

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA



**ECOEficiencia Acústica o Sonora del Complejo de
Innovación Académica (Biblioteca)**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Jean André Bernui Soto

ASESOR

Dr. Federico Alexis Dueñas Dávila

Lima, agosto de 2019

Resumen del proyecto

El Complejo de Innovación Académica (CIA) de la Pontificia Universidad Católica (P.U.C.P.) es una de las edificaciones más modernas que cumple con los estándares de la certificación ambiental LEED silver que tiene una alta confluencia de usuarios entre estudiantes, profesores, sin embargo, dichos usuarios manifiestan una latente molestia ante la presencia del ruido, por lo que se realizó el presente estudio para conocer la ecoeficiencia acústica de este ambiente. La ecoeficiencia es una herramienta de la economía muy reciente aplicada para poder calcular y evaluar el desempeño ambiental de un proyecto y si lo que se invirtió en el mismo cumple satisfactoriamente con la mitigación de impactos.

Con el fin de evaluarla, se realiza un recojo de información a través de encuestas de satisfacción y percepción del ruido en el público usuario cuya asistencia se promedia para entender la relevancia; el alcance del impacto ambiental (ruido) midiéndose en los ambientes dentro de la misma usando el registro in situ; la inversión de su mitigación con una estimación económica con base en los elementos de mitigación acústica que han sido empleados con este fin, y la comparación de dichos resultados con los distintos métodos propuestos, para dar cuenta de cuán viables son las medidas tomadas.

Como resultado final, en el estudio se encuentra que los valores de ruido estandarizados se encuentran entre 0.192 y 0.592, teniendo solo el 11% por encima de 0.5; mientras que el costo estandarizado tiene valores entre 0 y 1 con distribución equitativa respecto al 0.5. Finalmente se observa que, de acuerdo al primer método, el 64% de los casos son ineficientes; sin embargo, son en su mayoría muy próximos a la diagonal; mientras que el segundo método demuestra que el 93% de los casos son ineficientes, los restantes son imposibles y requieren una refinación de cálculo. Con esto se concluye que la certificación LEED no implica una eficiencia en la mitigación de impactos acústicos, puesto que se concentra en aspectos netamente ecológicos, y no siempre considerando los económicos.

Palabras clave: Certificación LEED, ecoeficiencia, ruido.

Abstract

The Academic Innovation Complex' library (CIA in Spanish) from the Pontifical Catholic University of Peru (PUCP in Spanish) is one of the most modern edifications that meets LEED silver certification standards that has a high confluence of people between students and teaching staff, however, exists a latent annoyance because of the noise in the users of the edification, so the present study was carried out to know the acoustic eco-efficiency in the environment. The eco-efficiency is a recent economic tool used to calculate and evaluate the environmental performance of a project and if what was invested gets successfully the impact mitigation goal.

To evaluate it, it is necessary to register information and to know the income of people in the library through users noise perception surveys which their assistance was necessary to calculate their influence; the size of the impact by measuring in situ the noise level pressure; how much was the investment for its implementation based on the elements used to mitigate the impact and compare the results with the known proposed methods, in order to evaluate the viability of the measures taken.

At the end, in this study the standardized noise results are between 0.192 and 0.592, only having 11% over 0.5, meanwhile the standardized cost were between 0 and 1 with an equitable distribution respect to 0.5, and with that, the first method indicates that even though almost 64% of the cases are in the optimal zone of the graphic, plenty of them are near the diagonal; in the other hand, the second method demonstrates that 93% of the results are inefficient and the rest need a refinement in the calculations. As a conclusion, the LEED certification does not implies an efficiency in environmental impact mitigation, because it focuses in the ecological aspects but not as expected in the economical ones.

Key words: LEED certification, eco efficiency, noise.



Este proyecto de tesis está dedicado a mi familia que siempre se mantuvo constante apoyándome para la realización de la misma; adicionalmente un gran agradecimiento a mis compañeros, colegas y asesor que me apoyaron con sus conocimientos.

TEMA DE TESIS

PARA OPTAR	: Título profesional de Ingeniero Civil
TEMA	: Estimación de la ecoeficiencia en edificaciones (tradicional e inteligente) del campus de la PUCP.
ÁREA	: Medio Ambiente y Recursos Hídricos
ASESOR	: Federico Alexis Dueñas Dávila
ALUMNO(S)	: Jean Andre Bernui Soto – 20121.319.412
FECHA	: 31 de octubre de 2018
MÁXIMO	: 100 páginas

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La ecoeficiencia busca la solución más eficiente en el uso de materias primas, energía, procesos constructivos y prestación de servicios (MINAM, 2014) y como instrumento de gestión ambiental permite la medición de diversos indicadores ambientales, uno de los cuales, es el ruido, entendido éste último como un “sonido desarticulado, por lo general desagradable” (RAE, 2017) y por tanto, es una variable de interés para la evaluación de edificaciones sostenibles.

El Complejo de Innovación Académica (CIA) es una de las edificaciones, más modernas que se ha construido en el campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú, que alberga a la “Nueva Biblioteca”, la cual suele ser utilizada como ambiente de estudio de la comunidad universitaria. Esta edificación no solo es moderna sino que ha obtenido la certificación ambiental del GBC (Perú) mediante el sello “Liderazgo en Energía & Diseño Ambiental” (LEED por sus siglas en inglés), versión 3, implementada el año 2009. Sin embargo, esta certificación no considera entre sus criterios, de forma expresamente al ruido o el nivel de control acústico de las instalaciones. Hoy en día, las perturbaciones sonoras externas son perceptibles en el interior; los cubículos de estudios no están acústicamente aislados y el ruido no es absorbido por la estructura, en este contexto, es relevante evaluar los niveles de presión sonora, y a partir de ello sugerir su tratamiento en un contexto LEED.

De otro lado, por la literatura publicada en diversos medios académicos, se ha demostrado que el ruido causa problemas de salud como falta de concentración, migraña si es persistente, sordera si se da en altos niveles (Benasayag, E.F.M., 2000 y Kaiwal, R., 2016). En la tesis propuesta, abordará tanto la medición de los niveles sonoros como el comportamiento de la acústica de la edificación, y con ello diseñar sugerencia en un contexto LEED, para lo cual se hará uso del índice de ecoeficiencia.

ANTECEDENTES

Como ya se indicó antes, la ecoeficiencia es una herramienta que busca relacionar los impactos ambientales de determinado proyecto con el costo generado para su funcionamiento. También es útil como un mecanismo optimizar procesos productivos y la

provisión de servicios (MINAM, 2008). Desde otra perspectiva, la ecoeficiencia se expresa como el ratio entre las "salidas" de servicios y productos ofrecidos sobre la "entrada" de impactos ambientales generados por un agente económico, sector o economía de una nación (OECD, 1998). De modo que la oferta de bienes y servicios a valores económicos que satisfagan las necesidades humanas y mejoran la calidad de vida, al tiempo que reducen progresivamente los impactos ecológicos y la intensidad de recursos a lo largo del ciclo de vida a un nivel al menos adecuado a la capacidad estimada del planeta (Schmidheiny, 1992).

El término y concepto de "Ecoeficiencia" fue acuñado por el World Business Council for Sustainable Development en su publicación "Changing World" del año 1992. En esa oportunidad se refirió a la generación de la mayor cantidad posible de bienes y servicios de buena calidad usando la menor cantidad de recursos y generando la menor tasa de residuos y contaminación (MINAM, 2012). Desde ese momento, esta herramienta ha sido estudiada y aplicada en diversos contextos sociales y económicos del mundo (Ren, S., et al, 2016).

La contaminación acústica es un área también extensamente investigado en numerosos casos, como en México (Zamorano, B., et al, 2015), India (Kaiwal R., 2016) y Portugal (Silva, O., 2015). En Perú no se disponen de estudios comprensivos sobre la contaminación sonora, aun en zonas de protección especial como los hospitales (Bambarén-Alatrística, C. et al, 2014). Sin embargo, hay que considerar que por más que se desee eliminar este tipo de contaminación, el proceso económico que se realiza producirá cierto nivel de contaminación que forma parte del "ruido de fondo", lo cual implica identificar fuentes de emisión, para diseñar medidas que sean ecoeficientes en la mitigación de este aspecto (Kiely, G., 1999).

OBJETIVOS

El objetivo general del presente proyecto es evaluar los niveles de ruido que se producen en el Complejo de Innovación Académica (CIA) y relacionarlos con los costos de operación de la planta.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Definir el nivel de estado de operación del CIA y mesurar la percepción de ruido en las instalaciones por parte de sus usuarios;
- Determinar, mediante el sistema de ponderación A, el nivel de ruido dentro del CIA (considerando como fuentes de ruido el exterior y el interior del mismo);
- Establecer el análisis de costos de operación del CIA y hallar la relación del ruido con el costo y compararlo con los valores sugeridos según estándares, sean nacionales o internacionales.

PLAN DE TRABAJO

Para desarrollar el estudio propuesto, el tesista 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, así como de la contaminación sonora.
- Descripción ambiental del proyecto a evaluar en términos de uso y contaminación sonora.
- Aplicar la metodología seleccionada para la mejor estimación de la ecoeficiencia, así como el correspondiente 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 aquellos que obtuvo resultados, considerando los comentarios y críticas o límites reportados por el estudio desarrollado.

Se establecerá un rol de reuniones con una frecuencia semanal a fin de garantizar el avance del estudio, conclusiones, 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

Complete el formato y solicite el visto bueno de su asesor. Tenga en cuenta que la Facultad verificará que el tema de tesis propuesto, cumpla los siguientes requisitos:

1. Usted debe adjuntar un archivo ZIP conteniendo el tema de tesis en Word y en formato PDF con el visto bueno del asesor.
2. Usted no debe contar con un Tema de tesis asignado anteriormente. De darse el caso, deberá efectuar el trámite de cambio del tema de tesis en la Facultad.
3. Usted debe encontrarse matriculado o haber aprobado el segundo curso de Tesis de su especialidad.
4. En caso de que el tema de tesis mencione a una organización, deberá adjuntar la autorización del representante legal de dicha organización.

En caso de alguna consulta adicional, puede contactarnos a la cuenta: titulacion-fci@pucep.edu.pe

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen del proyecto	ii
Abstract	iii
TABLA DE CONTENIDOS.....	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xii
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Formulación del problema.....	1
1.2 Hipótesis.....	2
1.3 Justificación del proyecto.....	3
1.4 Objetivos	3
1.5 Alcance del proyecto	3
1.6 Normativa vigente	4
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes y Estudios Anteriores:.....	7
2.2 Estado del arte:	12
2.2.1 Certificaciones y estándares ambientales.....	12
2.2.2 Ecoeficiencia	13
2.2.3 Contaminación Acústica	14
2.2.4 Medidas de mitigación sonora	15
2.3 Marco Conceptual:	17
2.4 Fundamentos teóricos:.....	19
2.4.1 Acústica.....	20
2.4.2 Decibel	20
CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA.....	21
3.1 Trabajo de campo	22
3.1.1 Cuento de personas y encuestas al público usuario	22

3.1.2	Medida de línea base y recolección de datos	23
3.2	Técnicas de medición	25
3.3	Técnicas de costeo	27
3.4	Estimación de Ecoeficiencia	28
CAPÍTULO 4 RESULTADOS		30
4.1	Ruido ambiental: Percepción de usuarios	30
4.2	Conteo de personas y encuestas de satisfacción.....	30
4.2.1	Encuestas.....	31
4.3	Estimación de emisiones según afectación ambiental.....	32
4.3.1	Perfiles y polígonos de ruido	33
4.3.2	Índices de afectación ambiental	34
4.3.3	Mapas de ruido por planta.....	38
4.4	Estudio de Ecoeficiencia	38
4.4.1	Estimación del costo de operaciones	38
4.4.2	Ecoeficiencia de la biblioteca.....	43
CAPÍTULO 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		46
5.1	Percepción y uso del público usuario	46
5.2	Niveles de presión sonora.....	46
5.3	Costo de mitigación acústica.....	47
5.4	Ecoeficiencia	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		49
Conclusiones:		49
Recomendaciones:.....		50
BIBLIOGRAFÍA		51
ANEXOS		54
Anexo 1: Planos de ubicación de estaciones		54
Anexo 2: Base de datos de emisiones sonoras		60

Anexo 3: Fotografías	82
Anexo 4: Planos	88
Anexo 5: Mapas de Ruido	94



LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2-1: CRÉDITOS PARA CALIDAD AMBIENTAL DE INTERIORES (USGBC, 2015).....	12
FIGURA 2-2: VALORES DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA PRESENTE EN LOS EXTERIORES DE UNA INSTITUCIÓN MÉDICA. (KAIWAL R., 2016)	15
FIGURA 2-3: ESQUEMA DE LA GEOMETRÍA DE UN RESONADOR DE TIPO HELMHOLTZ. (GUIGUET & WELTI, 2003).....	16
FIGURA 2-4: MUESTRA DE LAS PÉRDIDAS DE INSERCIÓN PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE SISTEMAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO. (HERLIN, 2015)	16
FIGURA 3-1: UBICACIÓN (IZQUIERDA) Y VISTA EN PLANTA DEL CIA (DERECHO) (GOOGLE MAPS)	21
FIGURA 3-2: VISTA DE FRENTE DEL CIA	21
FIGURA 3-3: EJEMPLO DE POLÍGONO DE SONIDO (KIELY, 1999)	24
FIGURA 3-4: EJEMPLO DE GRÁFICO DE DIVERGENCIA. CÓMO SE PUEDE OBSERVAR, TODOS LOS VALORES SON POSITIVOS, POR LO QUE TODO EL REGISTRO ES SUPERIOR AL ECA (KIELY, 1999).....	24
FIGURA 3-5: CURVAS DE PONDERACIÓN A, B Y C (RM 227-2013- MINAM).....	26
FIGURA 3-6: SONÓMETRO A UTILIZAR EN EL PROYECTO (FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO)	27
FIGURA 3-7: GRÁFICO DE ACV/ COSTO (LEGRAND, E., 2004)	29
FIGURA 4-1: (DE ARRIBA ABAJO, DE IZQUIERDA A DERECHA) RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA PARA ESTE PROYECTO.	31
FIGURA 4-2: (DE IZQUIERDA A DERECHA) RESULTADOS SOBRE EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL CIA, EN LA ENCUESTA REALIZADA.	32
FIGURA 4-3: GRÁFICOS DE DISPERSIÓN DE RADIAL PARA LA ESTACIÓN 4B 1 PARA EL DÍA 29 DE AGOSTO DEL TURNO MAÑANA (ARRIBA) Y MEDIODÍA (ABAJO). LOS POLÍGONOS ROJOS REPRESENTAN LA EMISIÓN REGISTRADA Y LOS AZULES, LOS ECA	33
FIGURA 4-4: LÍNEAS DE PERFIL PARA EL CONJUNTO DE MEDIDAS REGISTRADAS EN LA MAÑANA (AZUL) Y EN LA TARDE (ROJO) COMPARADAS CON EL ECA (VERDE) (ARRIBA). PERFILES DE DIFERENCIA ENTRE LOS REGISTROS Y EL ECA (ABAJO).....	37
FIGURA 4-5: (IZQUIERDA A DERECHA) MAPAS DE RUIDO DE LA PRIMERA PLANTA TURNO MAÑANA Y TURNO TARDE RESPECTIVAMENTE.	38
FIGURA 4-6: <i>INCIDENCIA DE LOS ELEMENTOS DE MITIGACIÓN ACÚSTICA EN EL COSTO TOTAL FINAL DE ACABADOS.</i>	40
FIGURA 4-7: GRÁFICO DE ACV/ COSTO PARA LOS VALORES ESTANDARIZADOS GRAFICADOS EN EL PRIMER MÉTODO DE ANÁLISIS.	45

LISTA DE TABLAS

TABLA 1-1: ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA RUIDO (ECA).....	5
TABLA 1-2: PRECIOS UNITARIOS OFICIALES PARA OCTUBRE DE 2018.....	6
TABLA 3-1: INFORMACIÓN GENERAL DE LA EDIFICACIÓN	22
TABLA 3-2: TOLERANCIAS PERMITIDAS POR LA IEC 60651 EN DECIBELES (DB)	27
TABLA 4-1: RESULTADO DE AFORO DE PERSONAS.....	31
TABLA 4-2: RESUMEN DE MEDIAS DE RESULTADOS SEGÚN ESTACIÓN.....	34
TABLA 4-3: DIFERENCIA DE VALOR ENTRE EL PROMEDIO POR ESTACIÓN Y EL ECA.....	35
TABLA 4-4: MEDIDAS DE NIVEL DE PRESIÓN SONORA Y LA DIFERENCIA CON EL ECA.....	36
TABLA 4-5: DISTRIBUCIÓN POR ÁREA DE COSTO DE BALDOSAS ACÚSTICAS PARA CADA ESTACIÓN.....	39
TABLA 4-6: DISTRIBUCIÓN POR ÁREA DE COSTO DE ALFOMBRAS MODULARES PARA CADA ESTACIÓN.	39
TABLA 4-7: DISTRIBUCIÓN POR ÁREA DE COSTO DE DRYWALL PARA CADA ESTACIÓN.	39
TABLA 4-8: DISTRIBUCIÓN POR ÁREA DE COSTO DE LANA DE VIDRIO PARA CADA ESTACIÓN.	39
TABLA 4-9: DISTRIBUCIÓN POR ÁREA DE COSTO D VIDRIO INSULADO PARA CADA ESTACIÓN.....	40
TABLA 4-10: DISTRIBUCIÓN POR ÁREA DE COSTO TOTAL PARA CADA ESTACIÓN.....	40
TABLA 4-11: RESUMEN DE COSTO TOTAL	41
TABLA 4-12: RESUMEN DE COSTO TOTAL DE ACUERDO A LOS PRECIOS SUGERIDOS POR NORMA	42
TABLA 4-13: VALORES ESTANDARIZADOS DE RUIDO Y COSTO DE CADA ESTACIÓN.....	43
TABLA 4-14: RESUMEN ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE COSTO E IMPACTO PARA CADA PUNTO	44

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Formulación del problema

El Complejo de Innovación Académica (CIA por sus siglas partir de este momento) es un conjunto de edificaciones, de las más modernas, que se han construido recientemente dentro del campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú. El CIA consta del aulario, también conocido como pabellón “A”, la biblioteca, instalaciones menores y espacios públicos. La segunda suele ser utilizada como ambiente de estudio de la comunidad universitaria de las diferentes facultades. Cuenta con modernas instalaciones y además ha obtenido la certificación ambiental “Liderazgo en Energía & Diseño Ambiental” (LEED por sus siglas en inglés), versión 3, implementada el año 2009. Sin embargo, Los usuarios de dicho ambiente, manifiesta el problema de la incomodidad por el ruido en sus instalaciones, hecho que no ha sido considerado como requisito para la certificación al no encontrarse dentro de los alcances de la misma, hecho que se ve reflejado en el nivel de ecoeficiencia estimado.

La ecoeficiencia es un concepto, proveniente de la gestión de negocios, introducido en 1992 por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, por sus siglas en inglés) como una filosofía de gestión que promueve la práctica empresarial responsable con el medio ambiente en paralelo con los beneficios económicos (WBCSD, 2006), es así que se le considera como la incorporación de la sostenibilidad como un nuevo valor a la producción de bienes y servicios (Ministerio de Educación, 2012). Adicionalmente, el Ministerio del Ambiente (MINAM) indica que comprende a todo aquel accionar a través de la cual se suministran bienes y servicios teniendo a la protección ambiental como una variable sustancial (MINAM, 2016). Finalmente, el Ministerio de Economía y finanzas la define como las acciones y estrategias con las que se cuentan actualmente para optimizar el consumo de recursos (MEF, 2018). Es así que, esta herramienta engloba múltiples consideraciones para los diferentes tipos de impactos ambientales, entre ellos, el ruido.

El ruido es todo aquel sonido que es considerado molesto, de acuerdo a la Real Academia Española. Para el presente proyecto, lastimosamente, la contaminación sonora es uno de los impactos ambientales menos controlados por las certificación LEED, si bien existen medidas aplicadas para el control del ruido, éstas no son consideradas en la evaluación de la eco etiqueta, puesto que no son el foco de atención de esta y si bien logran el máximo desempeño para el que fueron diseñadas, los resultados no necesariamente cumplen con los estándares de calidad ambientales establecidos por el Ministerio del ambiente. Las perturbaciones sonoras externas más intensas son perceptibles en el interior; los cubículos de estudios no están acústicamente aislados y el ruido no es absorbido por la estructura. Se ha demostrado que el ruido causa problemas de salud como falta de concentración, migraña (si el ruido es persistente), sordera (si el mismo se da en altos niveles), etc. (Benasayag, 2000 y Kaiwal, 2016). Con lo que se generan la incógnita ¿Cuál es el nivel promedio de ruido que se registra usualmente en la biblioteca y como lo percibe el público usuario? ¿El presupuesto asignado para la mitigación del ruido atendió las necesidades de los usuarios y fue correctamente invertido? ¿La ecoeficiencia de la biblioteca del CIA es aceptable en su totalidad o solo en determinados sectores? De ser así, en qué sectores se requiere realizar un mejor tratamiento acústico?

1.2 Hipótesis

HIPÓTESIS PRINCIPAL

La biblioteca del CIA, no es ecoeficiente respecto al ruido ambiental, por lo cual podría necesitar de alguna certificación o estándar que califique dicho criterio.

HIPÓTESIS SECUNDARIAS

Se espera que el nivel de ruido ambiental que se registre, sea mayor al permitido en la norma de acuerdo a la caracterización que le corresponde.

Se estima que el dinero invertido en la mitigación sonora no ha sido eficientemente distribuido para dicho fin.

1.3 Justificación del proyecto

El presente proyecto sirve como antecedente de estudio enfocado en validar o refutar la conexión entre la ecoeficiencia acústica y la certificación LEED ante la no consideración del ruido como criterio de evaluación de esta ecoetiqueta y se pueda justificar la evaluación acústica con una acreditación sostenible.

1.4 Objetivos

OBJETIVO PRINCIPAL

Determinar el nivel de ecoeficiencia acústica de la biblioteca del CIA de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1) Recopilar mediante encuestas la percepción el impacto sonoro que ha de tener en el público usuario.
- 2) Medir el nivel de presión sonora en los espacios interiores de la biblioteca del CIA en los horarios académicos más relevantes
- 3) Estimar el valor económico de las medidas de mitigación acústicas aplicadas en la presente edificación.

1.5 Alcance del proyecto

El presente proyecto evalúa de ecoeficiencia de todos los pisos abiertos al público de la biblioteca del CIA (cuatro plantas superiores y dos sótanos) mediante una toma de datos presencial complementado con la generación de mapas de ruido y una estimación de costos a partir de los precios de mercado de los elementos instalados con fines acústicos.

La obtención de datos se realiza solo en los interiores, además, el costo de los elementos es obtenido de los precios de compra en la actualidad del mercado peruano sin considerar los costos de instalación y mantenimiento; puesto que esta es confidencial y si bien puede llegar a incidir en un monto a largo plazo, dichos costos adicionales están compuestos de una gran cantidad de variables y factores no mesurables que tendrían un efecto poco predecible para el nivel de análisis deseado.

1.6 Normativa vigente

Las regulaciones que se dan para cada proyecto dependen de las normativas y regulaciones vigentes en el país o en la zona de evaluación. Así pues los métodos utilizados para medir y evaluar el ruido, los valores máximos permitidos son definidos por dichas normas dependiendo de las consideraciones que estas presente, por lo que se toma como base legal; Primero, la ley general del ambiente (Ley n° 28611) y sus respectivas modificaciones que indica las autoridades competentes para el establecimiento de los parámetros de evaluación.

Segundo, se toma en cuenta la Ley de Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental o Ley 27446, y el Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM (Reglamento de la ley 27446) en la cual se indica que el ruido es un parámetro ambiental a tomar en cuenta para las evaluaciones de impacto ambiental en todas las etapas de un proyecto. Además, indica que esta se encuentra en la evaluación de medio físico, indicando si se generará ruido, sus niveles previstos y las posibles fuentes; así como, las medidas de mitigación.

Tercero, se toma como referencia el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido”, en el cual establece los parámetros de la evaluación ambiental de ruido y sus respectivas consideraciones, aquí se definen los límites máximos permitidos (LMP) y la clasificación de las zonas y sus respectivos estándares de calidad ambiental (ECA). De acuerdo a las normativas a utilizar, los valores del ECA para determinado ambiente se analizan mediante los valores establecidos en la Tabla 1-1, que diferencia cuatro tipos de zonas y dos turnos. Mientras que los Límites máximos permitidos son determinados por los ministerios competentes para la actividad a evaluar.

Tabla 1-1: Estándares de Calidad Ambiental para ruido (ECA)

Zonas de aplicación	Valores expresados en L_{AeqT}	
	Horario Diurno	Horario Nocturno
Zona de protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Recuperado del Decreto Supremo N°85- 2003-PCM

Se toma en cuenta también el “Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimientos de evaluación” (Norma Técnica Peruana NTP-ISO 1996-1 (2007), en la cual se explica y detalla las definiciones, conceptos, metodologías y procesos de evaluación de ruido. Así como el “Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental” en el cual se especifican y detallan los procedimientos de medida y determinación de presiones de ruido.

Adicionalmente, se considera también las guías propuestas, como “La Guía para la ecoeficiencia para las guías del sector público” del Ministerio del Ambiente (MINAM), en la que define la ecoeficiencia. Para medirla, se utilizan muchos índices e indicadores, y según varios elementos del ambiente, como son el agua, el aire o el suelo (MINAM, 2016). Es decir, en este trabajo, la ecoeficiencia es evaluada a partir de la medición cuantitativa del ruido y su comparación respecto a la cantidad de recursos utilizados (expresados en términos económicos).

Finalmente, para los precios del mercado con los que se realizará la comparación de precios de acabados se regirá con la resolución ministerial N° 370-2018-VIVIENDA del 30 de octubre del 2018, en las que se dan a conocer los precios unitarios oficiales de las partidas en la construcción civil para las distintas zonas del país, en específico, las destinadas a Lima Metropolitana y Callao. Los valores a considerar para el presente proyecto están determinados en la tabla 2-1, con excepción del valor de acabado de Lana de vidrio, valor que no ha sido especificado para las funciones en las que se desempeña en la biblioteca; para este elemento, se tomó como referencia el precio unitario propuesto por la revistas Costos del Grupo s10.

Tabla 1-2: Precios unitarios oficiales para octubre de 2018

Elemento	Precio unitario	Unidad
Lana de vidrio	136.8	S/ por rollo (15.61 m2)
Vidrio insulado	271.28	S/ /m ²
Drywall	214.54	S/ /m ²
Baldosas acústicas	292.4	S/ /m ²
Alfombra	42.69	S/ /m ²



CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes y Estudios Anteriores:

En primer lugar, “Facilitating the WELL Building Standard through Wellness Programs in the Workplace” (2018) de Jinh Park y Rider, Traci Rose, es un artículo de la Universidad Estatal de Carolina del Norte que estudia el establecimiento de una conexión teórica entre los programas wellness y las edificaciones basadas en el Estándar WELL en la búsqueda de encontrar opciones óptimas para la aplicación de este programa en los edificios. Mediante comparativas entre las regulaciones vigentes en Estados Unidos para luego desglosar los programas wellness existentes, después se generan arreglos entre los conceptos teóricos y criterios del estándar WELL de acuerdo a las categorías y programas existentes y finalmente, se superponen los criterios del programa con los estándares WELL para identificar los puntos en común. En conclusión, este artículo sugiere la inclusión de los estándares WELL en los programas wellness cambiando los paradigmas de la construcción ambientalmente amigable.

En segundo lugar, “Estimación de ecoeficiencia en edificios tradicional e inteligente, en el campus universitario de la PUCP” (2017) de Nuñez Blas, Anny Eileen Rubí es un proyecto de tesis de la Pontificia Universidad Católica que estudia la Ecoeficiencia comparativa entre la biblioteca del CIA y la Biblioteca central de la ya mencionada institución educativa. A través de mediciones en campo y trabajos de encuestas, se evaluó la ecoeficiencia acústica, de paisaje y de emisiones de gases. Se llegó a la conclusión que la Biblioteca Central es más ecoeficiente que la del CIA con respecto al ruido, pero es menos eficiente en los otros dos impactos ambientales.

En tercer lugar, “The impact of urban noise on primary schools Perceptive evaluation and objective assessment” (2016) de Lúcia Silva, Ivone Oliveira y José Silva es un artículo publicado en la sección “Applied Acoustics”, para la revista Elsevier. En el que se analizó el efecto del ruido urbano en tres escuelas primarias en Portugal. A través de varias mediciones, entrevistas (a los alumnos) y estudios se llegó a la conclusión de que la cantidad de ruido dentro de los salones es superior a lo máximo permitido para áreas sensibles que es 55dB(A). Entonces, según este estudio, el ruido está originado por flujo vehicular, las actividades en los patios de recreación del colegio

y las actividades de salón de la institución. Sin embargo, de todos los ruidos registrados, el más distractor y molesto resulta ser el del interior de los mismos salones de clase.

En cuarto lugar, “Evaluación de la exposición sonora y de su impacto sobre la salud y calidad de vida de la población residente en la zona oeste de la ciudad de Córdoba sobre los accesos principales a la zona central” (2000) de Marina Nicola & Anabel Ruami es un trabajo de investigación de la Escuela de Fonoaudiología de la Facultad de Ciencias Médicas para la Municipalidad de Córdoba. En este trabajo se realizó estudios de ruido en las principales vías pública de acceso a la zona central de la ciudad de Córdoba. Se usaron sonómetros ubicados a 1.5 m de altura y a un 1 m de las vías vehiculares. En este trabajo se distinguió dos tipos de espacios (peatonales y de uso vehicular) y con ello se definían dos tipos de comportamiento de ruido a lo largo de un día, clasificándolo dependiendo de varios tipos de criterios (ya sea, por ejemplo, su permanencia o su movilidad). Se concluyó que el ruido registrado en esas zonas excede los límites máximos permitidos por su normativa vigente (73 dB para una exposición diaria de 8 horas) para preservar el bienestar y salud.

En quinto lugar, “Perú Limpio” (2015) del ingeniero Juan E. Narciso es una presentación de Microsoft Power Point para el Ministerio del Ambiente, que muestra el resumen de estudios programados, resultados obtenidos y medidas aplicadas. En dicho trabajo, el ingeniero realizó una serie de intervenciones de control ambiental programadas en distintas partes del país. En especial, se presentaron los proyectos de identificación de zonas de protección especial de ruido en la ciudad de Lima, así como la asistencia técnica en ruido a los gobiernos regionales y locales. Luego, en la misma presentación, se muestra como resultado que el 85% de los puntos monitoreados en 17 ciudades (entre 70-80dB) superan el estándar de calidad ambiental (ECA) de ruido en zona residencial de 60dB.

En sexto lugar, “Evaluación de la Contaminación Ambiental Sonora en el Campus y Entorno de la Universidad César Vallejo-Trujillo” (2014) de Germán Huerta Chombo y Magda Yupanqui es un artículo científico para la edición 12 de la revista Tecnología y Desarrollo de la Universidad César Vallejo. En este trabajo, se hicieron estudios de ruido tanto dentro como fuera del local ubicado en la ciudad de Trujillo de la

Universidad César Vallejo, para que con estas medidas se pueda definir si se presentan niveles adecuados de ruido en la institución. Sus resultados indican que el ruido en dicha zona era excesiva comparada con lo máximo permitido por la norma, tanto dentro como fuera del campus, proveniente de las avenidas colindantes en el exterior, así como del alumnado tanto dentro como fuera de la misma.

En séptimo lugar, “Evaluación de impacto sonoro en la Pontificia Universidad Católica del Perú” de William Baca Berrío & Saúl Seminario Castro (2012) es una tesis para optar al grado de bachiller en la Pontificia Universidad Católica del Perú. En dicho trabajo, se llevó a cabo la toma de medidas de ruido en todo el campus universitario de la universidad para identificar los impactos sonoros en la misma y determinar si sus niveles registrados son adecuados para una institución educativa, así como las fuentes de perturbaciones de este tipo. Sus resultados demuestran que la casa de estudios presenta niveles muy altos de ruido, superiores a los recomendados nacional e internacionalmente. Adicionalmente, se registró que el origen de estos, son el flujo vehicular de las avenidas adyacentes y a la confluencia de personas dentro del local.

En octavo lugar, “Ecoeficiencia en la universidad hacia un desarrollo sostenible” (2011) de Yolanda Bustamante es un artículo científico para la edición 14 de la revista “Gestión del Tercer Milenio” de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Su estudio estuvo principalmente enfocado en la ecoeficiencia del uso de sus recursos y sus principales impactos ambientales. Allí, se analizaron los consumos de energía, agua y de papel, así como la generación de residuos tanto sólidos como reciclados de productos orgánicos e inorgánicos. En tal reporte se presentan, igualmente, principios e indicadores (entre ellos el ruido) como referencia para definir la ecoeficiencia.

En noveno lugar, “Green Noise or Green Value? Measuring the effects of environmental Certification on Office Values” (2011) de Franz Fuerst y Patrick Mc Allister es un trabajo para la Universidad de Reading en el que evalúa los efectos de la certificación LEED en los precios de venta y renta comparados con edificaciones que no cuenten con esta certificación. Tras varios análisis estadísticos se comprobó que hay un gran beneficio para los inversores por el ahorro y reducción de costos al tratar los temas

energéticos, sin embargo, recalcan el hecho de que es un estudio que podría ser ampliado y que se encuentra abierto de detectar mayores problemas que en su momento no fueron estudiados.

En décimo lugar, “Eco-Efficiency of Construction Materials:” (2011) de Omar Tatari y Murat Kucukvar es un proyecto de investigación que estudia la ecoeficiencia desde la perspectiva del análisis envolvente de datos (DEA, en inglés). Apoyándose del Análisis de Ciclo de Vida y del Costo de Ciclo de Vida como herramientas que deriven los ratios de ecoeficiencia y el DEA para clasificar a los materiales utilizados. El estudio concluyó que el DEA de los materiales sirve para mostrar la existencia de distintas alternativas de materiales de construcción que afectarían de forma variada la ecoeficiencia.

En décimo primer lugar, Data Envelopment Analysis “Un aporte a la gestión del ruido urbano en Colombia, caso de estudio: Municipio de Envigado” (2009) de Claudia Echeverry es una tesis de maestría para la facultad de Geociencias y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Colombia. En dicha tesis, se realizó un estudio de ruido en el área urbana del municipio de Envigado, Colombia. Para esta pesquisa, se obtuvo como resultado que un gran porcentaje de la zona centro del municipio se encuentra por encima de los 70 dB, superando el límite establecido para sectores comerciales por las normativas colombianas.

En décimo segundo lugar, “Metodología de elaboración de mapas acústicos como herramienta de gestión de ruido urbano- Caso Medellín” (2009) de Dora Yepes, Miryam Gómez, Luis Sánchez y Ana Jaramillo es un artículo científico sobre un estudio realizado en el año 2006, a través del Convenio 680 de 2005, entre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, con la participación de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín para la revista SciELO. En este trabajo, se utiliza un mapa acústico para definir la energía en ruido que existe en determinada zona. Finalmente, se llegó a la conclusión de que la ciudad tiene niveles de ruido aceptables para una zona industrial tanto de día como de noche.

En décimo tercer lugar “Eco- efficiency: Combining Life Cycle assessment and Life Cycle cost via normalization” (2007) de Andres Kicherer et al es una publicación para la “International Journal of Life Cycle Assessment” que busca encontrar una relación significativa entre el análisis y costo de ciclo de vida y la ecoeficiencia que pueda representar los componentes principales de la ecoeficiencia. Con este fin, se analizó a detalle cada uno de los procesos cuantitativos de estas herramientas llegando a generar una normalización representativa. Se concluyó que ambas herramientas se pueden combinar para obtener un reflejo del concepto de la ecoeficiencia. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los análisis que se hagan de cada herramienta debe considerar una parte del otro para que esta sea plausible y que por lo tanto, cada empresa debe tener una base de datos fiable.

