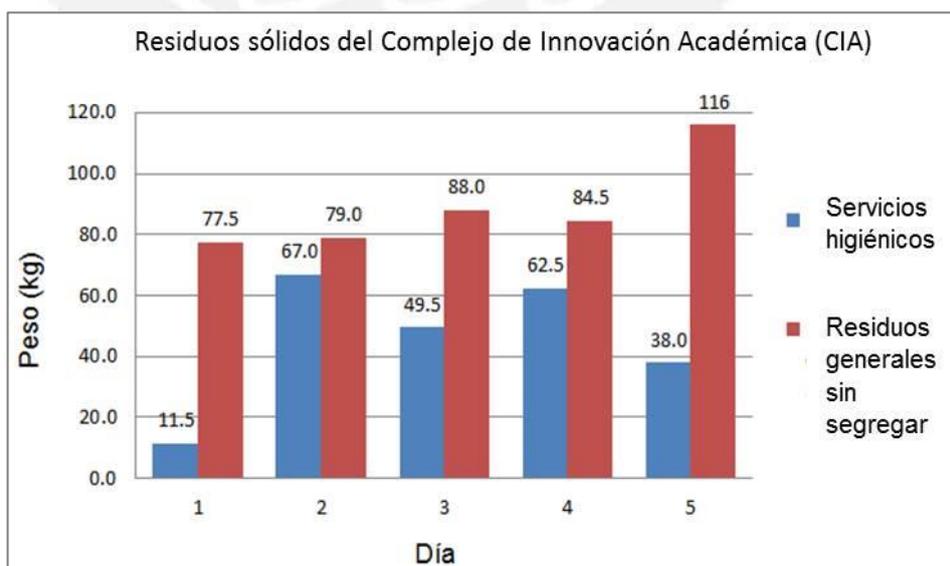


Figura 19-B: Peso diario de los residuos sólidos generados en el CIA

A partir de los pesos diarios de los residuos se obtiene que en la Biblioteca Central se genera un peso promedio de 37.4 kg./día para los residuos de los servicios higiénicos y 33.5 kg./día para los residuos generales sin segregar. Asimismo, en la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA) se genera 54.3 kg./día y 91.9 kg./día, respectivamente.

Asimismo, a excepción del primer día de estudio, los residuos sólidos generados en ambos edificios no presentan mucha variabilidad respecto de su peso diario promedio. En la Biblioteca Central, los pesos diarios por lo general varían entre 7.6% y 13.2% respecto de su peso diario promedio, con un pico de 34% sólo en el tercer día de estudio. Por otro lado, en el CIA dicha variación se encuentra en el rango del 0.1% y 5.4% durante todos los días de estudio.

Por otro lado, en la figura 20 se muestra la composición porcentual de los residuos sólidos generados en los edificios en estudio.

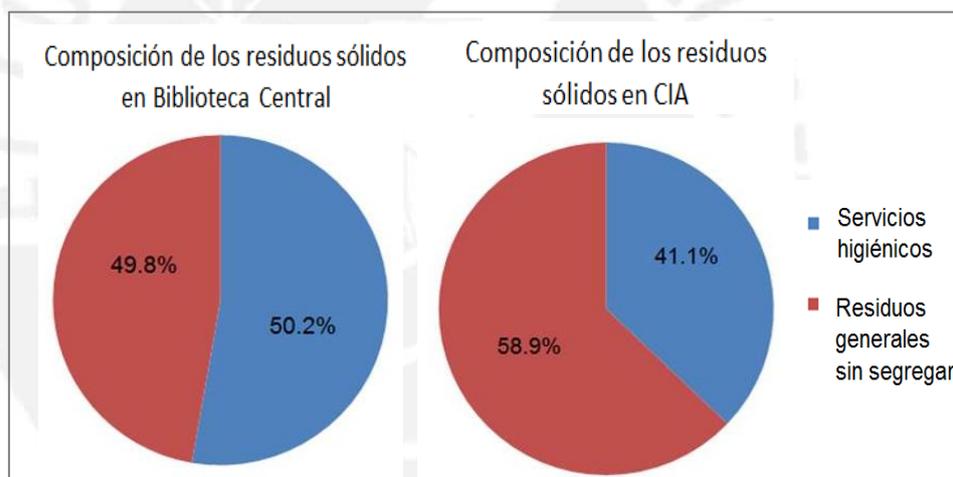


Figura 20: Composición porcentual de los residuos sólidos en Biblioteca Central y CIA.

En la Biblioteca Central, los residuos sólidos provenientes de los servicios higiénicos y actividades administrativas y/o académicas (residuos generales sin segregar) presentan una similar proporción, de 49.8% y 50.2%, respectivamente.

Por otro lado, en la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA) existe un mayor porcentaje de residuos sólidos generales sin segregar que de servicios higiénicos, 58.9% y 41.1%, específicamente.

- **Densidad de los Residuos Sólidos de los Servicios Higiénicos**

En la tabla 26 se muestra los valores de peso y volumen de los residuos sólidos provenientes de los servicios higiénicos en los dos edificios en estudio, a partir de los cuales se obtiene la densidad de los mismos.

Tabla 26-A

Densidad de los residuos sólidos de SS.HH. en Biblioteca Central

Biblioteca Central - Servicios Higiénicos				
Días de estudio	Peso (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Promedio* (kg/m3)
1	13.00	0.20	65.60	65.46
2	33.50	0.52	64.69	
3	45.00	0.65	69.52	
4	33.50	0.55	60.67	
5	37.50	0.56	66.95	

Tabla 26-B

Densidad de los residuos sólidos de SS.HH. en Biblioteca del CIA

CIA - Servicios Higiénicos				
Días de estudio	Peso (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Promedio* (kg/m3)
1	11.50	0.18	62.18	57.74
2	67.00	1.15	58.03	
3	49.50	0.80	61.63	
4	62.50	1.16	53.76	
5	38.00	0.66	57.53	

En la Biblioteca Central, los residuos provenientes de los servicios higiénicos no se hayan completamente separados de los otros tipos de residuos, por lo que una bolsa de residuos contiene papeles de baño húmedos al estar mezclados con líquidos provenientes de botellas de jugo o vasos de café. En tal sentido, los residuos de los servicios higiénicos de la Biblioteca Central presentan más peso y menos volumen, lo que implica mayor densidad en comparación con los residuos de servicios higiénicos del CIA, los cuales se hayan separados y contienen papeles generalmente secos.

En la figura 21 se muestra la tendencia de los valores de densidad de los residuos de los servicios higiénicos durante los días de estudio.

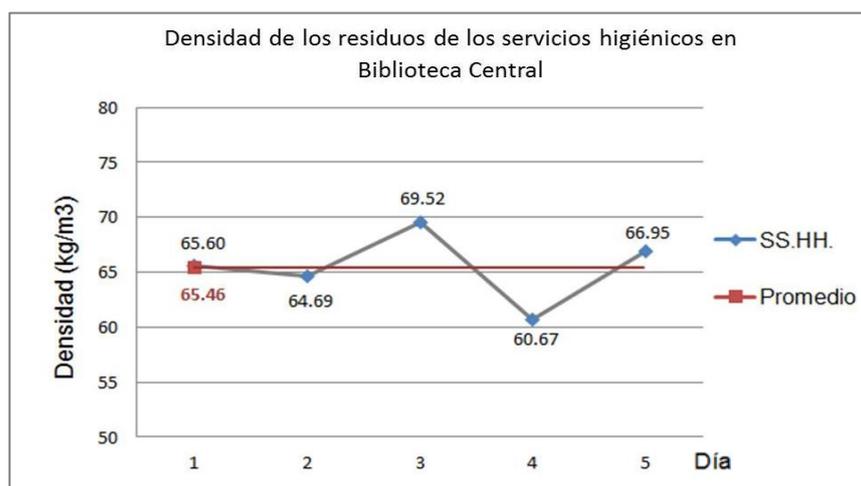


Figura 21-A: Densidad de los residuos de servicios higiénicos en Biblioteca Central

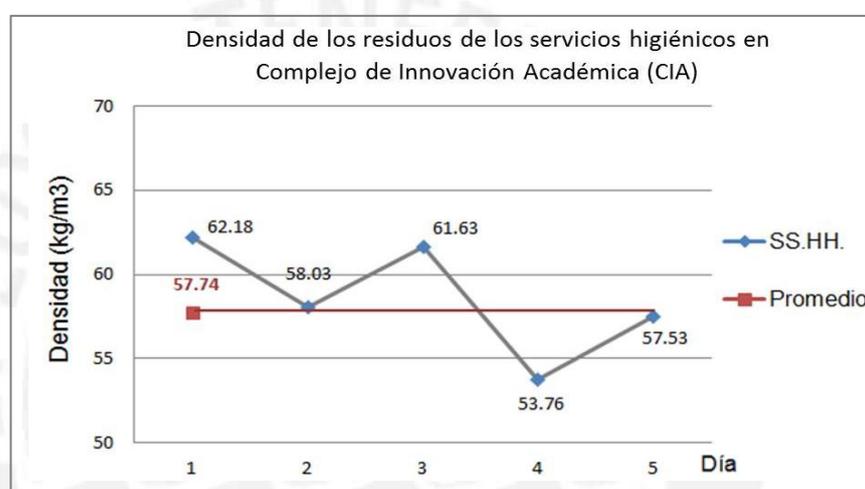


Figura 21-B: Densidad de los residuos de servicios higiénicos en CIA

A diferencia de los valores de peso mostrados en la figura 19, en el parámetro de densidad la Biblioteca Central presenta menor variabilidad que el Complejo de Innovación Académica.

La densidad promedio de los residuos provenientes de los servicios higiénicos en la Biblioteca Central es de 65.46 kg/m^3 y sus valores diarios difieren de este entre 0.21% y 7.32%. En el CIA, la densidad promedio de este tipo de residuos sólidos es de 57.41 kg/m^3 y por tanto menor que en la Biblioteca Central. Asimismo, sus valores diarios difieren de dicho promedio entre un 0.36% y 7.39%.

- **Composición de los Residuos Sólidos Caracterizados**

En la tabla 27 se muestra los valores de peso diario de los residuos sólidos en los dos edificios en estudio, tras su caracterización.

Tabla 27
Peso diario de los residuos caracterizados de Biblioteca Central y del CIA

Biblioteca Central - Pesos de Residuos Caracterizados								
Día/Residuos	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Total (Kg)	Peso Prom (*)	Porcentaje
	24/10/2016	25/10/2016	26/10/2016	27/10/2016	28/10/2016			
	Peso (kg)							
Peligrosos	0.05	0.12				0.17	0.12	0.1%
Plástico PET	0.50	2.50	1.50	1.50	1.50	7.50	1.75	5.2%
Papel/Cartón	1.18	1.50	39.00	3.50	9.50	54.68	13.38	37.9%
Vidrio		0.30	0.40	0.38	0.22	1.30	0.33	0.9%
Metales/Aluminio		0.08		0.84		0.92	0.46	0.6%
Orgánico	1.00	1.50	1.28	1.50	1.30	6.58	1.40	4.6%
Generales	11.50	22.50	7.50	21.00	9.08	71.58	15.02	49.7%
Tetrapack/Tecnopor/Polipapel	0.10	0.40	0.26	0.50	0.14	1.40	0.33	1.0%
Total Muestra Diaria (kg.)	14.33	28.90	49.94	29.22	21.74	144.13	32.77	100%

CIA - Pesos de Residuos Caracterizados								
Día/Residuos	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Total (Kg)	Peso Prom (*)	Porcentaje
	24/10/2016	25/10/2016	26/10/2016	27/10/2016	28/10/2016			
	Peso (kg)							
Peligrosos		26.00	0.04	1.84		27.88	9.29	12.7%
Plástico PET	0.50	7.50	5.50	7.00	14.40	34.90	8.60	15.9%
Papel/Cartón	6.75	2.00	0.88	11.00	5.50	26.13	4.85	11.9%
Vidrio		0.84	0.26	0.70	0.74	2.54	0.64	1.2%
Metales/Aluminio	0.10	0.24	0.10	0.06	0.42	0.92	0.21	0.4%
Orgánico	1.00	2.50	16.50	8.00	44.00	72.00	17.75	32.8%
Generales	5.50	7.00	9.00	12.00	15.34	48.84	10.84	22.2%
Tetrapack/Tecnopor/Polipapel	0.50	1.50	0.50	2.50	1.50	6.50	1.50	3.0%
Total Muestra Diaria (kg.)	14.35	47.58	32.78	43.10	81.90	219.71	53.66	100.0%

El peso promedio del total de residuos caracterizados en la Biblioteca Central es de 32.77 kg./día, valor menor en un 38.9% del promedio caracterizado en la biblioteca del CIA, 53.66 kg./día.

