

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE TECNOLOGÍAS EN SALUD**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN SALUD AMBIENTAL**

Análisis de las condiciones ambientales en los Recintos Educativos Rafael Francisco Osejo en Mata Redonda, San José y Rafael Arguedas Gutiérrez en San Roque de Barva, Heredia durante el II semestre del año 2016

**Proponentes:**

Araya Valverde, Eloísa

García Robles, José Daniel

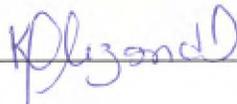
Setiembre 2018

## HOJA DE APROBACIÓN



---

Dr. Horacio Chamizo García  
Presidente



---

Licda. Kathia Elizondo Orozco  
Directora



---

M. Sc. Alejandro Granados Figueroa  
Miembro Tribunal



---

M. Sc. Paula Hernández Rojas  
Miembro Tribunal



---

M. Sc. Xinia Alvarado Zeledón  
Miembro tribunal

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de tesis está enfocado en el análisis de las condiciones ambientales en los Recintos Educativos Rafael Francisco Osejo en Mata Redonda, San José y Rafael Arguedas Gutiérrez en San Roque de Barva, Heredia durante el II semestre del año 2016., abordando variables como la iluminación, ruido, temperatura, humedad, ventilación, confort térmico y teoría del color en cinco aulas seleccionados en cada uno de los centros académicos.

Con ello, diseñar una propuesta de mejora, prevención y mitigación de las condiciones ambientales y estructurales que podrían incidir en la salud de los estudiantes de los centros educativos seleccionados, integrando estrategias pasivas de diseño bioclimático y de salud ambiental.

La metodología utilizada fue recolección bimensual de datos puntuales de las condiciones ambientales en cinco aulas de cada uno de los centros educativos en estudio, de julio a diciembre del año 2016. Donde a su vez, se colocaron equipos de medición prolongada diaria entre cada una de las mediciones, con el fin de garantizar la representatividad de los datos obtenidos y confirmar la hipótesis de que no existen diferencias significativas en la temperatura ambiental entre las dos escuelas ubicadas en puntos geográficos diferentes, respaldando el concepto de zona de vida.

De igual manera se realizó un proceso de comparación de los datos obtenidos con parámetros nacionales e internacionales recomendados para el confort de las poblaciones educativas, exponiendo como los mismos podrías afectar la salud de los moradores de los recintos educativos.

Como principales resultados del estudio, se evidencia que existe una relación entre las características estructurales y condiciones ambientales internas en los centros educativos, donde ambos no cumplen la normativa nacional ni internacional recomendada para espacios educativos. A su vez, que ambas estructuras presentan deficiencias en las condiciones ambientales pudiendo desarrollar una afectación directa en la salud de los moradores de centros educativos por exposición a ellas.

Se concluye que ambas estructuras presentan deficiencias en las condiciones ambientales pudiendo desarrollar una afectación directa en la salud de los moradores de centros educativos por exposición a ellas.

A pesar de la diferencia de casi 105 años de construcción entre ambas estructuras escolares, se identifican condiciones ambientales adversas persistentes, por lo cual se recomienda revisar las directrices actuales del Ministerio de Educación Pública para la creación y modificación de estructuras educativas, que sean acordes a la realidad tropical del país.

A su vez, se recomienda implementar procesos multidisciplinarios de análisis ambiental, rendimiento escolar, salud ocupacional, análisis físico y audiometrías en centros educativos a nivel nacional, con la inclusión de profesionales en Salud Ambiental y criterios de salud en relación con la infraestructura escolar, promoviendo sistemas de mejora y optimización de las condiciones ambientales en los centros educativos estudiados, según la propuesta pactada en la presente investigación.

**Palabras clave:** Escuela, Aulas, Educación, Niños, Condiciones ambientales, Zona de vida, Infraestructura escolar, Salud Ambiental, Confort

Directora del proyecto:

Msc. Kathia Elizondo Orozco

## **DERECHOS DE AUTOR**

El documento que se desarrolla a continuación es una investigación de carácter científico con fines académicos para la Escuela de Tecnologías en Salud, Facultad de Medicina de la Universidad de Costa Rica; pertenece única y exclusivamente a sus autores Eloísa Araya Valverde y José Daniel García Robles, con las excepciones que se disponen en la Ley No. 6683 de Derechos de Autor y Derechos Conexos.

Eloísa Araya Valverde y José Daniel García Robles

Para su citación:

Araya, E., & García, D. (2018). *Análisis de las condiciones ambientales en los Recintos Educativos Rafael Francisco Osejo en Mata Redonda, San José y Rafael Arguedas Gutiérrez en San Roque de Barva, Heredia durante el II semestre del año 2016* (Licenciatura). Universidad de Costa Rica.