En décimo cuarto lugar, “Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias.” (2005) de la Naciones Unidas, preparado por José Leal es un trabajo que muestra los resultados de los avances en políticas ambientales y ecoeficiencia en Latinoamérica. En el Perú, no se han hallado suficientes registros oficiales de estudios sobre ecoeficiencia. De igual modo, las políticas de control ambiental son escasas y, en algunos casos, contradictorias. Sin embargo, ha habido avances, como la creación de la organización público- privada EDYPYME que trabaja con las pequeñas y medianas empresas (Pymes) mediante su programa EDYFICAR, el cual intenta solucionar financieramente los problemas de inestabilidad laboral y promoción sostenible de las comunidades que generalmente las Pymes enfrentan.

Finalmente, “Mapa acústico del campus universitario (edificios académicos)” (2004) del Lic. Erick Vásquez es un libro presentado por la editorial de la Universidad Nacional de El Salvador, que muestra los estudios de la generación de un mapa acústico en el campus universitario de esa universidad. En este proyecto, se analizó desde el conocimiento general sobre la contaminación sonora hasta las causas y efectos del ruido dentro del campus. Se obtuvo como resultado que hay una gran cantidad de ruido proveniente del exterior que afecta las zonas de las aulas y pasillos de la universidad, que afecta la salud y la concentración de los estudiantes.

2.2 Estado del arte:

2.2.1 Certificaciones y estándares ambientales

En primer lugar, la certificación Leadership in Energy and Environmental Design (LEED, a partir de ahora) es una de las etiquetas medio ambientales más reconocidas y de amplio crecimiento para los proyectos de construcción civil que se encuentran vigentes actualmente. Fue desarrollado en EE.UU. por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council) en 1993. Entre sus requisitos mínimos para la acreditación para nueva construcción, son necesarios aprobar una cantidad de créditos que otorgarán puntos, los cuales sumados darán una cantidad y dependiendo del rango en que se encuentre dicho valor, se determinará el nivel de certificación que se obtendrá (USGBC, 2016). Los créditos que se evalúan son los siguientes: Sitios Sostenibles (máximo 26 puntos), Eficiencia del uso del agua (10 puntos), Energía y atmósfera (35 puntos), Materiales y recursos (14 puntos) Calidad de Ambiente interior (15 puntos), Innovación en diseño (6 puntos) y Prioridad regional (4 puntos). (USGBC, 2015). Cabe añadir, que ninguno de los créditos evalúa el nivel de presión sonora en interiores, como se puede observar en la figura 2-1.

Indoor Environmental Quality		15 Possible Points
<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Prerequisite 1 Minimum Indoor Air Quality Performance</i>	<i>Required</i>
<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Prerequisite 2 Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control</i>	<i>Required</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 1 Outdoor Air Delivery Monitoring</i>	<i>1</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 2 Increased Ventilation</i>	<i>1</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 3.1 Construction Indoor Air Quality Management Plan—During Construction</i>	<i>1</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 3.2 Construction Indoor Air Quality Management Plan—Before Occupancy</i>	<i>1</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 4.1 Low-Emitting Materials—Adhesives and Sealants</i>	<i>1</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 4.2 Low-Emitting Materials—Paints and Coatings</i>	<i>1</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 4.3 Low-Emitting Materials—Flooring Systems</i>	<i>1</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 4.4 Low-Emitting Materials—Composite Wood and Agrifiber Products</i>	<i>1</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 5 Indoor Chemical and Pollutant Source Control</i>	<i>1</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 6.1 Controllability of Systems—Lighting</i>	<i>1</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 6.2 Controllability of Systems—Thermal Comfort</i>	<i>1</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 7.1 Thermal Comfort—Design</i>	<i>1</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 7.2 Thermal Comfort—Verification</i>	<i>1</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 8.1 Daylight and Views—Daylight</i>	<i>1</i>
<input type="checkbox"/>	<i>Credit 8.2 Daylight and Views—Views</i>	<i>1</i>

Figura 2-1: Créditos para calidad ambiental de interiores (USGBC, 2015)

En segundo lugar, el estándar WELL para edificaciones es un programa de evaluaciones y modificaciones a los interiores de los proyectos desde el punto de vista de los usuarios, buscando la mayor comodidad de estos con respecto a la iluminación, ergonomía, el tránsito y los demás criterios que infieran en el desempeño del público objetivo. Publicado por “International WELL Building Institute” en el año 2014 después de seis años de desarrollo, se centra en la calidad espacios interiores y la intención de las comunidades de incluir, validar y valorar la salud y bienestar humano (IWBI, 2014).

2.2.2 Ecoeficiencia

Como se refiere previamente, la ecoeficiencia es una herramienta que busca relacionar los impactos ambientales de determinado proyecto con el costo monetario que ha sido (o es) necesario afrontar para que este pueda funcionar con normalidad y/o en todo caso, optimizar procesos productivos y la provisión de servicios (MINAM, 2008). Desde otra perspectiva, se puede tomar a la ecoeficiencia como el ratio entre las “salidas” de servicios y productos ofrecidos sobre la “entrada” de impactos ambientales generados por la firma, sector o economía (OECD,1998) aunque la definición más cercana a la manejada en el presente proyecto es la distribución de bienes y servicios a precios competitivos que satisfacen las necesidades humanas y mejoran la calidad de vida, al tiempo que reducen progresivamente los impactos ecológicos y la intensidad de recursos a lo largo del ciclo de vida a un nivel al menos adecuado a la capacidad estimada del planeta (Schmidheiny, 1992).

El término y concepto de “Ecoeficiencia” fue acuñado por el World Business Council for Sustainable Development (Consejo Económico Mundial para el Desarrollo Sostenible, WBCSD en inglés) en su publicación “Changing World” del año 1992. En esa oportunidad se le refiere a la generación de la mayor cantidad posible de bienes y servicios de buena calidad usando lo menor de recursos y generando lo menor de residuos y contaminación (MINAM, 2012).

Desde ese momento, esta herramienta ha sido ampliamente estudiada y aplicada en el mundo. Por ejemplo, en China se hizo un estudio comparativo de los efectos en la ecoeficiencia analizando los distintos tipos de regulaciones predominantes por regiones en dicho país (separado en tres, que son las siguientes: la región oriental que se basa en

el sistema de mercados y voluntariado; la región central basado en mercados y en el funcionamiento de “Comando y control”, y finalmente la región occidental basado solo en “Comando y control”) en ese estudio se encontró que los efectos en la ecoeficiencia son principalmente positivos cuando el sistema de regulación es adaptado al estilo y forma de economía que se maneja en determinada zona. (Ren et al, 2016).

2.2.3 Contaminación Acústica

La contaminación acústica o ruido es un fenómeno ampliamente estudiado, que consiste en la emisión de una gran cantidad de ondas sonoras desarticuladas y que resultan ser molestas, según la RAE. De acuerdo a la Organización mundial de la Salud indica que físicamente no existe diferencia entre sonido y ruido puesto que ambos cumplen con ser un patrón de ondas sonoras; sin embargo, el ruido se define como el sonido no deseado por los receptores.

En las ciudades, se genera el ruido urbano, el cual consiste en el ruido emitido por las todas las fuentes dentro de la misma sin considerar las de origen industrial (Berglund et al, 1999), y se han encontrado un sinnúmero de casos de estudios, como por ejemplo en el centro histórico de la ciudad de Matamoros, en México. Aquí se observa que el principal origen de la contaminación sonora, en las zonas comerciales de dicha ciudad, proviene de los negocios tanto formales como informales (Zamorano et al, 2015). Otro caso estudiado en India, en particular el ruido en zonas sensitivas y lugares no monitoreados, las localizaciones como los hospitales y centros educativos son los que más problemas presentan (Kaiwal, 2016). Además, el problema de la contaminación sonora no solo concierne a las naciones en vías de desarrollo, sino también en países desarrollados. Como en Portugal, el estudio sobre el ruido en escuelas anteriormente mencionado, en el cual se observa una gran influencia de las emisiones sonoras en las actividades del plantel, provenientes de las labores del mismo (Silva, 2015).

En Perú, es de conocimiento público que no hay un monitoreo adecuado a la contaminación sonora, ni siquiera en zonas de protección especial, como los hospitales (Bambarén-Alatrística et al, 2014). Sin embargo, hay que considerar que por más que se quiera eliminar, el solo proceso humano genera un nivel determinado de contaminación, que muchas veces termina formando parte del ruido de fondo (término a explicar

posteriormente) lo mejor es empezar de una forma sistemática a identificar las fuentes de esta contaminación para saber qué medidas tomar y saber el nivel de mitigación a tomar, puesto que hay generadores de ruido que no pueden ser controlados (Kiely, 1999). Como se puede observar en la figura 2-2, debido a múltiples causas, todos los registros de emisiones sonoras tienen registros superiores los permitidos para cada horario, mostrando que es necesaria una gestión nueva de control acústico.

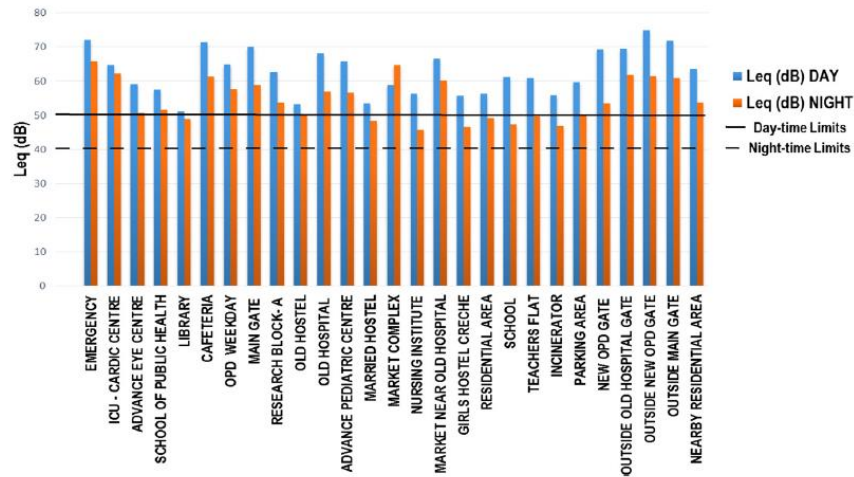


Figura 2-2: Valores de contaminación acústica presente en los exteriores de una institución médica. (Kaiwal R., 2016)

2.2.4 Medidas de mitigación sonora

La variedad de soluciones para controlar los niveles de ruido que se presentan en los distintos tipos de establecimientos en los que se han realizado estudios es grande. Ya sea con paneles acústicos o celdas de techo como en el estudio de zonas sensitivas de la India, en las que se han demostrado ser buenas medidas de controlar de ruido en espacios interiores (Kaiwal, 2016).

Otras medidas observadas para espacios interiores es el uso de resonadores acústicos. Estos aparatos usan su geometría para poder absorber la contaminación acústica de un determinado ambiente, como se muestra en la figura 2-2. El proceso consiste en generar resonancia entre las ondas sonoras que llegan a estos elementos y el aire que se encuentra dentro de estos, generando así un sistema de disipación de energía que se puede esquematizar con el de un sistema perfectamente elástico de una masa (el aire que llega a través de la abertura) y un resorte (comportamiento del aire dentro del

resonador que se comprimirá y expandirá con la frecuencia de resonancia de las emisiones sonoras (Moreno, 1990).

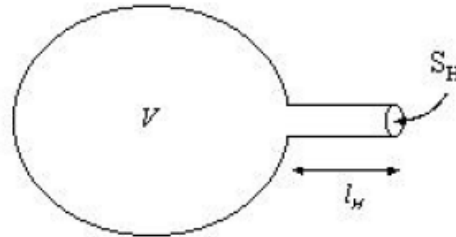


Figura 2-3: Esquema de la geometría de un resonador de tipo Helmholtz. (Guiguet & Welti, 2003)

Otra forma de mitigar el impacto es con la obstrucción del paso de las ondas sonoras con superficies que absorban la energía mecánica esta. Por ejemplo, en el caso de estudio de la Figura 2-3, en el que se compara los efectos sonoros de distintos tipos de barreras, la vegetación tupida ayuda a controlar y reducir el impacto audible mejor que los elementos de concreto, más el concreto ayuda a mantener los niveles de presión sonora más estables (Herlin, 2015).

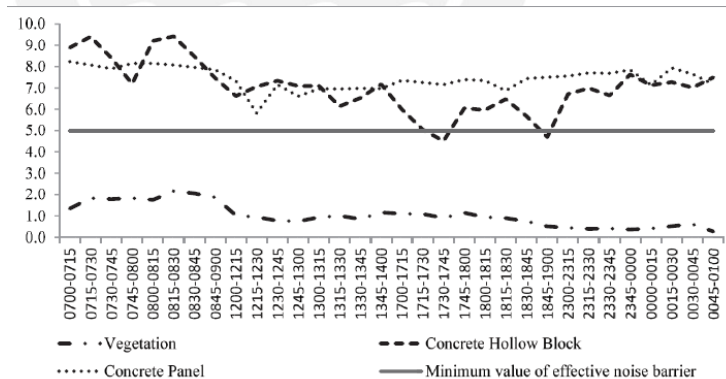


Figura 2-4: Muestra de las pérdidas de inserción para los distintos tipos de sistemas de aislamiento acústico. (Herlin, 2015)

Existiendo así medidas de mitigación que cuentan con una gran variedad y adaptabilidad siendo indicadas para distintos tipos de contextos; sin embargo, su elección dependerá no solo de su funcionalidad acústica, sino también de sus funciones estéticas y arquitectónicas.

2.3 Marco Conceptual:

Los siguientes términos son definidos de acuerdo a lo especificado por la NTP-ISO 1996-1: 2007 y la Real Academia Española.

Emisión de ruido: Es la generación de ruido desde una fuente o conjunto de fuentes en un espacio determinado en el cual se realice alguna actividad determinada.

Estándares de calidad ambiental para ruido: Son aquellos valores límites que se consideran máximos en el ambiente exterior, los cuales no deben ser excedidos, ya que, caso contrario causarían problemas en la salud humana. Dichos niveles corresponden a los valores de presión sonora continua equivalente con la ponderación A.

Fonios o fones: es la unidad para medir la sonoridad o percepción sonora del oído humano.

Fuente de Emisión de ruido: Es cualquier elemento, que, relacionado con alguna acción o actividad, es capaz de o genera ruido hacia el exterior de los límites de una determinada área.

Intervalo de medición: Es el tiempo de medición durante el cual se registra el nivel de presión sonora.

Línea Base: Diagnóstico para determinar la situación ambiental y el nivel de contaminación del área en la que se llevará a cabo una actividad o proyecto. Esta descripción incluye los recursos naturales existentes, elementos geográficos, socio-económico y cultural de las poblaciones del área de influencia.

Monitoreo: Acción de medir y obtener datos en forma programada de los parámetros que inciden o modifican la calidad del ambiente o espacio.

Ponderación A: Es un filtro electrónico incluido en los sonómetros electrónicos que corresponde aproximadamente a la curva de 40 fones invertida del conjunto de curvas de igual sonoridad. Existen varias ponderaciones, como la ponderación A y la

ponderación C como lo especifica la recolección de datos de la NTP-ISO 1996- 1: 2007, cada una de estas ponderaciones está referida a un nivel de emisión sonora respectivo.

Percepción humana: Esta es la capacidad de las personas de poder percibir los estímulos. En el presente caso, la percepción acústica empieza con una presión que se encuentra valores aproximados a los 20 μ Pa (umbral de la percepción) hasta los 20 Pa (umbral del dolor). Debido a que este rango mencionado es muy amplio, se utiliza una escala logarítmica para poder estudiar el sonido.

Onda mecánica: Es un tipo de onda que transmite energía y no masa a través de cualquier medio plástico.

Receptor: Para este caso es la persona o grupo de persona que están o se espera que estén expuestas a un ruido específico.

Ruido: Sonido no deseado que moleste, perjudique o afecte a la salud de las personas.

Ruido ambiental: Todos aquellos sonidos que pueden provocar molestias fuera del recinto o propiedad que contiene a la fuente emisora.

Ruido de fondo o residual: Es el nivel de presión sonora producido por fuentes cercanas o lejanas que no están incluidas en el objeto de medición. Según la norma NTP- ISO 1996- 1, es el sonido total que permanece en una posición y situación dada, cuando los sonidos específicos bajo consideración son suprimibles.

Ruido Estable: Es aquel ruido que presenta fluctuaciones del nivel de presión sonora inferiores o iguales a 5dB(A), durante un periodo de observación de 1 minuto.

Ruido Fluctuante: Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A), observado en un periodo de tiempo igual a un minuto.

Sonido: Energía que es transmitida como ondas mecánicas de presión en el aire u otros medios materiales que puede ser percibida por el oído o detectada por instrumentos de medición.

Sonómetro: Es un instrumento normalizado que se utiliza para medir los niveles de presión sonora.

Sonoridad: Dícese de la cualidad de la sensación auditiva que permite apreciar la mayor o menor intensidad de los sonidos, es decir, la percepción auditiva según el oído humano. Se mide en fonios o fones. (RAE, consulta el 17 de junio del 2016)

Zona comercial: Área autorizada por el gobierno local correspondiente para la realización de actividades comerciales y de servicios.

Zonas críticas de contaminación sonora: Son aquellas zonas que sobrepasan un nivel de presión sonora continuo equivalente de 80 dBA.

Zona industrial: Área autorizada por el gobierno local correspondiente para la realización de actividades industriales.

Zonas mixtas: Áreas donde colindan o se combinan en una misma manzana dos o más zonificaciones, es decir, residencial- comercial, residencial- industrial, comercial- industrial o residencial-comercial- industrial.

Zona de protección especial: es aquella de alta sensibilidad acústica, que compromete sectores del territorio que requieren una protección especial contra el ruido donde se ubican establecimientos de salud, establecimientos educativos, asilos y orfanatos.

Zona residencial: Área autorizada por el gobierno local correspondiente para el uso identificado con viviendas o residencias, que permiten la presencia de altas, medias y bajas concentraciones poblacionales.

2.4 Fundamentos teóricos:

Se requiere definir dos conceptos para el desarrollo del presente trabajo, que son la acústica y el decibel, conceptos ampliamente estudiados y aplicados en los distintos proyectos de evaluación de impacto ambiental y mejoras en la calidad de vida de las personas.

2.4.1 Acústica

La acústica es definida por el Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI por sus siglas en inglés) como la ciencia del sonido, incluyendo su producción, transmisión y sus efectos, considerando los efectos biológicos y psicológicos.

2.4.2 Decibel

Es una medida de sonoridad o sensación sonora. Se define como la razón de potencias, energías o intensidades entre lo emitido y lo mínimo perceptible, representada por la siguiente expresión:

$$\text{Log}(R) = \frac{1}{10} \dots [1]$$

Debe entenderse que el Decibel no es una unidad, sino una razón, por lo tanto, no presenta dimensiones físicas conllevando a que su uso se tome como referencia de la diferencias de energías transferidas. Es la décima parte de un Bel (B), expresión utilizada en el ámbito de la acústica.

El Decibel A (dBA) es la expresión para el nivel de presión sonora respecto al comportamiento del oído humano en función a la frecuencia, utilizando para ello un filtro de ponderación "A".

El Nivel de Presión Sonora (NPS o L_p) es el valor calculado como veinte veces el logaritmo del cociente entre la presión sonora y una presión de referencia de 20 μPa . Se expresa con la siguiente fórmula matemática.

$$L_p = 20 * \text{Log}\left(\frac{P_{rms}^2}{P_0^2}\right) \dots [2]$$

Nivel de Presión Sonora Continua equivalente con ponderación A (L_{AeqT}) es el nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A, que en el mismo intervalo de tiempo (T), contiene la misma energía total que el sonido medido.

CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA

El proyecto se realizó en el Complejo de Innovación Académica (CIA), ubicado en la zona sur de la Pontificia Universidad Católica en el distrito de San Miguel, Ciudad de Lima Metropolitana, provincia de Lima, Lima – Perú. En la figura 3-1 se pueden observar la ubicación satelital de la edificación y en la figura 3-2 se aprecia la fachada de la edificación.

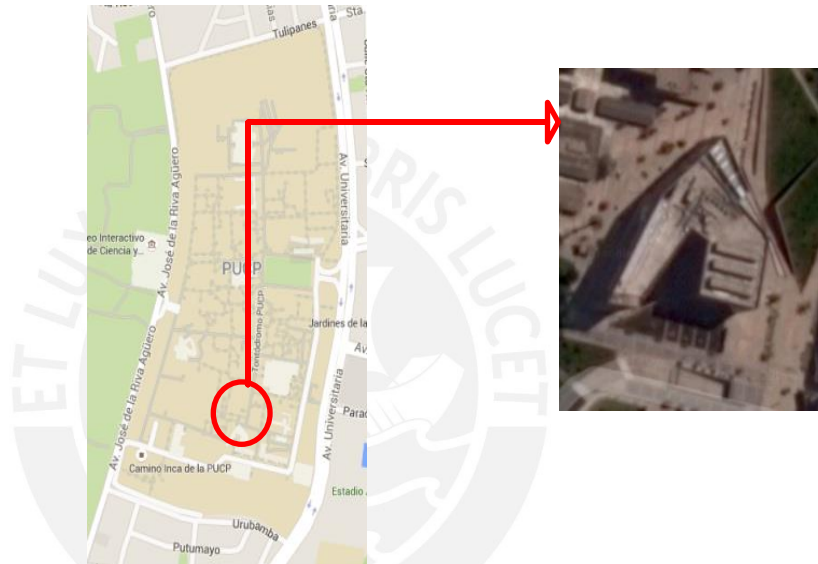


Figura 3-1: Ubicación (Izquierda) y vista en planta del CIA (Derecho) (Google maps)



Figura 3-2: Vista de frente del CIA

Tabla 3-1: Información general de la edificación

Campo	Descripción
Nombre de la edificación	Biblioteca del Complejo de Innovación Académica
Ubicación	Complejo de Innovación Académica de la Pontificia Universidad Católica del Perú
Coordenadas UTM	18 L 273570 8664623
Aforo general	1546 personas
Plantas/ pisos	Cuatro (04) plantas y dos (02) sótanos
Tipo de certificación	Certificación LEED silver versión 3

Como se puede observar en la tabla anteriormente presentada, el ingreso planificado para la biblioteca es de 1546 personas; cuenta con 4 planta superiores con distintas funciones (zonas de estudio conmutativo, estudios audiovisuales, salones multi-usos, las bibliotecas de las facultades de Estudios Generales Ciencias, Ciencias e Ingeniería y Arquitectura; adicionalmente, de forma temporal también se ubicaba la biblioteca de Ciencias Sociales). Para poder iniciar el trabajo se necesitaron trabajos previos como lo son el registro de cantidad de personas que ingresan, encuesta de nivel satisfacción y percepción de ruido, y la ubicación de las estaciones de medida por planta.

3.1 Trabajo de campo

Para el trabajo de campo, fue necesario establecer el orden de realización de cada una de las actividades sugeridas para el método, es así que primero se realizaron las encuestas al público usuario y el registro de ingreso de público usuario, luego se realizó el registro del nivel de presión sonora en la biblioteca mientras se calcula el precio final de las medidas tomadas para contrarrestar el impacto sonoro.

3.1.1 Conteo de personas y encuestas al público usuario

El proceso de este proyecto inició con un conteo de ingreso de personas. Este consiste en verificar el ingreso y salida de personas por unidad de tiempo en la entrada de la biblioteca. Se realizó el proceso por un periodo de quince minutos y luego como comprobación se volvió a realizar después uno similar (el tiempo recomendado para la repetición fue de dos horas). Este se realizó con el fin de definir la cantidad de encuestas que se realizarían por día de tal forma que el número de usuarios sea coherente con la cantidad de personas, y determinar el nivel de calidad de operaciones en la que se

encuentra la instalación con respecto a la capacidad para la que fue diseñada, valor que se representa mediante el aforo sugerido indicado en la entrada.

El siguiente paso fue la realización de las encuestas. Esta actividad consiste en identificar el estado actual de percepción de satisfacción de los usuarios del CIA. Es un proceso aleatorio (que no sigue ningún patrón establecido), estocástico (que implica su capacidad de ser tomado como dato estadístico) y representativo usando una muestra de cien personas repartidos en tres días, considerando que el número mínimo de datos requerido es cincuenta. La cuantificación de personas encuestadas por día se realizará de acuerdo al aforo registrado.

3.1.2 Medida de línea base y recolección de datos

Una vez realizado el conteo, se ubicaron las estaciones de medidas, de acuerdo a la norma, con las que se trabajaría. Después, se realizó la medida de línea de base durante 5 días consecutivos, un proceso que consiste en el establecimiento de las condiciones iniciales del parámetro a tomar en cuenta, en este caso el ruido, antes de realizar un proyecto. Luego, se inició la toma de medidas del nivel de ruido. Estos se cuantifican y distribuyen de acuerdo a las dimensiones de la planta y la biblioteca. Subsiguiente, se mide cada punto durante un minuto en cada punto de todas las plantas, con estos registros, se realizan los polígonos de ruido como el de la Figura 3-3. El polígono de ruido es un gráfico que relaciona los valores reales con los estándares de calidad establecidos por la normativa vigente para cada hora. Finalmente, cuando se obtengan todos los valores, se ordenan espacialmente y se construyen las superficies del mapa de ruido por planta.

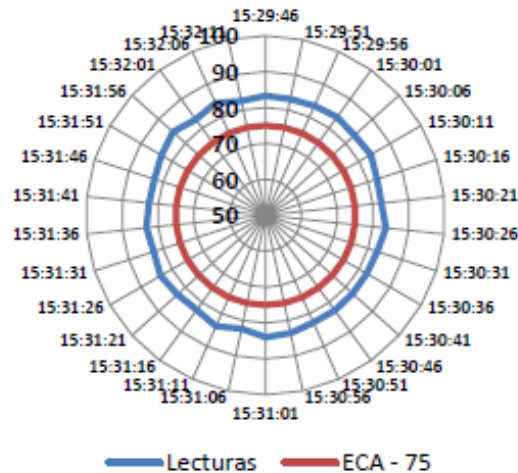


Figura 3-3: Ejemplo de Polígono de sonido (Kiely, 1999)

Una vez acabado este análisis para todas las estaciones de monitoreo en todas las horas de estudio, se hizo un análisis de divergencia, el cual consiste en estudiar las diferencias que existe entre los valores registrados en las mediciones con respecto a los ECA, como se observa en la Figura 3-4. Cuando la diferencia es positiva, se tiene entendido que el valor registrado es mayor al ECA y si es negativo, es menor.

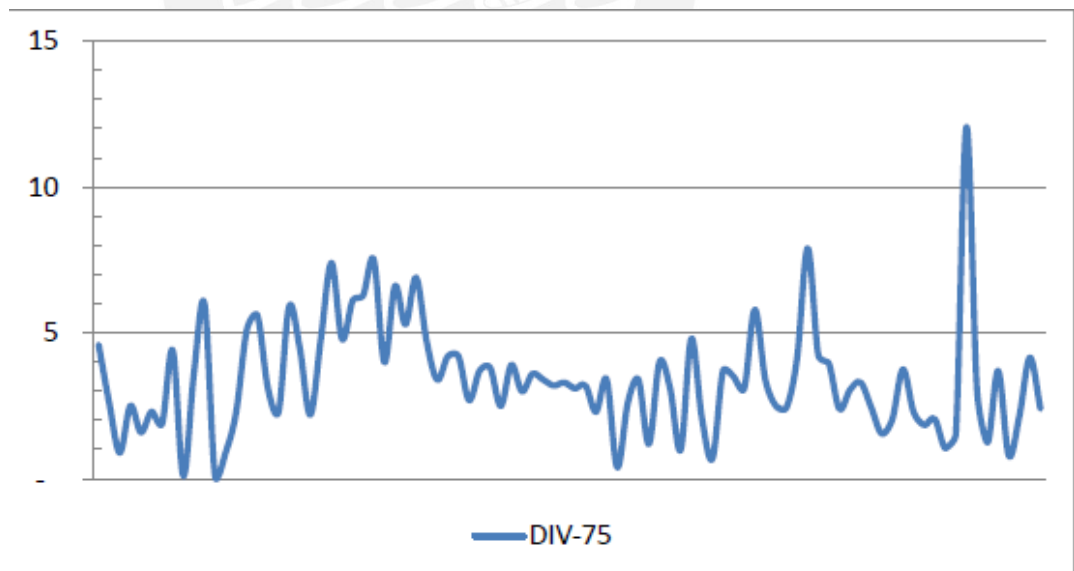


Figura 3-4: Ejemplo de gráfico de divergencia. Cómo se puede observar, todos los valores son positivos, por lo que todo el registro es superior al ECA (Kiely,1999)

3.2 Técnicas de medición

La presente tesis utilizó el método de inspección (noise survey) cuyo único requerimiento es un sonómetro convencional. Mientras que para la determinación del nivel de presión sonora se utilizó el método de la retícula; el cual consiste en localizar puntos equivalentes en cada piso de la edificación y en cada uno de ellos realizar las mediciones. Una vez ubicados estos puntos, se realizó una interpolación lineal para armar el mapa de ruido de tal forma que sea un trazado suave y continuo.

Metodología de medición:

Antes de la medición se instaló el equipo en un trípode a una altura de un metro y cincuenta centímetros (1.50 m) respecto al nivel del piso y se hizo el registro de valores por un minuto y medio. Este proceso se repitió dos veces al día por estación.

Durante la medición se encendió el sonómetro y se esperó aproximadamente dos minutos. Luego, se verificó que el sonómetro marque valores estables (cuya diferencia no sea mayor a un decibel), finalmente se tomó distancia respecto al sonómetro y se adaptó el dispositivo de registro de medidas para evitar cualquier tipo de interferencia, si el equipo registra automáticamente no es necesario tomar dicha precaución.

Ya que, todas las mediciones se realizaron dentro del local, no fue necesario utilizar el protector de viento; sin embargo, por precaución ante posibles corrientes de aire, el protector fue puesto. Además, se aseguró que las estaciones de monitoreo se encuentren como mínimo a dos metros (2 m) de distancia respecto a elementos verticales o paredes para evitar los efectos de pantalla.

Protocolos de medición:

El principal protocolo de medición de contaminación sonora del presente proyecto fue el propuesto por la Resolución Ministerial n° 227-2013-MINAM. De alcance nacional y aplicable para cualquier persona jurídica que desee realizar un monitoreo de ruido ambiental. En este protocolo se propone lo siguiente:

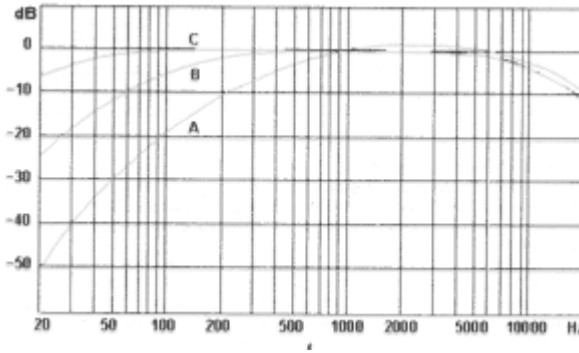


Figura 3-5: Curvas de ponderación A, B y C (RM 227-2013- MINAM)

Primero, las tres ponderaciones A, B y C están aplicadas a niveles de presión sonora bajos (40dB), intermedios (70dB) y altos (100dB) como se muestra en la figura 3-5. Segundo, el tiempo de medición debe cubrir las variaciones significativas de la fuente generadora. Se debe cubrir mínimo de 3 variaciones, de no darse el caso, se debe buscar cubrir ciclos productivos representativos. Tercero, las ubicaciones de las estaciones de monitoreo han de encontrarse en las zonas de las actividades a monitorear y el generador de ruido para cada área seleccionada. Se describe en una hoja de campo cada área a monitorear. Cuarto, se realiza un reconocimiento inicial del lugar para conocer y describir características de los orígenes del ruido. Quinto, los equipos tienen que contar con características descritas en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y calibrados por las instituciones acreditadas ante la INDECOPI. Sexto, se contempla la calibración en campo del equipo, es decir, el ajuste de la precisión del equipo de acuerdo al ambiente, en el presente proyecto, no se realizó por la baja rigurosidad del proyecto. Séptimo, se presenta el proceso de identificación de fuentes y tipos de ruido. Octavo, la instalación del sonómetro se da considerando que el equipo debe encontrarse a un metro y cincuenta centímetros (1.50 m) del suelo en trípode de sujeción; el técnico operador debe alejarse lo máximo posible del equipo para evitar apantallar los registros, y la orientación del micrófono del equipo debe darse en dirección del origen del ruido. Han de anotarse las desviaciones en la libreta de campo; antes de medir se verificará que el equipo que el equipo tenga el filtro de ponderación A y en modo slow activados. Noveno, cuando no existan superficies reflectantes que puedan apantallar el ruido, el micrófono se ubicará a 3 metros del lindero donde se ubica la fuente emisora. Finalmente, cuando la variación de los registros es de menor a los 5dB se considera al

ruido como estable, en este caso, cada 5 minutos se debe tomar un conjunto de registros representativos.

Se contemplan las tolerancias permitidas para cada tipo de sonómetro en la tabla 3-2, en la que se aprecia el aumento de precisión esperada con el aumento de sofisticación del equipo a utilizar,

Tabla 3-2: Tolerancias permitidas por la IEC 60651 en decibeles (dB)

Clase	Tolerancias
0	$\pm 0,4$
1	$\pm 0,7$
2	$\pm 1,0$

RM 227-2013- MINAM

Descripción de los equipos

El equipo utilizado en este proyecto es un sonómetro clase II de marca Tenna 72-860^a (Figura 3-6) que cuenta con una precisión de ± 2 dB. Cuenta con una pantalla LCD de 4 dígitos. Puede medir en un largo rango de frecuencias (de 31.5Hz a 8 KHz), usa una corriente alterna. Además, puede registrar tanto en ponderación A como en ponderación C.



Figura 3-6: Sonómetro a utilizar en el proyecto (ficha técnica del equipo)

3.3 Técnicas de costeo

Para este proceso, se utilizaron las base de datos de metrado reales existentes de la biblioteca relacionada a aquellos sistemas utilizados para poder mitigar las emisiones de ruido, como se ha observado, hay tratamientos varios en toda la edificación que tendrán que ser tomados todos en cuenta para la evaluación del presente proyecto.

3.4 Estimación de Ecoeficiencia

Finalmente para la estimación final de la ecoeficiencia se utilizó dos métodos propuestos; el primero basado en el Análisis de Ciclo de vida explicado por Emmanuel Legrand y el segundo comparándose con la teoría de la frontera de Posibilidades de Producción. Sin embargo, primero se requiere una estandarización de los valores a tomar en cuenta, es decir, que los cantidades deben ser graduados en un rango limitado entre mayor y menor número conocido, para que sean comparables; adicionalmente, debido a la cantidad de valores de impacto ambiental para el presente estudio, se decidió realizar un promedio logarítmico (debido a que las medidas de ruido, como se explica posteriormente, trabaja en escalas logarítmicas) de todos los valores por cada estación de medida con el siguiente método matemático:

Primero, se multiplicó cada valor por diez (10), para obtener el valor del logaritmo en base diez (10). Segundo, se elevó a diez (10) a la potencia utilizando el valor obtenido en el paso anterior. Tercero, se realizó la sumatoria de todos los valores obtenidos en el paso anterior y luego se divide dicha suma entre el número de valores de dicha operación, es decir, si se suman cien (100) medidas, se divide entre cien (100). Finalmente, se le aplicó al logaritmo en base diez (10) al valor obtenido anteriormente y se lo multiplica por 10, para así obtener el logaritmo promedio final de toda la estación o punto de medida para todo el tiempo en el que se realizó la medición. A este proceso, luego se le acopló otro para estandarizar o normalizar los promedios y los costos calculados, para ello, se definió el máximo y mínimo valor por estación con los cuales se aplicará la siguiente fórmula:

$$i' = \frac{x_{me} - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

Donde:

i' = valor estandarizado.

x_{me} = valor inicial a estandarizar.

x_{min} = valor de mínimo.

$x_{máx}$ = valor de máximo.

Presentado como un método aún experimental por Emmanuel Legrand para Fondation Universitaire Luxembourgeoise en su libro “Ecoeficiencia” del 2004. Este método trata de relacionar el impacto según el Análisis de Ciclo de Vida (LCA por sus

siglas en inglés), que consiste en acumular todos los impactos de determinado tipo a lo largo de todo el ciclo de vida relevante de un proyecto; con el costo que este ha generado. Se ubicaron los puntos dispersos en un cuadro cartesiano donde el valor de divergencia es el cero (00) y el máximo es el origen de coordenadas es la unidad (01) como se observa en la figura 3-7.