En base a los pesos mostrados en la tabla 27, la figura 22 muestra la composición porcentual de los residuos caracterizados de la Biblioteca Central y del Complejo de Innovación Académica (CIA).

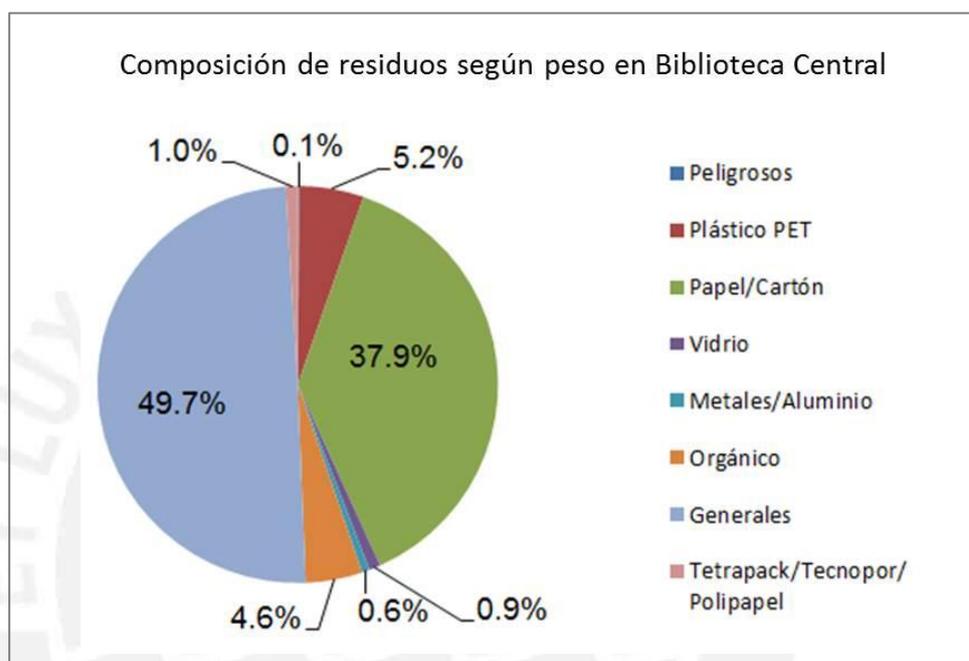


Figura 22-A: Composición de residuos en Biblioteca Central según peso.

En la Biblioteca Central, la mayor parte de los residuos sólidos corresponden al rubro “generales” y “papel y/o cartón”, con un 49.7% y 37.9%, respectivamente.

Las botellas PET (polietileno tereftalato) y residuos orgánicos, a pesar de su poca proporción, también forman parte considerable de la caracterización, con un 5.2% y 4.6%. Sin embargo, los residuos peligrosos, metales y/o aluminio, vidrio y envases de tetrapack, tecnopor o polipapel, conforman entre el 0.1% y 1% del total de residuos caracterizados, por lo que no son representativos de los residuos generados en la Biblioteca Central.

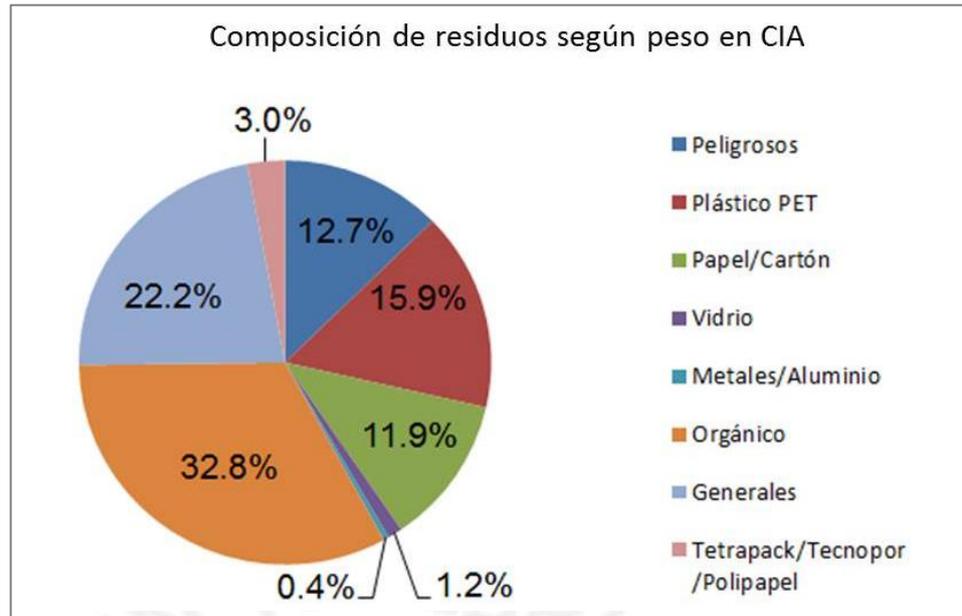


Figura 22-B: Composición de residuos en CIA según peso

En la biblioteca del CIA el residuo orgánico es el más predominante, contribuyendo con un 32.8% del peso total caracterizado. Asimismo, los residuos generales forman parte del 22.2% del peso total, es decir, un 50% menos de contribución que en la Biblioteca Central.

Las botellas PET (polietileno tereftalato), residuos peligrosos y papel y/o cartón representan en total un 40.5% del peso total de residuos caracterizados, específicamente el 15.9%, 12.7% y 11.9%, respectivamente. Asimismo, los envases de tetrapack, tecnopor y/o polipapel representan un 3% del peso total, tres veces más que el generado en la Biblioteca Central. Por otro lado, los residuos del tipo metales y/o aluminio, así como vidrio, presentan similitud con los presentados en la Biblioteca Central.

Además de la composición respecto del peso de los residuos caracterizados, se toma en cuenta el volumen de los mismos.

En la tabla 28 se muestra los valores de volumen diario de los residuos sólidos de la Biblioteca Central y del Complejo de Innovación Académica (CIA) tras el estudio de caracterización.

Tabla 28
Volumen diario de los residuos caracterizados de Biblioteca Central y CIA

Biblioteca Central - Volumen de Residuos Caracterizados								
Día/Residuos	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Vol Total (m3)	Vol Prom (*)	Porcentaje
	24/10/2016	25/10/2016	26/10/2016	27/10/2016	28/10/2016			
	Vol (m3)							
Peligrosos	0.00001	0.00003				0.000046	0.000032	0.0%
Plástico PET	0.018	0.108	0.066	0.077	0.085	0.354	0.084	8.1%
Papel/Cartón	0.037	0.069	0.925	0.087	0.082	1.200	0.291	27.5%
Vidrio		0.00048	0.00095	0.00070	0.00029	0.002	0.001	0.1%
Metales/Aluminio		0.00020		0.00050		0.001	0.000	0.0%
Orgánico	0.005	0.103	0.002	0.004	0.007	0.121	0.029	2.8%
Generales	0.145	0.412	0.143	0.343	0.235	1.278	0.293	29.3%
Tetrapack/Tecnopor/Polipapel	0.106	0.423	0.264	0.489	0.129	1.411	0.557	32.3%
Total Muestra Diaria (kg.)	0.31	1.12	1.40	1.00	0.54	4.37	1.25	100.0%

CIA - Volumen de Residuos Caracterizados								
Día/Residuos	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Vol Total (m3)	Vol Prom (*)	Porcentaje
	24/10/2016	25/10/2016	26/10/2016	27/10/2016	28/10/2016			
	Vol (m3)							
Peligrosos		0.001	0.000011	0.004537		0.005548	0.001849	0.1%
Plástico PET	0.016	0.235	0.180	0.227	0.476	1.133	0.227	30.5%
Papel/Cartón	0.169	0.063	0.016	0.325	0.156	0.729	0.146	19.6%
Vidrio		0.00118	0.00025	0.00109	0.00114	0.00	0.00092	0.1%
Metales/Aluminio	0.00072	0.00096	0.00084	0.00048	0.00365	0.01	0.00133	0.2%
Orgánico	0.008	0.016	0.077	0.024	0.211	0.336	0.067	9.0%
Generales	0.037	0.211	0.185	0.190	0.529	1.152	0.230	31.0%
Tetrapack/Tecnopor/Polipapel	0.029	0.079	0.024	0.135	0.087	0.354	0.071	9.5%
Total Muestra Diaria (kg.)	0.26	0.61	0.48	0.91	1.46	3.72	0.75	100.0%

El volumen promedio del total de residuos caracterizados en la Biblioteca Central es de 1.25 m³/día, valor mayor en un 66.7% respecto del volumen promedio caracterizado del CIA, 0.75 m³/día.

Del mismo modo, en base a los volúmenes mostrados en la tabla 28, la figura 23 muestra la composición porcentual de los residuos caracterizados de la Biblioteca Central y Complejo de Innovación Académica (CIA).

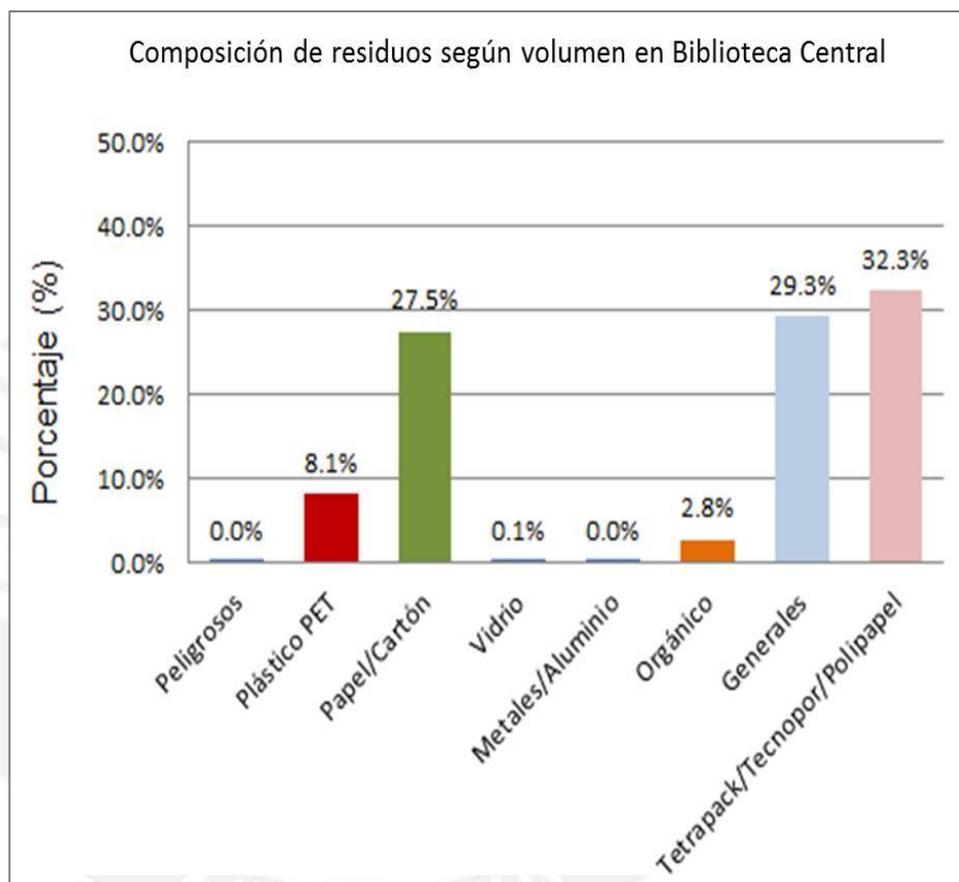


Figura 23-A: Composición de residuos en Biblioteca Central según volumen

En la Biblioteca Central, el mayor aporte respecto del volumen total de los residuos caracterizados corresponde a los residuos provenientes de envases tetrapack, tecnopor y/o polipapel, con un 32.3%. Seguido de ello, los residuos generales y de papel y/o cartón también aportan al volumen total en mención, con un 29.3% y 27.5%, respectivamente.