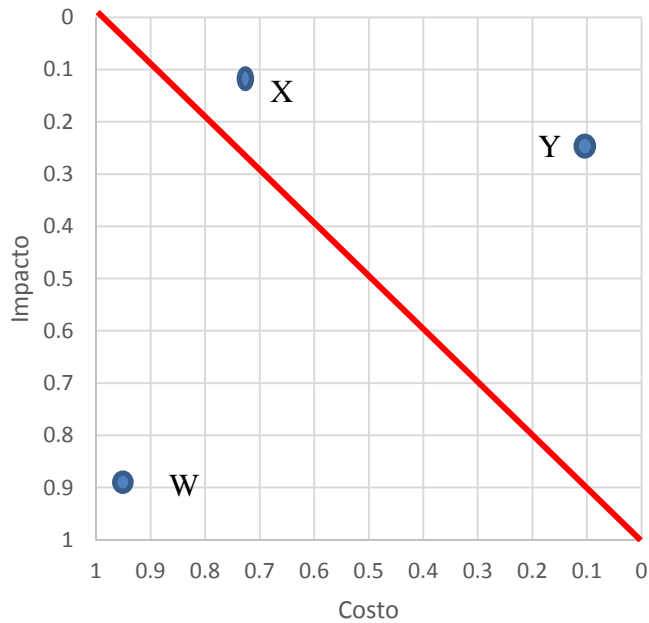


Figura 3-7: Gráfico de ACV/ costo (Legrand, E., 2004)

En cada eje, se organizó cada criterio evaluado, en este caso, costo en el horizontal e impacto total de ACV en el vertical y los valores más eficientes fueron aquellos que se encuentren más cercanos al cero (00), por ende, los más ineficientes, al uno (01). La interpretación de los resultados se definió por la ubicación de las estaciones en la gráfica, si se encuentra en la zona superior a la diagonal, es decir, que cada componente tiene un valor cercano al cero, son casos favorables, y por el contrario, la inferior, es decir, próximo a la unidad, son desfavorables. En la figura 3-7, el punto W se consideró como el peor de los casos por encontrarse cercano a la unidad y se considera más óptimo aquellos que presentan cercanía los valores menores y por ende, lejano a la diagonal, por lo que el punto Y es un mejor que el punto X.

CAPÍTULO 4 RESULTADOS

Con el fin de organizar los resultados, se dividen los mismos en tres partes principales, primero la percepción del público usuario de las instalaciones, segundo el nivel del impacto sonoro en la edificación sin diferenciar entre orígenes internos o externos a la misma y finalmente la ecoeficiencia evaluada desde los dos métodos presentados.

4.1 Ruido ambiental: Percepción de usuarios

El primer paso fue determinar la satisfacción de los usuarios de la biblioteca que son todos aquellos que usen las instalaciones para sus actividades, ya sea estudiar, el reposo, trabajos grupales e incluso las labores de vigilancia, mantenimiento y limpieza. Establecido el objetivo de corroborar la eficiencia de las medidas de control acústico aplicadas en la edificación, era necesario conocer el nivel de satisfacción de las personas, que a pesar de ser un factor subjetivo, con un tamaño de muestra considerable, podría convertirse en indicador fiable, para lo cual se necesitaba saber la cantidad de personas que usaban las instalaciones y que opinaban estas mismas de la calidad de servicio ofrecido. Adicionalmente, se observó que en la mayor parte de ambientes a disposición de los usuarios no contaban con un control presencial de ruido y que en su mayoría, los trabajos que se realizaban eran grupales, por lo que se ubicaban una gran cantidad de fuentes de ruido.

4.2 Conteo de personas y encuestas de satisfacción

Para este proyecto se realiza un conteo de personas durante tres días intercalados en el mes de mayo del 2016 (24, 26 y 28 de mayo). Así se obtuvo como resultados los valores mostrados en el Tabla 4-1. Como se puede observar en dicho cuadro, hay una tendencia creciente de valores cantidad de personas que ingresan al CIA en un periodo de 15 minutos, hasta estabilizarse a una tendencia de más de 170 personas por cada 15 minutos.

Tabla 4-1: Resultado de aforo de personas

Día	Hora Inicio	Hora Fin	Cantidad
Martes 24	08:47	09:02	78
Martes 24	13:17	13:32	170
Jueves 26	14:45	15:00	175
Jueves 26	16:54	17:09	175
Sábado 28	08:18	08:33	48
Sábado 28	10:00	10:15	156

4.2.1 Encuestas

Era necesario saber el nivel de satisfacción y de confort de los usuarios respecto al tema, así como el conocimiento que el público usuario tiene sobre el tema; con este fin, se realiza una encuesta, relacionado con la cantidad de personas contadas en el aforo. A continuación, se mostrarán los gráficos de los resultados de dicha encuesta en la figura 4-1.

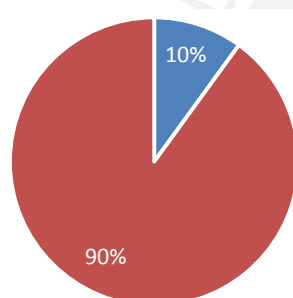


Figura 4.1-A: Resultados respecto a conocimiento a la definición del sonido

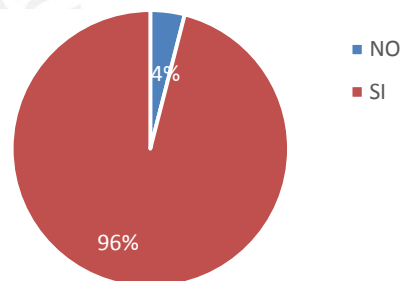


Figura 4.1-B: Resultados respecto a conocimiento a la definición del ruido

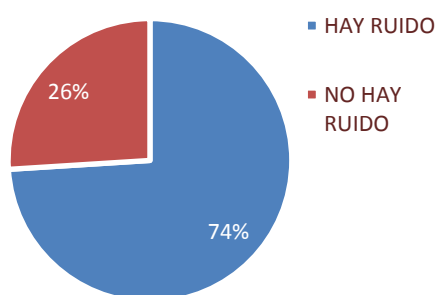


Figura 4.1-C: Resultados respecto a la existencia de ruido en la biblioteca

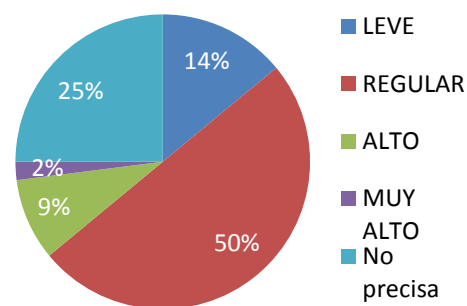


Figura 4.1-D: Resultados respecto a nivel de ruido percibido

Figura 4-1:(de arriba abajo, de izquierda a derecha) Resultados de la encuesta realizada para este proyecto.

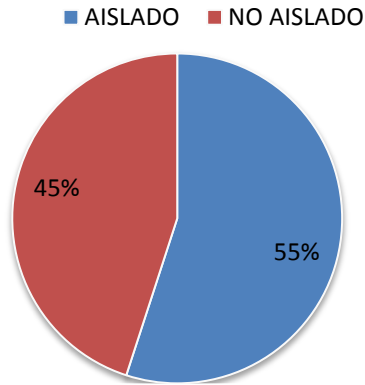


Figura 4.2- A: Resultados respecto a aislamiento acústico de la biblioteca con el exterior

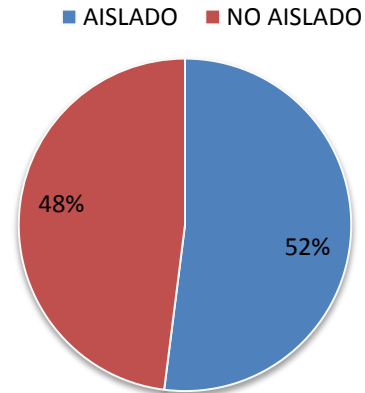


Figura 4.2-B: Resultados respecto a aislamiento de cubículos con el resto de la biblioteca

Figura 4-2: (de izquierda a derecha) Resultados sobre el aislamiento acústico en el CIA, en la encuesta realizada.

Cómo se observa en el figura 4.1-A, casi en su totalidad (90%) los usuarios de CIA dicen reconocer la diferencia entre el ruido y el sonido (diferencia que se detalla más adelante). En el figura 4.1-B, se demuestra que una vasta mayoría (96%) reconoce el ruido como contaminación. En la figura 4.1-C, Además se observa que un 74% de los encuestados cree que hay ruido molesto en el edificio y el nivel de molestia por el ruido es considerado como regular de acuerdo con el figura 4.1-D.

Como se observa en las figuras 4.2-A y 4.2-B, más del 50% de la población cree que el CIA se encuentra acústicamente aislado en cada una de las categorías, sin embargo, muchas de las razones de sus respuestas no presentaban una justificación adecuada puesto que desconocían del tema parcial o totalmente. Esto evidencia, adicionalmente, la poca difusión de los temas acústicos en el público usuario.

4.3 Estimación de emisiones según afectación ambiental

La estimación del impacto ambiental es la primera parte para poder identificar el nivel de ecoeficiencia, se ciñe a los protocolos de medición establecidos por la autoridad competente y se suele apoyar representar de múltiples formas para poder organizar la información obtenida.

4.3.1 Perfiles y polígonos de ruido

El registro de datos se realiza a partir del 29 de agosto del 2016 con la línea base, de dichas mediciones se obtuvo los gráficos de dispersión radial, como los de la figura 4-3 que ayudan a visualizar el estado de la biblioteca.

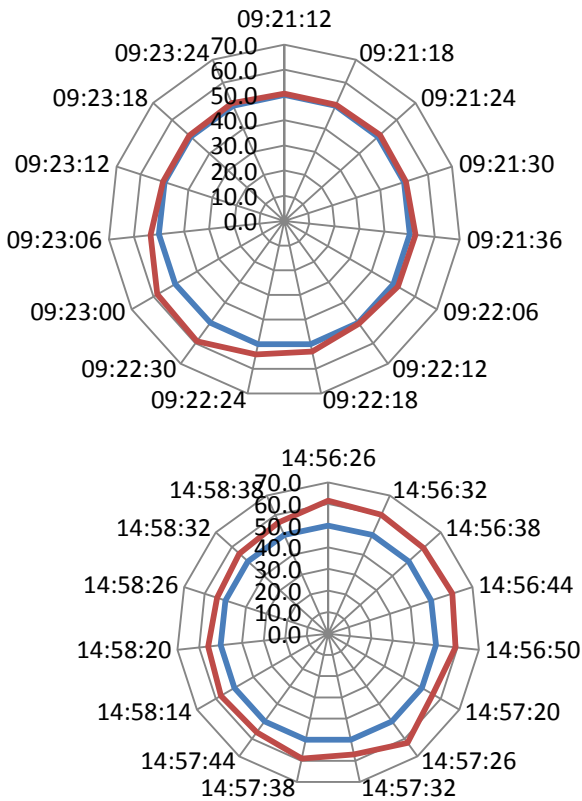


Figura 4-3: Gráficos de dispersión de radial para la estación 4B1 para el día 29 de agosto del turno mañana (arriba) y mediodía (abajo). Los polígonos rojos representan la emisión registrada y los azules, los ECA

Como se observa en los gráficos, en el turno mañana (considerado desde las 8 am, hora en que inician las actividades hasta las 12 pm) lo usual es que la emisión de ruido se encuentre por debajo o en lo establecido por la norma (como se observa en la figura); sin embargo, se observa que conforme mayor sea el avance del día, la emisión aumenta considerablemente. El siguiente turno pertenece al turno mediodía/ tarde (considerado entre las 12 pm y las 4 pm) se demuestra estar siempre por encima de lo establecido por la norma (como se observa en la figura), salvo en algunas estaciones de población de usuarios baja. Esta tendencia se mantiene en aumento para la mayoría de gráficos observados.

4.3.2 Índices de afectación ambiental

Como parte del estudio, se evalúa el nivel de presión sonora en ponderación A por cada estación como la media de los valores registrados, resultando en los valores de la Tabla 4-2. Como se puede observar, solo en el turno mañana, hay estaciones que en promedio de ruido se encuentran por debajo del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecido, mientras que en la tarde absolutamente todos los valores son mayores adicionalmente, si se realiza una diferencia de cada promedio con el ECA, se visualiza mejor los diferenciales, para lo cual se presenta la tabla 4-4, en la cual se puede observar como la mayor parte de estaciones, en media logarítmica son superiores a lo establecido por ley. Finalmente, la tabla 4-5 resume los valores de las medias y sus respectivas diferencias con el ECA.

Tabla 4-2: Resumen de medias de resultados según estación

Sector	Mañana						
	A1	A2	A3	A4	I1	B1	B2
Piso 4	47.40	-	48.60	-	51.00	52.10	-
Piso 3	-	48.90	-	48.00	53.10	-	53.60
Piso 2	51.80	-	50.00	-	52.40	48.00	-
Piso 1	-	53.00	-	51.80	51.40	-	48.50
Sótano 1	58.20	-	48.90	-	54.20	61.20	-
Sótano 2	-	-	-	-	52.40	-	51.50
Sector	Tarde						
	A1	A2	A3	A4	I1	B1	B2
Piso 4	53.00	-	54.00	-	56.00	56.00	-
Piso 3	-	55.00	-	53.00	57.00	-	57.00
Piso 2	58.00	-	57.00	-	57.00	52.00	-
Piso 1	-	57.00	-	56.00	57.00	-	52.00
Sótano 1	53.00	-	51.00	-	55.00	62.00	-
Sótano 2	-	-	-	-	51.00	-	56.00

Tabla 4-3: Diferencia de valor entre el promedio por estación y el ECA

Sector	Mañana							
	A1	A2	A3	A4	I1	B1	B2	
Piso 4	-2.60	-	-1.40	-	1.00	2.10	-	
Piso 3	-	-1.10	-	-2.00	3.10	-	3.60	
Piso 2	1.80	-	0.00	-	2.40	-2.00	-	
Piso 1	-	3.00	-	1.80	1.40	-	-1.50	
Sótano 1	8.20	-	-1.10	-	4.20	11.20	-	
Sótano 2	-	-	-	-	2.40	-	1.50	
Sector	Tarde							
	Piso 4	3.00	-	4.00	-	6.00	6.00	-
	Piso 3	-	5.00	-	3.00	7.00	-	7.00
	Piso 2	8.00	-	7.00	-	7.00	2.00	-
	Piso 1	-	7.00	-	6.00	7.00	-	2.00
	Sótano 1	3.00	-	1.00	-	5.00	12.00	-
	Sótano 2	-	-	-	-	1.00	-	6.00

Tabla 4-4: Medidas de nivel de presión sonora y la diferencia con el ECA

Estación	Mañana (dB)	Tarde (dB)	ECA (dB)	Diferencia M	Diferencia T
4A1	47.40	53.00	50.00	-2.60	3.00
4A3	48.60	54.00	50.00	-1.40	4.00
4I1	51.00	56.00	50.00	1.00	6.00
4B1	52.10	56.00	50.00	2.10	6.00
3A2	48.90	55.00	50.00	-1.10	5.00
3A4	48.00	53.00	50.00	-2.00	3.00
3I1	53.10	57.00	50.00	3.10	7.00
3B2	53.60	57.00	50.00	3.60	7.00
2A1	51.80	58.00	50.00	1.80	8.00
2A3	50.00	57.00	50.00	-	7.00
2I1	52.40	57.00	50.00	2.40	7.00
2B1	48.00	52.00	50.00	-2.00	2.00
1A2	53.00	57.00	50.00	3.00	7.00
1A4	51.80	56.00	50.00	1.80	6.00
1I1	51.40	57.00	50.00	1.40	7.00
1B2	48.50	52.00	50.00	-1.50	2.00
S1A1	58.20	53.00	50.00	8.20	3.00
S1A3	48.90	51.00	50.00	-1.10	1.00
S1I1	54.20	55.00	50.00	4.20	5.00
S1B1	61.20	62.00	50.00	11.20	12.00
S2I1	52.40	51.00	50.00	2.40	1.00
S2B2	51.50	56.00	50.00	1.50	6.00

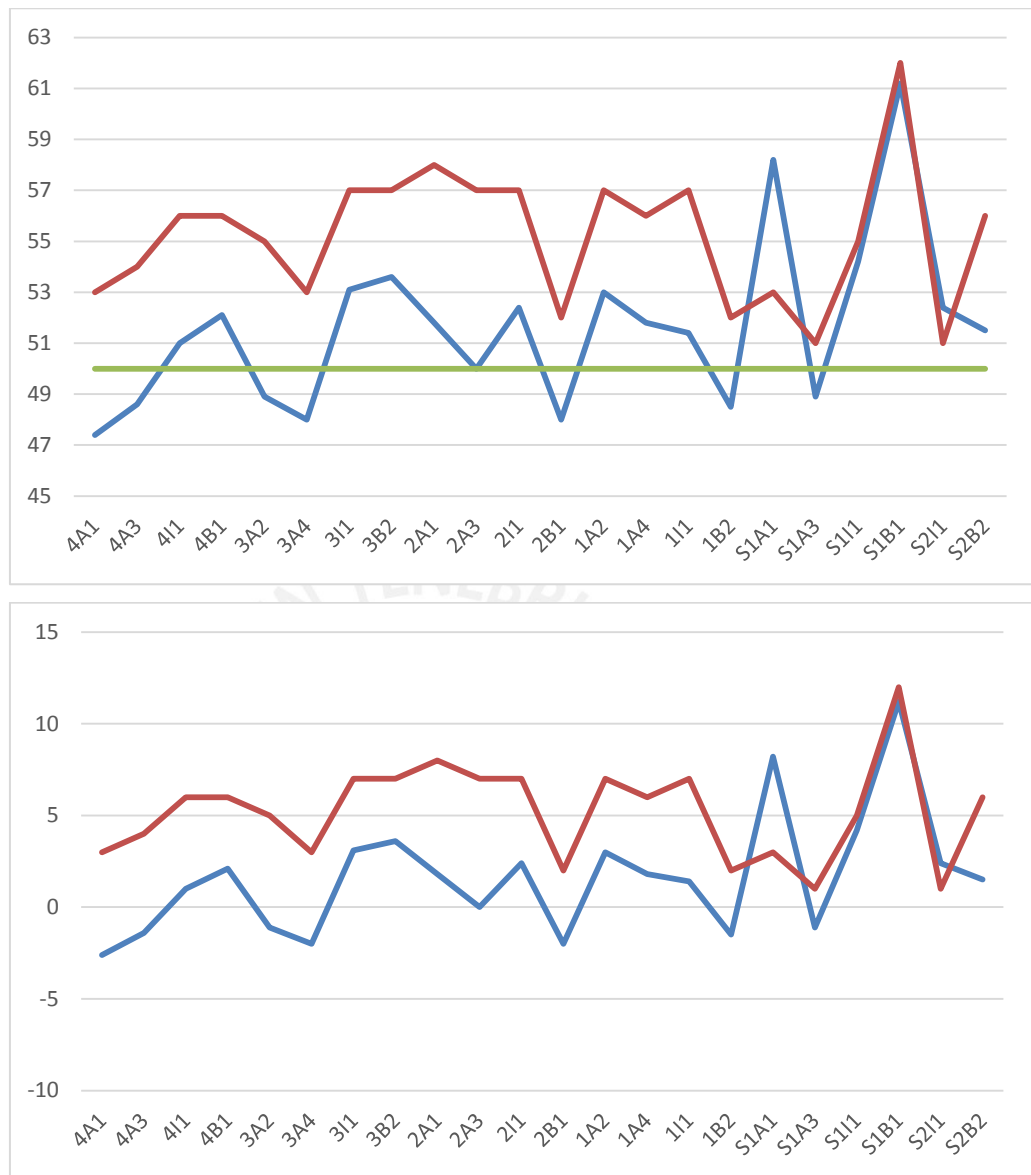


Figura 4-4: Líneas de perfil para el conjunto de medidas registradas en la mañana (azul) y en la tarde (rojo) comparadas con el ECA (verde) (Arriba). Perfiles de diferencia entre los registros y el ECA (Abajo).

En la tabla 4-4 y figura 4-4 se puede observar como la mayor parte de medidas promedio registradas son mayores al ECA, siendo pocas las estaciones que tienen un valor no muy menor a este. Además, se puede dar registro de que las medidas de la mañana son menores a las del mediodía/tarde a excepción de la estación S1A1 que cuenta con mayor influjo de personas en esos horarios.

4.3.3 Mapas de ruido por planta

Adicionalmente se realizan mapas de ruido para conocer una distribución aproximada del ruido en cada planta por turno como se observa en las figura 4-5. Se puede observar que los registros en los Sectores B son generalmente menores (tonalidades de color más cercanos al verde) a los del sector A y los pasillos (colores rojos), además se ve reflejado el aumento de emisiones sonoras en el turno de la tarde.

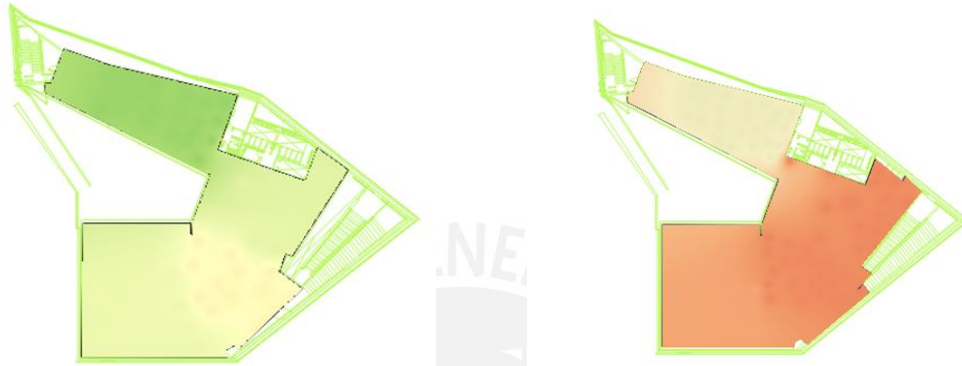


Figura 4-5: (izquierda a derecha) mapas de ruido de la primera planta turno mañana y turno tarde respectivamente.

4.4 Estudio de Ecoeficiencia

Con el fin de determinar la ecoeficiencia, se determina el costo de la implementación de las medidas de mitigación sonora que se hayan incluido, para luego generar pares ordenados correspondientes al impacto y costo calculados para cada estación en el proyecto.

4.4.1 Estimación del costo de operaciones

Para la estimación del costo de operaciones se toma en cuenta todos los componentes utilizados para el tratamiento acústico de la edificación, los cuales están conformados por los siguientes elementos: paneles acústicos, alfombras modulares, vidrios insulados, recubrimientos de drywall para sonadores y lana de vidrio. Para poder completar el proceso de estimación de costos, se tuvo que tener en cuenta los precios unitarios sugeridos en el mercado en el momento de la construcción con un metrado realizado con base en los planos de arquitectura brindados con los que se procede a calcular el costo total por metro cuadrado en cada piso de cada elemento para finalmente obtener el valor del costo final, este proceso se encuentra representados desde la tabla 4-5 a la 4-10

Tabla 4-5: Distribución por área de costo de baldosas acústicas para cada estación.

	Sector B	Sector I	Sector A(1-2)	Sector A(3-4)
Piso 4	S/. 56,242.84	S/. 64,797.90	S/. 38,880.78	S/. 64,052.36
Piso 3	S/. 45,514.53	S/. 38,874.74	S/. 43,471.13	S/. 47,231.58
Piso 2	S/. 47,119.48	S/. 54,286.80	S/. 32,573.79	S/. 53,662.19
Piso 1	S/. 14,432.09	S/. 18,088.69	S/. 14,441.16	S/. 21,848.91
Sótano 1	-	S/. 93,621.32	S/. 42,027.44	S/. 32,230.07
Sótano 2	S/. 26,390.70	S/. 11,711.59		

Tabla 4-6: Distribución por área de costo de alfombras modulares para cada estación.

	Sector B	Sector I	Sector A(1-2)	Sector A(3-4)
Piso 4	S/ 12,720.15	S/ 14,655.00	S/ 8,793.46	S/ 14,486.39
Piso 3	S/ 11,783.21	S/ 10,064.25	S/ 11,254.20	S/ 12,227.74
Piso 2	S/ 12,694.69	S/ 14,625.67	S/ 8,775.86	S/ 14,457.39
Piso 1	S/ 8,206.75	S/ 10,286.06	S/ 8,211.90	S/ 12,424.29
Sótano 1	-	S/ 2,446.28	S/ 1,098.16	S/ 842.16
Sótano 2	S/ 6,382.01	S/ 2,832.19		

Tabla 4-7: Distribución por área de costo de drywall para cada estación.

	Sector B	Sector I	Sector A(1-2)	Sector A(3-4)
Piso 4	S/. 17,305.59	S/. 19,937.93	S/. 11,963.39	S/. 19,708.53
Piso 3	S/. 13,866.60	S/. 11,843.70	S/. 13,244.05	S/. 14,389.73
Piso 2	S/. 22,379.48	S/. 25,783.61	S/. 15,470.98	S/. 25,486.95
Piso 1	S/. 20,970.82	S/. 26,284.10	S/. 20,983.99	S/. 31,747.96
Sótano 1	-	S/. 22,231.63	S/. 9,979.98	S/. 7,653.46
Sótano 2	S/. 55,007.14	S/. 24,410.92		

Tabla 4-8: Distribución por área de costo de lana de vidrio para cada estación.

	Sector B	Sector I	Sector A(1-2)	Sector A(3-4)
Piso 4	S/. 6,041.72	S/. 6,960.72	S/. 4,176.65	S/. 6,880.63
Piso 3	S/. 5,341.32	S/. 4,562.11	S/. 5,101.52	S/. 5,542.82
Piso 2	S/. 5,343.23	S/. 6,155.99	S/. 3,693.79	S/. 6,085.16
Piso 1	S/. 5,160.94	S/. 6,468.54	S/. 5,164.18	S/. 7,813.20
Sótano 1	-	S/. 5,096.38	S/. 2,287.81	S/. 1,754.48
Sótano 2	S/. 14,022.42	S/. 6,222.83		

Tabla 4-9: Distribución por área de costo d vidrio insulado para cada estación.

	Sector B	Sector I	Sector A(1-2)	Sector A(3-4)
Piso 4	S/ 36,670.86	S/ 42,248.85	S/ 25,350.64	S/ 41,762.74
Piso 3	S/ 84,372.89	S/ 72,064.34	S/ 80,584.93	S/ 87,555.89
Piso 2	S/ 107,360.18	S/ 123,690.68	S/ 74,218.31	S/ 122,267.53
Piso 1	S/ 89,943.81	S/ 112,732.48	S/ 90,000.31	S/ 136,166.95
Sótano 1	S/ 37,585.74	S/ 64,196.03	S/ 28,818.17	S/ 22,100.12
Sótano 2	S/ 61,370.55	S/ 27,234.86		

Tabla 4-10: Distribución por área de costo total para cada estación.

	Sector B	Sector I	Sector A(1-2)	Sector A(3-4)
Piso 4	S/. 128,981.15	S/. 148,600.40	S/. 89,164.93	S/. 146,890.65
Piso 3	S/. 160,878.55	S/. 137,409.15	S/. 153,655.83	S/. 166,947.77
Piso 2	S/. 194,897.06	S/. 224,542.74	S/. 134,732.72	S/. 221,959.22
Piso 1	S/. 138,714.40	S/. 173,859.87	S/. 138,801.55	S/. 210,001.31
Sótano 1	S/. 37,585.74	S/. 187,591.63	S/. 84,211.56	S/. 64,580.29
Sótano 2	S/. 163,172.82	S/. 72,412.40		

En las tablas 4-5, 4-6, 4-7, 4-8 y 4-9, se muestran los valores calculados de aporte en costo de cada tipo de tratamiento acústico al precio con el que se evalúa cada estación, valores que se ven sumados y totalizados en la tabla 4-10. Adicionalmente, en la tabla 4-11, se puede observar el aporte y costo de cada tratamiento por piso. Finalmente, en la figura 4-6 se observa que el 49% del precio total reside en el costo del vidrio insulado.

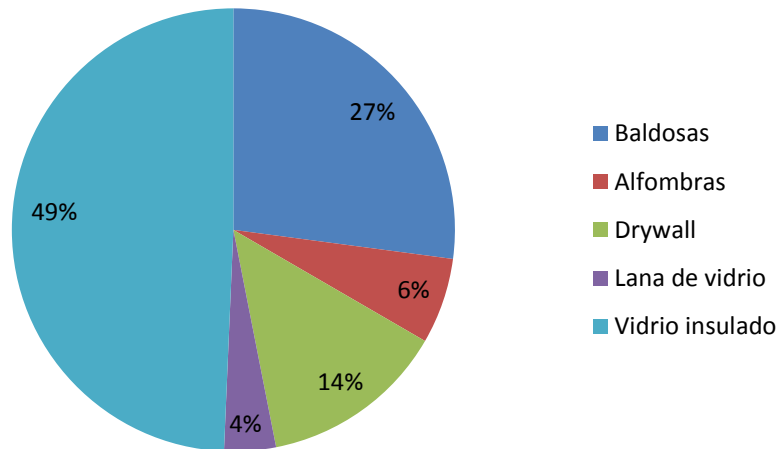


Figura 4-6: Incidencia de los elementos de mitigación acústica en el costo total final de acabados.

Tabla 4-11: Resumen de Costo total

Planta	<i>Baldosas acústicas</i>		<i>Lana de vidrio</i>		<i>Drywall aislante</i>		<i>Alfombras modulares</i>		<i>Vidrio insulado*</i>	<i>Precio por planta</i> S/
	<i>Costo unitario:</i> S/ 501.00 /m ²		<i>Costo unitario:</i> S/ 25.00 /m ²		<i>Costo unitario:</i> S/ 133.67 /m ² (pared) S/ 98.07 /m ² (techo)		<i>Costo unitario:</i> S/ 60.00 /m ²		<i>Precio/piso</i> S/	
	<i>Área</i> m ²	<i>Precio/piso</i> S/	<i>Área</i> m ²	<i>Precio/piso</i> S/	<i>Área</i> m ²	<i>Precio/piso</i> S/	<i>Área</i> m ²	<i>Precio/piso</i> S/		
Piso 4	446.51	223,701.51	62.39	1,559.75	643.82	68,915.43	844.25	50,655.00	146,033.09	490,864.78
Piso 3	349.06	174,879.06	21.91	547.75	502.58	53,344.09	755.49	45,329.40	324,578.05	598,678.35
Piso 2	374.08	187,414.08	851.13	21,278.25	851.13	89,121.01	842.56	50,553.60	427,536.70	775,903.64
Piso 1	137.18	68,727.18	84.27	2,106.75	984.27	99,986.86	652.15	39,129.00	428,843.54	638,793.33
Sótano 1	334.68	167,674.68	65.55	1,638.75	365.55	39,865.07	73.11	4,386.60	152,700.05	366,265.15
Sótano 2	75.96	38,055.96	9.81	245.25	809.81	79,418.07	153.57	9,214.20	88,605.41	215,538.89
									Total	3,086,044.13

En la presente tabla se observa como cada elemento del precio final se divide de acuerdo al aporte en área de los elemento que controlan la contaminación acústica por piso, a excepción del vidrio insulado que se requería de un cálculo más complejo puesto que al haber diferencias en los tipos de vidrios y sus usos, varía el precio por área, lo cual ameritaba un cálculo aparte. Como se observa, la mayor parte de costo para el manejo acústico está presente en el vidrio insulado a excepción del Sótano 2, que casi no cuenta con necesidad de usar ventanas o puertas de dicho material, seguido luego, por el drywall usado para aislar en tabiques y en techos, que debido a la gran cantidad de áreas cubiertas, influyen en el precio. Cabe añadir, que la planta con mayor costo de elementos acústicos es el Piso 2, el cual no es el que más elementos de control acústico tiene por cada tipo, sin embargo, en su conjunto, es mayor al resto.

(*): Los vidrios insulados están clasificados entre varios tipos de acuerdo a su uso y al lugar para el que fueron diseñados, por lo que se debe realizar el promedio ponderado de acuerdo a la cantidad usada por tipo.

Tabla 4-12: Resumen de Costo total de acuerdo a los precios sugeridos por norma

<i>Planta</i>	<i>Baldosas acústicas</i>		<i>Lana de vidrio*</i>		<i>Drywall aislante</i>		<i>Alfombras modulares</i>		<i>Vidrio insulado**</i>	<i>Precio por planta</i>
	<i>Costo unitario:</i>		<i>Costo unitario:</i>		<i>Costo unitario:</i>		<i>Costo unitario:</i>		<i>Precio/piso</i>	
	<i>S/ 292.40</i>		<i>S/ 8.77</i>		<i>S/ 214.54</i>		<i>S/ 42.69</i>			<i>S/</i>
	<i>Área</i>	<i>Precio/piso</i>	<i>Área</i>	<i>Precio/piso</i>	<i>Área</i>	<i>Precio/piso</i>	<i>Área</i>	<i>Precio/piso</i>		
<i>m²</i>	<i>S/</i>	<i>m²</i>	<i>S/</i>	<i>m²</i>	<i>S/</i>	<i>m²</i>	<i>S/</i>			
Piso 4	446.51	130,559.52	62.39	547.11	643.82	138,125.14	844.25	36,041.03	88,584.80	393,857.61
Piso 3	349.06	102,065.14	21.91	192.13	502.58	107,823.51	755.49	32,251.87	153,527.82	395,860.48
Piso 2	374.08	109,380.99	851.13	7,463.76	851.13	182,601.43	842.56	35,968.89	207,394.59	542,809.65
Piso 1	137.18	40,111.43	84.27	738.98	984.27	211,165.29	652.15	27,840.28	173,801.84	453,657.83
Sótano 1	334.68	97,860.43	65.55	574.82	365.55	78,425.10	73.11	3,121.07	78,952.90	258,934.32
Sótano 2	75.96	22,210.70	9.81	86.03	809.81	173,736.64	153.57	6,555.90	37,746.74	240,336.01
									Total	2,285,455.89

En la presente tabla se observa el precio que debería haber costado los acabados de acuerdo a la resolución ministerial del 30 de octubre de 2018, dando un monto mucho menor al que costó realmente la biblioteca, añadiendo que el valor de estos deben ser re expresados a valores de la misma fecha de la norma, que generalmente, por devaluación económica y la inflación, son mayores, lo cual implica una diferencia aún mayor.

(*): La lana de vidrio es un tipo de acabado que no está determinado por la norma al no ser un acabado final, sino un material que usualmente no tiene contacto directo con el exterior, para ello se decidió optar por los valores de mercado sugeridos por la revistas costos.

(**): Los vidrios insulados están evaluados respecto al precio de norma determinado para puertas y ventanas exteriores, mientras que los interiores permanecen sin modificación al no ser expresados en la misma.

4.4.2 Ecoeficiencia de la biblioteca

Para este estudio se tiene en cuenta que tanto el precio como el impacto ambiental (el ruido), deben ser estandarizados de acuerdo a los valores obtenidos en el estudio de acuerdo a lo explicado anteriormente. Con lo cual se obtuvo los valores obtenidos en la tabla 4-6. Luego se procede al análisis de acuerdo a los métodos de estudios propuestos anteriormente.

Tabla 4-13: Valores estandarizados de ruido y costo de cada estación

Sector	Costo	Mañana	Tarde
4B1	0.37	0.313	0.414
4I1	0.46	0.193	0.431
4A1	0.19	0.182	0.485
4A3	0.45	0.277	0.503
3B2	0.61	0.377	0.326
3I2	0.49	0.257	0.491
3A2	0.58	0.348	0.560
3A4	0.65	0.261	0.378
2B1	0.76	0.381	0.408
2I1	0.91	0.361	0.444
2A1	0.46	0.395	0.564
2A3	0.90	0.343	0.374
1B2	0.58	0.373	0.337
1I2	0.79	0.393	0.485
1A2	0.58	0.267	0.511
1A4	1.00	0.433	0.592
S1B1	0.00	0.388	0.446
S1I1	0.48	0.351	0.345
S1A1	0.09	0.378	0.336
S1A3	0.02	0.296	0.314
S2B2	0.75	0.393	0.464
S2I1	0.21	0.315	0.384

Tabla 4-14: Resumen estadístico de los valores de costo e impacto para cada punto

	Costo*	Impacto	
		Mañana	Tarde
Máximo	1.00	0.433	0.592
Mínimo	0.00	0.182	0.314
Cuantil 25	0.37	0.28	0.37
Media	0.53	0.35	0.44
Cuantil 75	0.75	0.38	0.49
Eficiencia (<0.5)	22	22	17

(*): Los valores de costo son duplicados puesto que son utilizados para dos conjuntos de datos distintos, tanto los de la mañana como los de la tarde.