En un segundo rango, los residuos de PET (polietileno tereftalato) forman parte del 8.1% del volumen total caracterizado, mientras que los residuos orgánicos aportan con un 2.8% de volumen.

Finalmente, los tipos de residuo que prácticamente no aportan al volumen total caracterizado corresponden a residuos de vidrio, metales y/o aluminio, y peligrosos, con un 0.1% de aporte entre los tres.

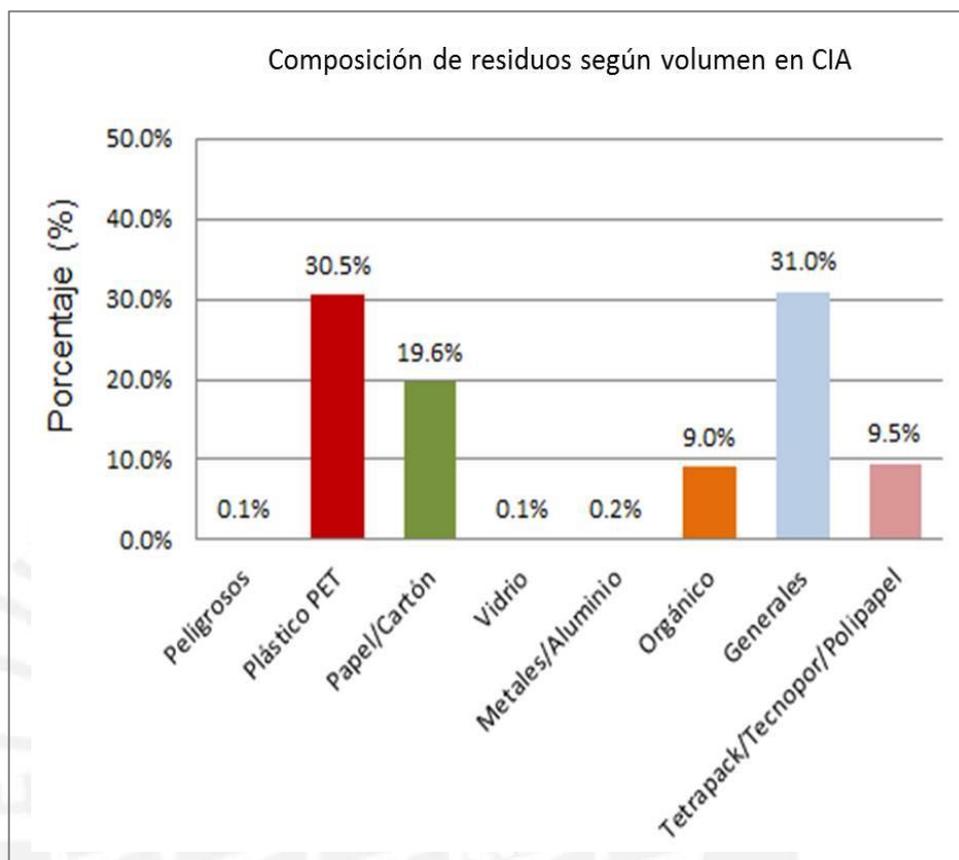


Figura 23-B: Composición de residuos en CIA según volumen

La composición de los residuos sólidos caracterizados del Complejo de Innovación Académica (CIA) muestra que los residuos que más aportan en volumen son los generales y PET, con un 31.0% y 30.5%, respectivamente. Los residuos de papel y/o cartón, con un 19.6%, también presentan un aporte significativo al volumen total de residuos caracterizados; sin embargo, dicho valor es un 28.7% menor que su aporte en el volumen total de los residuos de la Biblioteca Central.

Un tercer grupo de aporte considerable al volumen total de residuos del CIA está conformado por los residuos de tetrapack, tecnopor y/o polipapel, así como residuos orgánicos, con 9.5% y 9.0%, respectivamente. En tal sentido, el aporte de los residuos orgánicos en volumen presenta un aumento del 69.28% respecto del volumen en la Biblioteca Central, mientras que los residuos de tetrapack, tecnopor y/o

polipapel presentan un descenso del 70.7% respecto del presente en la Biblioteca Central.

Por último, los residuos de metales, así como de vidrio y peligrosos, aportan un total del 0.4% del volumen de residuos caracterizados.

- **Densidad de los Residuos Sólidos Sin Segregar**

En la tabla 29 se muestra los valores de peso y volumen de los residuos sólidos generales sin segregar.

Tabla 29-A
Densidad de los residuos sólidos sin segregar en Biblioteca Central

Biblioteca Central - Residuos sin segregar				
Días de estudio	Peso Total (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Promedio* (kg/m3)
1	21.00	0.40	52.64	52.99
2	28.00	0.53	53.25	
3	50.00	0.96	52.13	
4	32.00	0.59	54.07	
5	24.00	0.46	52.51	

Tabla 29-B
Densidad de los residuos sólidos sin segregar en la Biblioteca del CIA

CIA - Residuos sin segregar				
Días de estudio	Peso Total (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Promedio* (kg/m3)
1	77.50			69.24
2	79.00	1.04	75.70	
3	88.00	1.23	71.78	
4	84.50	1.47	57.63	
5	116.00	1.61	71.86	

En la Biblioteca Central, los residuos provenientes de las actividades académicas pesan prácticamente igual que los de los servicios higiénicos; sin embargo, dado que los primeros están conformados principalmente por envases de tetrapack, tecnopor y polipapel, así como papel, cartón y bolsas de plástico no reciclables (residuos generales), estos presentan mayor volumen que los de servicios higiénicos. En tal sentido, dicho volumen implica una menor densidad en los residuos caracterizados

Sucede lo contrario en el Complejo de Innovación Académica (CIA), los residuos provenientes de las actividades administrativas y/o académicas sí presentan mayor peso en comparación con los provenientes de los servicios higiénicos, y a pesar de que su volumen es ligeramente menor, la densidad de los residuos caracterizados resulta mayor.

En la figura 24 se muestra la tendencia de los valores de densidad de los residuos generales sin segregar durante los días de estudio, además de su valor promedio representativo.

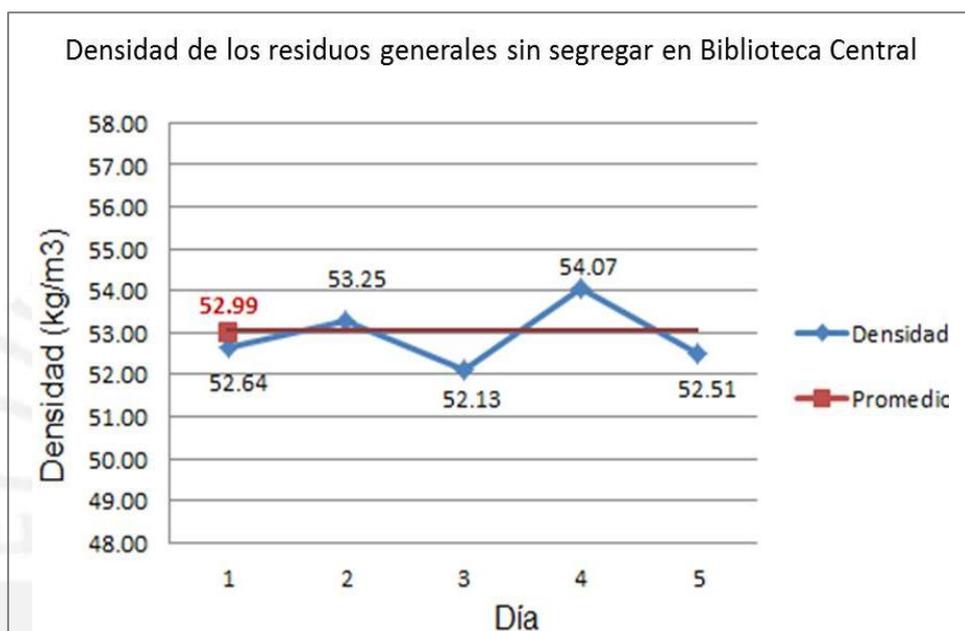


Figura 24-A: Densidad de los residuos generales sin segregar en Biblioteca Central

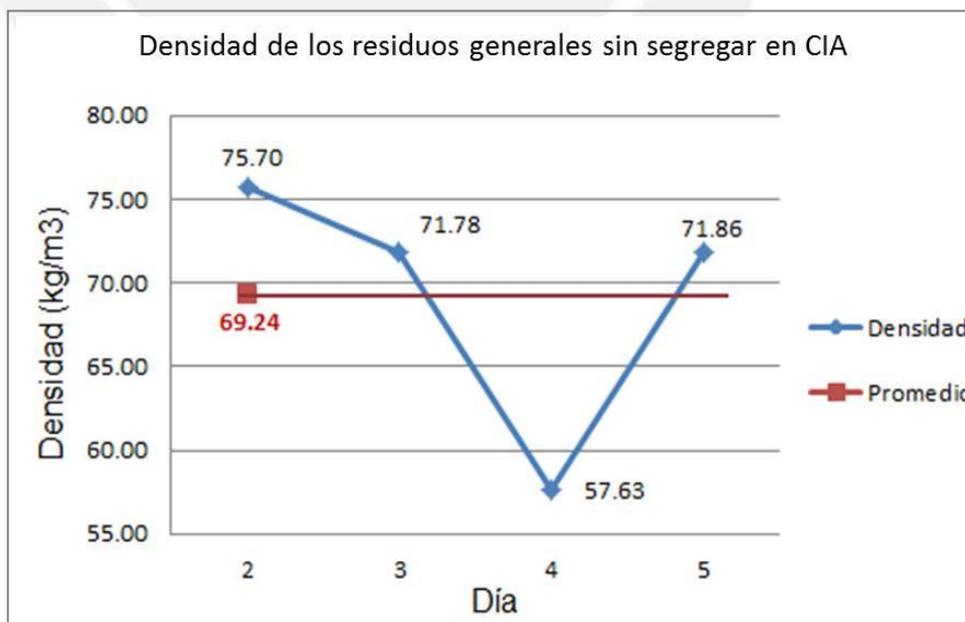


Figura 24-B: Densidad de los residuos generales sin segregar en CIA

El parámetro de densidad de los residuos generales sin segregar, al igual que en caso de residuos provenientes de los servicios higiénicos, presenta menor variabilidad en la Biblioteca Central que en la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA).

La densidad promedio de dicho tipo de residuo en la Biblioteca Central es de 52.99 kg./m³, y sus valores diarios difieren de este en un rango del 0.49% al 2%. En la biblioteca del CIA, la densidad promedio de este tipo de residuo es de 69.24 kg./m³, y sus valores de densidad diaria difieren de dicho promedio en un rango de 3.6% a 16.8%.

5.4. COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

5.4.1. SERVICIO DE LIMPIEZA

En la tabla 30 se muestra el detalle del costo del servicio de limpieza en ambos edificios, en base al número de operadores de limpieza de la empresa EULEN que trabajan en los horarios diurno, tarde y nocturno, según sea el caso.

Tabla 30
Costos de servicio de limpieza en Biblioteca Central y CIA

ITEM		BIBLIOTECA CENTRAL	CIA
Nº Trabajadores	Turno mañana	9	5
	Turno tarde	4	7
	Turno noche	-	6
Costo fijo mensual		S/. 26,858.72	S/. 45,617.53

El servicio de limpieza en el Complejo de Innovación Académica (CIA), a diferencia de la Biblioteca Central, cuenta con el turno noche, motivo por el cual el costo fijo mensual de dicho edificio representa un 69.8% más que en la Biblioteca Central.

5.4.2. CONSUMO DE AGUA

El consumo de agua en ambos edificios se estima en base a los recibos mensuales emitidos por la empresa Sedapal para los suministros de código 3131778-7 y 6060830-4, correspondientes a todo el campus universitario.

Acorde a los datos administrativos brindados en el portal web de la Pontificia Universidad Católica del Perú, actualizados a marzo del 2016, el área total construida en el campus es de 170,885 m². Asimismo, en base a los planos de

arquitectura de la Biblioteca Central y Complejo de Innovación Académica, las áreas construidas son de 6,027.45 m² y 6,396.59 m², respectivamente.