Se observa en la tabla 4-13 que la mitad de los casos de costo (22 en total) son menores a 0.5, y que en total, 39 casos (89% del total) distribuidos entre la mañana (22) y la tarde (17) son menores a 0.5, sin embargo su relación directa con la ecoeficiencia no es implícita.

Para un mejor análisis, se identifican cuatro zonas dentro del gráfico. La primera es la Zona I de eficiencia en costo y la de eficiencia en ruido, es la segunda zona más poblada (12). La siguiente, la Zona II de ineficiencia en costo y eficiencia en ruido, la zona más poblada (27), así mismo esta se divide en dos zonas por la diagonal, al igual que en la Zona III, la que es un caso inverso de la Zona II, pero en la que no hay puntos. Finalmente, la Zona IV, la cual cuenta con cinco casos y es la zona en las que se requieren un estudio más exhaustivo para identificar las causas de su condición y posibles mejoras.

Tras relacionar cada impacto con su respectivo costo se procede a evaluar la ecoeficiencia usando los dos métodos propuestos. Primero, se ubican los casos en la gráfica de ACV, obteniéndose el resultante de la Figura 4-6. Como se puede observar que 22 casos (50% del total) se encuentran en la zona de casos más óptimos, sin embargo la ubicación de la mayoría de esos puntos está en la zona II, además que cerca de la mitad de estos se encuentran próximos a los valores más favorables para el impacto ambiental pero no respecto al costo.

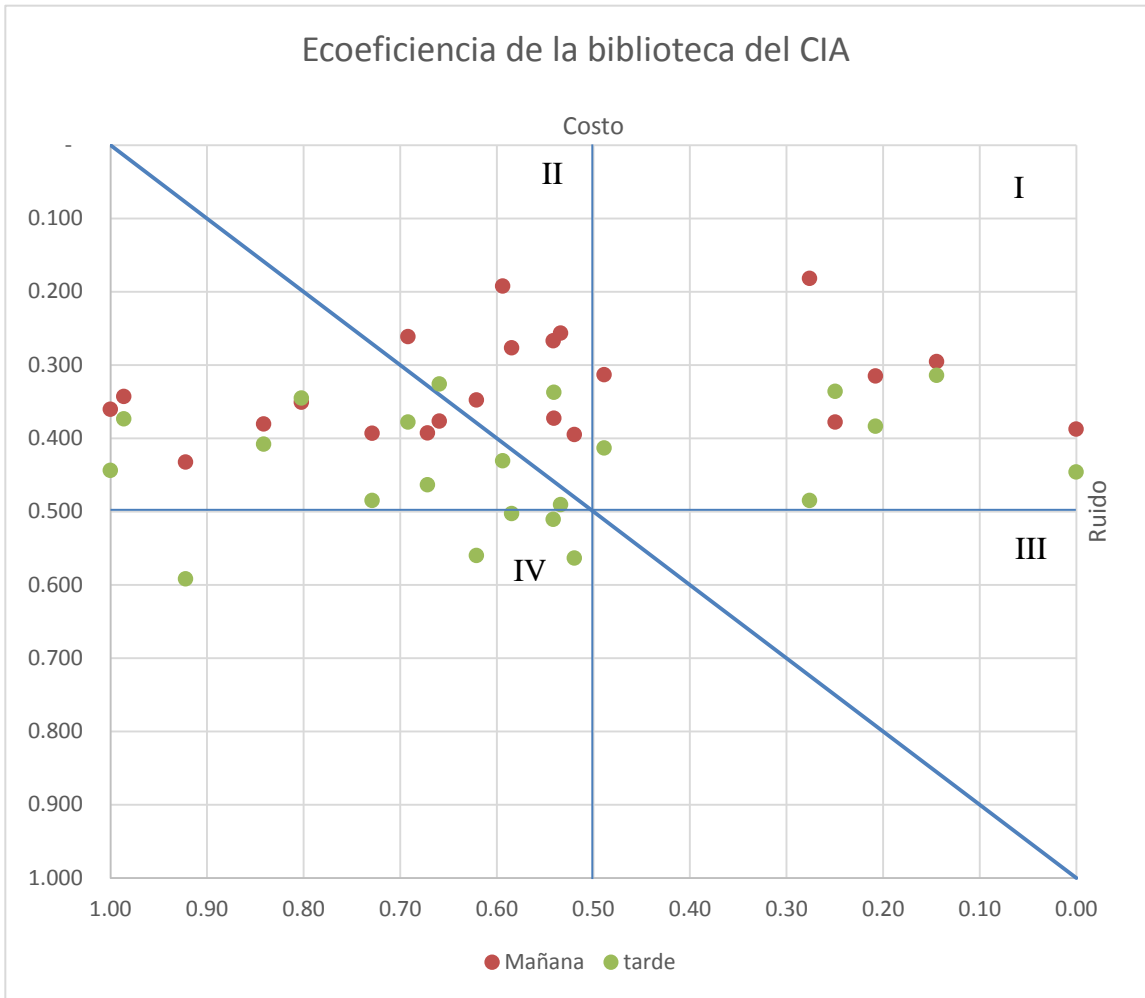


Figura 4-7: Gráfico de ACV/ Costo para los valores estandarizados graficados en el primer método de análisis.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se comparan los resultados obtenidos con la bibliografía relevante y la hipótesis inicial para corroborar la fiabilidad de los valores obtenidos, así como se podrá probar la confiabilidad de los métodos de análisis, ciñéndose a los objetivos y alcances del proyecto.

5.1 Percepción y uso del público usuario

Similar a “Occupant satisfaction in LEED and non-LEED certified buildings” (Altomonte & Schavion, 2013), se puede observar que el público usuario no está del todo satisfecho, de acuerdo a las encuestas realizadas, se observa que el público usuario detecta en su mayoría un nivel de ruido regular por lo que se pone en duda si la biblioteca cumple su función de total satisfacción con el público que utiliza la biblioteca en cuanto a lo que ruido respecta.

Además, se puede inferir una relación entre la cantidad de público usuario que se encuentra usando las instalaciones con respecto al nivel de presión sonora emitido puesto que los mayores niveles de ruido se registran en los horarios de mayor aforo, sin embargo, no es el único factor influyente, puesto que el paso de los aviones, el cierre rápido de puertas, el servicio de máquinas de venta rápida y el paso de los carros de transporte de libros también han sido fuentes importantes de emisión, después del flujo peatonal y conversaciones entre personas, similar a lo observado en “The impact of urban noise on primary schools” (Silva, 2016) en el estudio de impacto sonoro en instituciones educativas de nivel primaria, se corrobora la relevancia de factores externos en los que no se puede gestionar la mitigación de emisiones de ruido desde su origen, sino la reducción de percepción del público usuario.

5.2 Niveles de presión sonora

En general, la biblioteca presenta unos niveles de ruido superiores al ECA propuesto por el MINAM, principalmente en el horario de mediodía (de 12 a 4 pm) aunque los registros de alto valor se empiezan a registrar desde el horario en la mañana con el aumento de aforo de público usuario.

Se observa que en realidad la eficiencia por protección ambiental es alta para este proyecto, puesto que la 89% de los valores son menores a 0.5, lo cual significa que son resultados con tendencia de valor bajo. Las emisiones se registran por encima del ECA, pero no con una diferencia significativa (a pesar de que la escala es logarítmica) y los sistemas de disipación sonora se basan principalmente en reducir la cantidad de ondas sonoras que se reflejan dentro de la edificación y no en reducir la emisión en la fuente como método complementario.

Se logra registrar una ligera reducción de presión sonora en los sectores alfombrados respecto a los que cuentan con cerámicas, empero no es concluyente al haber otros factores como los usos y los tipos de fuentes de emisión que son distintos de una zona a otra como se observó en “Evaluación de impacto sonoro de la Pontificia Universidad Católica del Perú” (Berrio, 2012) sobre el nivel de ruido en la PUCP. Este caso, similar a la “Evaluación de la Contaminación Ambiental Sonora en el Campus y Entorno de la Universidad César Vallejo-Trujillo” (Chombo & Yupanqui, 2016), se relaciona la emisión de ruido con la presencia del alumnado, su flujo y el flujo vehicular.

Finalmente, por el comportamiento acústico de los interiores de la biblioteca, se observa que si bien la clasificación es de “caracterización especial” en la norma, se recomendaría estudiarlo desde la perspectiva de una zona “comercial” puesto que las actividades que allí se realizan tienen un registro similar los que se desarrollan lugares con dicha caracterización.

5.3 Costo de mitigación acústica

Tras la realización del estudio, se pudo comprobar que los costos de implementación de control de ruido son altos, aún sin considerar la devaluación económica ni la inflación, con respecto a la norma, excediendo en más de un millón de soles al valor sugerido en el resolución ministerial N° 370-2018-VIVIENDA. Si bien, como se ve en la publicación “Green Noise or Green Value?”, este precio puede llegar a

ser aval a futuro (Fuerst & Mc Allister, 2011), al evaluar su eficiencia en la mitigación, existe la posibilidad de que se desarrolle una opción con desempeño más óptimo o en su defecto una de menor costo con igual eficiencia. Se observa que una posible causa de la elección de estos elementos sea la función arquitectónica y estética en cada planta, provocando un encarecimiento del valor final del proyecto, considerando la posibilidad de existencia de métodos similares con menor costo.

5.4 Ecoeficiencia

La ecoeficiencia se estudia de acuerdo a la metodología propuesta y se corroboró que en el Perú es limitada, así como lo expresa en “Eco eficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias” (Leal, 2005). Además, tal y como se observa en “Eco-efficiency of construction materials: data envelopment analysis” (Tatari & Kucukvar, 2011) la influencia de los materiales incluidos incide en el desempeño de mitigación y costo de acuerdo a su estudio respectivo, por ende, en el presente proyecto se contempla la posibilidad de incluir otras opciones acústicas menos costosas.

Se observa la representatividad del método como se detalla en “Eco-Efficiency: Combining Life Cycle Assessment and Life Cycle Costs via Normalization” (Kicherer et al, 2007) y que por ende la distribución gráfica es representativa para el análisis. Con ello se registra la existencia de una repartición equitativa entre costo eficiencia e ineficiencia, los valores dan a entender que no se tuvo en cuenta el control de los costos de la forma más óptima, sin embargo, el resultado, respecto a la gestión ambiental, fue en su mayoría positivo, manteniendo el valor del impacto ligeramente mayor al establecido en el ECA.

Finalmente, se puede observar que no existe una relación concluyente entre la Certificación LEED y la ecoeficiencia acústica puesto que la certificación no observa ni contempla estos aspectos en su evaluación. Además, la mitad de casos evaluados mantiene un nivel de ecoeficiencia aceptable de acuerdo al análisis presentado y que una evaluación respecto a los estándares WELL para edificaciones conforme al programa wellness como se indica en “Facilitating the WELL Building Standard through Wellness Programs in the Workplace”, no solo beneficiaría la condición acústica, sino que también al confort del público usuario (Park & Rider, 2018) de la biblioteca.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

En el presente proyecto se estudió la ecoeficiencia acústica de la biblioteca del CIA. Se utilizó el método de Análisis de Costo de Vida con Costo de Ciclo de vida para la fase de uso de esta edificación; por lo cual, el registro de impacto acústico medido constó del recojo de datos de ruido en los espacios internos de esta edificación. Así mismo, el valor numérico del costo de la etapa de funcionamiento del ciclo de vida del CIA está compuesto de los precios de adquisición de los acabados cuya finalidad es la mitigación de los impactos del ruido. Para poder obtener los resultados, se planteó que todos aquellos impactos externos de este edificio son factores incontrolables. Es decir, alteraciones al medio que no pueden ser tratados o en su defecto necesitan un análisis de control y comportamiento más profundo. Por lo tanto, no se encuentran dentro del alcance de este proyecto.

Con respecto a la percepción del público usuario de la biblioteca del CIA, se manifiesta cierto nivel de molestia en el público usuario. Si bien, no se certifica que perturba sus labores y desempeño, se da a entender que hay mejoras que podrían aplicarse en pos de satisfacer a los usuarios. Adicionalmente, se observa el número de personas que ingresan a la biblioteca es mayor al aforo sugerido, por lo que se registra un déficit de capacidad de servicio al usuario por parte de la biblioteca.

En relación a los niveles de presión sonora en los espacios interiores de la biblioteca del CIA, se observa que en una gran cantidad de estaciones hay un promedio mayor al ECA diurno para zonas de clasificación especial de la norma. Sin embargo, en su media, los valores de ruido no son excedentes con gran diferencia al ECA. Además, por el comportamiento acústico que presentan la mayoría de las plantas en la edificación, se prevé que una clasificación más acertada para esta, sea la de Zona Comercial.

En cuanto al costo de mitigación de impacto sonoro de la biblioteca se observa una inversión considerablemente mayor a la sugerida por norma para la mitigación del sonido en esta edificación de acuerdo a los precios que existen en el mercado re expresados a valores del 2018. Además, el desempeño y eficiencia de estas medidas deben ser evaluadas ante una posibilidad de que existan medidas de mitigación de ruido con mejor eficiencia con menor precio al utilizado.

Finalmente, se observa que en la biblioteca una ausencia de certificación (ya que la certificación LEED no aporta ningún sistema de gestión acústico durante el funcionamiento de la biblioteca) o control continuo del ruido, así como unas medidas de mitigación sonoras muy costosas han encarecido la ecoeficiencia de la biblioteca al solo contar con un 50% de estaciones en condiciones eficientes. Adicionalmente, se registra un comportamiento acústico muy cercano al de una zona comercial, lo cual deja en posibilidad de discusión la necesidad de utilizar elementos de control sonoro tan costosos para zonas similares.

Recomendaciones:

A partir de lo hallado en el estudio se sugiere restablecer los límites acústicos de la norma de acuerdo a los casos de estudios realizados. Lo cual implica tener un sustento fiable para una clasificación más realista y completa de los distintos ambientes urbanos. Como por ejemplo, zonas de aprendizaje cooperativo que requieran un ambiente con mayores libertades acústicas.

Realizar una gestión más completa de costo de mitigación sonora y su eficiencia para la mitigación del ruido que considere, no solo aspectos acústicos, sino también estéticos y funcionales, así como el confort desde el punto de vista de los usuarios de acuerdo a certificaciones adicionales, como lo es el Estándar WELL para edificaciones.

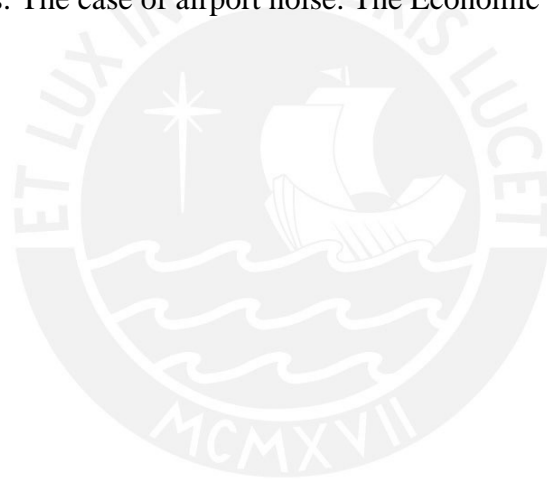
Se propone indagar y buscar medidas de mitigación sonora de menor costo con igual o mayor desempeño acústico que los empleados. Así mismo, una mayor cantidad de personal de seguridad que gestione, entre otros parámetros, el ruido y/o sonómetros de bajo costo o sistemas de control de ruido similar. Adicionalmente, gestionar un seguimiento de los casos más críticos identificados en la presente tesis con la posibilidad de determinar mejoras a aplicar.

BIBLIOGRAFÍA

- Altomonte, S., & Schiavon, S. (2013). "Occupant satisfaction in LEED and non-LEED certified buildings". *Building and Environment*, 68, 66-76.
- American National Standard Acoustical. (1994). "American National Standard Acoustical Terminology". ANSI S1, 1-1994.
- Bambarén-Alatrística, C., & Alatrística-Gutiérrez de Bambarén, M. D. S. (2014). Impacto ambiental de un hospital público en la ciudad de Lima, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 31
- Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (1999). *Guías para el ruido urbano*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS, 18-22.
- Benasayag, E. F. M. (2000). "El ruido nos mata en silencio". En *Anales de geografía de la Universidad Complutense*
- Berrio, W. (2012). "Evaluación de impacto sonoro de la Pontificia Universidad Católica del Perú". Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Bribián, I. Z., Capilla, A. V., & Usón, A. A. (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 46(5), 1133-1140.
- Bustamante, Y. (2011). "Ecoeficiencia en la universidad hacia un desarrollo sostenible". *Gestión del Tercer Milenio*, 14, p. 47- 53.
- Chombo, G. L. H., & Yupanqui, M. R. R. (2016). "Evaluación de la Contaminación Ambiental Sonora en el Campus y Entorno de la Universidad César Vallejo-Trujillo". *Tecnología & Desarrollo*
- Echeverry, C. L. Z., de Geociencias, E., & Ambiente, M. (2009). "Un aporte a la gestión del ruido urbano en Colombia, caso de estudio: Municipio de Envigado".
- Fuerst, F., & McAllister, P. (2011). Green noise or green value? Measuring the effects of environmental certification on office values. *Real estate economics*, 39(1), 45-69.
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., & Garmendia, L. (2005). Evaluación de impactos ambientales.
- Gómez, M. N. I. M. (2011). "358049–Medidas operativas para la ecoeficiencia".
- González Sánchez, Y., & Fernández Díaz, Y. (2014). Efectos de la contaminación sónica sobre la salud de estudiantes y docentes, en centros escolares. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52.
- Grupo s10. (Septiembre 2016). Precios unitarios de partidas. *Costos*, 270, 78- 86.
- Guiguet, A., & welti, R. (2003). "Supresión de modos de vibración acústicos con un resonador Helmholtz". *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25
- Halim, H., Abdullah, R., Ali, A. A. A., & Nor, M. J. M. (2015). Effectiveness of existing noise barriers: comparison between vegetation, concrete hollow block, and panel concrete. *Procedia Environmental Sciences*, 30, 217-221.
- IWBI. (2014). About WELL. mayo 10, 2019, de IWBI Sitio web: <https://www.wellcertified.com/about-iwbi/>
- Javier Pique del Pozo. (2018, octubre 30). Cuadro de valores unitarios oficiales de edificación de Lima Metropolitana y provincia constitucional del Callao al 31 de

- octubre de 2018. El peruano, 1, 105- 119. 2019, mayo 23, De Blog PUCP Base de datos.
- Khaiwal, R., Singh, T., Tripathy, J. P., Mor, S., Munjal, S., Patro, B., & Panda, N. (2016). "Assessment of noise pollution in and around a sensitive zone in North India and its non-auditory impacts". *Science of The Total Environment*, 566, 981-987.
- Kicherer, A., Schaltegger, S., Tschochohei, H., & Pozo, B. F. (2007). Eco-efficiency. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(7), 537.
- Kiely, G., Carton, S., Cunningham, O., Duffy, D., Giller, N., Magette, P. S., & O'sullivan, J. (1999). *Ingeniería ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. McGraw-Hill Interamericana de España.
- Leal, J. (2005). "Eco eficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias". Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Legrand, E. (2004) ¿Reciclaje? ¿ACV? ¿Eco-eficiencia? En *Ecoeficiencia*
- Li, R. Y. M., & Tsoi, H. Y. (2014). Latin America sustainable building finance knowledge sharing. *Latin American Journal of Management for Sustainable Development*, 1.
- Livert-Aquino, F. (2011). "Ecoeficiencia". En *Ecoeficiencia y desarrollo de infraestructura urbana sostenible en Asia y América Latina*
- LLoclla, H. & Arbulú C. (2014). "La educación en ecoeficiencia". *UCV-HACER*, 3, 9. 2016, abril 24, De Revista de Investigación y Cultura Base de datos.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Guía de ecoeficiencia para instituciones del Sector Público*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Ministerio del Ambiente. (2012). "Protocolo Nacional de Monitoreo de ruido ambiental". Lima: Pacific Pir.
- Ministerio de Educación, Ministerio del Ambiente. (2012). *Guía educación en ecoeficiencia*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- República del Perú (2003). "Decreto Supremo N°85- 2003-PCM". Lima.
- Moreno, J. (1990). "Introducción al control del ruido". Naerum: Bruel & Kajer.
- Narciso, J. (2015). "Perú Limpio", Diapositivas de Power Point. Ministerio del Ambiente.
- Nicola, M., Ruani, A., de Córdoba, A. M., & Ambiental, O. (2000). *Evaluación de la exposición sonora y de su impacto sobre la salud y calidad de vida de la población residente en la zona oeste de la ciudad de Córdoba sobre los accesos principales a la zona central (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Médicas. Escuela de Fonoaudiología)*.
- Park, J., & Rider, T. R. (2018). "Facilitating the WELL Building Standard through Wellness Programs in the Workplace". In *ARCC Conference Repository*.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2002). "Directiva 2002/49/CE del parlamento europeo y del consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental". *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 12-25.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (1998). *Ecoeficiencia*. Organ. Econ. Co-op. Dev. 7.
- Ren, S., Li, X., Yuan, B., Li, D. & Chen, X. (2016). "The effects of three types of environmental regulation on ecoefficiency: A cross-region analysis in China". *Journal of Cleaner Production*.

- República del Perú. (2003). “Decreto Supremo N°85- 2003-PCM”. Lima.
- Ruiz-Frutos, C., García, A. M., Delclós, J., & Benavides, F. G. (2007). Salud laboral: conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales. *Revista española de salud pública*, 81
- Schmidheiny, S. (1992). *Changing course: A global business perspective on development and the environment*.
- Silva, L., Oliveira, I. & Silva, J. (2015). "The impact of urban noise on primary schools". *Perceptive evaluation and objective assessment*. Elsevier, 106, p 2- 9. 2016, abril 23, De Science Direct Base de datos.
- Tatari, O., & Kucukvar, M. (2011). “Eco-efficiency of construction materials: data envelopment analysis”. *Journal of construction engineering and management*, 138(6), 733-741.
- U.S. Green Building Council. (2016). *LEED 2009 for new construction and major renovations 2016 update*. Washington DC: U.S. Green Building Council.
- Van Passel, S., Van Huylbroeck, G., Lauwers, L., & Mathijs, E. (2009). Sustainable value assessment of farms using frontier efficiency benchmarks.
- Van Praag, B. M., & Baarsma, B. E. (2005). Using happiness surveys to value intangibles: The case of airport noise. *The Economic Journal*, 115(500), 224-246.



ANEXOS

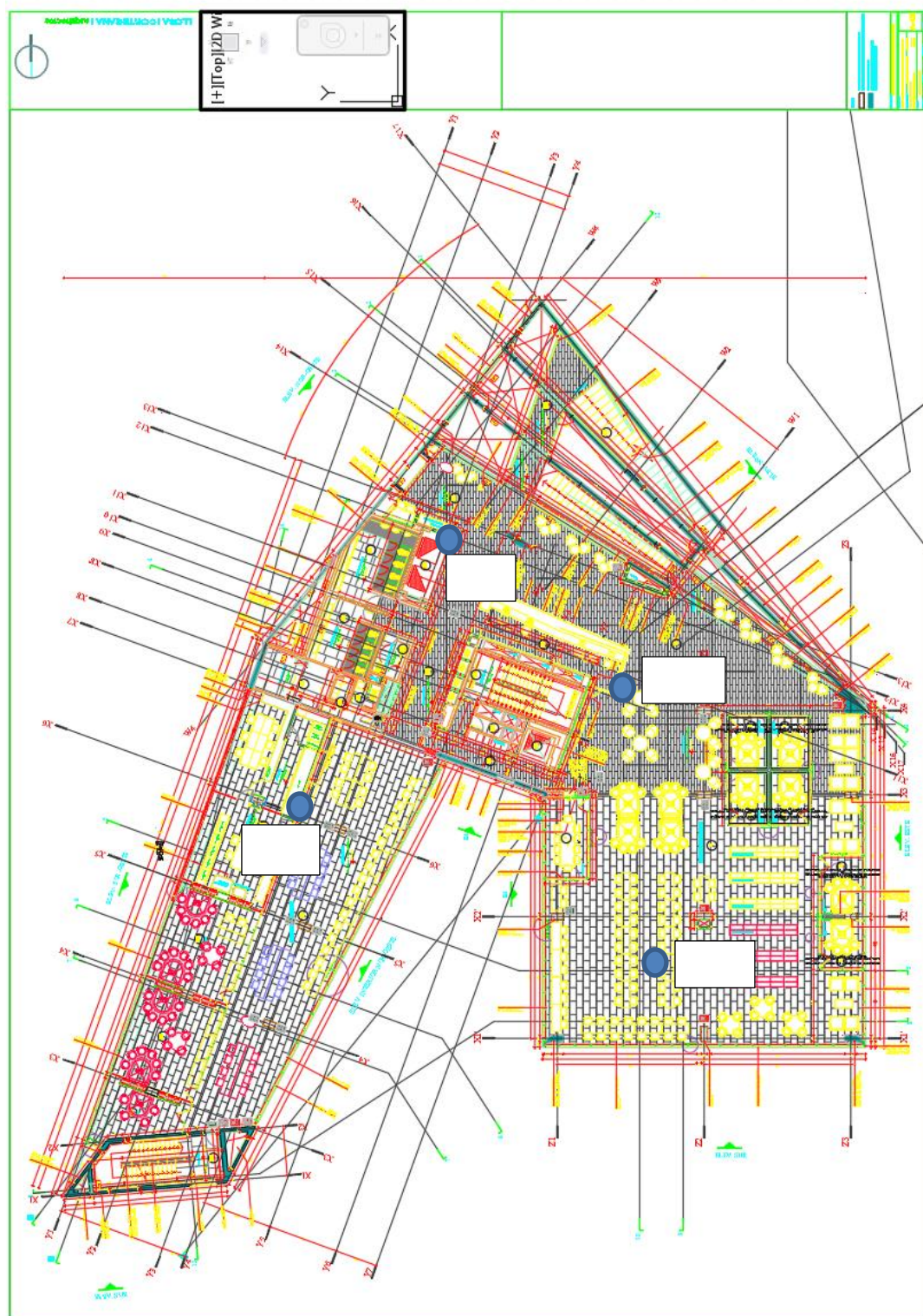
Anexo 1: Planos de ubicación de estaciones



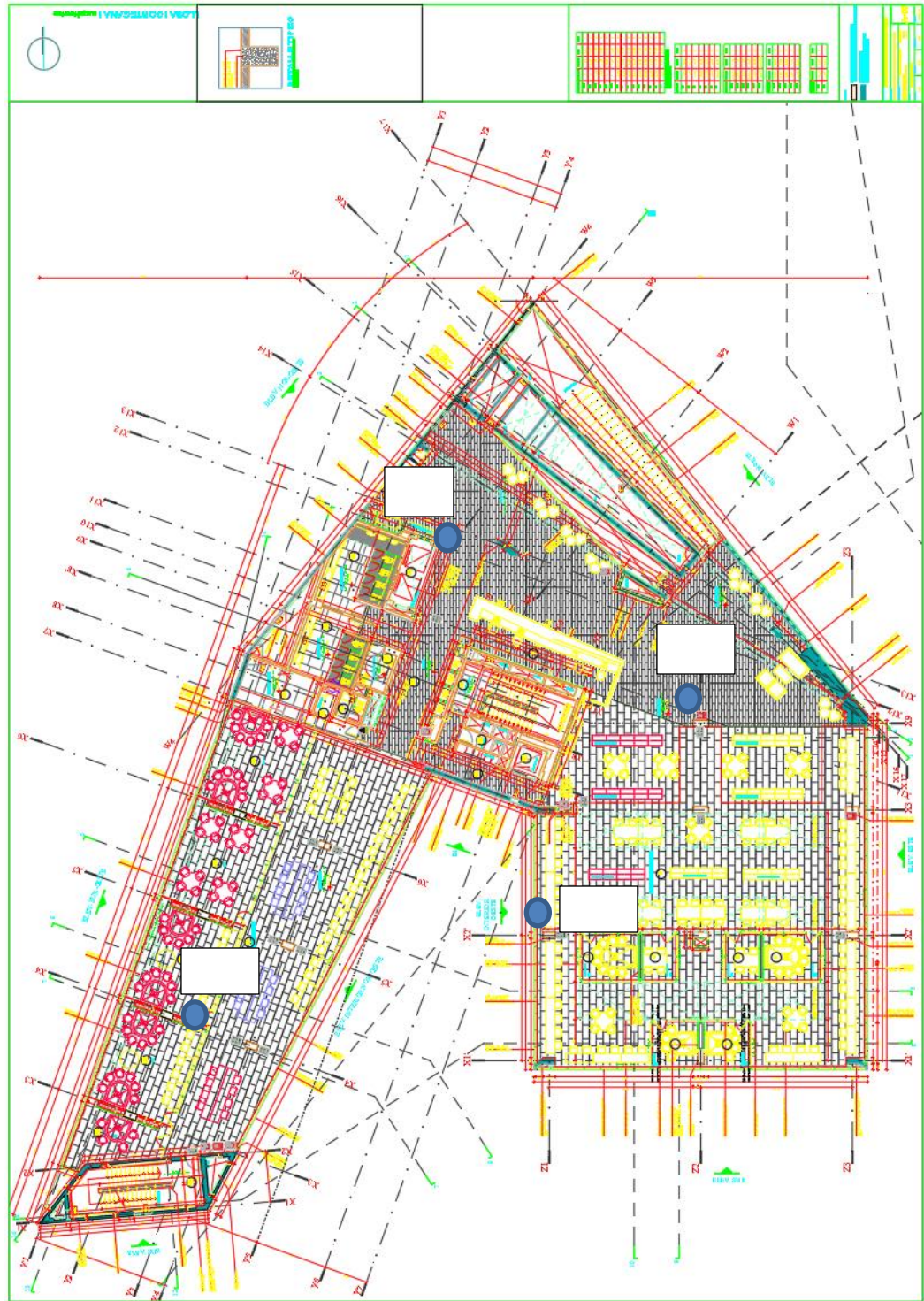
Anexo 1-1: Plano de Ubicación de estaciones del Piso 1



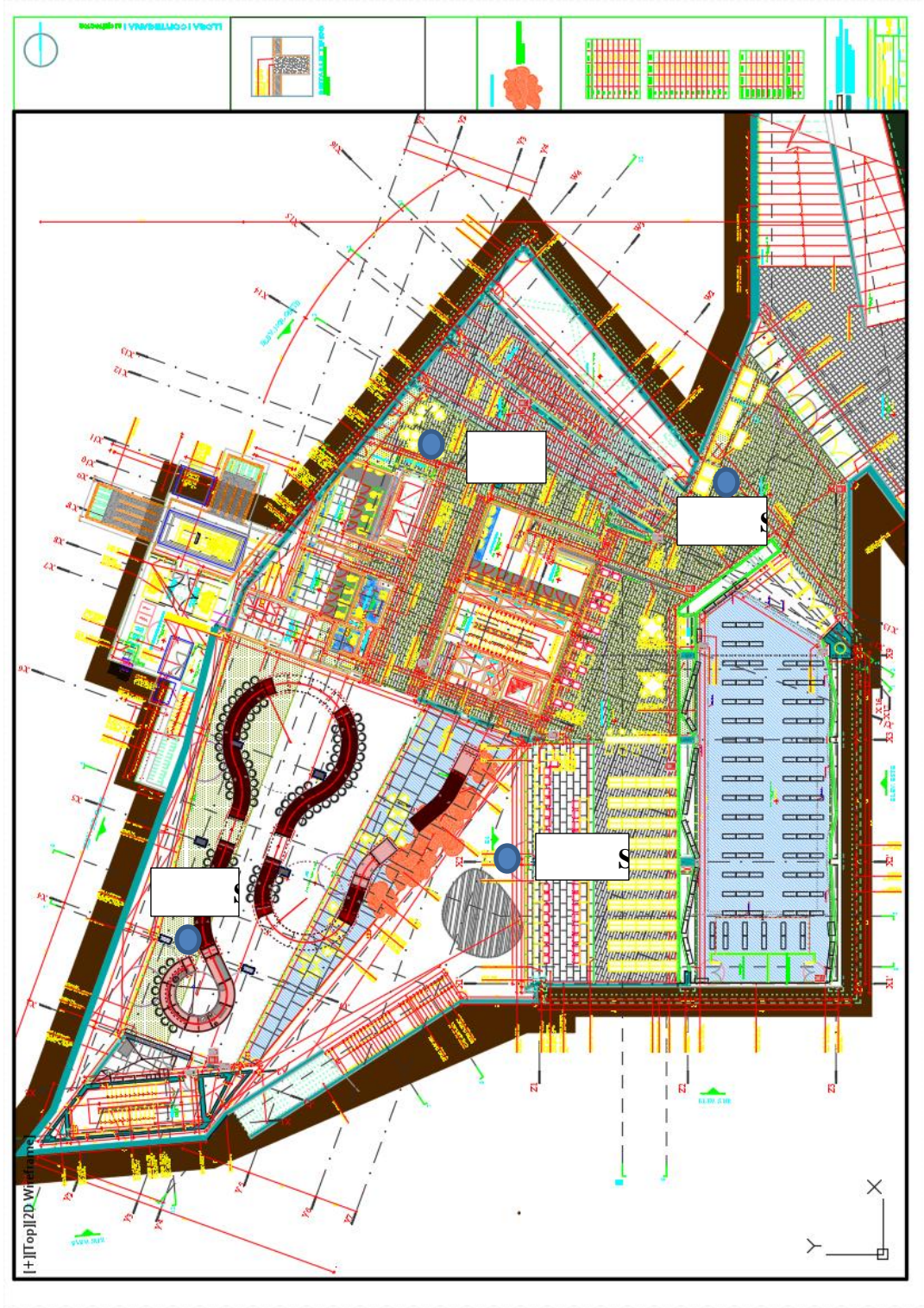
Anexo 1-2: Plano de arquitectura de piso 2



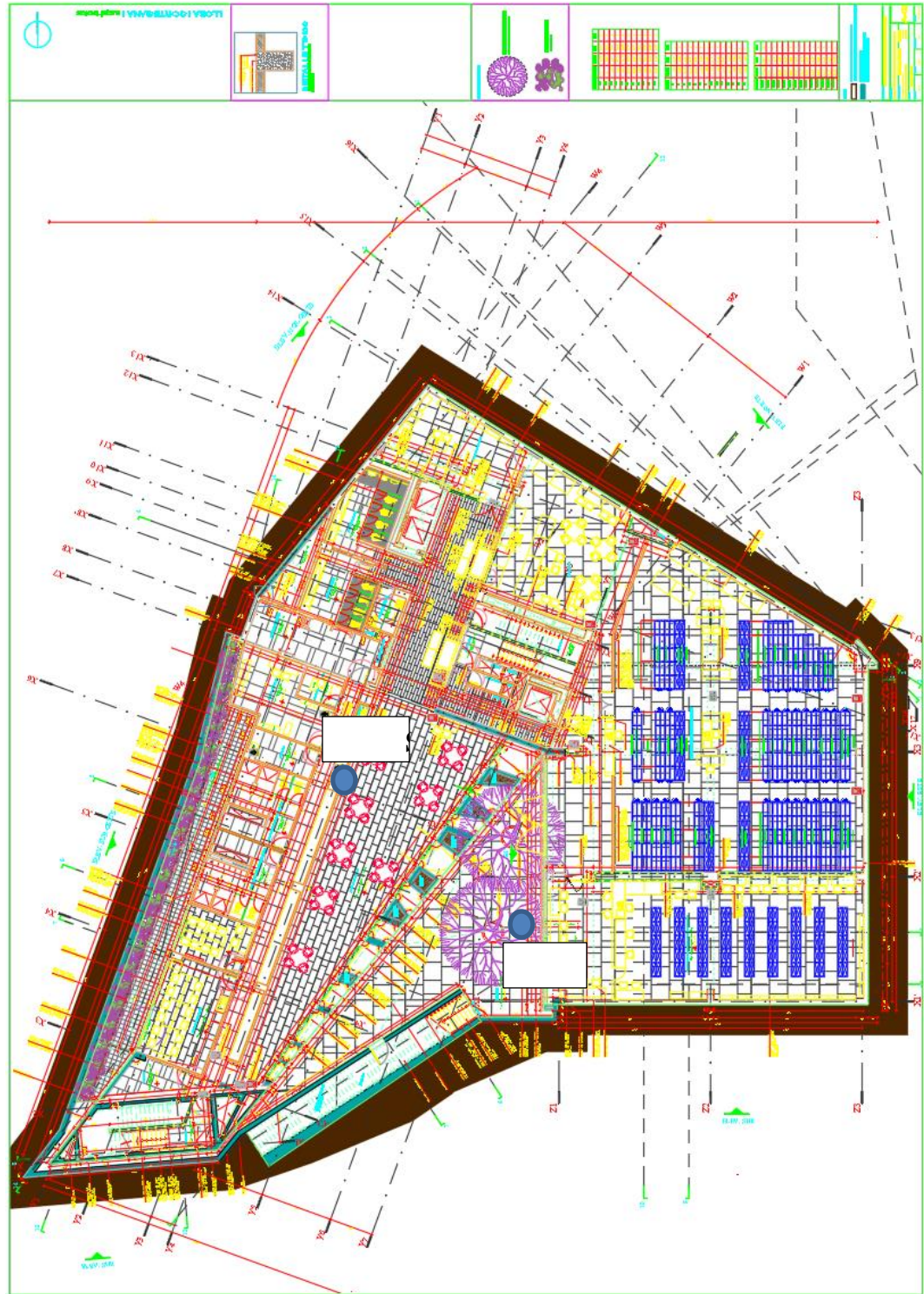
Anexo 1-3: Plano de arquitectura de piso 3