Con la proporción entre las áreas construidas de cada edificio y el área total construida del campus universitario, teniendo en cuenta además que en el edificio de la Biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA) se ahorra un 41.25% en el consumo de agua, según el Informe de Revisión de Certificación LEED, se estima los costos mensuales de consumo de agua de cada edificio en estudio.

En la tabla 31 se muestra el consumo de agua de la Biblioteca Central y del Complejo de Innovación Académica entre los meses de enero y octubre del 2016, con sus respectivos costos.

Tabla 31
Costos del consumo de agua en Biblioteca Central y CIA

MES	BIBLIOTECA CENTRAL		CIA	
	Consumo (m3)	Costo	Consumo (m3)	Costo
ene-16	877.39	S/. 3,586.69	548.89	S/. 2,243.82
feb-16	927.83	S/. 4,148.21	580.45	S/. 2,595.10
mar-16	1,025.71	S/. 4,696.90	641.68	S/. 2,938.36
abr-16	1,122.42	S/. 5,220.93	702.18	S/. 3,266.20
may-16	1,334.37	S/. 6,369.14	834.78	S/. 3,984.51
jun-16	1,242.14	S/. 5,869.47	777.08	S/. 3,671.91
jul-16	1,180.20	S/. 5,533.93	738.33	S/. 3,462.00
ago-16	976.40	S/. 4,429.86	610.83	S/. 2,771.30
sep-16	779.83	S/. 3,917.04	487.86	S/. 2,450.48
oct-16	1,104.33	S/. 5,550.46	690.86	S/. 3,472.34
PROMEDIO MENSUAL	1,057.06 m3	S/. 4,932.26	661.29 m3	S/. 3,085.60

El consumo promedio mensual en la biblioteca del Complejo de Innovación Académica respecto de la Biblioteca Central es de 62.6% menos, estimándose un ahorro mensual de S/.1,846.00.

5.4.3. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El consumo de energía eléctrica se estima en base a los recibos mensuales de las zonas denominadas “Campus 1” y “Campus 2”. El recibo mensual de “Campus 1” comprende el consumo del edificio CEPREPUC, Aulario y biblioteca del Complejo de Innovación Académica. Por otro lado, el recibo mensual de “Campus 2”

comprende el consumo de energía eléctrica de los demás edificios del campus universitario, entre ellos, la Biblioteca Central.

El área construida del edificio CEPREPUC es de aproximadamente 4,950 m², mientras que el aula cuenta con 17,800 m² de área construida. En tal sentido, en base a la proporción entre las áreas construidas de los edificios en mención y los estudiados, considerando además un ahorro del 10.53% en la biblioteca del Complejo de Innovación Académica según el Informe de Revisión de Certificación LEED, se estima los costos mensuales de consumo de energía eléctrica de ambos edificios en estudio.

En la tabla 32 se muestra el consumo de energía eléctrica de la Biblioteca Central y del Complejo de Innovación Académica entre los meses de enero y octubre del 2016, con sus respectivos costos.

Tabla 32
Costos del consumo eléctrico en Biblioteca Central y CIA

MES	BIBLIOTECA CENTRAL		CIA	
	Consumo (KWh)	Costo	Consumo (KWh)	Costo
ene-16	7,741.28	S/. 3,355.66	23,554.61	S/. 9,207.10
feb-16	10,134.60	S/. 4,480.66	29,611.18	S/. 12,106.26
mar-16	12,298.28	S/. 5,099.49	32,721.94	S/. 12,961.72
abr-16	12,984.64	S/. 5,041.47	35,538.13	S/. 13,851.25
may-16	11,514.97	S/. 4,553.55	36,516.13	S/. 13,459.36
jun-16	11,757.36	S/. 4,509.22	33,806.00	S/. 12,445.22
jul-16	9,427.83	S/. 3,886.55	30,424.22	S/. 11,456.22
ago-16	9,762.08	S/. 4,065.58	26,889.26	S/. 10,764.25
sep-16	11,535.38	S/. 4,601.18	32,721.94	S/. 12,594.96
oct-16	12,214.08	S/. 4,746.09	36,480.78	S/. 13,501.88
PROMEDIO MENSUAL	10,937.05 kWh	S/. 4,433.94	31,826.42 kWh	S/. 12,234.82

A diferencia del consumo en agua, el consumo promedio mensual de energía eléctrica en la biblioteca del Complejo de Innovación Académica es 2.76 veces mayor que el de la Biblioteca Central, es decir, un estimado de S/. 7,800 mensuales de diferencia.

Por último, en la tabla 33 se muestra el costo mensual promedio en el que incurre el mantenimiento de la Biblioteca Central y del (CIA).

Tabla 33

Costo promedio de mantenimiento mensual de Biblioteca Central y CIA

Costos de Mantenimiento	BIBLIOTECA CENTRAL	CIA
Limpieza	S/. 26,858.72	S/. 45,617.53
Electricidad	S/. 4,433.94	S/. 12,234.82
Agua	S/. 4,932.26	S/. 3,085.60
TOTAL	S/. 36,224.93	S/. 60,937.95

En suma, el costo promedio mensual de la operación y mantenimiento de los dos edificios en estudio muestra que la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA) gasta en total 1.68 veces más que la Biblioteca Central.

5.5. ESTIMACIÓN DE LA ECOEFICIENCIA

La estimación de la ecoeficiencia de la Biblioteca Central y del Complejo de Innovación Académica mediante índices adimensionales se desarrolla para cada parámetro ambiental estudiado.

- **Ecoeficiencia en la Calidad del Paisaje**

En la tabla 34 se muestra los índices adimensionales de costo y calidad ambiental de la Biblioteca Central y del Complejo de Innovación Académica (CIA) en base a la medición del parámetro calidad del paisaje.

Tabla 34-A

Índices Adimensionales de Costo de Biblioteca Central y CIA, Calidad del Paisaje

Estación de Monitoreo	Índice Adimensional de Costo BIBLIOTECA CENTRAL				Índice Adimensional de Costo BIBLIOTECA DEL CIA			
	Perímetro (m)	Costo Parcial (Ci)	Costo parcial máximo (Ci max)	Índice de Costo (Ci/Ci max)	Perímetro (m)	Costo Parcial (Ci)	Costo parcial máximo (Ci max)	Índice de Costo (Ci / Ci max)
P1	73.04	S/. 11,002.45	S/. 11,002.45	1.00	37.76	S/. 11,137.01	S/. 26,302.92	0.42
P2	65.03	S/. 9,795.85	S/. 11,002.45	0.89	58.73	S/. 17,321.94	S/. 26,302.92	0.66
P3	39.85	S/. 6,002.84	S/. 11,002.45	0.55	89.18	S/. 26,302.92	S/. 26,302.92	1.00
P4	62.56	S/. 9,423.78	S/. 11,002.45	0.86	20.94	S/. 6,176.08	S/. 26,302.92	0.23

Dado que las estaciones de monitoreo en la evaluación de la calidad del paisaje se han ubicado a lo largo del perímetro de cada edificio, los costos parciales se consideran directamente proporcionales a dicho parámetro.

Los índices de costo, obtenidos mediante la relación entre el costo parcial asociado a cada estación de monitoreo y el costo parcial máximo, muestran valores desde 0.23 (categoría muy bajo costo) hasta el 1.00 (alto costo). Por otro lado, en la Biblioteca Central, tres de las cuatro estaciones de monitoreo se encuentran en la categoría de alto costo (valores mayores a 0.75 en estaciones P1, P2 y P4), y sólo la estación de monitoreo P3 presenta un índice de costo regular, de 0.55.

Tabla 34-B

Índices Adimensionales Ambientales preliminares de Biblioteca Central y CIA, Calidad del Paisaje

Estación de Monitoreo	Índice Adimensional Ambiental BIBLIOTECA CENTRAL			Índice Adimensional Ambiental CIA		
	Valor paisaje (Vi)	Valor paisaje máximo (Vi max)	Índice Ambiental (Vi/vi max)	Valor paisaje (Vi)	Valor paisaje máximo (Vi max)	Índice Ambiental (Vi/vi max)
P1	12.0	12.0	1.00	13.0	14.0	0.93
P2	10.0	12.0	0.83	12.0	14.0	0.86
P3	12.0	12.0	1.00	12.0	14.0	0.86
P4	11.0	12.0	0.92	14.0	14.0	1.00

Los valores de calidad ambiental de ambos edificios se encuentran en el rango de 0.75 a 1.00, lo que indica una calidad del paisaje alta. Sin embargo, en la metodología de estimación de la ecoeficiencia, al buscarse valores de costo e impacto ambiental cercanos a cero, se entiende que el tipo de impacto ambiental con el que se trabaja es del tipo impacto ambiental negativo.

En la tabla 34-C se muestra la correspondencia entre los valores de calidad del paisaje y sus índices adimensionales de calidad del paisaje entendidos como impacto ambiental negativo.

Tabla 34-C

Índices Adimensionales Ambientales de Biblioteca Central y CIA, Calidad del Paisaje

Estación de Monitoreo	Índice Adimensional Ambiental BIBLIOTECA CENTRAL				Índice Adimensional Ambiental CIA			
	Valor paisaje (Vi)	Valor paisaje máximo (Vi max)	Índice Ambiental (Vi/vi max)	$LCA_{final} \left(1 - \frac{Vi}{Vi_{max}}\right)$	Valor paisaje (Vi)	Valor paisaje máximo (Vi max)	Índice Ambiental (Vi/vi max)	$LCA_{final} \left(1 - \frac{Vi}{Vi_{max}}\right)$
P1	12.0	12.0	1.00	0.00	13.0	14.0	0.93	0.07
P2	10.0	12.0	0.83	0.17	12.0	14.0	0.86	0.14
P3	12.0	12.0	1.00	0.00	12.0	14.0	0.86	0.14
P4	11.0	12.0	0.92	0.08	14.0	14.0	1.00	0.00

Por otro lado, en la figura 25 se muestra la relación de los índices adimensionales de costo (IAC) e índices adimensionales ambientales (IAA) para la estimación de la ecoeficiencia respecto al parámetro calidad del paisaje.

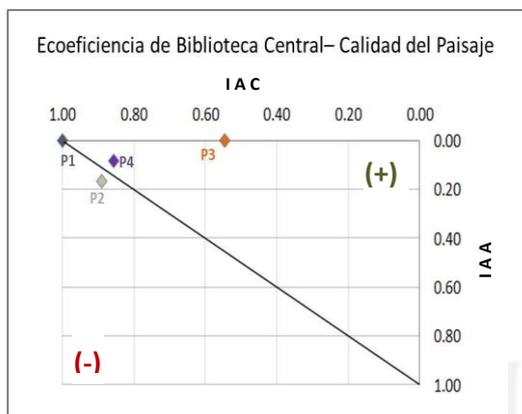


Figura 25-A: Ecoeficiencia de la Biblioteca Central
Calidad del Paisaje

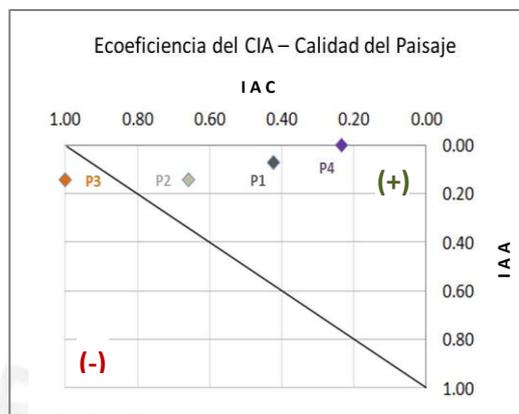


Figura 25-B: Ecoeficiencia del CIA
Calidad del Paisaje

El eje horizontal de la figura muestra los valores del índice adimensional de costo (IAC), mientras que el eje vertical muestra la distribución de los índices adimensionales de impacto ambiental (IAA). La relación entre ambos índices para las cuatro estaciones de monitoreo se encuentra representada por los puntos P1, P2, P3 y P4.

Pese a que en el eje vertical se aprecia que ambos edificios presentan una alta calidad del paisaje, reflejada en un impacto ambiental negativo muy bajo (valores de IAA en el rango de 0.00 a 0.17), son sus índices de costo (ICC), en el eje horizontal, los que, al presentar una mejor distribución en la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (valores de 0.23 a 1.00) que en la Biblioteca Central (valores mayores a 0.75), hacen la diferencia en la estimación de la ecoeficiencia de cada edificio.

Acorde a la relación valor económico-valor ambiental, el 75% de las estaciones de monitoreo de la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA), estaciones P1, P2 y P4, muestran una relación cercana a cero; por otro lado, en la Biblioteca Central solo dos de sus cuatro estaciones de monitoreo (50% del total), estaciones P3 y P4, presentan dicha relación cercana a cero. P

Por lo tanto, respecto al parámetro calidad del paisaje es la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA) la más ecoeficiente, al presentar un bajo impacto ambiental negativo, a la vez que un bajo costo en su etapa de uso (operación y mantenimiento).

- **Ecoeficiencia en la Emisión de Ruido**

En el parámetro de emisión de ruido, dado que la Biblioteca Central presenta zonas delimitadas dedicadas exclusivamente a trabajos administrativos y restauración de libros en los que no se permite el acceso a los estudiantes, la distribución de costos de operación y mantenimiento se realiza en base al área en la que se pudo realizar las mediciones de ruido pertinentes.

En la tabla 35 se muestra los costos de operación y mantenimiento de los edificios en base al área en la que se desarrolló el protocolo de medición de ruido ambiental en ambos edificios.

Tabla 35
Costos de Operación y Mantenimiento para el parámetro de Emisión de Ruido.

Costos de Mantenimiento	BIBLIOTECA CENTRAL		Complejo de Innovación Académica (CIA)
	En área total	En zona de medición de ruido	
Limpieza	S/. 26,858.72	S/. 8,306.27	S/. 45,617.53
Electricidad	S/. 4,433.94	S/. 1,371.23	S/. 12,234.82
Agua	S/. 4,932.26	S/. 1,525.34	S/. 3,085.60
TOTAL	S/. 36,224.93	S/. 11,202.84	S/. 60,937.95

Por otro lado, en la tabla 36 se muestra los índices adimensionales de costo e impacto ambiental de la Biblioteca Central y del Complejo de Innovación Académica (CIA) en base a la medición del parámetro emisión de ruido.

Tabla 36-A
Índices de Costo de Biblioteca Central y CIA, Emisión de Ruido

Índice de Costo Pisos	Índice Adimensional de Costo BIBLIOTECA CENTRAL				Índice Adimensional de Costo BIBLIOTECA DEL CIA			
	Área (m2)	Costo Parcial (Ci)	Costo parcial máximo (Ci max)	Índice de Costo (Ci/Ci max)	Área (m2)	Costo Parcial (Ci)	Costo parcial máximo (Ci max)	Índice de Costo (Ci/Ci max)
Sótano 2	67.86	S/. 435.81	S/. 4,484.37	0.10	448.81	S/. 4,488.85	S/. 13,301.62	0.34
Sótano 1	132.28	S/. 849.53	S/. 4,484.37	0.19	864.42	S/. 8,645.64	S/. 13,301.62	0.65
Piso 1	698.26	S/. 4,484.37	S/. 4,484.37	1.00	1,039.85	S/. 10,400.23	S/. 13,301.62	0.78
Piso 2	316.08	S/. 2,029.93	S/. 4,484.37	0.45	1,235.03	S/. 12,352.36	S/. 13,301.62	0.93
Piso 3	335.35	S/. 2,153.69	S/. 4,484.37	0.48	1,174.73	S/. 11,749.26	S/. 13,301.62	0.88
Piso 4	194.56	S/. 1,249.51	S/. 4,484.37	0.28	1,329.94	S/. 13,301.62	S/. 13,301.62	1.00
Zona de medición	1,744.39 m2	S/. 11,202.84	-	-	6,092.78 m2	S/. 60,937.95	-	-

Los índices adimensionales de costo, obtenidos mediante la relación entre el costo parcial de cada uno de los pisos y el costo parcial máximo, muestran que la Biblioteca Central posee un rango variable entre muy bajo costo (sótano 1 y sótano

2), bajo costo (piso 2, 3 y 4) y costo alto (piso 1). Por otro lado, los índices adimensionales de costo en la biblioteca del Complejo de Innovación Académica ubican al 66% de sus niveles (piso 1, 2, 3 y 4) en el rubro de alto costo (valores mayores a 0.75), mientras que los pisos restantes corresponden a la categoría costo bajo y regular.

Tabla 36-B

Índices Adimensionales Ambientales de Biblioteca Central y CIA, Emisión de Ruido

Índice Adimensional Ambiental	BIBLIOTECA CENTRAL			CIA		
	Pisos del edificio	Ruido (Vi)	Valor ruido máximo (Vi max)	Índice Ambiental (Vi/vi max)	Ruido (Vi)	Valor ruido máximo (Vi max)
Sótano 2	49.6	54.0	0.92	50.9	53.7	0.95
Sótano 1	50.2	54.0	0.93	53.7	53.7	1.00
Piso 1	54.0	54.0	1.00	52.9	53.7	0.98
Piso 2	49.9	54.0	0.92	52.4	53.7	0.97
Piso 3	50.2	54.0	0.93	52.7	53.7	0.98
Piso 4	54.0	54.0	1.00	51.7	53.7	0.96

Los índices de impacto ambiental del parámetro emisión de ruido en la Biblioteca Central y del CIA presentan valores mayores a 0.75, lo que significa que el ruido emitido en sus ambientes es en promedio alto. Sin embargo, a excepción del piso 1 y piso 4, en los demás niveles de la Biblioteca Central, el índice ambiental es ligeramente menor que en la biblioteca del Complejo de Innovación Académica.

Por otro lado, en la figura 26 se muestra la relación de los índices adimensionales de costo y ambiental en la estimación de la ecoeficiencia respecto del parámetro emisión de ruido.

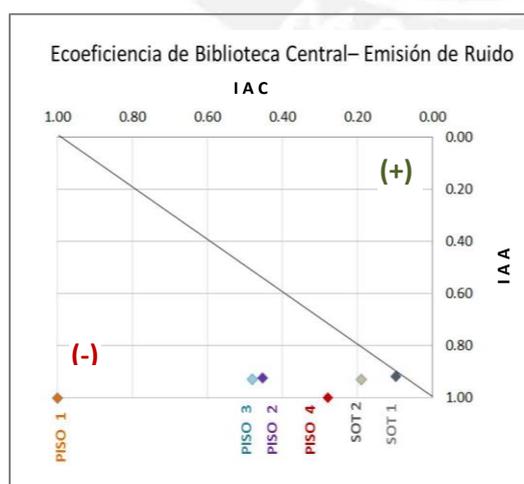


Figura 26-A: Ecoeficiencia de la Biblioteca Central, Emisión de Ruido.

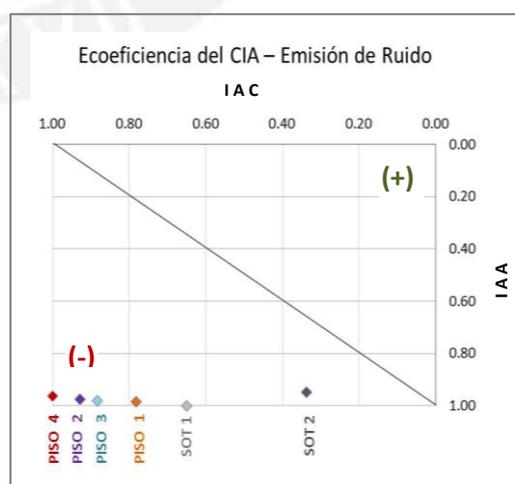


Figura 26-B: Ecoeficiencia del CIA, Emisión de Ruido.

El eje horizontal de la figura muestra los valores adimensionales del índice de costo (ICC), mientras que el eje vertical muestra la distribución de los índices adimensionales de impacto ambiental (IAA). La relación entre ambos índices se encuentra representada por los puntos denominados: sótano 1, sótano 2, piso 1, piso 2, piso 3 y piso 4, zonas en las que se ubicaron las 22 y 17 estaciones de monitoreo del ruido, para la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA) y la Biblioteca Central, respectivamente.

En el eje vertical de la figura se aprecia que en ambos edificios se emiten altos niveles de ruido (índices de impacto ambiental mayores a 0.75); sin embargo, los índices de costos, en el eje horizontal, muestran una notable diferencia entre la Biblioteca Central y del Complejo de Innovación Académica (CIA). En el 83% de la Biblioteca Central, es decir, en todos sus pisos a excepción del primero, sus índices de costo se encuentran en el rango de muy bajo a bajo (valores de 0.00 a 0.48), mientras que en la biblioteca del CIA sucede lo contrario, con índices de costo elevados y cercanos a la unidad.

Por lo tanto, respecto del parámetro emisión de ruido, la Biblioteca Central es más ecoeficiente que la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA), con una relación costo-impacto ambiental más cercana a cero.

- **Ecoeficiencia en la Generación de Residuos Sólidos**

En la tabla 37 se muestra los índices adimensionales de costo y ambiental de la Biblioteca Central y Complejo de Innovación Académica (CIA) en base a la medición del parámetro residuos sólidos generados.

Tabla 37
Índices de Costo y Valor Ambiental de Biblioteca Central y CIA, Residuos Sólidos Generados

Edificio	Índice Adimensional de Costo			Índice Adimensional Ambiental		
	Costo Parcial (Ci)	Costo parcial máximo (Ci max)	Índice de Costo (Ci/Ci max)	Peso diario (vi)	Peso diario máximo (Vi max)	Índice Ambiental (Vi/Vi max)
CIA	S/. 60,937.95	S/. 60,937.95	1.00	146.1	146.1	1.00
Biblioteca Central	S/. 36,224.93	S/. 60,937.95	0.59	70.9	146.1	0.49

Por otro lado, en la figura 27 se muestra la relación de los índices adimensionales de costo (IAC) y ambiental (IAA) en la estimación de la ecoeficiencia respecto del parámetro residuos sólidos generados.

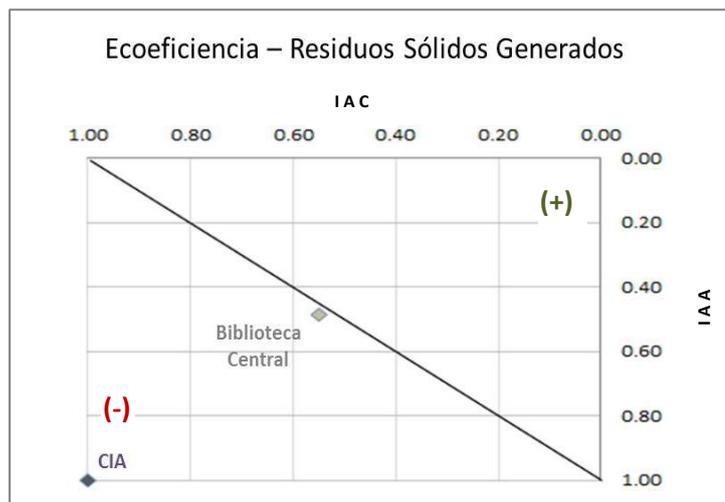


Figura 27: Ecoeficiencia en Residuos Sólidos Generados

En el eje horizontal de la figura se muestra los valores adimensionales del índice de costo (IAC), mientras que en el eje vertical se muestra la distribución de los índices de valor ambiental (IAA) de ambos edificios. En ambos ejes se aprecia que tanto los índices de costo como los ambientales de la Biblioteca Central son mucho menores que en la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA), específicamente con un índice ambiental de 0.49 y un índice de costo de 0.59, mientras que en la biblioteca del CIA ambos índices corresponden a la unidad.

Más a detalle, el parámetro de residuos sólidos generados incluye la cantidad de residuos sólidos aprovechables, tales como PET (polietileno tereftalato), papel y/o cartón, vidrio y residuos orgánicos. En tal sentido, en la tabla 38 se muestra los índices de costo y ambiental de la Biblioteca Central y CIA en base a los residuos sólidos que son aprovechables.