Anexo 1-4: Plano de arquitectura de piso 4

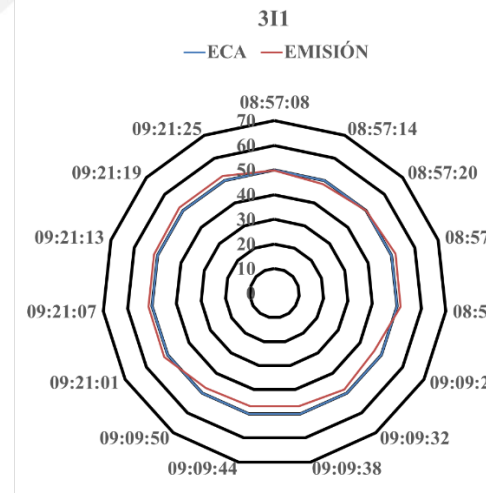
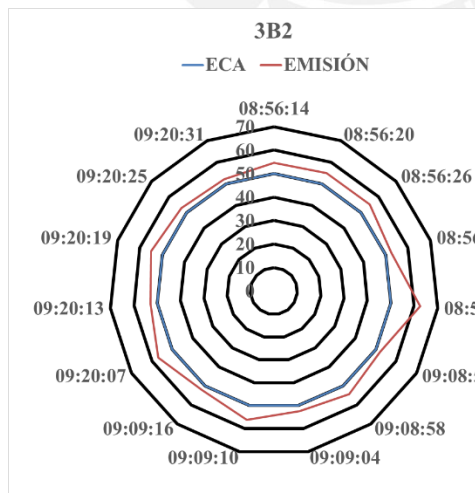
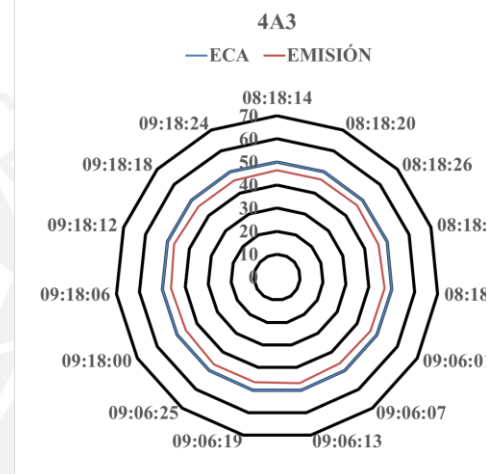
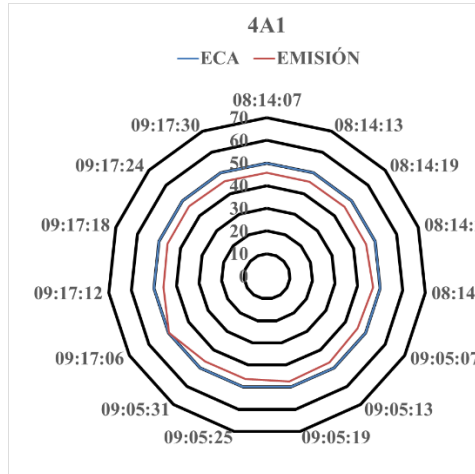
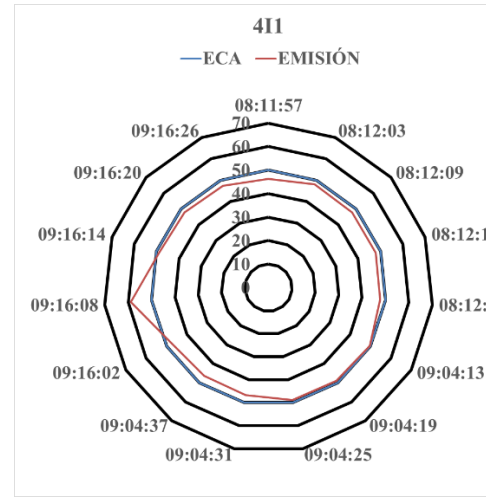
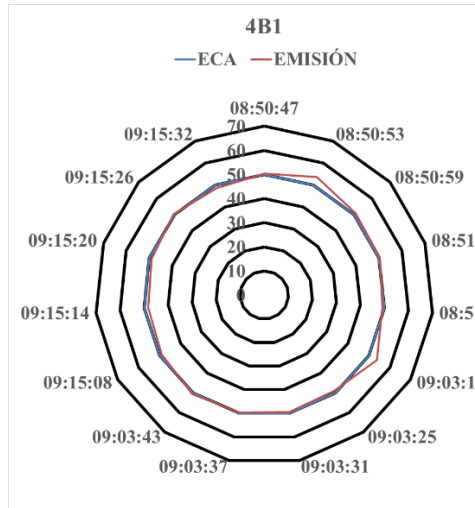


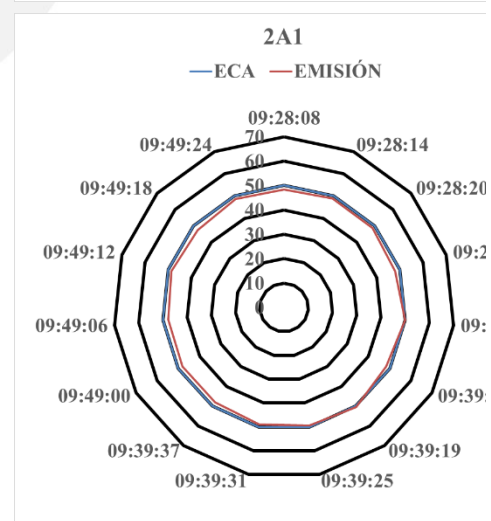
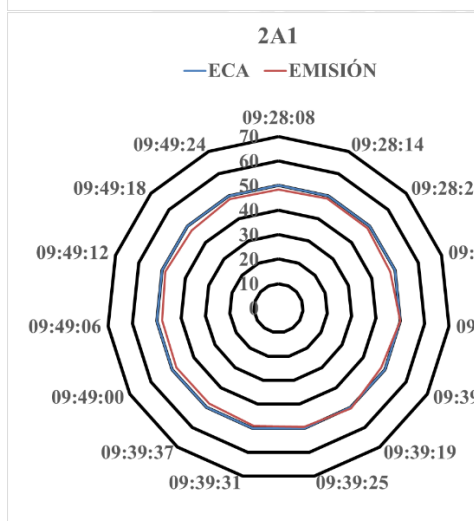
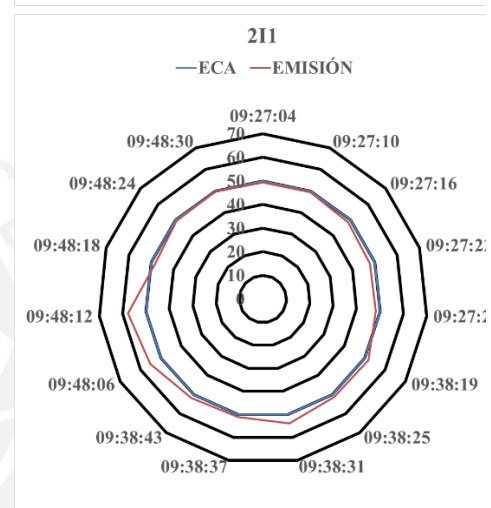
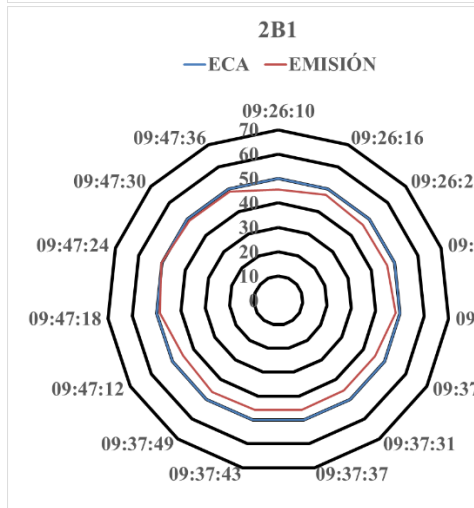
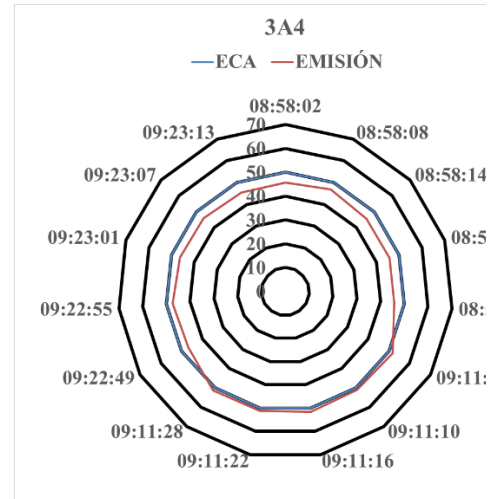
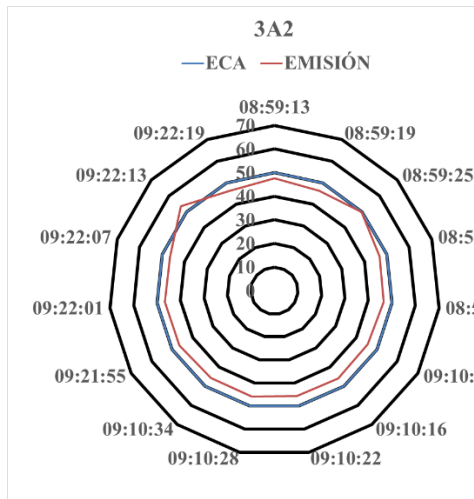
Anexo 1-5: Plano de arquitectura de Sótano 1

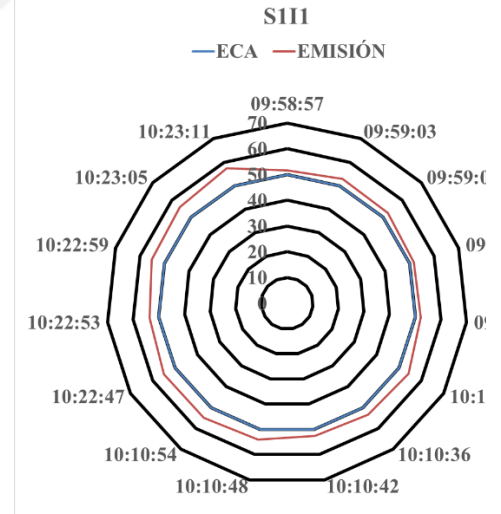
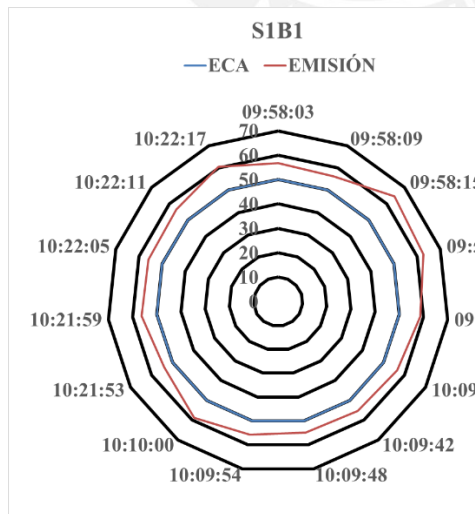
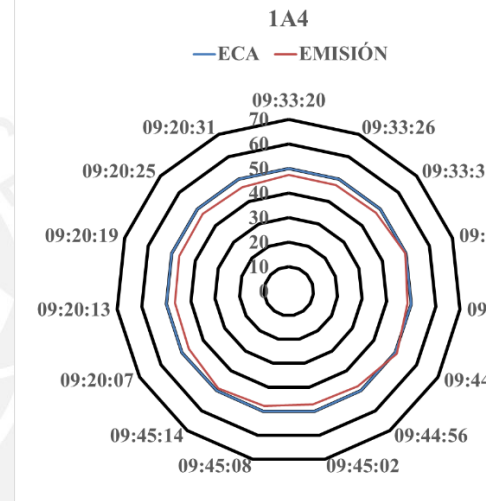
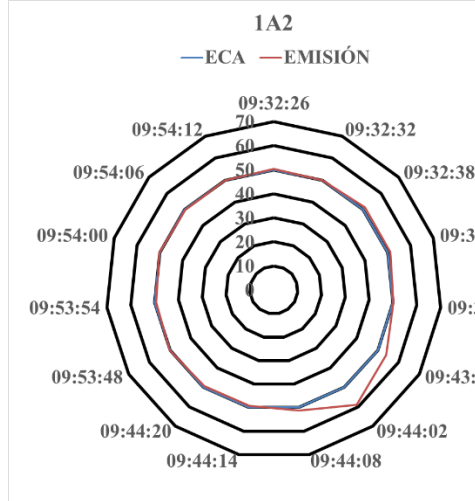
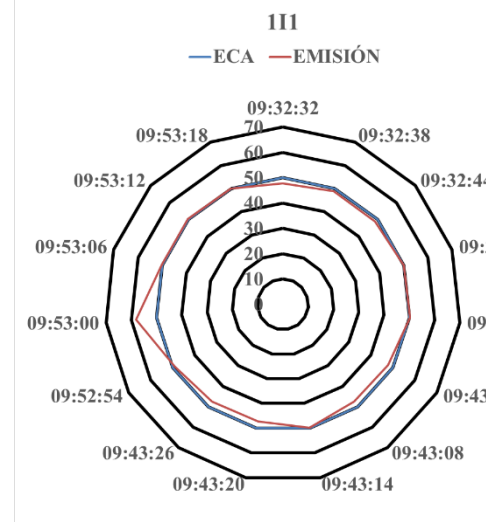
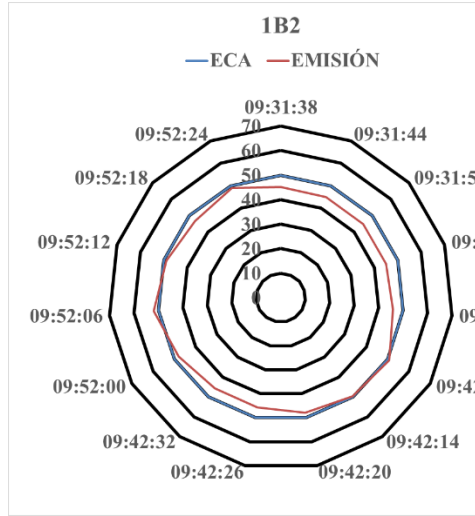


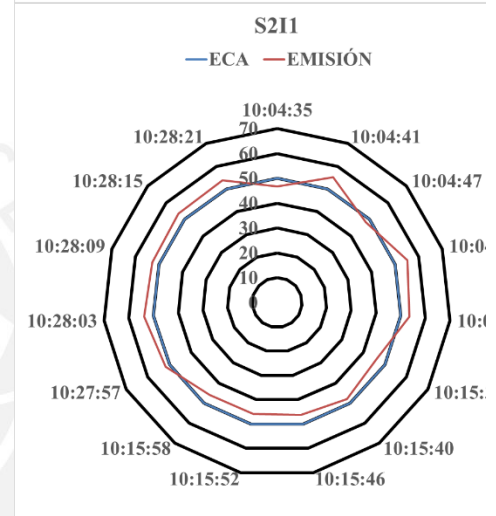
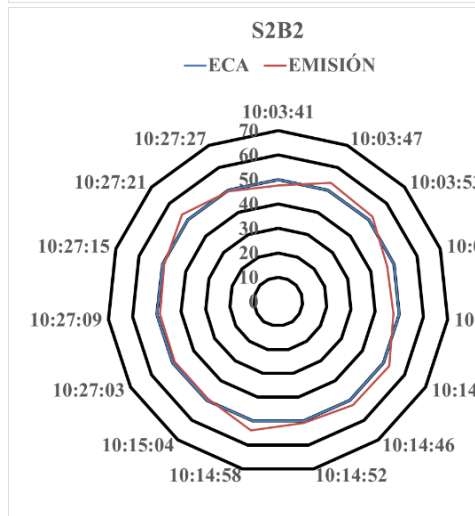
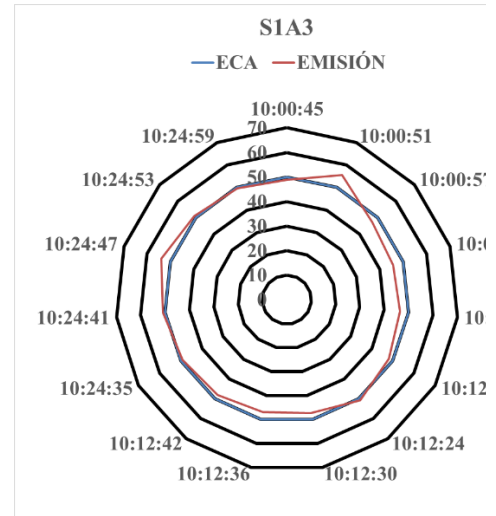
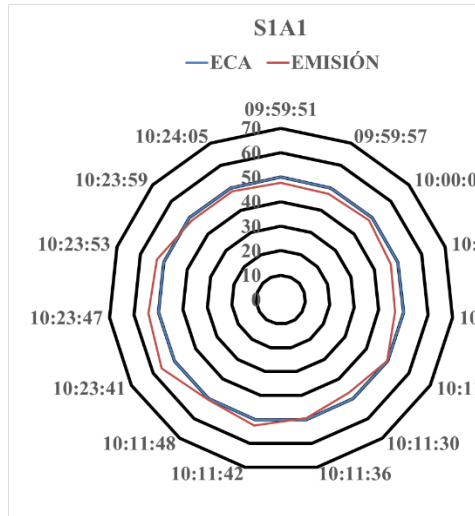
Anexo 1--6: Plano de arquitectura de Sótano 2

Anexo 2: Base de datos de emisiones sonoras

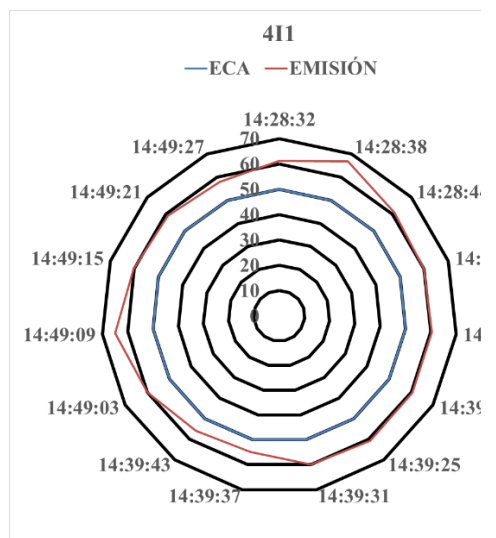
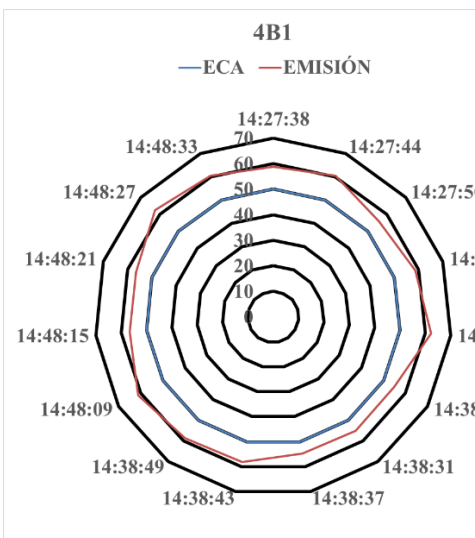


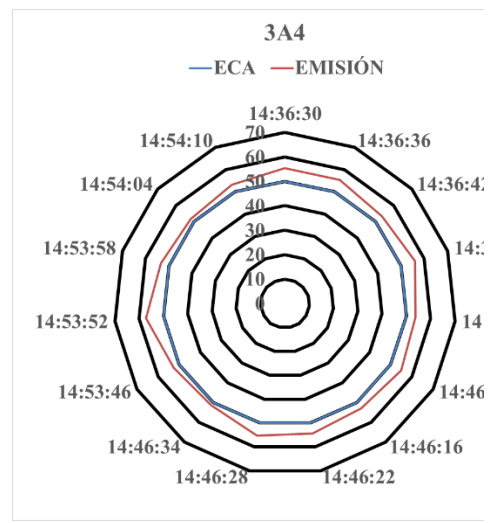
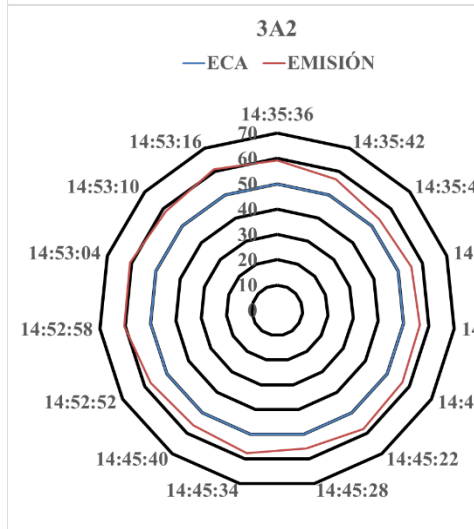
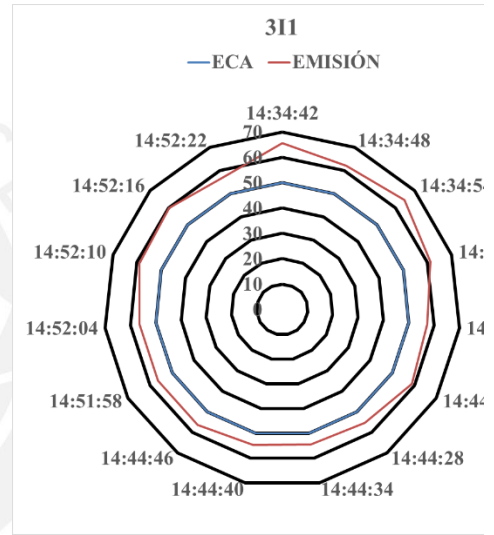
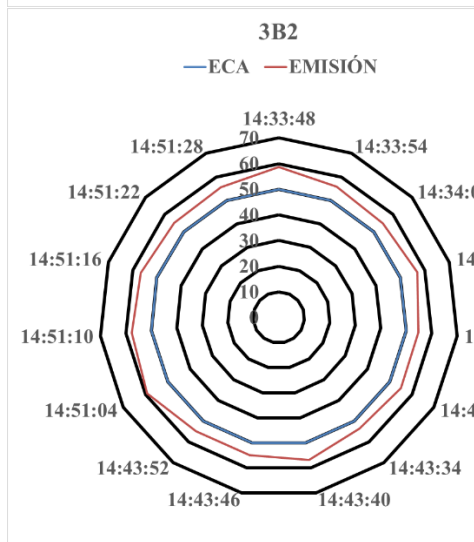
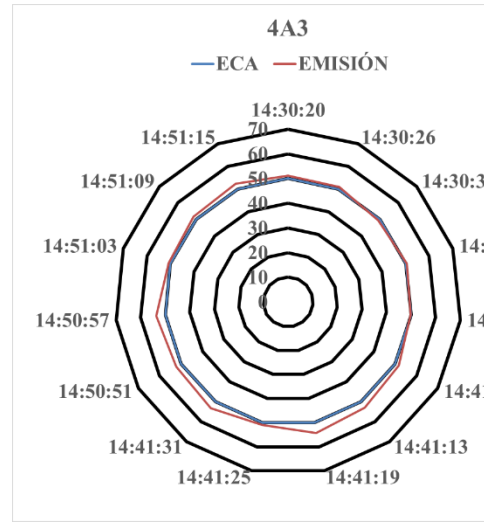
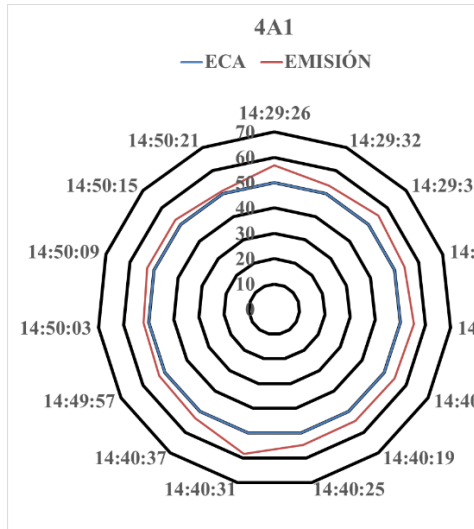


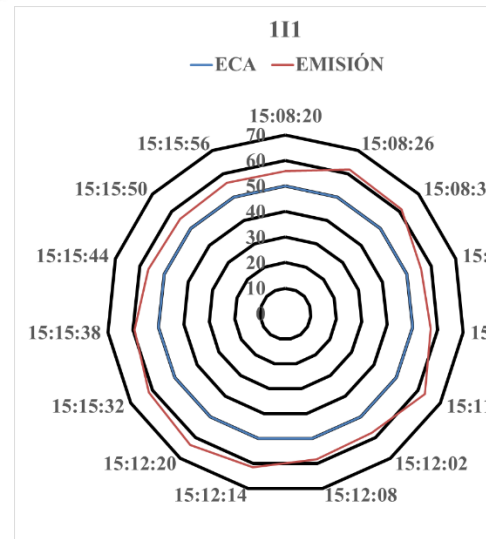
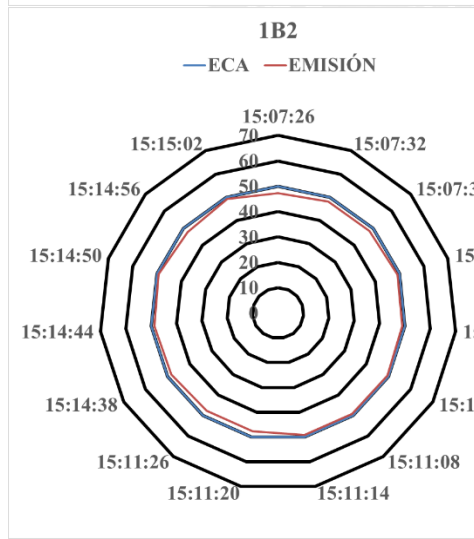
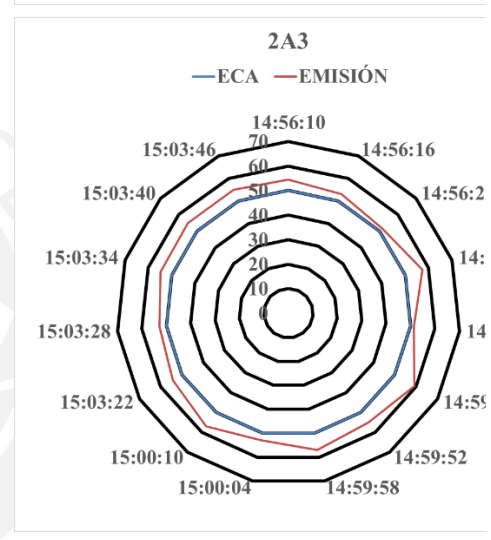
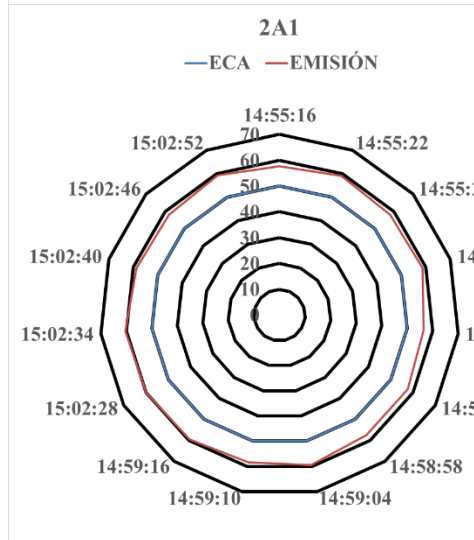
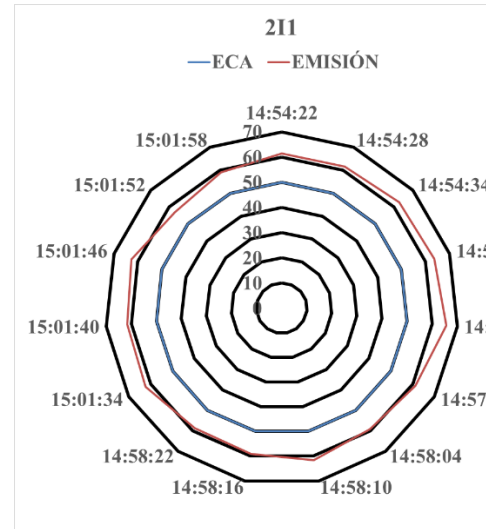
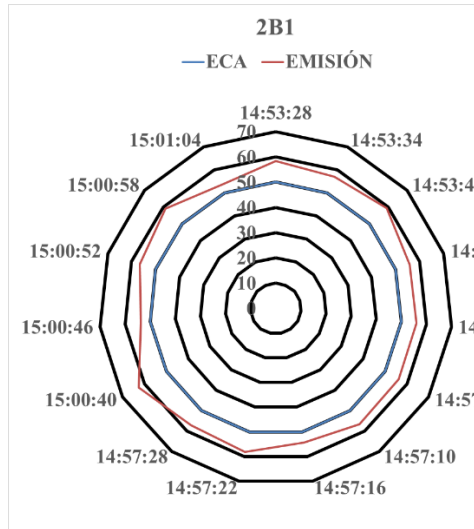


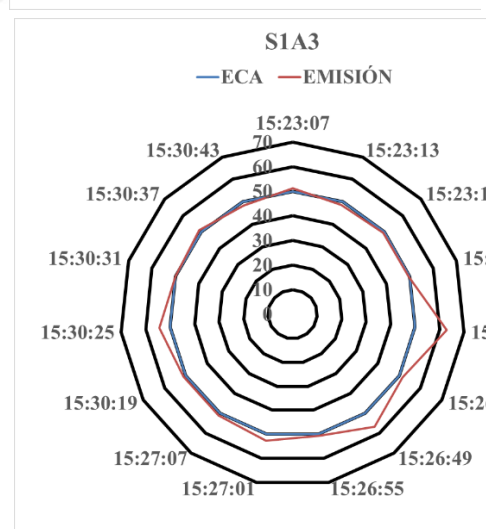
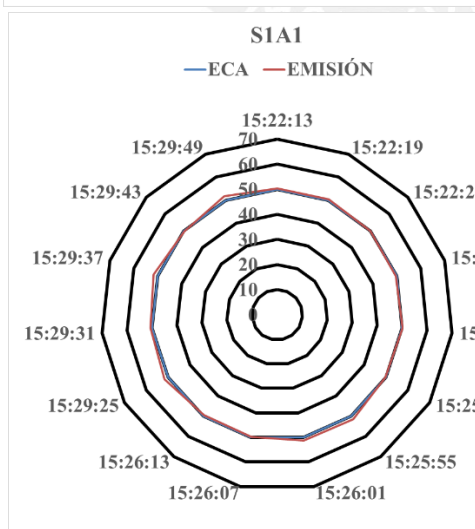
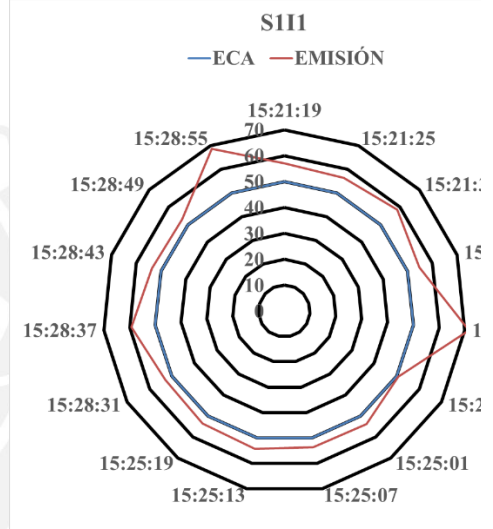
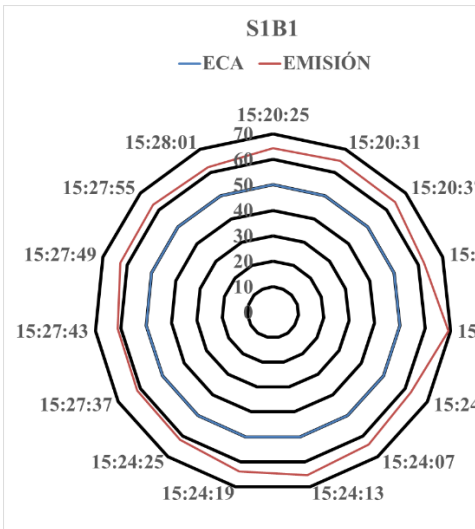
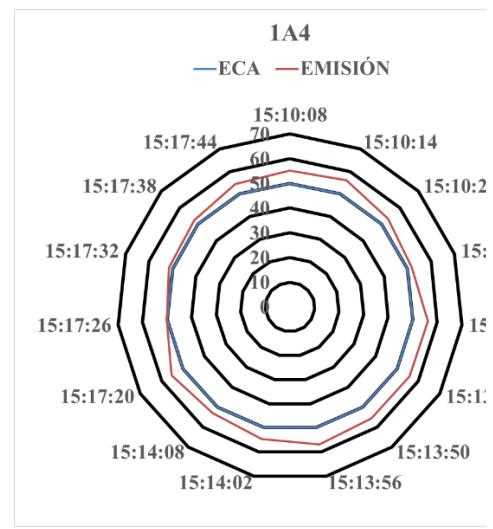
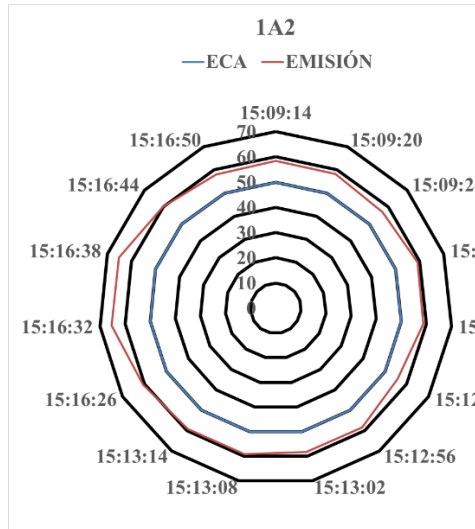


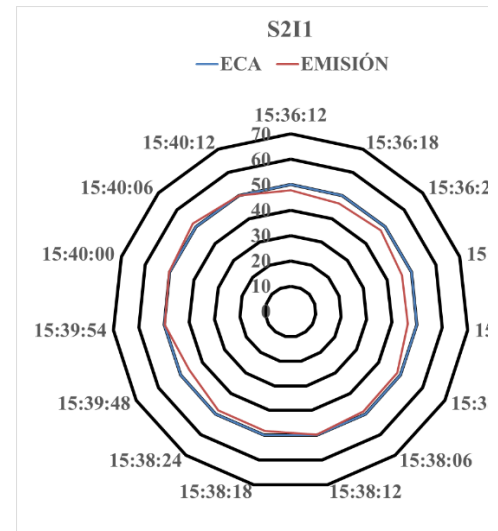
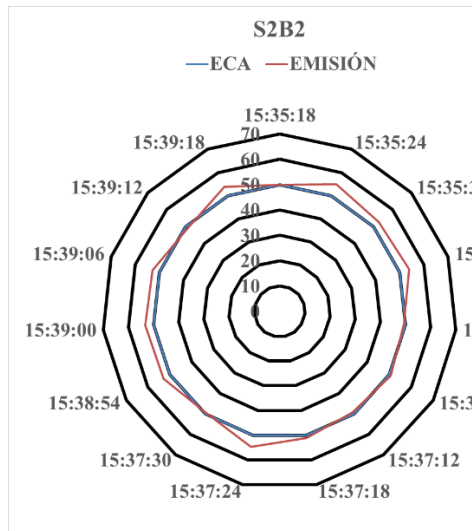
Anexos 2-1 al 2-22: Gráficos de dispersión radial de ruido del turno mañana del día 29 de agosto (Línea Base).