Tabla 38-A

Índices Adimensionales de Costo de Biblioteca Central y CIA, Residuos Sólidos Aprovechables

Residuos Aprovechables	Índice Adimensional de Costo BIBLIOTECA CENTRAL				Índice Adimensional de Costo CIA			
	Peso Diario (kg)	Costo Parcial (Ci)	Costo parcial máximo (Ci max)	Índice de Costo (Ci / Ci max)	Peso Diario (kg)	Costo Parcial (Ci)	Costo parcial máximo (Ci max)	Índice de Costo (Ci / Ci max)
PET	1.75	S/. 1,934.50	S/. 16,603.55	0.12	37.76	S/. 10,072.59	S/. 23,789.04	0.42
Papel/Cartón	13.38	S/. 14,785.12	S/. 16,256.92	0.91	58.73	S/. 15,666.41	S/. 25,189.08	0.62
Vidrio	0.33	S/. 359.26	S/. 16,256.92	0.02	89.18	S/. 23,789.04	S/. 25,189.08	0.94
Orgánico	1.40	S/. 1,542.07	S/. 16,256.92	0.09	20.94	S/. 5,585.81	S/. 25,189.08	0.22

Tabla 38-B
 Índices Ambientales de Biblioteca Central y CIA, Residuos Sólidos Aprovechables.

Residuos Aprovechables	Índice Adimensional Ambiental BIBLIOTECA CENTRAL			Índice Adimensional Ambiental CIA		
	Peso diario (Vi)	Valor peso máximo (Vi max)	Índice Ambiental (Vi/vi max)	Peso diario (Vi)	Valor peso máximo (Vi max)	Índice Ambiental (Vi/vi max)
PET	1.75	13.38	0.13	8.60	17.75	0.48
Papel/Cartón	13.38	13.38	1.00	4.85	17.75	0.27
Vidrio	0.33	13.38	0.02	0.64	17.75	0.04
Orgánico	1.40	13.38	0.10	17.75	17.75	1.00

La figura 28 se muestra la relación de los índices adimensionales de valor ambiental y de costos, respecto del parámetro residuos sólidos aprovechables.

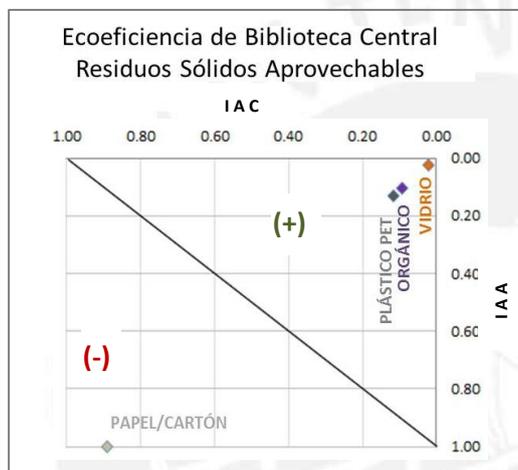


Figura 28-A: Ecoeficiencia de la Biblioteca Central Residuos Sólidos Aprovechables

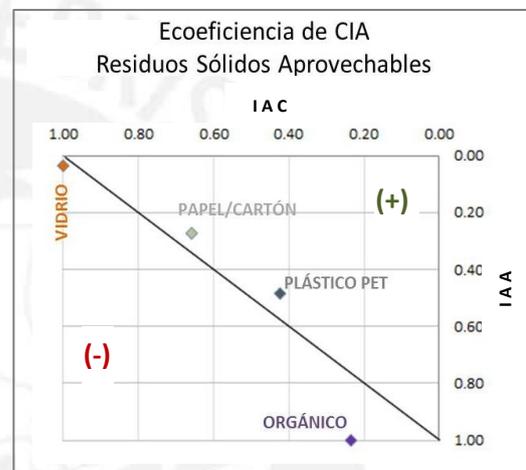


Figura 28-B: Ecoeficiencia del CIA Residuos Sólidos Aprovechables

En el eje horizontal, índices adimensionales de costo (IAC), se aprecia que el vidrio, PET y residuos orgánicos generados en la Biblioteca Central presentan valores cercanos a cero (entre 0.02 a 0.13); sin embargo, la generación de estos residuos aprovechables es muy baja en comparación con la cantidad de residuos aprovechables generados en la biblioteca del CIA, eje vertical de la figura. En tal sentido, el escenario más ecoeficiente corresponde a los residuos generados en la biblioteca del Complejo de Innovación Académica.

• **Ecoeficiencia en la Biblioteca Central y biblioteca del CIA**

La relación de los índices adimensionales costo-valor ambiental para la representación de la ecoeficiencia ha sido desarrollada para cada parámetro (calidad del paisaje, emisión de ruido y generación de residuos sólidos) y de acuerdo a sus estaciones de monitoreo respectivas; sin embargo, resulta necesario presentar la ecoeficiencia según tipo de edificio.

Para ello, por cada parámetro se obtiene sus valores representativos de índices adimensionales, tanto económicos como ambientales, mediante el promedio de cada uno de sus valores parciales.

En la tabla 39 se muestra a modo de resumen los índice de costo y ambientales de la Biblioteca Central y del CIA, para cada parámetro evaluado.

Tabla 39-A

Índices de Costo de Biblioteca Central y CIA, total de parámetros evaluados.

Parámetro Evaluado		ÍNDICE ADIMENSIONAL DE COSTO (IAC)			
		Biblioteca Central		Biblioteca del CIA	
		Índice de Costo parcial (ICi)	Índice de Costo promedio (ICprom)	Índice de Costo parcial (ICi)	Índice de Costo promedio (ICprom)
(A)	Calidad de Paisaje	1.00	0.82	0.42	0.58
		0.89		0.66	
		0.55		1.00	
		0.86		0.23	
(B)	Emisión de Ruido	0.10	0.42	0.34	0.76
		0.19		0.65	
		1.00		0.78	
		0.45		0.93	
		0.48		0.88	
(C)	Generación de Residuos Sólidos (Aprovechables)	0.28	0.29	1.00	0.55
		0.12		0.42	
		0.91		0.62	
		0.02		0.94	
		0.09		0.22	

Tabla 39-B

Índices Ambientales de Biblioteca Central y CIA, total de parámetros evaluados.

Parámetro Evaluado		ÍNDICE ADIMENSIONAL AMBIENTAL (IAA)			
		Biblioteca Central		Biblioteca del CIA	
		Índice Ambiental parcial (IAi)	Índice Ambiental promedio (IAprom)	Índice ambiental parcial (IAi)	Índice ambiental promedio (IAprom)
(A)	Calidad de Paisaje	0.00	0.06	0.07	0.09
		0.17		0.14	
		0.00		0.14	
		0.08		0.00	
(B)	Emisión de Ruido	0.92	0.95	0.95	0.98
		0.93		1.00	
		1.00		0.98	
		0.92		0.97	
		0.93		0.98	
(C)	Generación de Residuos Sólidos (Aprovechables)	1.00	0.31	0.96	0.45
		0.13		0.48	
		1.00		0.27	
		0.02		0.04	
		0.10		1.00	

Tabla 39-C

Índices de Costo y Ambientales de Biblioteca Central y CIA, total de parámetros evaluados.

Parámetro Evaluado		BIBLIOTECA CENTRAL (1)		BIBLIOTECA DEL CIA (2)	
		Índice de Costo (IAC)	índice Ambiental (IAA)	Índice de Costo (IAC)	índice Ambiental (IAA)
(A)	CALIDAD DE PAISAJE	0.82	0.06	0.58	0.09
(B)	EMISION DE RUIDO	0.42	0.95	0.76	0.98
(C)	GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (APROVECHABLES)	0.29	0.31	0.55	0.45
		0.29	0.69	0.55	0.55

Resulta necesario aclarar que, dado que los residuos sólidos generados, específicamente los aprovechables, constituyen un valor ambiental positivo y que en el desarrollo de los índices adimensionales ambientales se considera aquellos con impacto ambiental negativo, los valores finales mostrados para dicho parámetro corresponden a su diferencia respecto de la unidad.

Por otro lado, en la figura 29 se muestra la relación de los índices adimensionales de costo-ambientales de cada parámetro evaluado en los edificios en estudio, a modo de resumen.

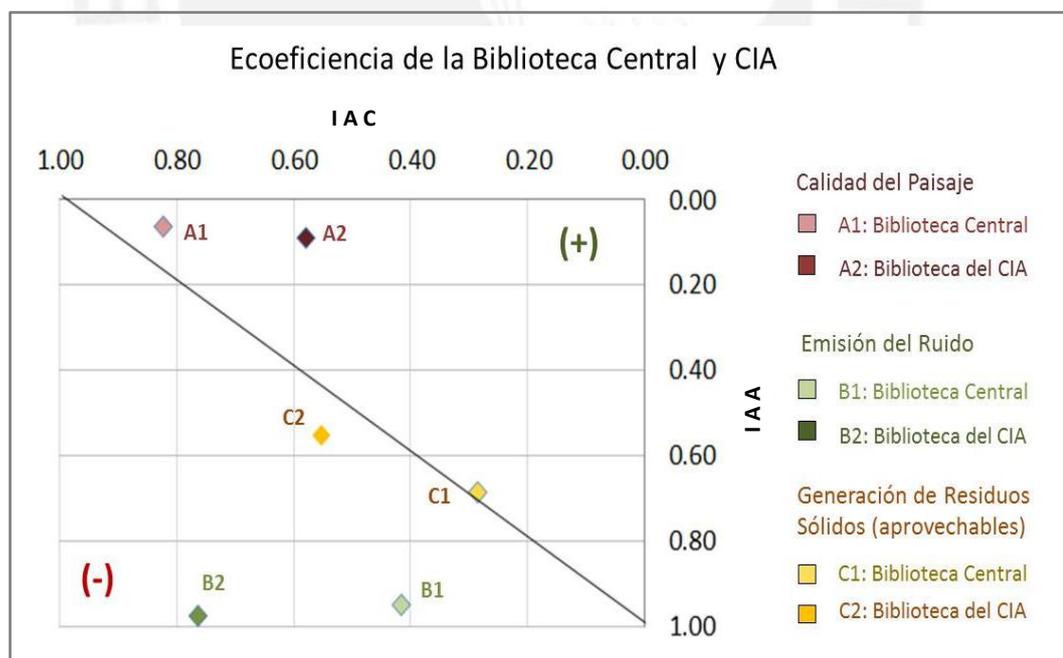


Figura 29: Ecoeficiencia de la Biblioteca Central y CIA, total de parámetros evaluados.

El eje horizontal de la figura muestra los índices adimensionales de costo (ICC), mientras que el eje vertical muestra la distribución de los índices ambientales (IAA).

En el parámetro de calidad del paisaje (parámetro A), la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (punto A2), es más ecoeficiente que la biblioteca Central (punto A1), debido a que su relación costo-valor ambiental es más cercana a cero, lo que refleja un bajo impacto ambiental y bajo costo en su etapa de uso. Por otro lado, en el parámetro de emisión de ruido (parámetro B) el escenario es distinto, porque es la Biblioteca Central (punto B1) que, pese a tener valores similares de índice ambiental con la biblioteca del CIA (punto B2), en el eje horizontal se aprecia que su índice de costo es mucho menor que el del CIA (45% menos).

Por último, respecto del parámetro de generación de residuos sólidos se tiene un escenario interesante. En atención a los residuos sólidos aprovechables, tales como PET (polietileno de tereftalato), vidrio, papel y/o cartón y residuos orgánicos, en el eje de impacto ambiental (eje vertical) se aprecia que la biblioteca del CIA (punto C2) presenta un índice adimensional ambiental (IAA) menor que la Biblioteca Central (20% menos); sin embargo, su índice adimensional de costo (IAC), en el eje vertical, resulta mayor en un 89%.

En tal sentido, a diferencia de los demás parámetros, cuyos índices adimensionales ambientales son similares y por tanto el edificio más ecoeficiente se definía en base al menor índice de costo, en el parámetro de generación de residuos sólidos el edificio más ecoeficiente dependerá del criterio del evaluador. Es decir, si se le otorga mayor ponderación al valor ambiental (el edificio con mayor cantidad de residuos sólidos aprovechables) o el económico (el edificio con menores costos en su etapa de uso). En el presente proyecto, dado que en la Biblioteca de Complejo de Innovación Académica (CIA) se observó una mejor segregación de los residuos sólidos por parte de los usuarios y personal de limpieza, dicho edificio se considera más ecoeficiente que la Biblioteca Central.

6. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Los parámetros ambientales medidos en los edificios en estudio, Biblioteca Central y biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA), fueron: calidad del paisaje, ruido ambiental y generación de residuos. Por otro lado, los parámetros económicos medidos abarcaron los costos de consumo de agua, energía eléctrica y servicio de limpieza en los que incurren las actividades que se desarrollan en dichos edificios durante su etapa de operación y mantenimiento.

El uso de los índices adimensionales propuestos en esta tesis, a través de una estandarización en el rango de 0 a 1 de los resultados obtenidos en las mediciones de los parámetros ambientales y económicos, permitió estimar la ecoeficiencia de los dos edificios en estudio mediante la relación índice adimensional de costo – índice adimensional ambiental. En tal sentido, bajo la premisa de que un edificio es más ecoeficiente a medida que dicha relación es baja, representado por índices cercanos a cero, la Biblioteca del CIA es más ecoeficiente que la Biblioteca Central para los parámetros de calidad del paisaje y generación de residuos sólidos, mientras que para el parámetro de emisión de ruido, la Biblioteca Central es más ecoeficiente que la biblioteca del CIA.

Dado que la biblioteca del CIA presenta una relación índice de costo-índice ambiental más cercana a cero en dos de los tres parámetros evaluados (calidad del paisaje y generación de residuos sólidos), se concluye que la Biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA) es más ecoeficiente que la Biblioteca Central.

Para futuras mediciones de la calidad del paisaje, se puede optar por trabajar con un mayor número de panelistas expertos en la encuesta bajo el método Delphi; sin embargo, se debe tener en cuenta que a pesar de no existir un número óptimo de expertos, sino un valor mínimo de siete, no es aconsejable recurrir a más de 30, porque el incremento de costo y trabajo no compensa la mejora en los resultados adquiridos.

En la medición del ruido, se recomienda trabajar con un número de equipos de monitoreo (sonómetros) igual al número de estaciones de monitoreo a emplear,

a fin de realizar mediciones en simultáneo, tal como lo establece el Protocolo Nacional de Ruido Ambiental, y que el resultado de la comparación entre los niveles de presión sonora registrados en cada una de las estaciones refleje mejor la realidad.

En la estimación del consumo de agua y energía eléctrica, cabe señalar que pese a que se contó con información de las facturas mensuales enviadas por las empresas proveedoras de dichos servicios, al no contar con un medidor por cada edificio del campus universitario, ello conllevó a la obtención de valores estimados de dichos consumos y no necesariamente los reales. Sin embargo, dicha deficiencia se compensó en parte con la información contenida en el Informe de Revisión de Certificación LEED de la Biblioteca del CIA, que indicaba algunos porcentajes de ahorro esperados en dicho edificio, respecto del consumo estándar de los edificios tradicionales.

Por otro lado, se puede considerar, a su vez, la realización de una encuesta al público usuario de los edificios a evaluar, para identificar el estado actual de satisfacción que poseen respecto de la infraestructura puesta a su servicio y que dicha información forme parte de un indicador del valor del servicio.

Finalmente, sobre el rol de las universidades y centros de estudio, resulta indispensable que los estudiantes sean formados con una calidad educativa basada en una cultura en ecoeficiencia para el desarrollo sostenible, de tal manera que cuenten con un nivel de sensibilidad de la responsabilidad medioambiental y social. Como parte de ello, se sugiere mayor difusión de información sobre los tipos de residuos que como estudiantes generamos en nuestras actividades y los beneficios de una eficiente segregación de los mismos, porque a través del estudio de caracterización realizado se identificó que, por ejemplo, en la Biblioteca Central se genera gran cantidad residuos de papel y cartón que es desaprovechada al encontrarse parcial o completamente humedecida y/o contaminada. Del mismo modo, como ejemplo, se identificó que pese a que en la biblioteca del CIA los residuos sólidos presentan una mejor segregación que en la Biblioteca Central, en el caso de las botellas PET, un aproximado del 33% del total no es depositado en su respectivo lugar de segregación, zona ubicada cerca de los ascensores, sino en los tachos metálicos de residuos generales.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ABAD, Jesús
GARCÍA, Fernando
2006 "Análisis y Valoración del Paisaje en las sierras de la Paramera y la Serrota (Ávila)". *M+A, Revista Electrónica de Medioambiente*, pp. 97-119.
- ANTÚNEZ, Vanessa
2008 "Cuidar el ambiente da frutos: Empresas Ecoeficientes". *El Comercio - MI NEGOCIO*. Lima, Marzo 2008.
- ARANDA, Martha
2002 *Cocoas y Chocolates La Corona: pioneros exitosos en el proceso de Ecoeficiencia*. Publicación propia del proyecto GTZ-CANACINTRA
- BCN, BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE
- 2014 *Ley 20780 Reforma Tributaria que modifica el Sistema de Tributación de la Renta e introduce diversos ajustes en el Sistema Tributario*. Consulta: 06 de noviembre de 2017. <<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1067194>>
- 2016 *Ley 20920 Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje*. Consulta: 03 de noviembre de 2017. <<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1090894>>
- BIDWELL, Robin
VERFAILLIE, Hendrik
2000 *Measuring Eco-efficiency: A Guide to Reporting Company Performance*. World Business Council for Sustainable Development, pp.16-21. Consulta: 10 de mayo del 2016. <<http://www.gdrc.org/sustbiz/measuring.pdf>>
- BUSTAMANTE, Yolanda
2011 "Eficiencia en la Universidad Hacia un Desarrollo Sostenible". *Gestión del Tercer Milenio*. Lima, 14, pp.47-53
- BURGUILLO, Mercedes.
CADENAR, Alfredo.
DEL RÍO, Pablo
VIEIRA de Abreu, Yolanda
2011 "Desarrollo Sostenible en España en el final del siglo XX". *Grupo EUMEDNET*. Madrid, pp.44-86.

CANTANHEDE, Alvaro
SANDOVAL, Leandro
MONGE, Gladys
CAYCHO, Carlos
2005

Procedimientos Estadísticos para los Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos. HDT-CEPIS N°97. Lima. Consulta: 01 de octubre del 2016
<<http://sinia.minam.gob.pe/documentos/procedimientos-estadisticos-estudios-caracterizacion-residuos-solidos>>

CANTÚ, Pedro
2015

“Ecoeficiencia y Sustentabilidad”. *Ciencia UANL*. México, Año 18, Número 71, enero-febrero, pp. 34-38.

CCE, CONSEJO COORDINADOR EMPRESARIAL

2013

Taller de Oportunidades de Financiamiento para el Crecimiento Verde en México. Consulta: 15 de junio de 2016
<<http://www.cespedes.org.mx/wp-content/uploads/2015/03/Crecimiento-Verde-Completo.pdf>>

CEBDS, CONSEJO EMPRESARIAL BRASILEÑO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

2017

Oportunidade e Desafios das metas da NDC Brasileira para o Setor Empresarial. Consulta: 28 de enero de 2017.
<http://200.201.177.46/Dados/Arquivos/EstudoNDC/CEBDS_NDC_SUMEX_Navegavel.pdf>

CECODES, CONSEJO EMPRESARIAL COLOMBIANO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

2003

Casos y Experiencias en Ecoeficiencia (1996-2003).

2011

Cambiando el Rumbo 2010. Casos de Sostenibilidad en Colombia. Consulta: 12 de junio de 2016.
<http://cecodes.org.co/site/wp-content/uploads/publicaciones/cambiando_el_rumbo_2010.pdf>

2014

Aportes Empresariales a la Sostenibilidad. Colombia, 2014. Consulta: 13 de junio de 2016.
<<http://cecodes.org.co/site/wp-content/uploads/publicaciones/Aportes-empresariales-a-la-sostenibilidad.compressed.pdf>>

CEPPI, Sergio.
SANHUEZA, Enrique
ERCHILLA, Lucy
BARRERA, Manuel
VILA, Claudio
1983

“Chile, 100 Años de Industria (1883-1983)”. *Sociedad de Fomento Fabril*. Santiago de Chile, 1983.

- CERDA, Omar
VEGA-LÓPEZ, Eduardo
2011 “Revisión de las prácticas vigentes y los criterios utilizados para integrar aspectos ambientales y sociales en la infraestructura urbana de Chile, Colombia y México”. En: Ecoeficiencia y Desarrollo de Infraestructura Urbana Sostenible en Asia y América Latina. *Naciones Unidas*. Santiago de Chile, pp. 11-14, 67-68, 110-118, 125-132.
- COEPA, CONFEDERACIÓN EMPRESARIAL DE LA PROVINCIA DE ALICANTE
2007 *Guía empresarial de Gestión Ambiental: El Riesgo Ambiental*. Consulta: 11 de marzo de 2017.
<<http://www.coepa.es/GuiasMA/Riesgo%20Ambiental%20def.pdf>>
- CONAMA, COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE DE CHILE
2005 Política de gestión integral de residuos sólidos. Consulta: 05 de noviembre de 2017.
<http://www.asimet.cl/pdf/Politica_de_Gestion_Integral_de_Residuos_Solidos.pdf>
- CONFEBASK, CONFEDERACIÓN EMPRESARIAL VASCA
2003 “La industria vasca aumenta su producción disminuyendo sus impactos ambientales”. *Boletín de Información Medioambiental*. Bilbao, 2003, No. 7, pp.1-5.
- COUNCIL OF EUROPE
2000 “European Landscape Convention”. Firenze: 20-X-2000
- DALKEY, Norman.
BROWN, Bernice.
COCHRAN, S.
1969 The Delphi Method, III: Use of self ratings to improve group estimates. *The Rand Corporation*. California.
<https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2006/RM6115.pdf>
- DAMA, DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE
2006 *Parques Industriales Ecoeficientes*, documento marco. Bogotá, D.C
- DEBERNARDO, Héctor
HURTADO, Margaria
2010 “Las Pymes. Principales causas de fracaso y cómo combatirlas”. *ISEF*. México.
- ESCRIBANO, M.
DE FRUTOS, M.
IGLESIAS, E.
MATAIX, C.
1987 El Paisaje. *Ministerio de Obras Públicas y Transportes*. Madrid, pp.107.

E&N, EMPRESAS & NEGOCIOS

2013 "Cámara de Comercio de Lima celebra la inauguración de su nuevo edificio". Lima. Consulta: 10 de noviembre de 2017.
<http://200.37.9.27/DataArchivoCCL/CCLWeb/Revista_4424.pdf>

FERNANDEZ, M.

1977 El paisaje en la planificación física. Aproximación sistemática a su valoración. *E.T.S. de Ingenieros de Montes de Madrid*.

FFA, FUNDACIÓN FÒRUM AMBIENTAL

1999 *El reto de la ecoeficiencia, la productividad de los recursos y la ecoinnovación en el sur de la UE*. Barcelona, pp.1-11. Consulta: 28 de abril del 2016.
<<http://www.forumambiental.org/pdf/reto.pdf>>

2001 *Guía para la ecoeficiencia*. Barcelona, pp.1-13, 51-68. Consulta: 6 de mayo del 2016.
<<http://www.forumambiental.org/pdf/guiacast.pdf>>

FMV, FONDO MIVIVIENDA S.A.

2015 *Reglamento del Bono MiVivienda Sostenible*. Consulta: 22 de abril del 2017.
<<http://www.mivivienda.com.pe/PortalCMS/archivos/documentos/8587614191668786847.PDF>>

FOSCA, Carlos

2014 *Creando un Nuevo Ecosistema para el Aprendizaje en la PUCP*. Lima. Consulta: 12 de agosto de 2016.
<https://es.slideshare.net/IPAE_INNOVA/creando-un-nuevo-ecosistema-para-el-aprendizaje-en-la-pucp-carlos-fosca>

GARCÍA, Margarita

SUÁREZ, Mario

2013 "El método Delphi para la consulta a expertos en la investigación científica". *Revista Cubana de Salud Pública*. La Habana, 2013, vol.39, No.2.

GARCÍA, Omar

2014

"Propuesta de incorporación de los efectos medioambientales en una contabilidad tradicional dentro de una PYME en el estado de México. Estudio de Caso". *RECAI*. México, Año 3, No.7, pp.32-59.