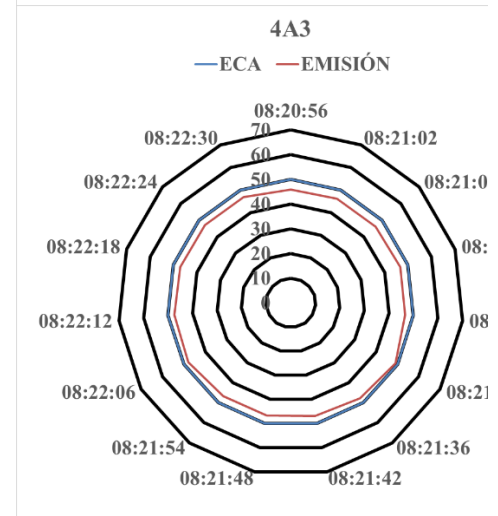
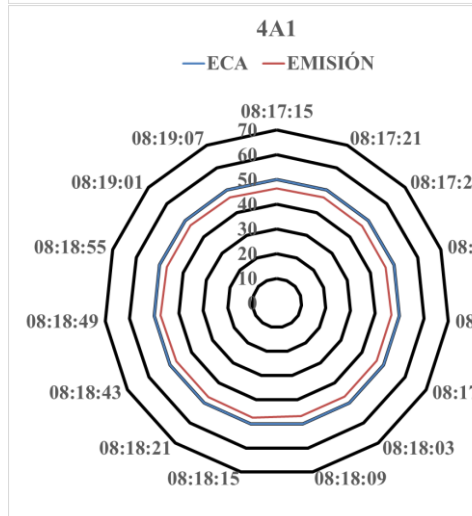
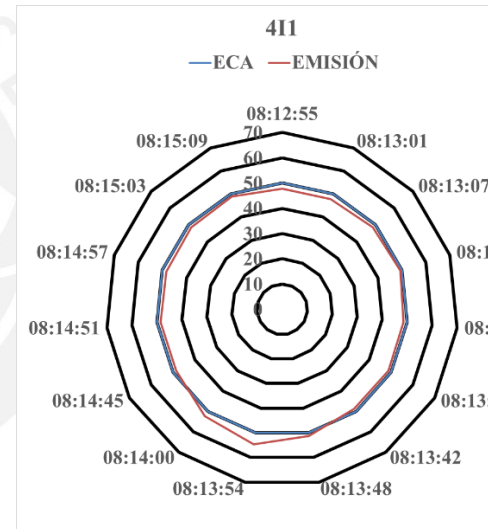
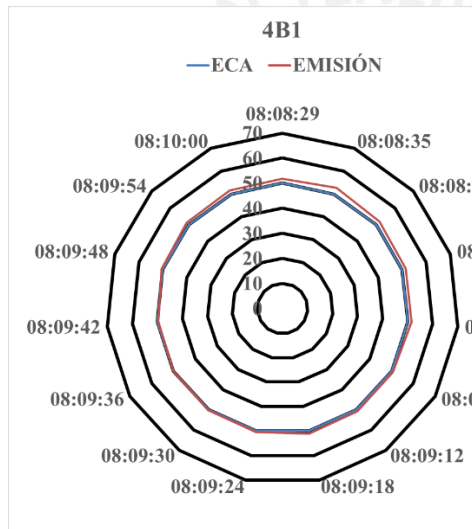


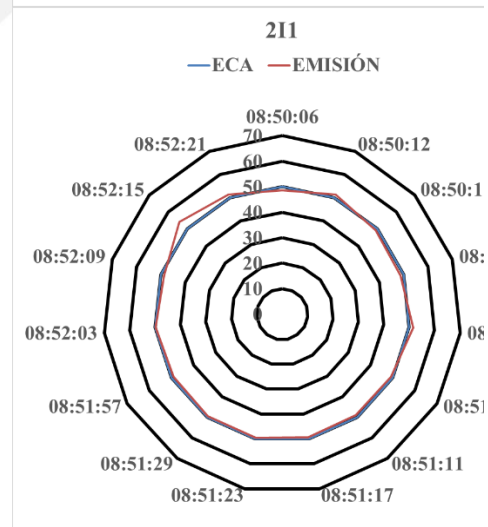
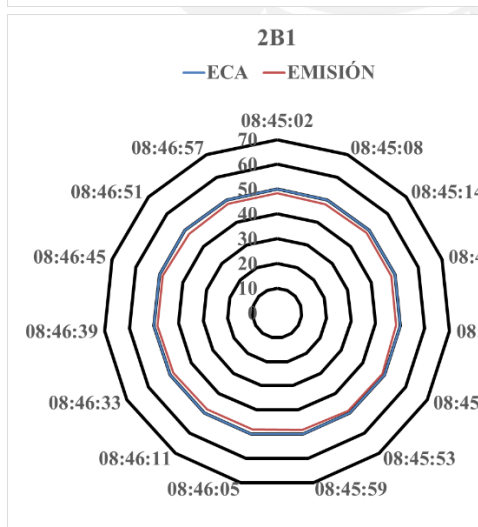
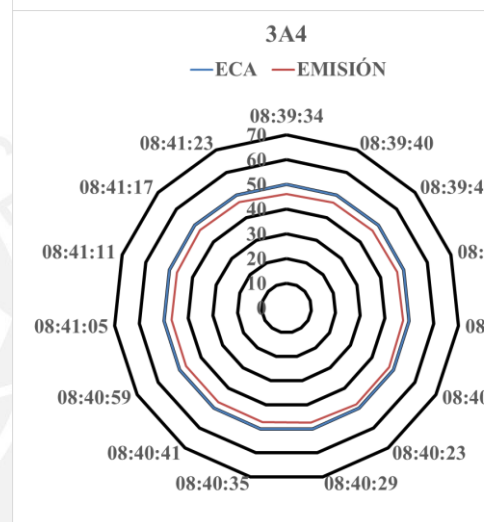
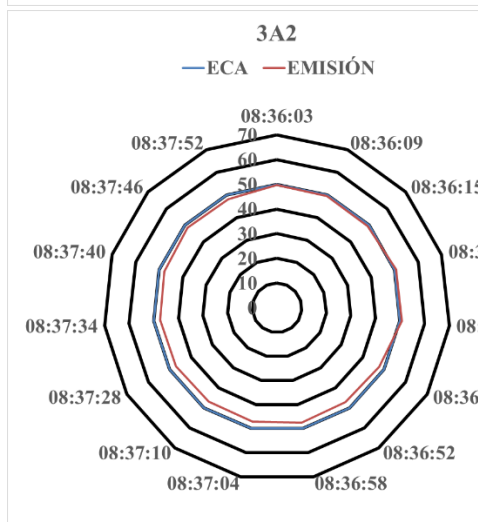
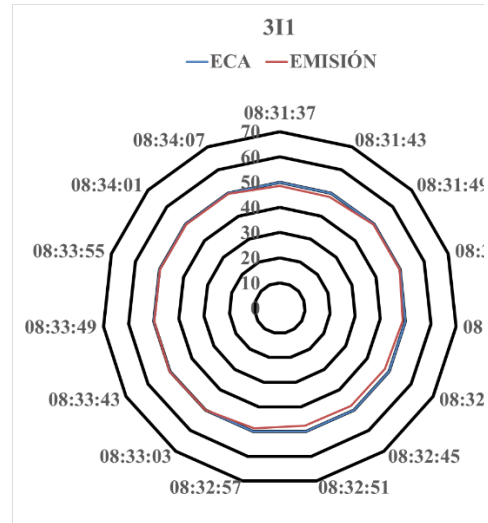
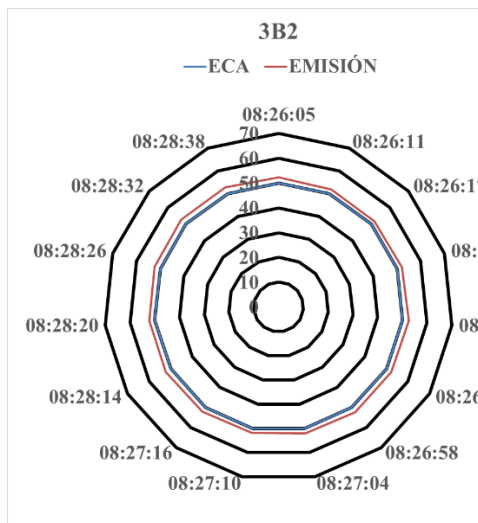


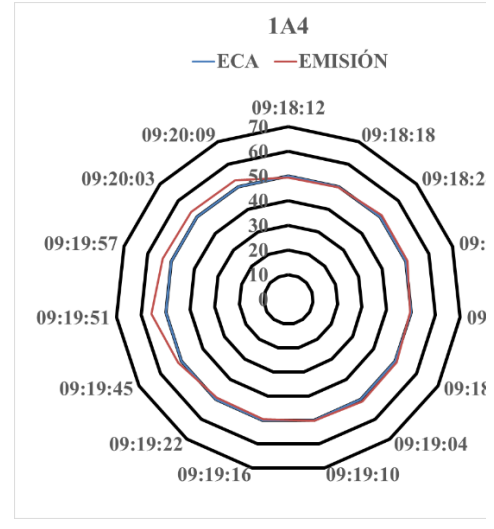
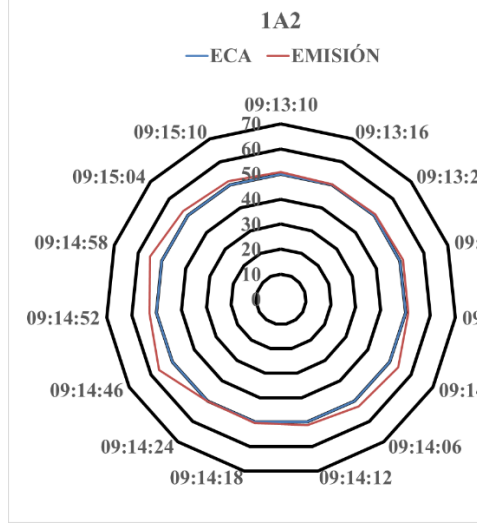
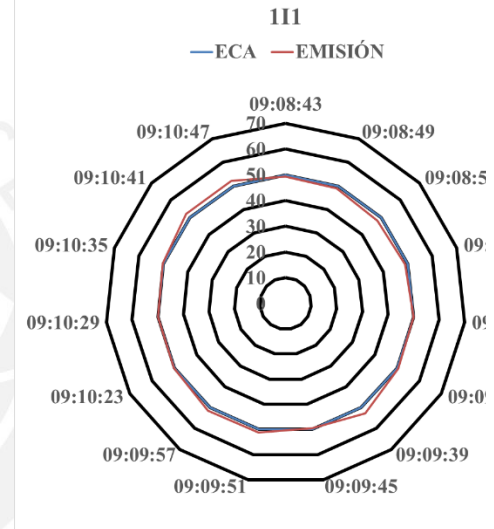
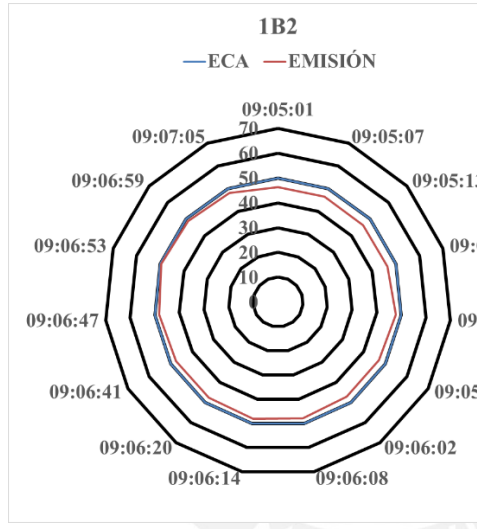
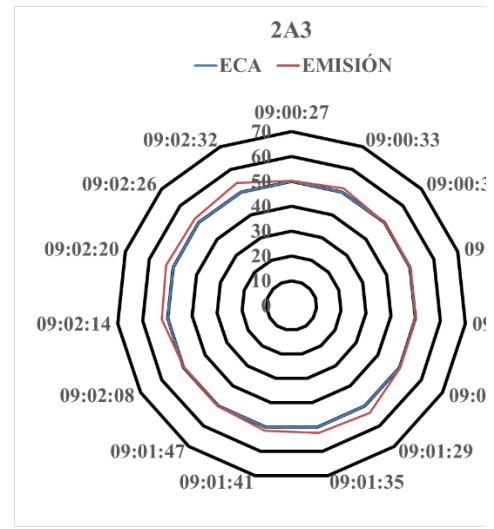
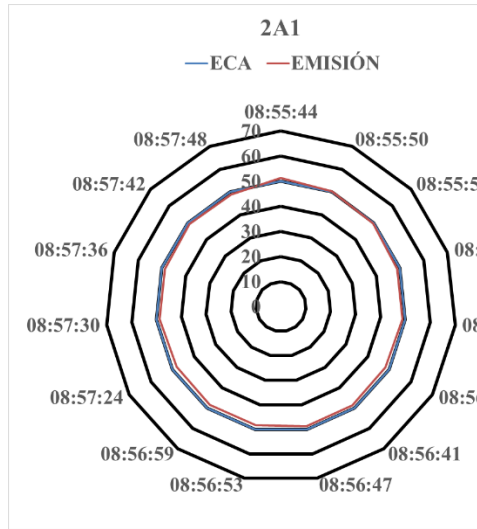


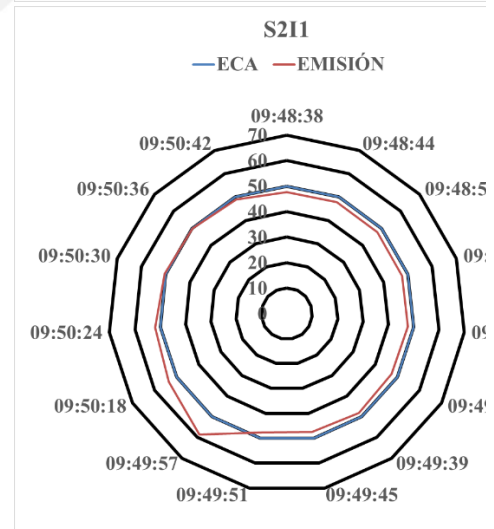
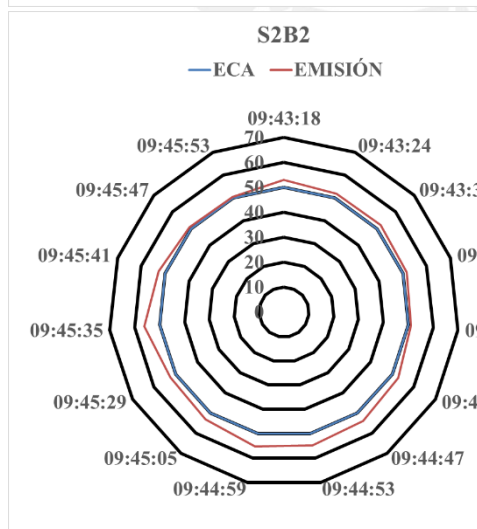
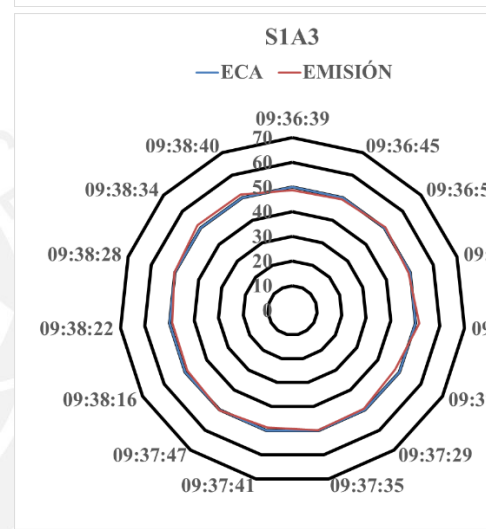
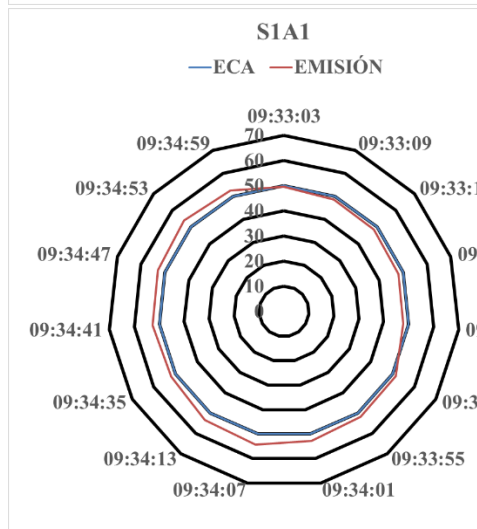
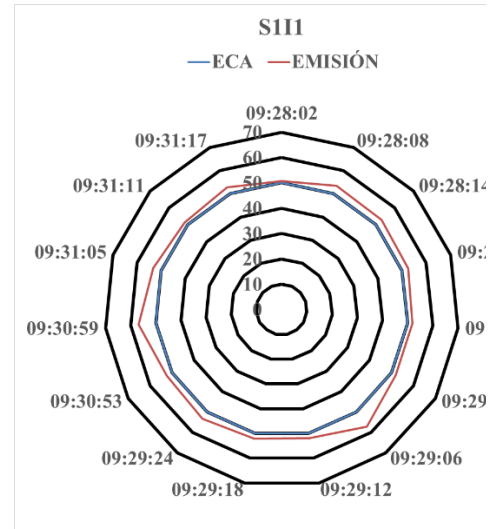
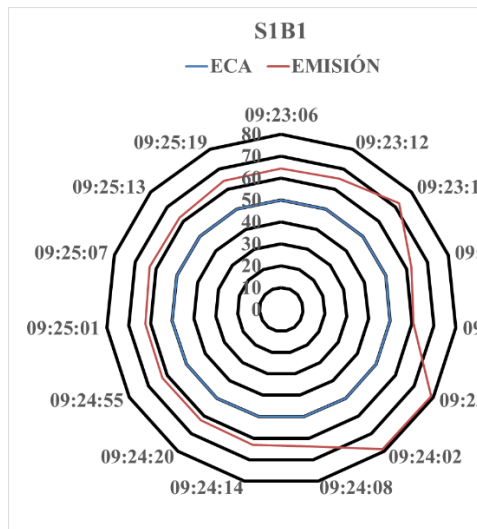


Anexos 2-23 al 2-44: Gráficos de dispersión radial de ruido del turno tarde del día 29 de agosto (Línea Base).

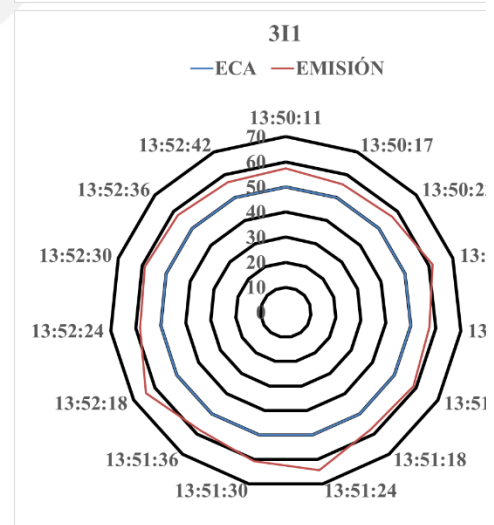
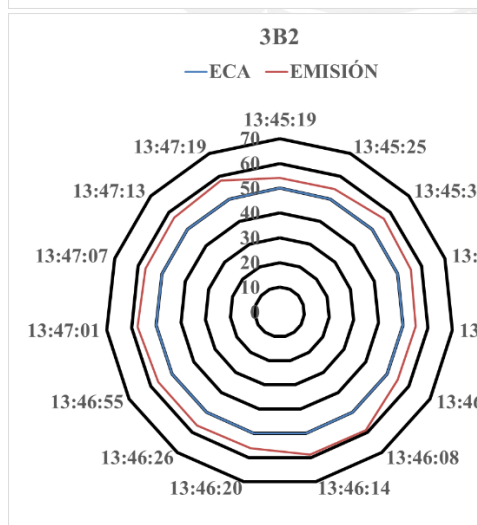
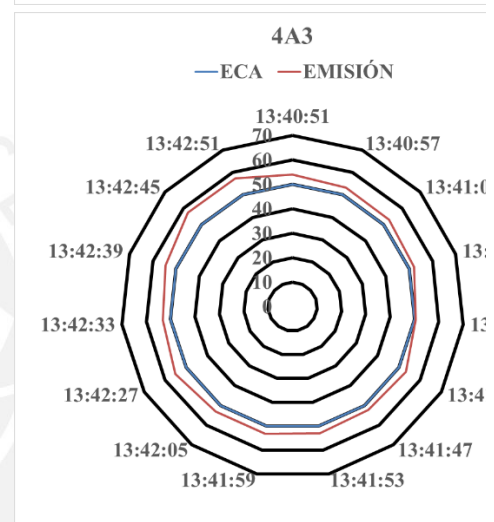
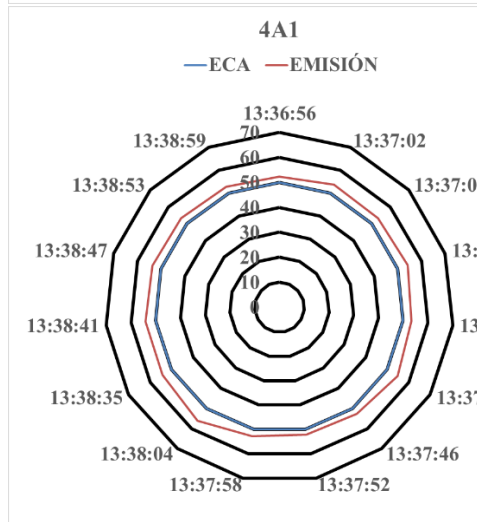
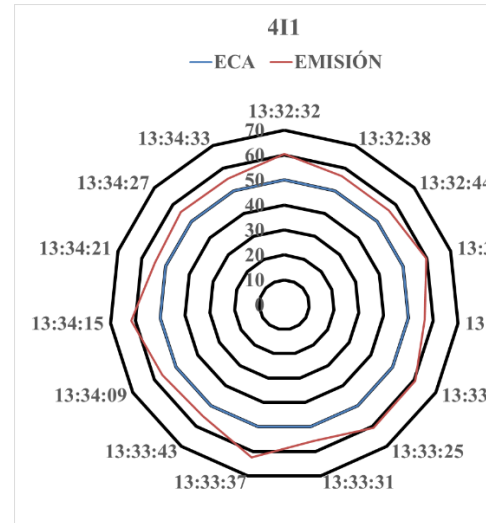
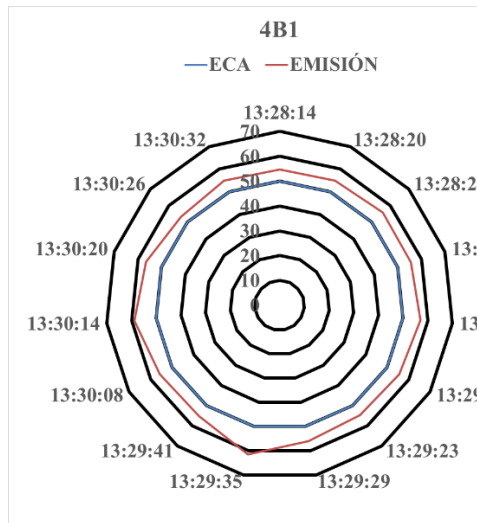


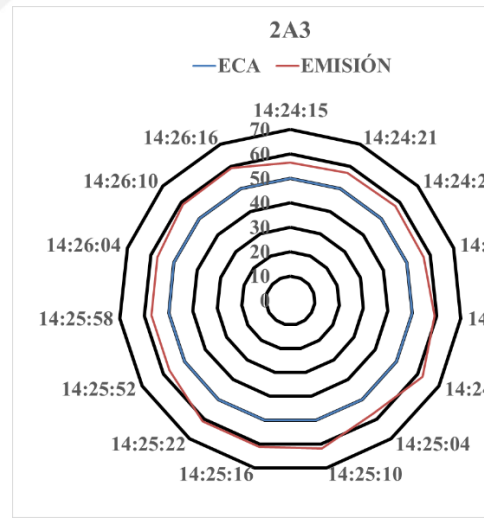
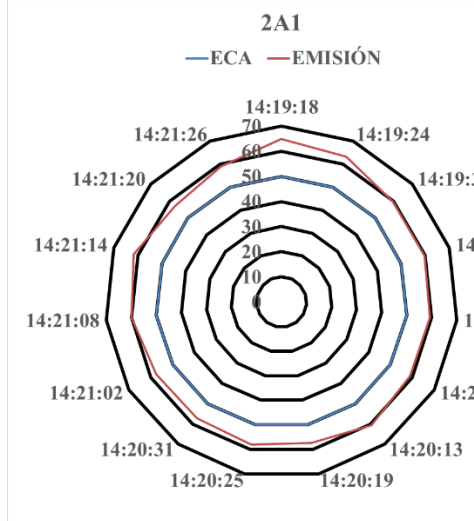
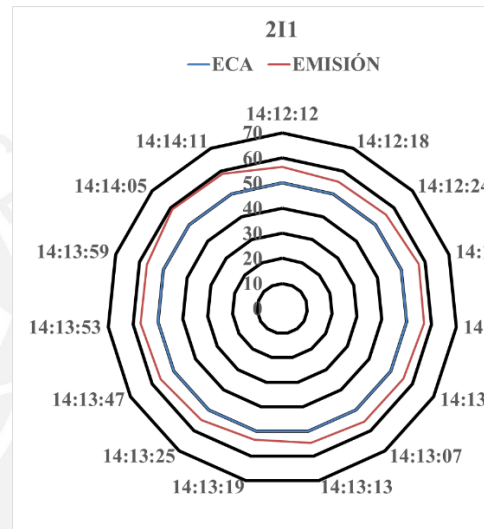
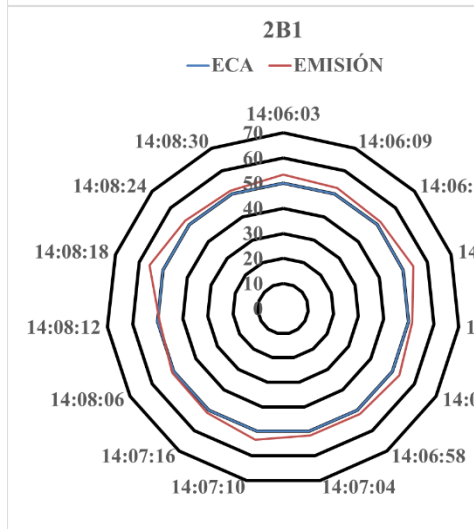
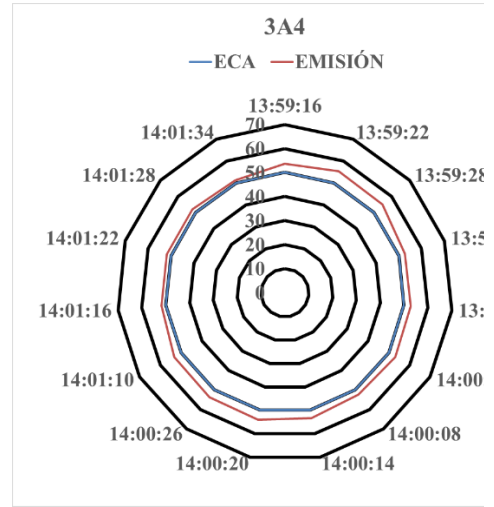
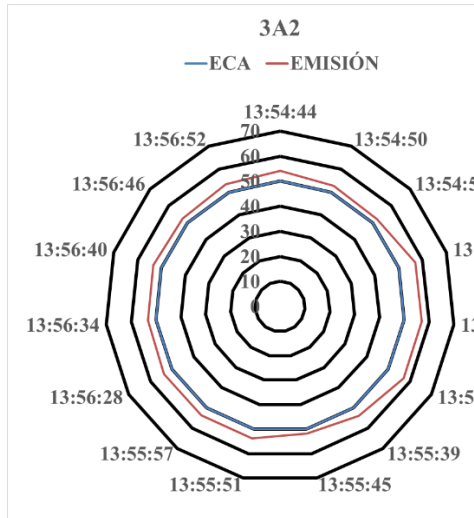


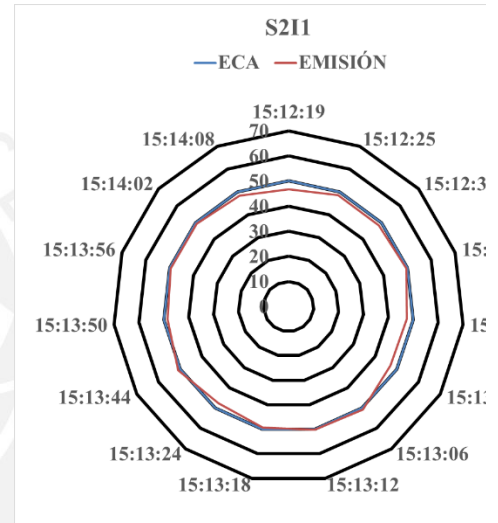
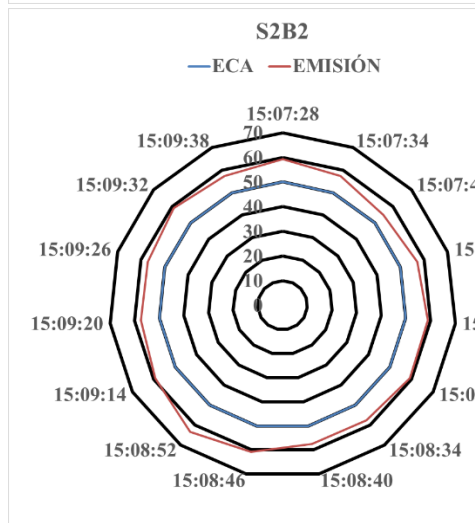
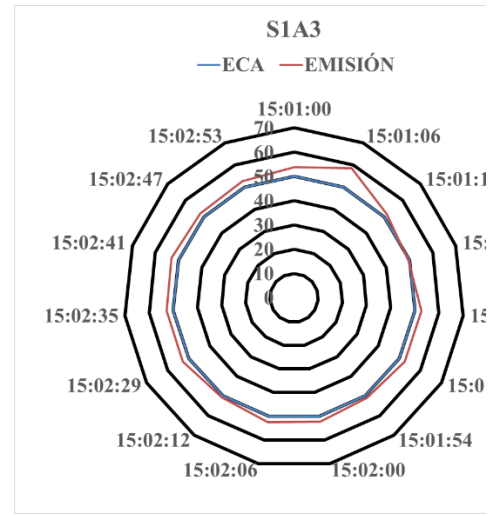
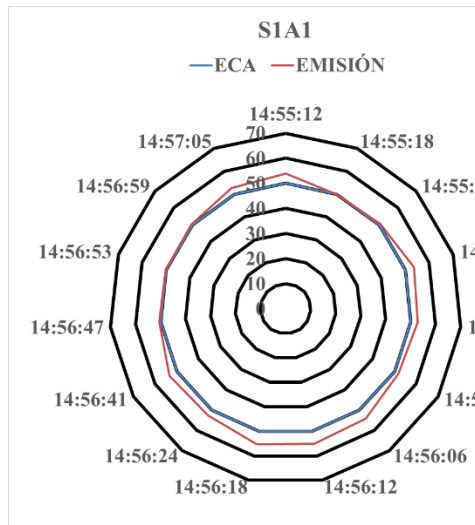




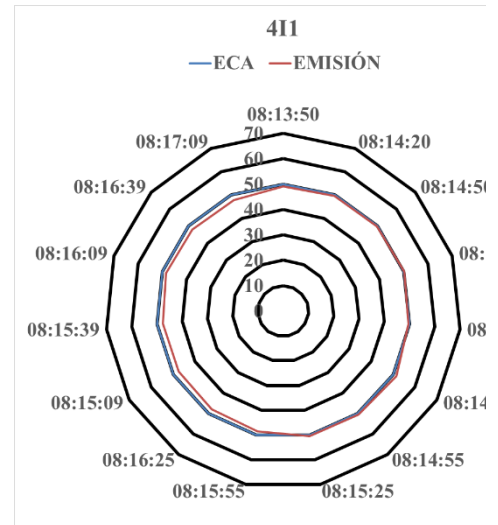
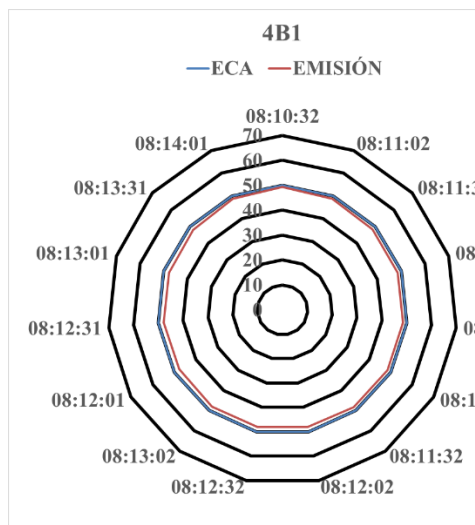
Anexos 2-45 al 2-66: Gráficos de dispersión radial de ruido del turno mañana del día 03 de octubre.

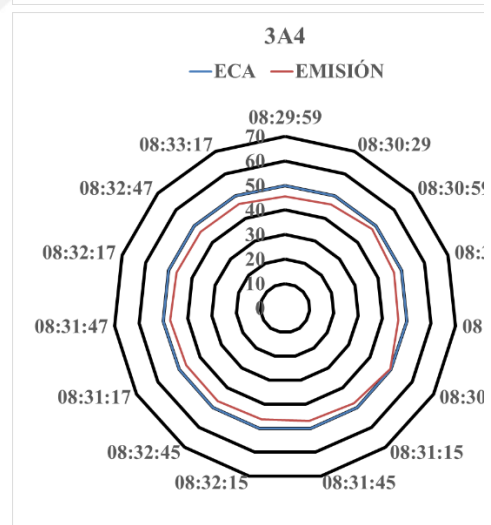
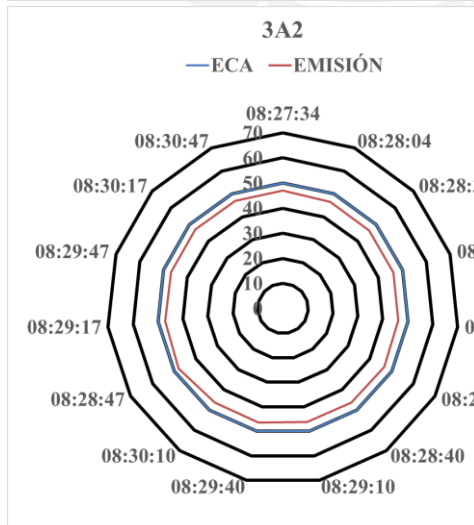
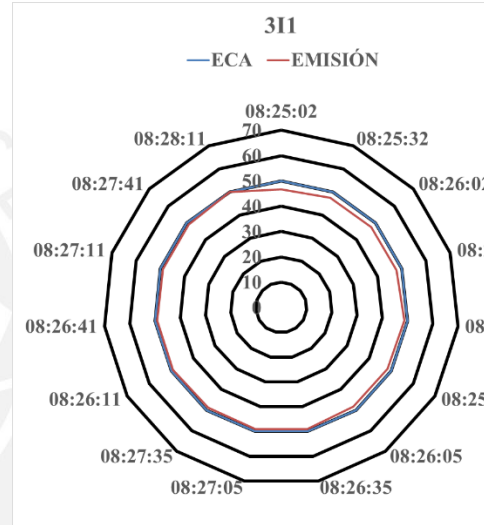
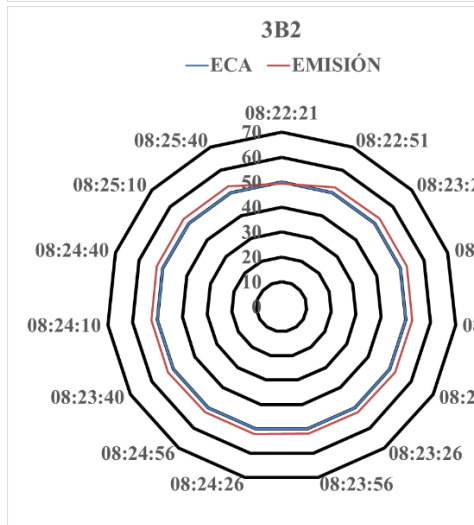
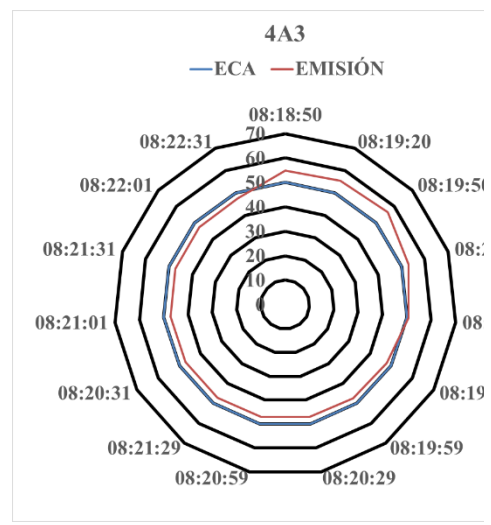
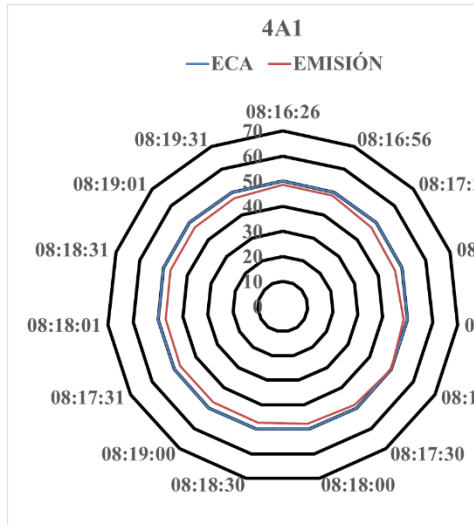


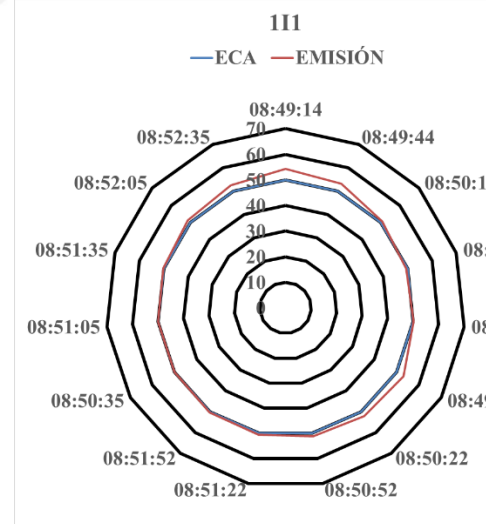
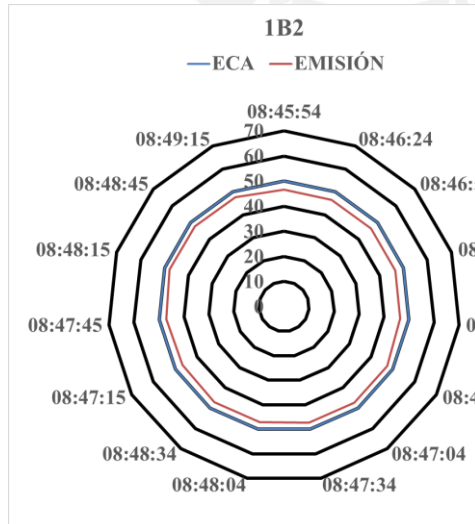
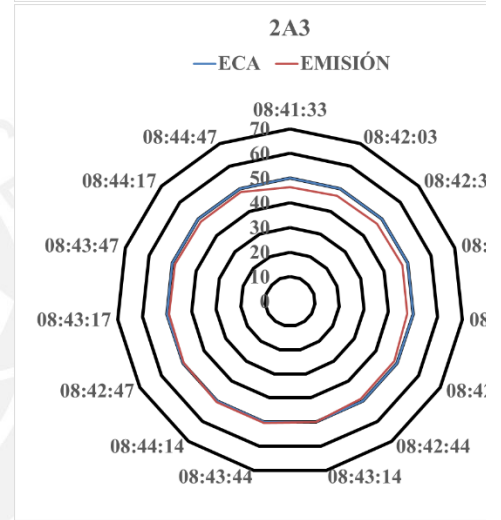
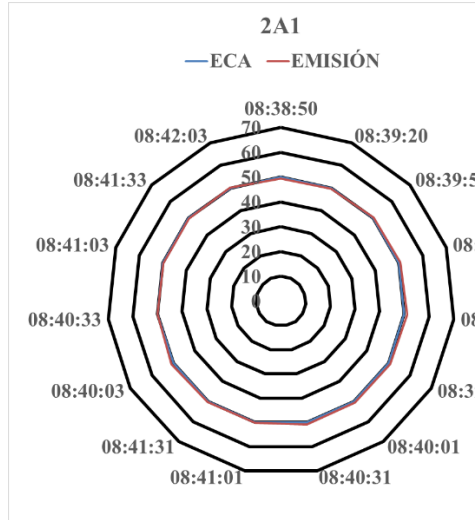
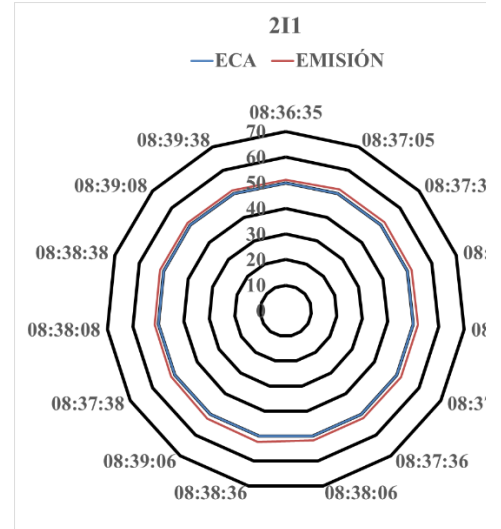
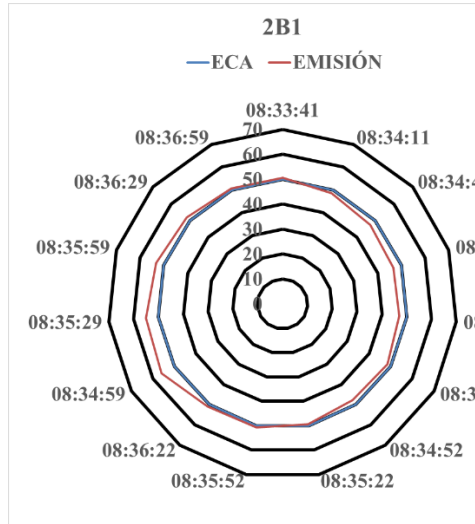


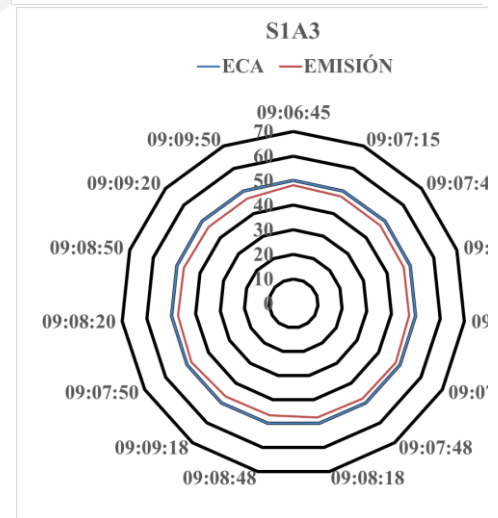
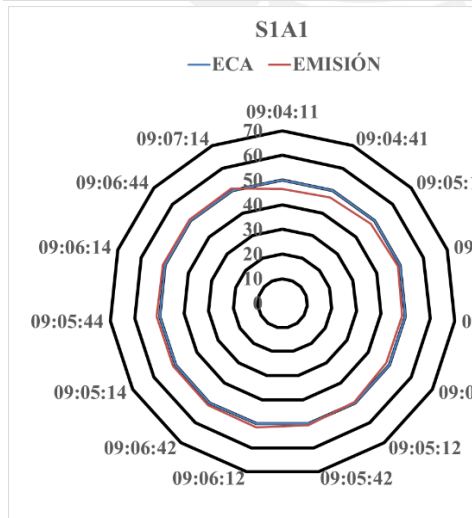
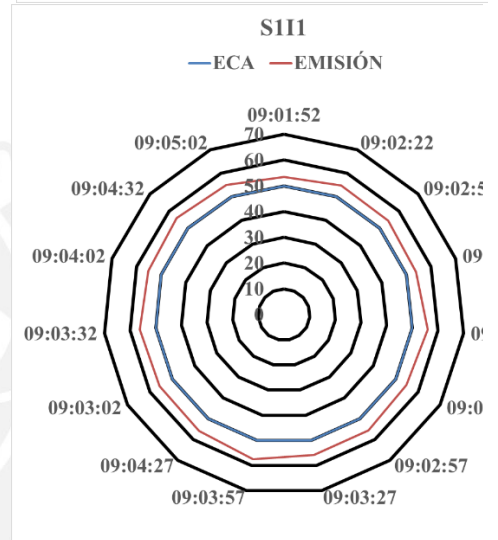
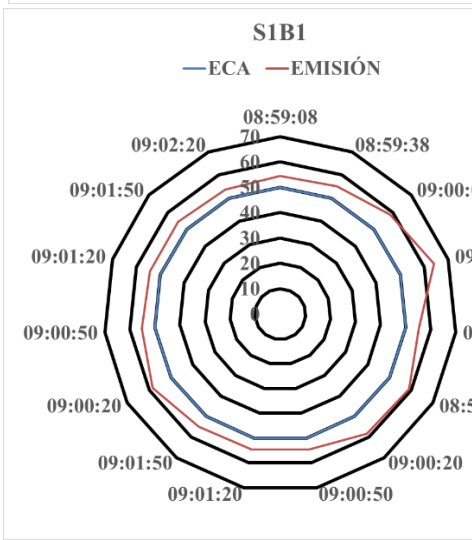
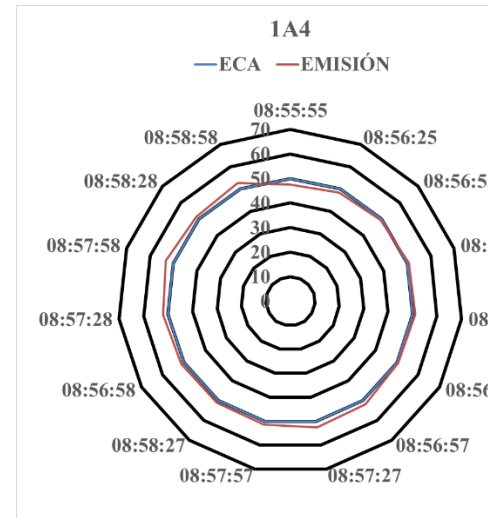
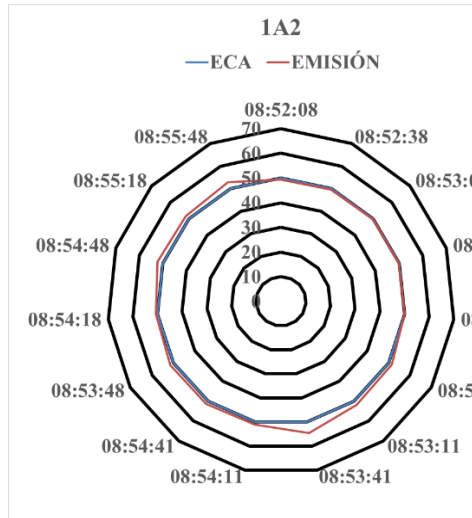


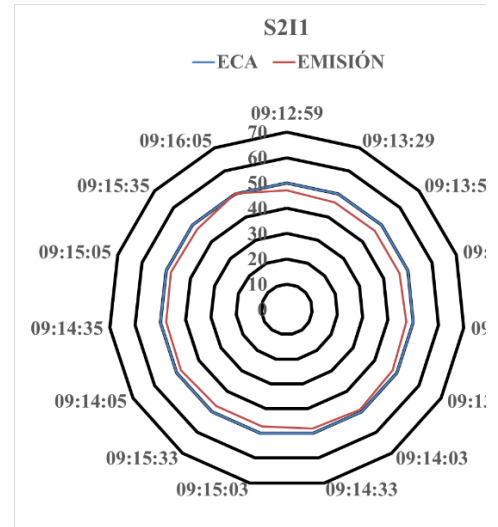
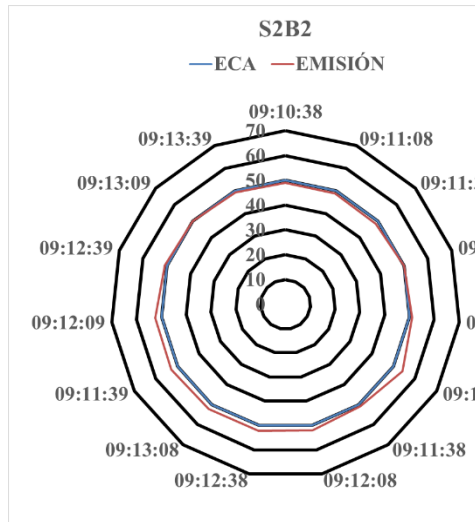
Anexos 2-67 al 2-88: Gráficos de dispersión radial de ruido del turno tarde del día 03 de octubre.



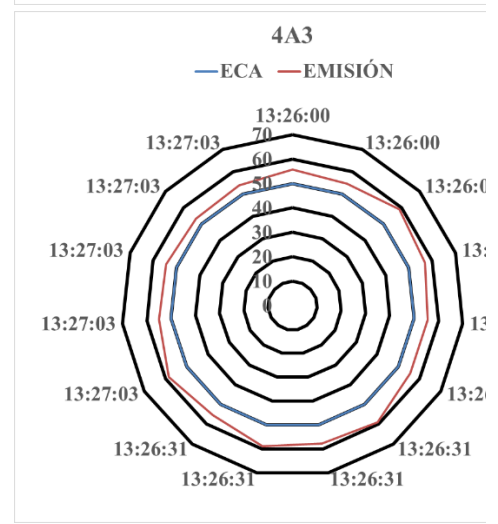
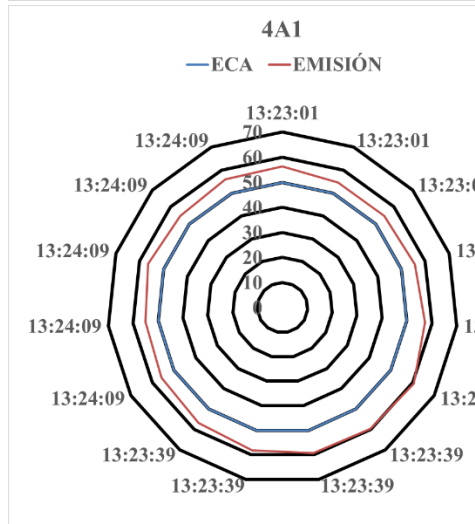
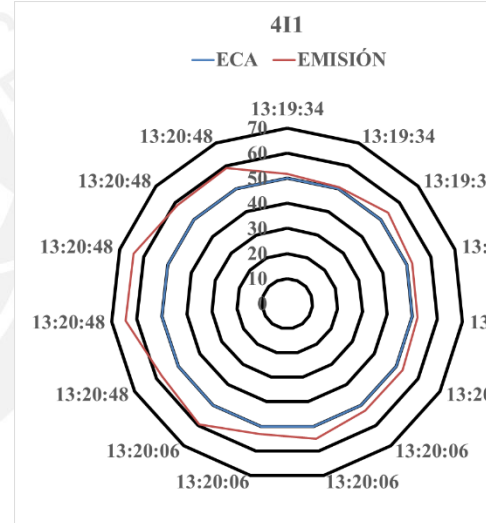
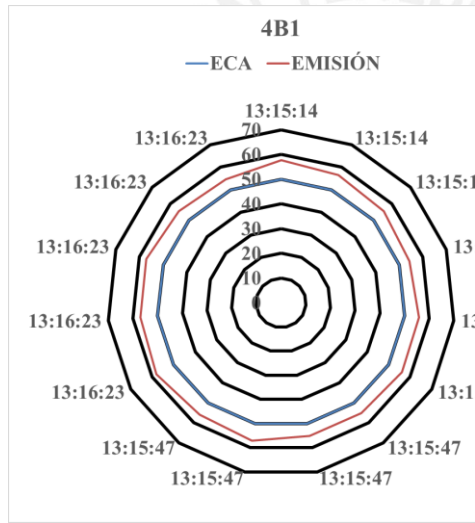


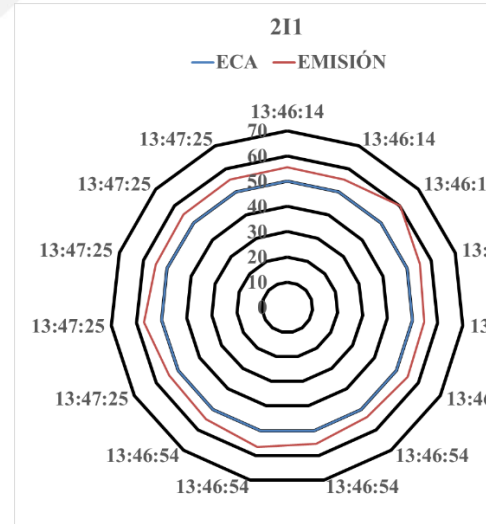
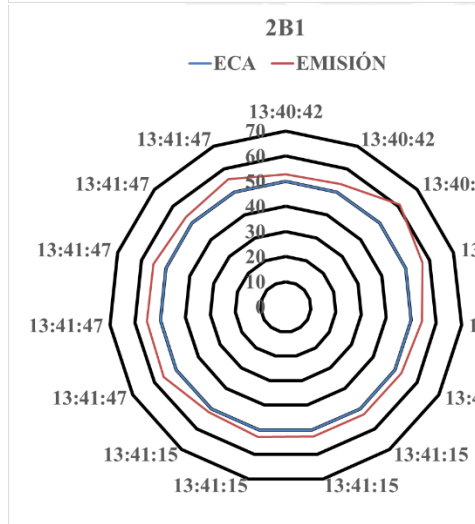
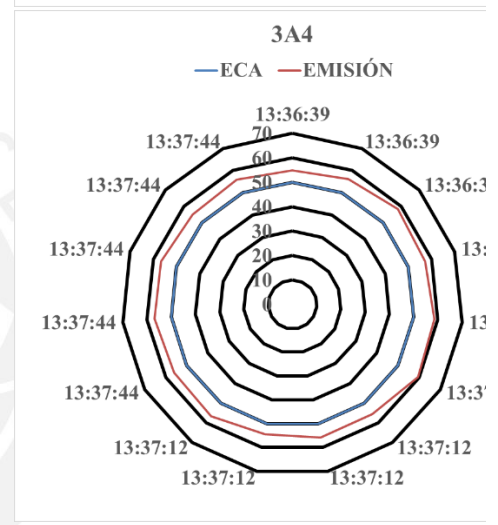
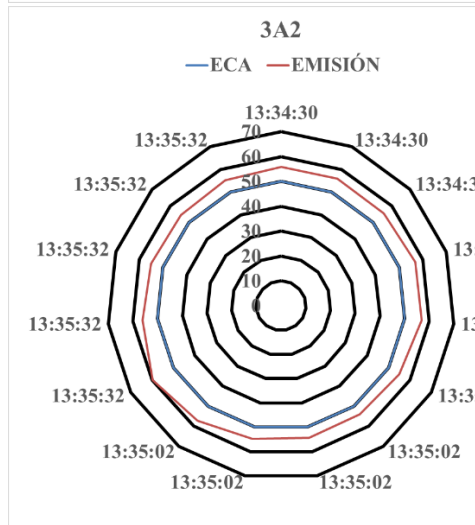
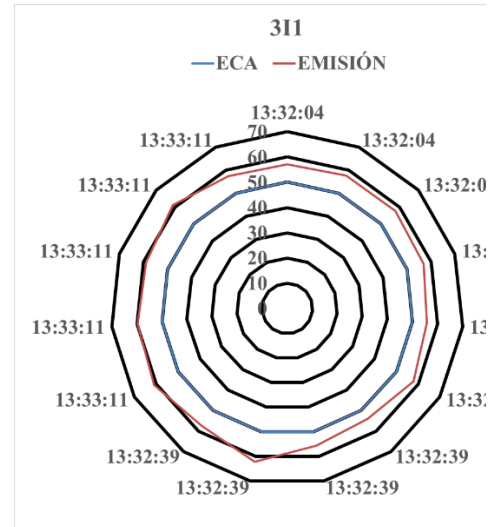
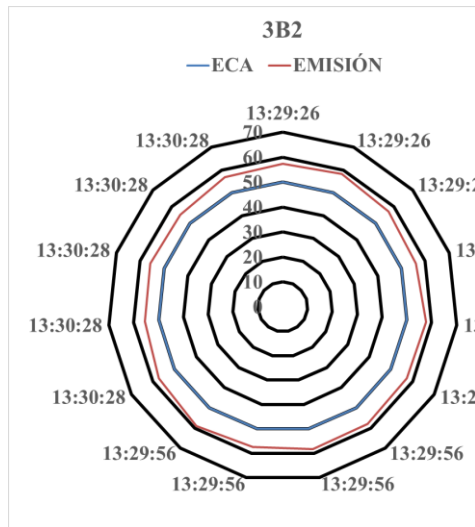


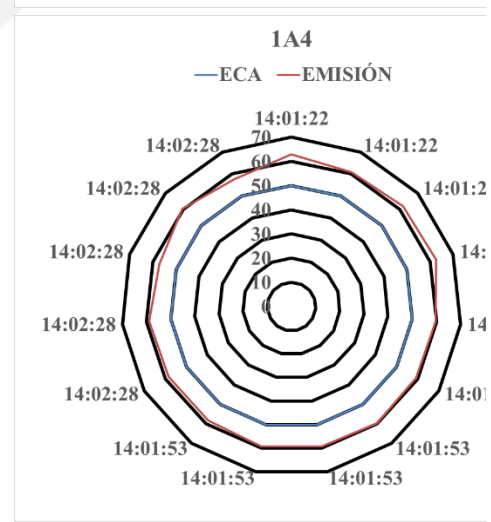
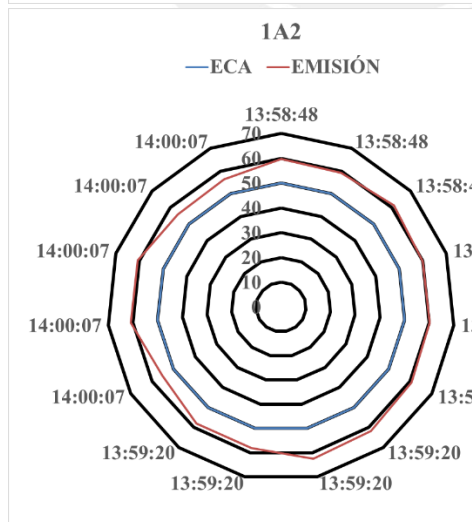
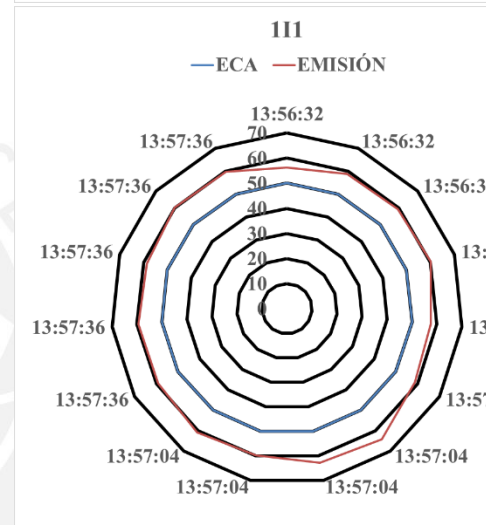
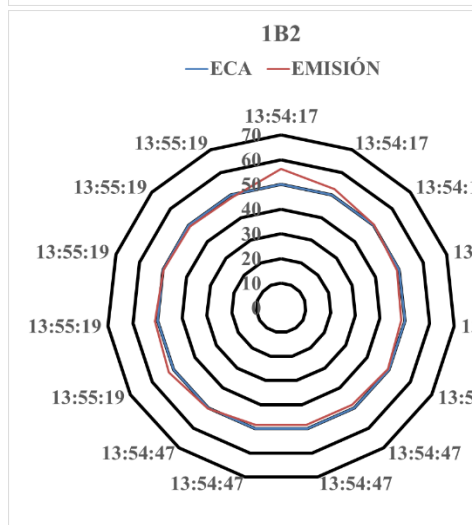
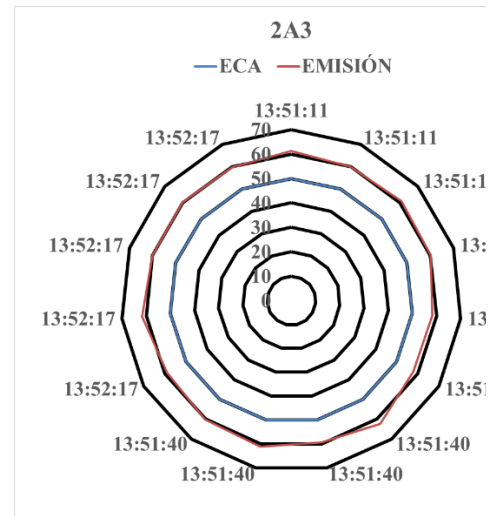
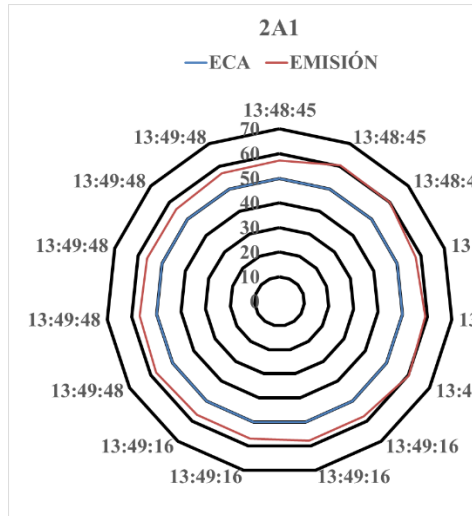


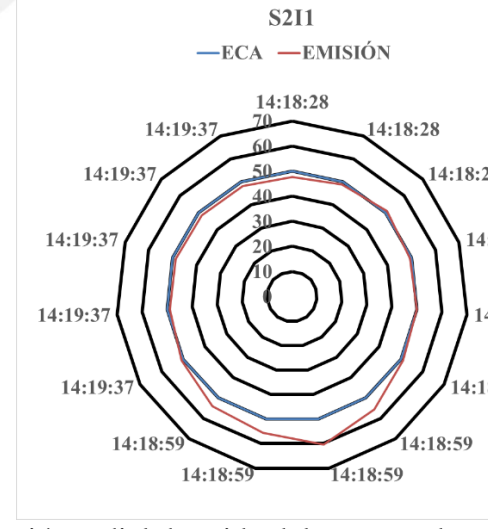
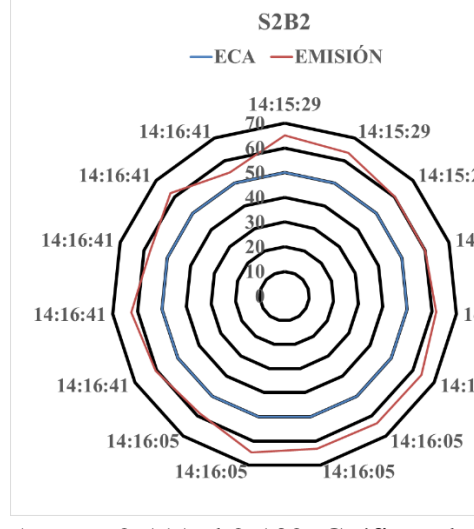
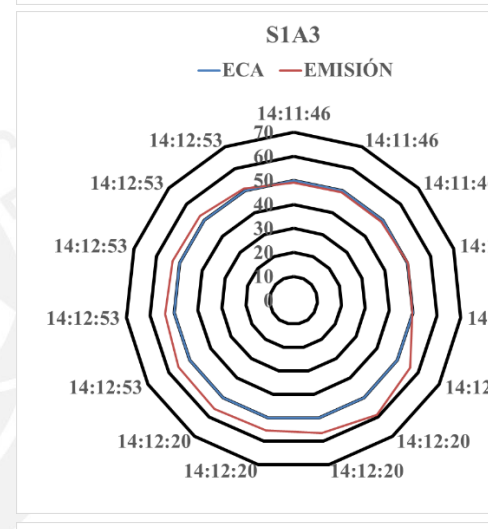
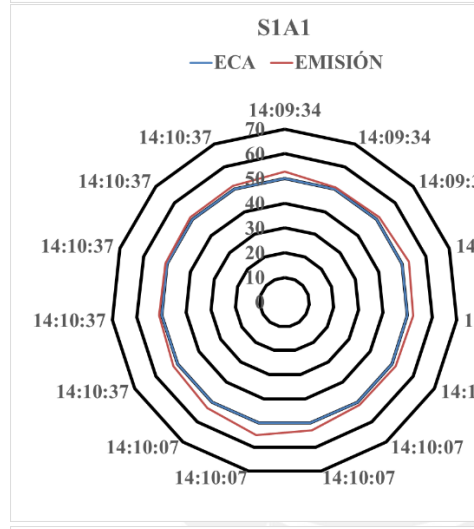
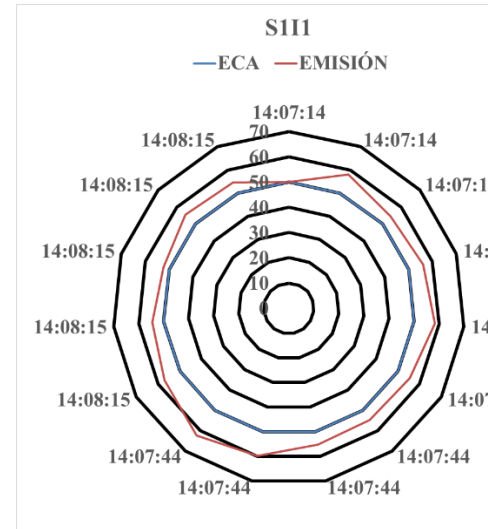
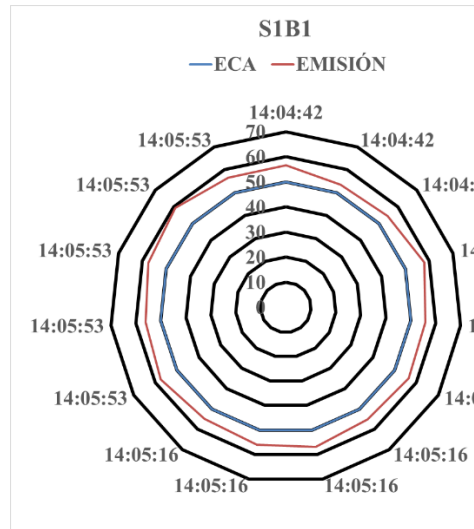


Anexos 2-89 al 2-110: Gráficos de dispersión radial de ruido del turno mañana del día 04 de noviembre.







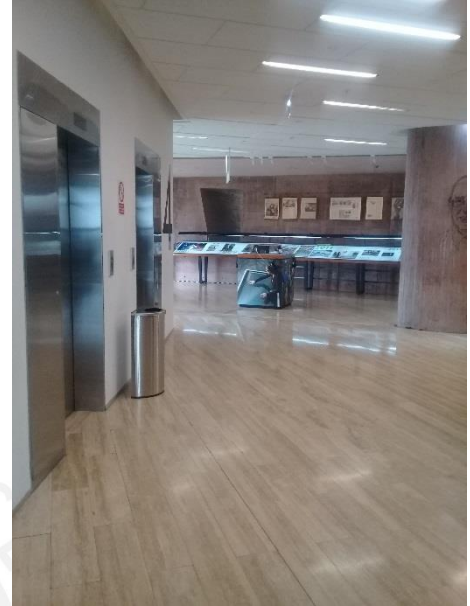


Anexos 2-111 al 2-132: Gráficos de dispersión radial de ruido del turno tarde del día 04 de noviembre.