GONZÁLES, Marianela

MORALES, Milagros

2011

"La Ecoeficiencia Empresarial: Su contribución al desarrollo local sostenible en los marcos de la globalización neoliberal". *DELOS, DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE*. Málaga, 2011, vol. 4, No. 10.

- GUTIÉRREZ, Víctor
2012 “La Ecoeficiencia y su Impacto en el Medio Ambiente”. *PAIDEIA XXI*. Lima, 2012, vol. 2, No. 3, pp.37-50.
- HAUSHNIK, Peter
2002 “Implementación de la Ecoeficiencia en las PyMES”. *El Ecologista Industrial*. México, enero-febrero, pp. 20-23.
- Herramientas y Técnicas Auxiliares de la Excelencia: Gestión Ambiental Rentable-Casos Exitosos*. México DF. Consulta: 20 de mayo de 2016.
<<http://www.gemi.org.mx/files/II Congreso/proycanacindra.PDF>>
- Introducción de la ecoeficiencia a una empresa mediana en México*. Publicación propia del proyecto GTZ-CANACINTRA. Consulta: 18 de mayo de 2016.
<http://www.fechac.org/pdf/rse/ecoeficiencia_peter_hauschnik.pdf>
- HINTERBERGER, F.
STILLER, H.
1998 “Energy and Material Flows”. En: Proceedings of the International Workshop Advances in Energy Studies. Energy Flows in Ecology and Economy. *MUSIS*. Roma.
- HILLARY, Ruth
2004 “Environmental Management Systems and the Smaller Enterprise”. *Journal of Cleaner Production*, vol. 12, No. 6, pp. 561-569.
- INDA, Claudia
VARGAS, José
2012 “Ecoeficiencia y Competitividad: Tendencias y Estrategias con metas comunes”. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*. Cali, 2012, número 11, pp.33-40.
- JOLLANDS, Nigel
LERMIT, Jonathan
PATTERSON, Murray
2004 “Aggregate eco-efficiency indices for New Zealand – a principal components analysis”. *Journal of environmental management*. Blenheim, vol. 73, pp. 293-305.
- LANDETA, Jon.
1999. *El método Delphi*. Ariel, 1999. Barcelona
- LEAL, José
2005 “Ecoeficiencia: Marco de Análisis, Indicadores y Experiencias”. *CEPAL*. Santiago de Chile, pp.11-67.

- LEHNNI, Markus
SCHMIDHEINY, Stephan
STIGSON, Björn
2000 Eco-Efficiency: Creating More Value with Less Impact. WBCSD, 2000.
- LIVERT-AQUINO, Felipe
2011 *Ecoeficiencia: Ecoeficiencia y Desarrollo de Infraestructura Urbana Sostenible en Asia y América Latina*. CEPAL. Santiago de Chile, pp.15-20. Consulta: 25 de abril del 2016.
<http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5644/1/S057520_es.pdf>.
- LLOCLLA, Henry
ARBULÚ, César
2014 “La Educación en Ecoeficiencia”. *UCV-Hacer*. Lima, 2014, vol. 3, No.1.
- MARTINEZ, Araceli
2016 *Reducción del impacto ambiental de la empresa PRETTL de México S.A. de C.V. a través de la implementación de la estrategia de Ecoeficiencia*. Consulta: 03 de noviembre de 2017.
<<http://ri.uaq.mx/xmlui/handle/123456789/7804>>
- MEDELLÍN, Pedro
2001 “El Desempeño Ambiental de las Universidades. Significado y Opciones”. *Pulso – Sección Ideas*. San Luis Potosí, 2001.
<<http://ambiental.uaslp.mx/docs/PMM-AP010621-Desempe%C3%B1oAmbientaldelasU.pdf>>
- MICKWITZ, Per
MELANEN, Matti
ROSENSTRÖM, Ulla
SEPPÄLÄ, Jyri
2006 “Regional eco-efficiency indicators - a participatory approach”. *Journal of Cleaner Production*. ELSEVIER. Vol.14, pp.1603-1611.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO DE ESPAÑA
2016 *La Energía en España 2015*. Consulta: 20 de noviembre de 2016.
<http://www.minetad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf>
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO DE ESPAÑA
2007 *Plan de Turismo Español Horizonte 2020*. Consulta: 31 de octubre de 2017.
<http://www.tourspain.es/eses/VDE/Documentos%20Vision%20Destino%20Espaa/Plan_Turismo_Espa%C3%B1ol_Horizonte_2020.pdf>

2012 *Resumen del Plan de Energías Renovables 2011-2020.*
Consulta: 31 de octubre de 2017.
<http://www.minetad.gob.es/energia/esES/Novedades/Documents/Resumen_PER_2011-2020.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE, ESPAÑA

2000 *Plan Nacional de Regadíos.* Consulta: 31 de octubre de 2017
<<http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/plan-nacional-regadios/texto-completo/>>

2004 *Programa A.G.U.A. (Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua).* Consulta: 31 de octubre de 2017.
<http://www.mapama.gob.es/es/agua/planes-y-estrategias/informes-de-viabilidad-de-obras-hidraulicas/actuaciones-y-proyectos/index_agua.asp>

MINAM, MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL PERÚ

2009 *Decreto Supremo 009-2009 Medidas de Ecoeficiencia para el Sector Público.* Consulta: 9 de junio del 2016.
<http://ecoeficiencia.minam.gob.pe/public/docs/29.pdf>

2009 *Manual para Municipios Ecoeficientes.* Consulta: 15 de julio del 2016
<http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/manual_para_municipios_ecoeficientes.pdf>

2009 *Guía de Ecoeficiencia para Empresas.* Consulta: 20 de julio del 2016.
<http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_de_ecoeficiencia_para_empresas1.pdf>

2012 *Ciudadanía ambiental. Guía de educación en ecoeficiencia.*
Consulta: 15 de mayo de 2016.
<<http://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2013/10/Gu%C3%ADa-Educ-en-Ecoef-en-Word-18-Jul.pdf>>

2012 *Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental.* Pacific
Protección Integral de Recursos PIR. Lima. Consulta: 19 de
setiembre del 2016.
<<http://www.munibustamante.gob.pe/archivos/1456146994.pdf>>

2016 *Informe Anual 2015: Instituciones Públicas Ecoeficientes.*
Consulta: 9 de junio del 2017.
<http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2017/04/informe_Ecoeficiencia_paginas.compressed.pdf>

MMA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE DE CHILE

2014 *Impuestos Verdes.* Consulta: 05 de noviembre de 2017.
<http://www.chile21.cl/wp-content/uploads/2014/05/Presentacion_Rodrigo_Pizarro-Chile21.pdf>

- MOLLER, Rolf
2010 "Principios de Desarrollo Sostenible para América Latina". *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*. Consulta: 02 de noviembre de 2017.
<<http://www.redalyc.org/html/2311/231116434012/>>
- MONDRAGÓN, Angélica
2002 "¿Qué son los indicadores?". *NOTAS, Revista de Información y Análisis*. México, 2002, No.19, pp.52-58.
- MONROY, Néstor
RAMÍREZ, Dayana
2004 *Parques Industriales Ecoeficientes en Bogotá: ¿Una Alternativa Ambiental, Económica y/o social?* UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Bogotá. Número 19, pp.1-14.Consulta: 26 de junio del 2016.
<<https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/447/6497>>
- MONTES, Jenny
2008 *Ecoeficiencia: Una Propuesta de Responsabilidad Ambiental Empresarial para el Sector Financiero Colombiano*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN. Medellín, pp. 14-17. Consulta: 12 de julio del 2016.
<https://www.academia.edu/11209133/ecoeficiencia_una_propuesta_de_responsabilidad_ambiental_empresarial_para_el_sector_financiero_colombiano>
- MONTES, Juan
GALEANO, Liseth
2015 "Identificación de barreras y oportunidades para el desarrollo de la Ecoeficiencia con aplicación empresarial en Medellín (Colombia): Un estudio de caso desde los actores de la relación Universidad, Empresa, Estado". *Espacios*. Medellín, vol.36, No.17, pp. 23.
- MUJICA, Lucía
2016 *Sostenibilidad Ambiental y Competitividad Empresarial Ecoeficiencia*. Consulta: 20 de abril de 2017.
<http://repositorio.promperu.gob.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/594/Sostenibilidad_ambiental_competitividad_empresarial_ecoeficiencia_2016_keyword_principal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NAREDO
2015 *La economía en evolución. Historia y perspectivas de las categorías básicas del pensamiento económico*. Cuarta edición. Madrid, España: Siglo XXI.
- NORMA TÉCNICA PERUANA
2007 NTP-ISO 1996-1:2007, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación.

OECD, ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO

1998 "Eco-Efficiency". París: OCDE.

2002 *Análisis sobre Ecoeficiencia: Logros en los Países de la OCDE*. París. OCDE, pp. 1-10. Consulta: 01 de mayo del 2016.
<<http://www.oecd.org/environment/countryreviews/1900540.pdf>>

OEFA, ORGANIZMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL

2016 *Otorgamiento de Incentivos del OEFA*. Consulta: 15 de julio del 2016.
<https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=18958>

PACHE, María

2017 *La Teoría de la Ecoeficiencia: Efecto sobre la Performance Empresarial*. Badajoz.

POST, James
ALTMAN, Barbara

1994 "Managing the Environmental Change Process: Barriers and Opportunities". *Journal of Organizational Change Management*, vol.7, No.4, pp. 64-81.

PRESIDENCIA DEL CONCEJO DE MINISTROS

2003 *Decreto Supremo N° 85-2003-PCM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*. Lima. Consulta: 26 de setiembre de 2016.
<<http://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-estandares-nacionales-calidad-ambiental-ruido>>

RONDÓN, Estefani

SZANTÓ, Marcel

2012 Ecoeficiencia y desarrollo de infraestructura urbana sostenible en Asia y América Latina. Residuos y reducción de gases de efecto invernadero: el caso de Chile. *Naciones Unidas*. Santiago de Chile.

ROSSI, M.T.B.

BARATA, M.M.L.

2009 *Barreiras à Implementação de Produção Mais Limpa como Prática de Ecoeficiência em Pequenas e Médias Empresas no Estado do Rio de Janeiro*. Sao Paulo, pp.1-10. Consulta: 24 de mayo del 2016.
<<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/1/M.%20T.%20B.%20Rossi%20-20Resumo%20Exp.pdf>>

RUSCHEINSKY, Aloisio
GUERRA, Antonio
FIGUEIREDO, Mara
SILVA, Patricia
LIMA, Víctor
CARVALHO, Welington
2014

Ambientalização nas Instituições de Educação Superior No Brasil: Caminhos Trilhados, Desafios e Possibilidades. Consulta: 01 de noviembre de 2017.

<https://www.researchgate.net/profile/Orlando_Saenz/publication/291520828_Panorama_de_la_Sustentabilidad_en_las_Universidades_de_America_Latina_y_El_Caribe/links/56a39fc308ae232fb20581e8.pdf#page=24>

SAKURAI, Kunitoshi
1983

Método sencillo del análisis de los residuos sólidos. Hoja de Divulgación Técnica No.17.CEPIS. Lima.

Manual de instrucción de análisis de residuos sólidos municipales. CEPIS, Lima. Segunda Versión.

SCHALTEGGER, Stefan
BURRIT, Roger
2000

Contemporary Environmental Accounting-Issues, Concepts and Practice. Greenleaf Publishing. Sheffield.

SCHMIDHEINY, Stephan
1992

Changing Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment. The MIT Press, Cambridge, MA.

SOFOFA, SOCIEDAD DE FOMENTO FABRIL

2016

Memoria Anual 2016. Consulta: 8 de noviembre de 2017.
<<http://web.sofofa.cl/corporativa/quienes-somos/memoria-anual/>>

UNJBG, UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

2017

Plan de Ecoeficiencia para la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna. Consulta: 20 de octubre de 2017.
<<http://www.unjbg.edu.pe/resoluciones/pdf/rr20412017.pdf>>

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL
2015

LEED Certification Review Report. Project ID 1000035147.

WBG, WORLD BANK GROUP
2010

"A city – wide approach to carbon finance", carbon partnership facility innovation series, Washington DC. Consulta: 08 de noviembre de 2017.

<http://siteresources.worldbank.org/INTCARBONFINANCE/Resources/A_city-wide_approach_to_carbon_finance.pdf>