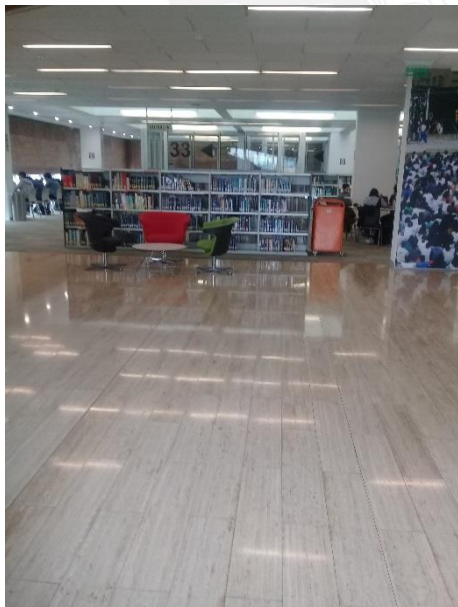
Anexo 3: Fotografías



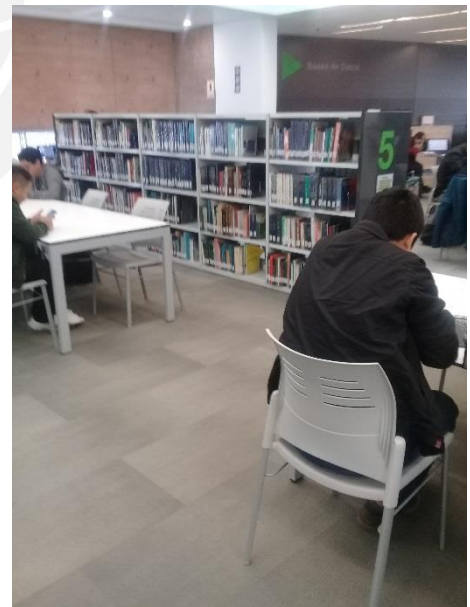
Anexo 3-1: Estación 4B1



Anexo 3-2: Estación 4I1



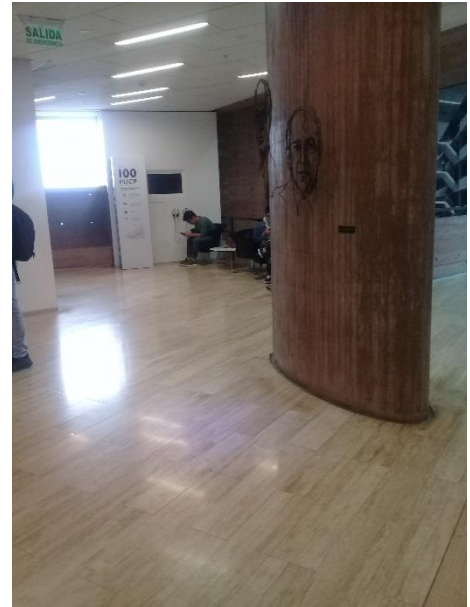
Anexo 3-3: Estación 4A1



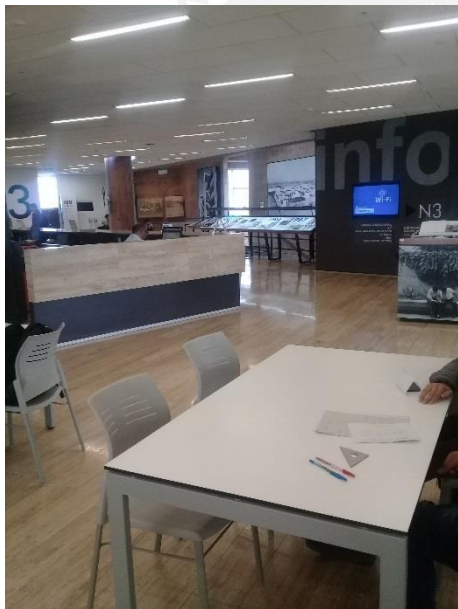
Anexo 3-4: Estación 4A3



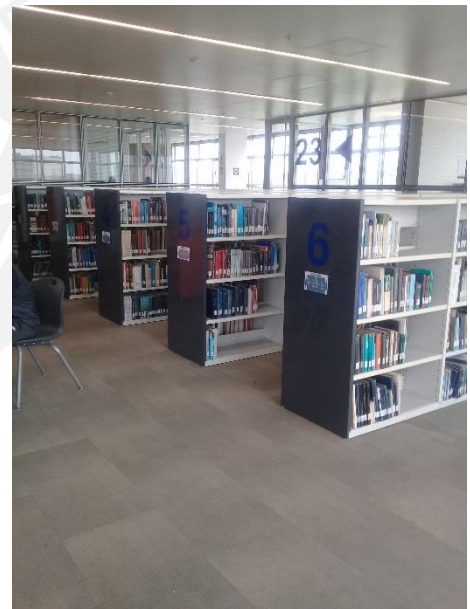
Anexo 3-5: Estación 3B2



Anexo 3-6: Estación 3I1



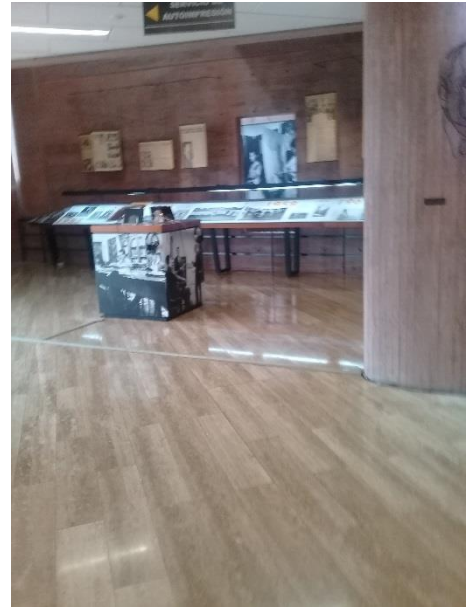
Anexo 3-7: Estación 3A2



Anexo 3-8: Estación 3A4



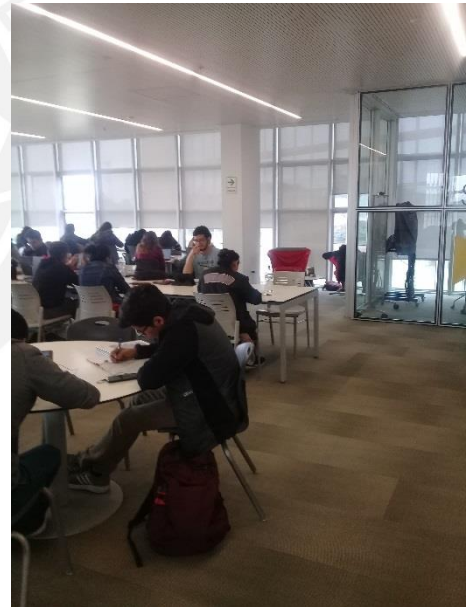
Anexo 3-9: Estación 2B1



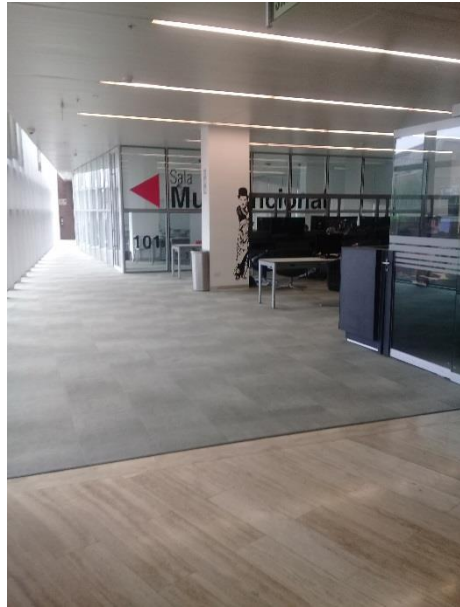
Anexo 3-10: Estación 2I1



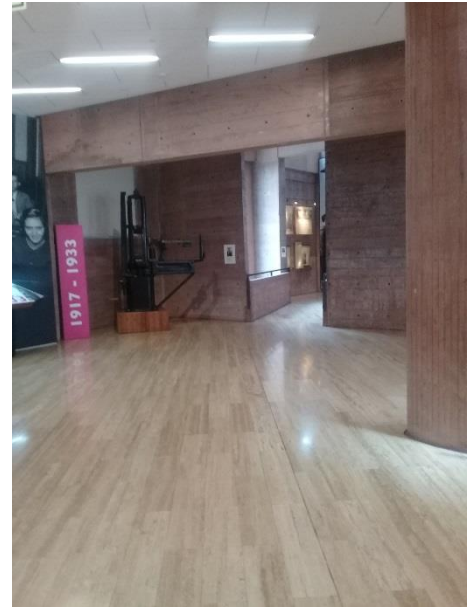
Anexo 3-11: Estación 2A1



Anexo 3-12: Estación 2A3



Anexo 3-13: Estación 1B2



Anexo 3-14: Estación 1I1



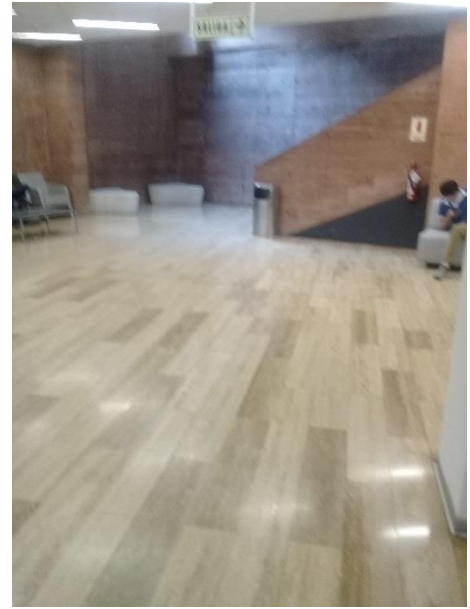
Anexo 3-15: Estación 1A2



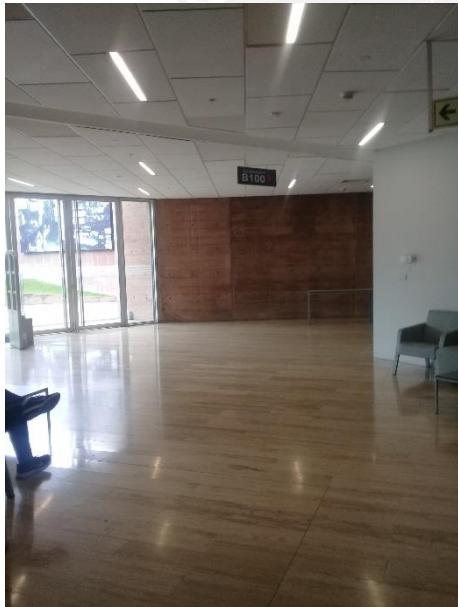
Anexo 3-16: Estación 1A4



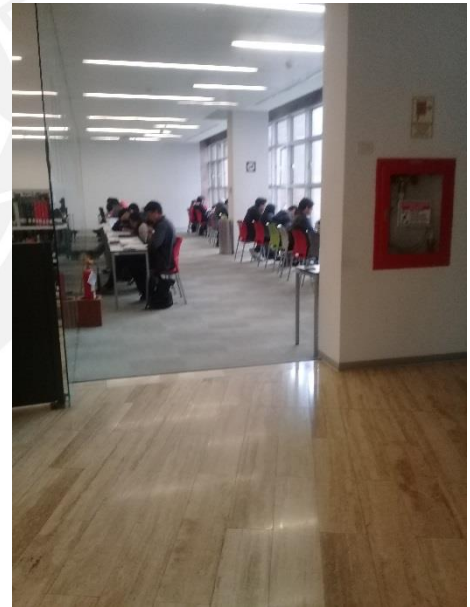
Anexo 3-17:Estación S1B1



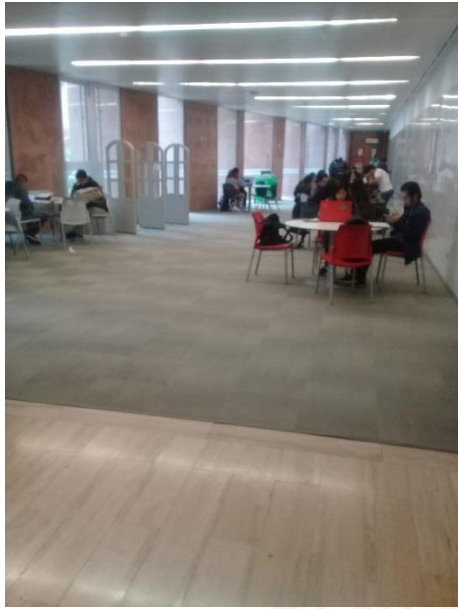
Anexo 3-18:Estación S1I1



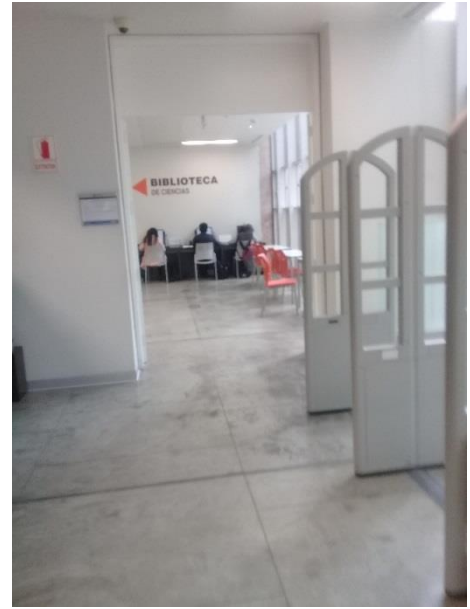
Anexo 3-19:Estación S1A1



Anexo 3-20:Estación S1A3



Anexo 3-21:Estación S2B2



Anexo 3-22:Estación S2I1



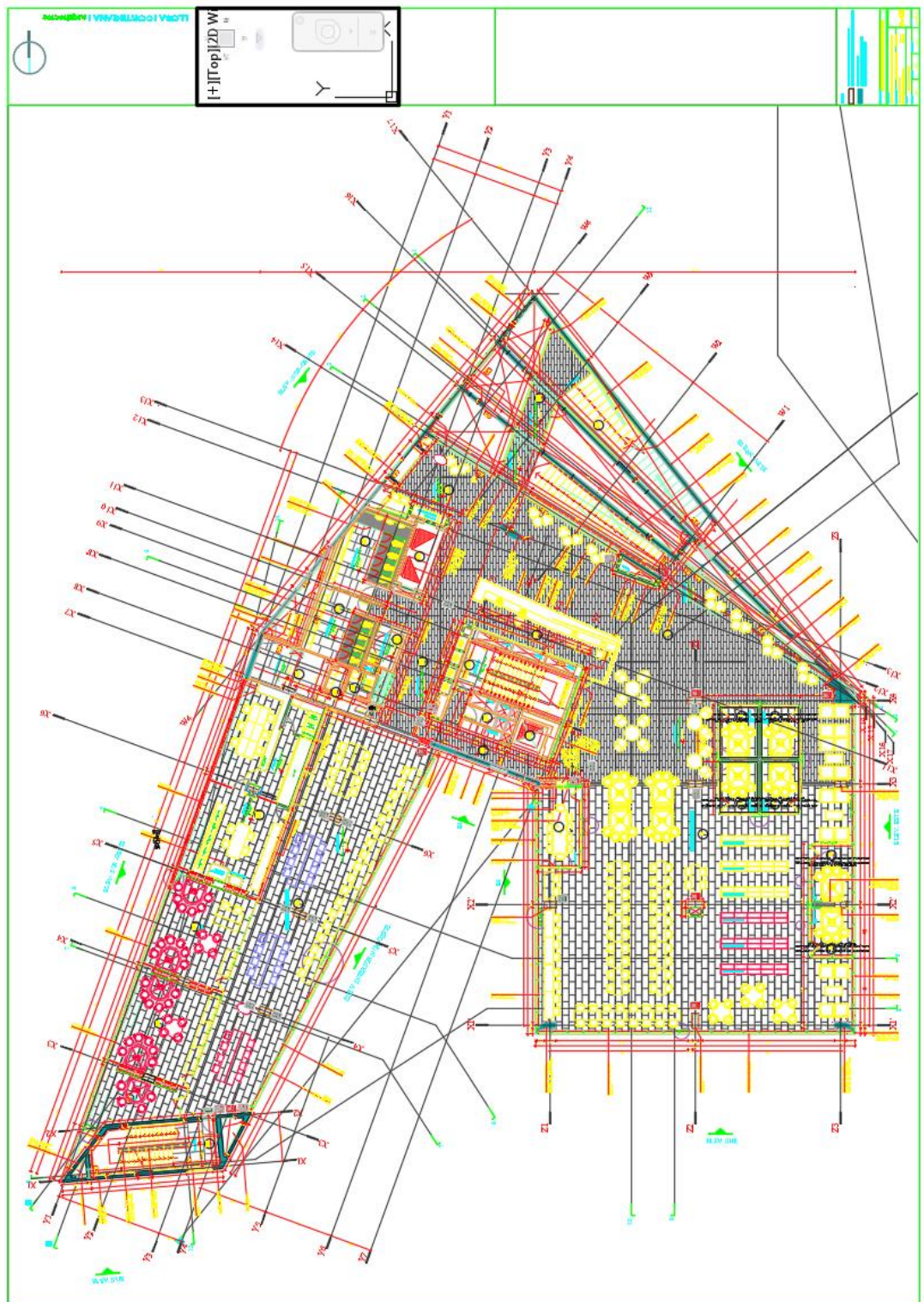
Anexo 4: Planos



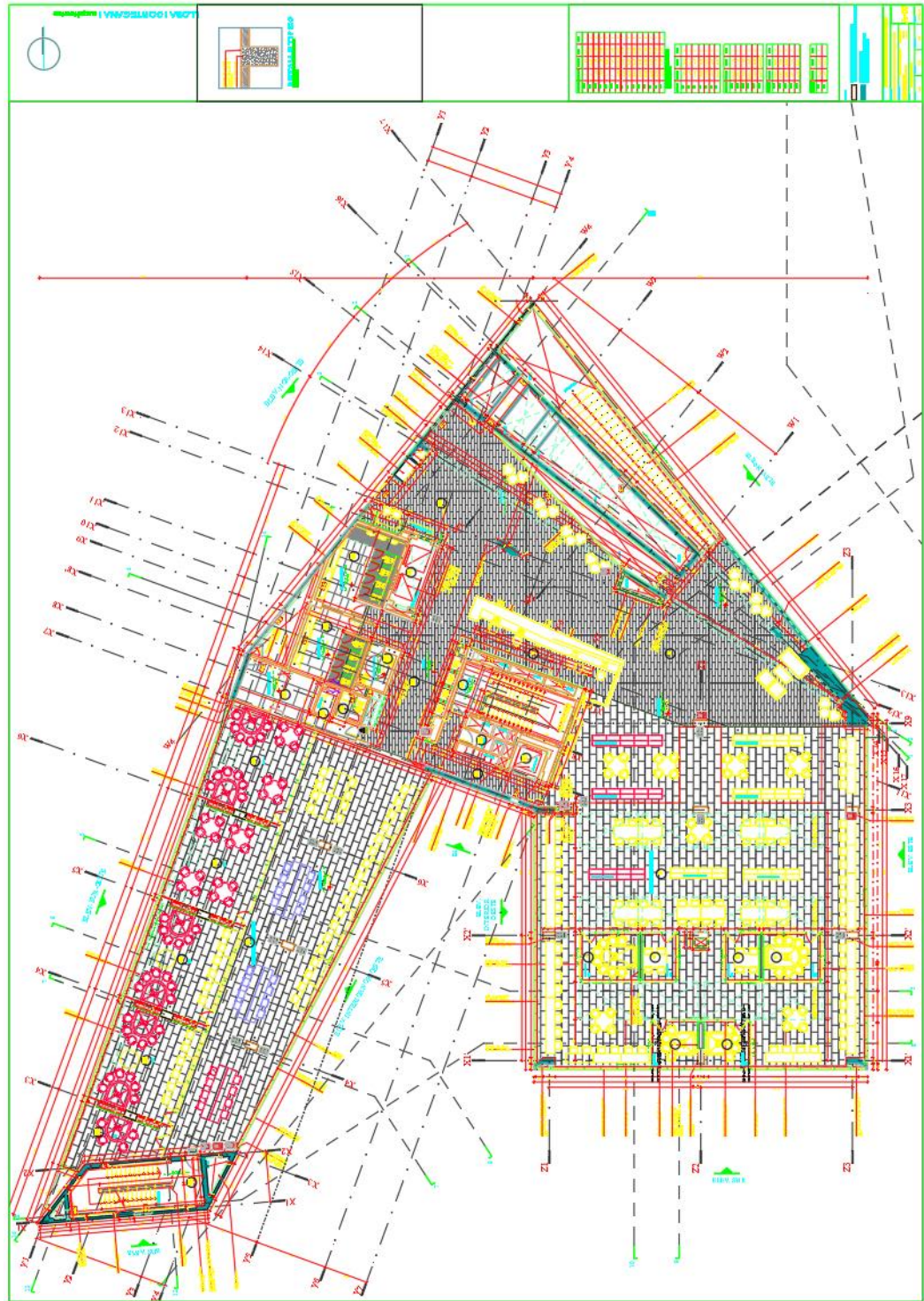
Anexo 4-1: Plano de arquitectura de piso 1



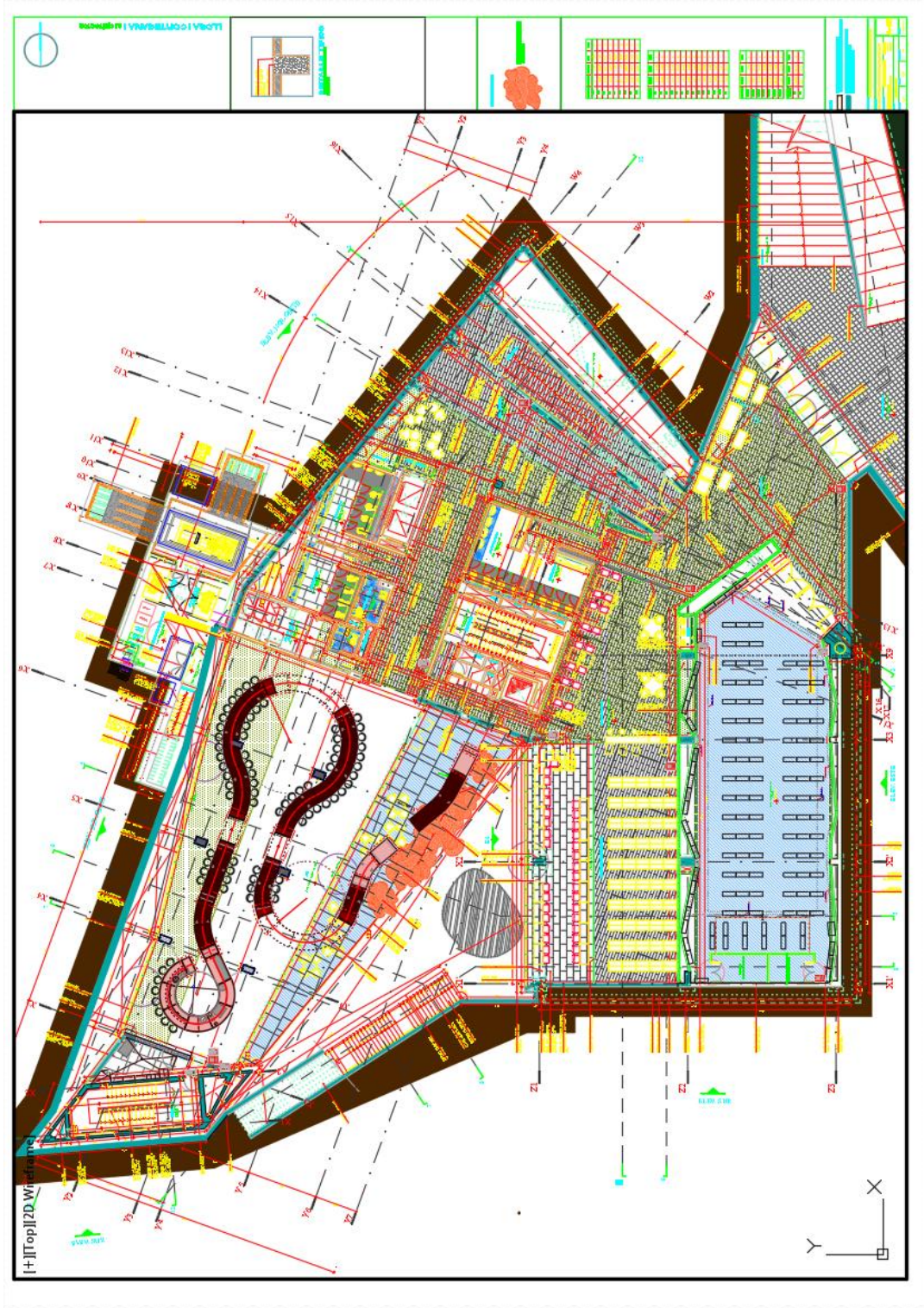
Anexo 4-2: Plano de arquitectura de piso 2



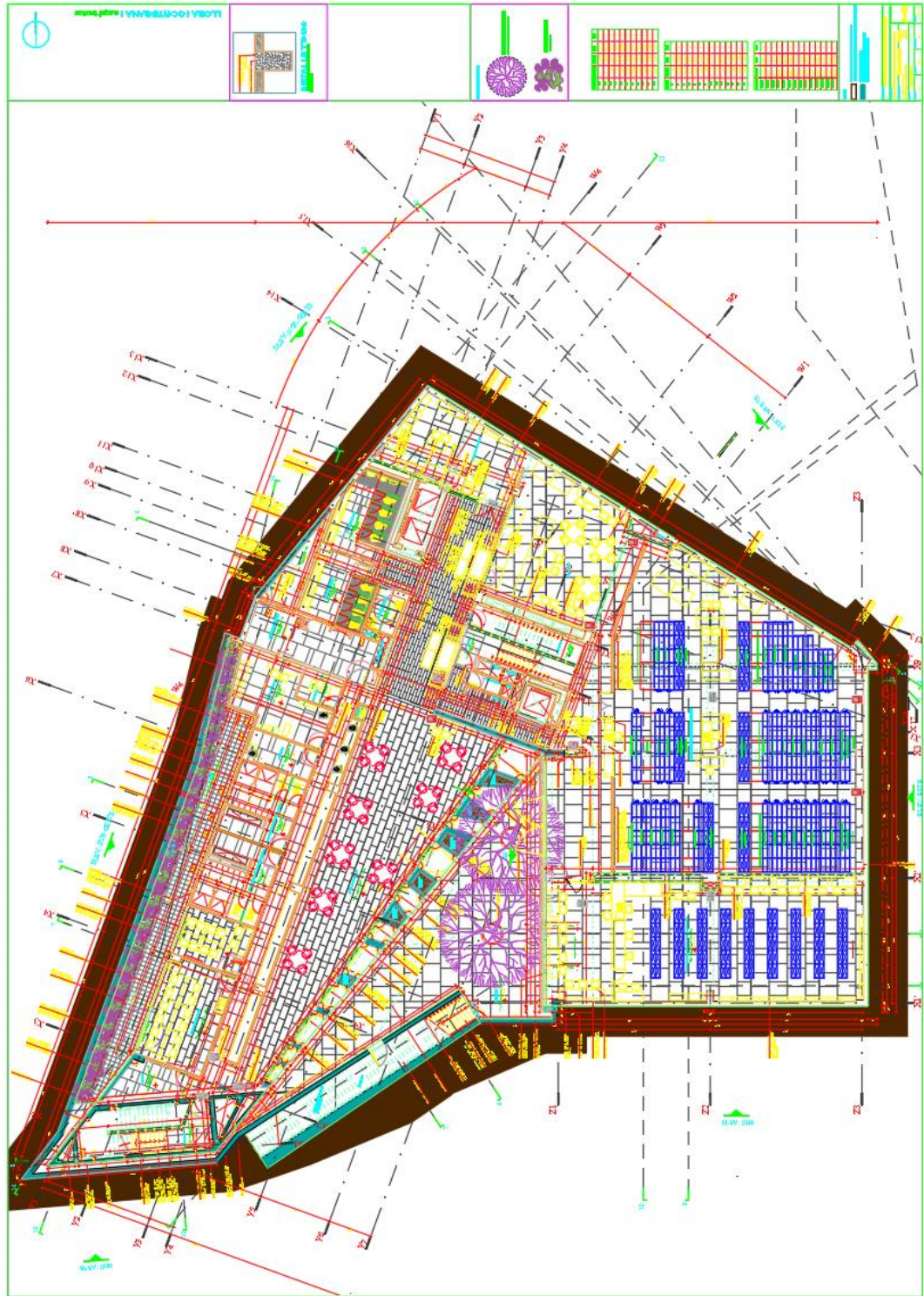
Anexo 4-3: Plano de arquitectura de piso 3



Anexo 4-4: Plano de arquitectura de piso 4

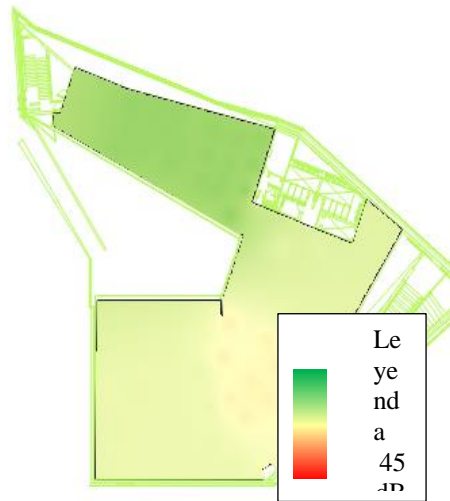


Anexo 4-5: Plano de arquitectura de Sótano 1

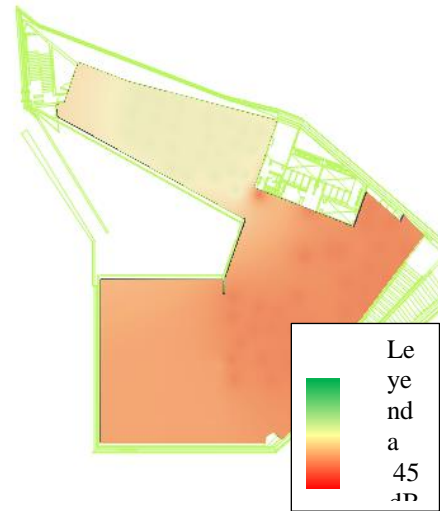


Anexo 4-6: Plano de arquitectura de Sótano 2

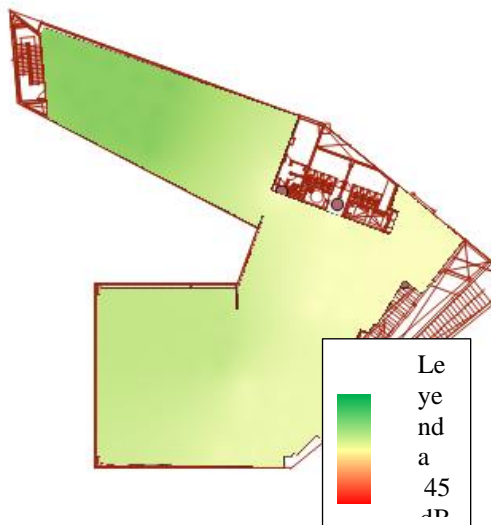
Anexo 5: Mapas de Ruido



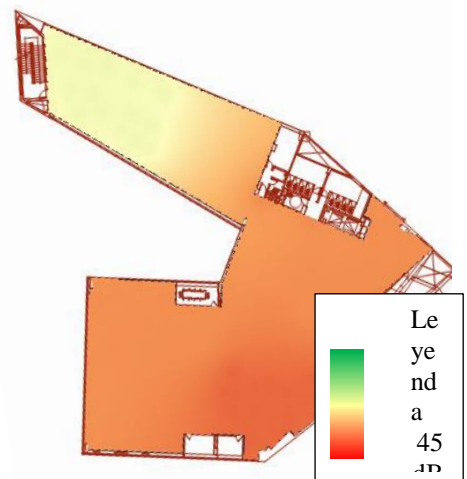
Anexo 5-1: Mapa de ruido piso 1
turno mañana.



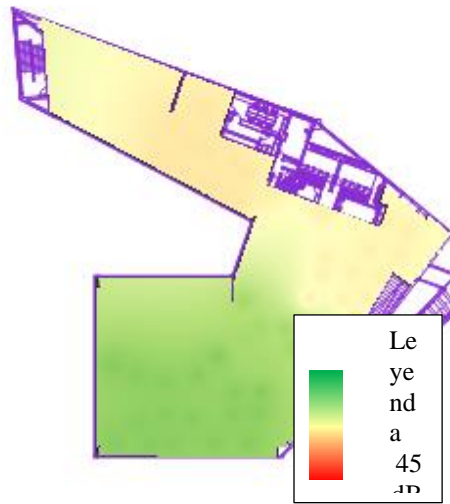
Anexo 5-2: Mapa de ruido piso 1
turno tarde.



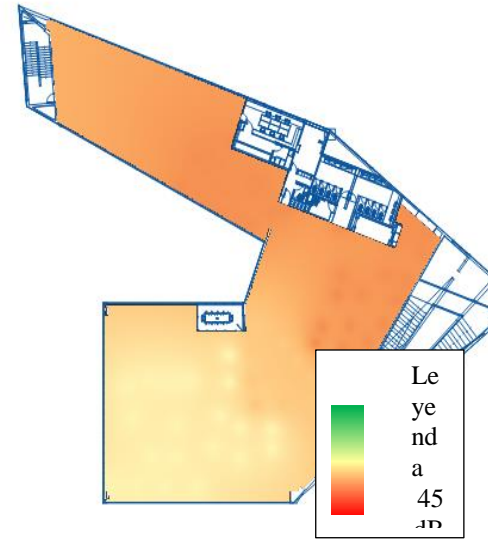
Anexo 5-3: Mapa de ruido piso 2
turno mañana.



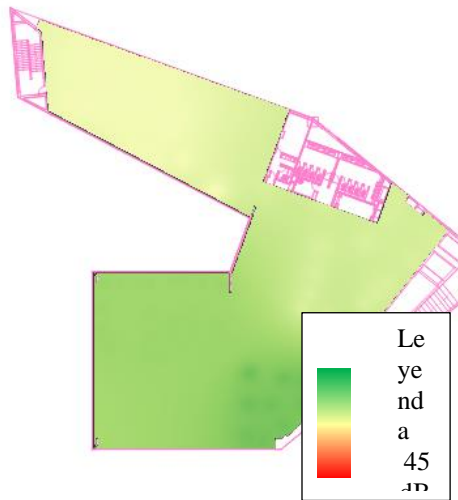
Anexo 5-4: Mapa de ruido piso 2
turno tarde.



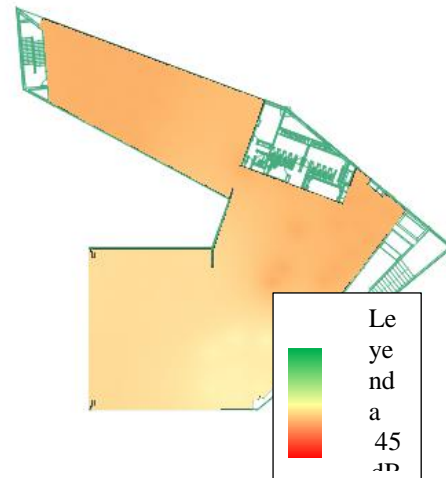
Anexo 5-5: Mapa de ruido piso 3
turno mañana.



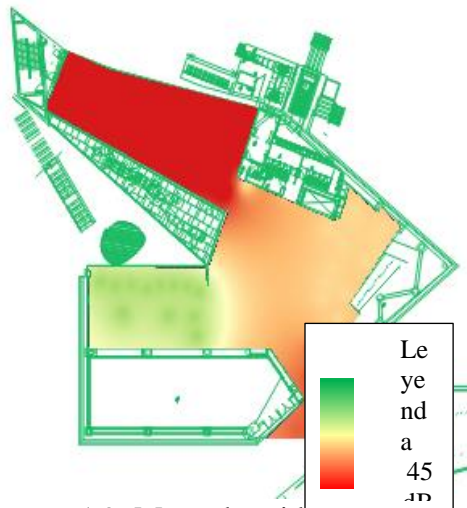
Anexo 5-6: Mapa de ruido piso 3
turno tarde.



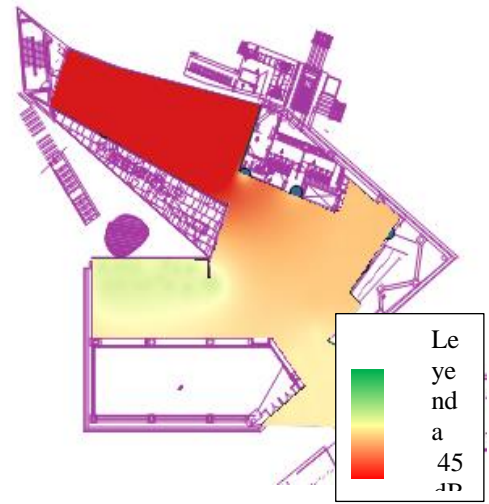
Anexo 5-7: Mapa de ruido piso 4
turno mañana.



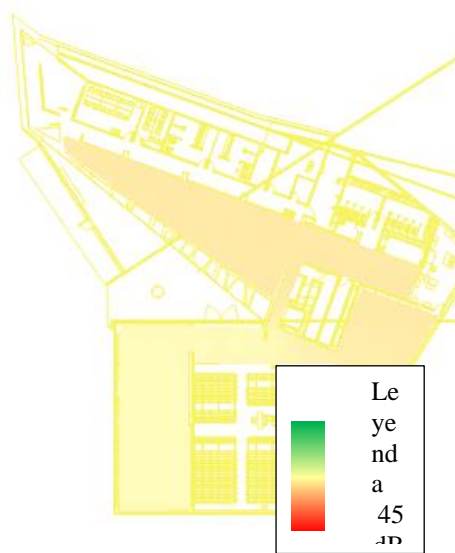
Anexo 5-8: Mapa de ruido piso 4
turno tarde.



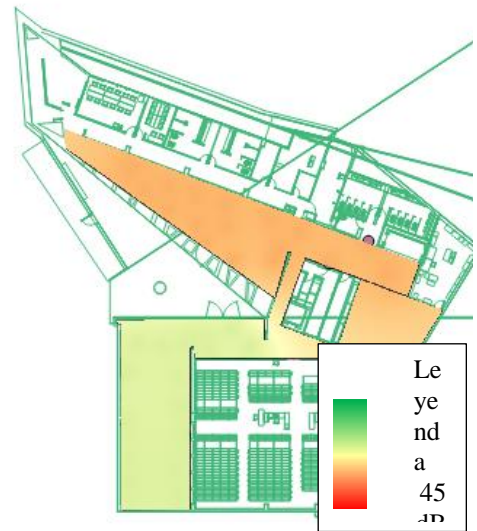
Anexo 5-9: Mapa de ruido sótano 1 turno mañana.



Anexo 5-10: Mapa de ruido sótano 1 turno tarde.



Anexo 5-11: Mapa de ruido sótano 2 turno mañana.



Anexo 5-12: Mapa de ruido sótano 2 turno tarde.