## **CONFIDENCIALIDAD DE LA INFORMACIÓN**

Los centros educativos Rafael Francisco Osejo en Mata Redonda, San José y Rafael Arguedas Gutiérrez en San Roque de Barva, Heredia, concuerdan que la información y datos obtenidos en este estudio sean tratados de manera pública, ya que los mismos representan la realidad de varios recintos escolares en el país y que dichas condiciones podrían afectar la salud, desarrollo y educación de los moradores de las infraestructuras. A su vez, podrían ser el insumo para realizar proyectos de mejora en las instalaciones y planeación estratégica en conjunto con diferentes actores involucrados, como lo son el Ministerio de Educación Pública, juntas de maestros y administrativos, gobiernos locales, entre otros.

## **DEDICATORIA**

“A mi abuela Imelda que hubiese estado orgullosa de ver que mi proyecto de graduación se realizó en Barva; gracias por al final del camino permitirme compartir los últimos momentos contigo y enseñarme a ser más fuerte y mejor ser humano. Gracias por acompañarme siempre. Y también a mis papás por enseñarme a ser una persona de bien y con su esfuerzo brindarme todas las oportunidades para lograr llegar hasta aquí, sin ellos no lo hubiese podido alcanzar”.

**Eloísa Araya Valverde**

“Le dedico este proyecto a mi mamá María de los Ángeles Robles Maroto, que como maestra de preescolar en una escuela pública me enseñó las carencias de infraestructura con la que tienen que lidiar todos los días algunos niños en el país y que, sin embargo, su deseo de superación está por encima de todo. A su vez, a toda mi familia y a mi novia que siempre me ayudan a salir adelante sin importar cuál sea el obstáculo a vencer”.

**José Daniel García Robles**

## **AGRADECIMIENTOS**

“Gracias a Dios por permitirme tener tantas bendiciones y dejarme llegar hasta donde estoy hoy. Gracias a mis papás por darme su ejemplo y enseñarme a luchar, ellos junto con mi hermano y Tiny han sido mi apoyo siempre; son la constante a lo largo de mi vida que me ha permitido convertirme en la persona que soy hoy. A Alicia por ser la mejor compañera de vida y por convertirnos en un gran equipo, gracias por dejarme crecer a tu lado día a día y por empujarme y apoyarme siempre. Gracias por seguir creyendo en este proyecto cuando yo ya no podía más.

A mi familia de Barva que siempre estuvo ahí para recibirme después de la cansada jornada de trabajo de campo en la Escuela, recibíendome con palabras de apoyo, muchas veces con almuerzo y con palabras de ánimo de ver como mi proyecto iba avanzando.

Gracias profe Kathia por ser la mejor guía y por todo su esfuerzo invertido en nosotros. Gracias a Lui por ser mi compañero de esfuerzo y dedicación en esta investigación. A Marco Lobo de Soluciones 506 por permitirme flexibilizar el tiempo laboral que le dediqué por 6 meses al trabajo de campo del proyecto, mil gracias por confiar en mí para poder emprender el proyecto y mantener mi trabajo, aun cuando estaba empezando en la empresa. Gracias porque sin su confianza no hubiese podido mantener ambos”.

### **Eloísa Araya Valverde**

“En primera instancia le agradezco a Dios por todos las bendiciones y alegrías que me ha dado a través de estos años... A mi mamá que, aunque ya no esté aquí cada día sé que ve y sonríe desde el cielo. A mi abuela que sin importar nada ella me ha apoyado toda la vida y el golpe más duro que hemos recibido me ayudó a salir adelante sin dar paso atrás, poniendo la mejor cara. A mi hermano que a pesar de todo continuamos juntos lado a lado. A mi papá que me enseñó a modelar la vida a mi gusto, formando el carácter y los valores que ahora le caracterizan... A Paula, mi novia y compañera de aventuras que ha estado conmigo en las palmadas y

trasmochadas siempre ayudándome y dándome aliento para seguir y conseguir mis metas. Los amo demasiado.

Y finalmente pero no menos importante a Elotito que a pesar de todo lo que nos ha costado este proyecto, nunca flaqueó para seguir adelante... Paso a paso apoyándonos uno al otro en todo momento, compartiendo la visión y proyección de nuestro trabajo y esfuerzo”.

### **José Daniel García Robles**

“Agradecimiento especial a la profe Kathia Elizondo, directora del proyecto, porque a pesar de que la encontramos un tiempo después de haber conceptualizado la investigación, nos guio y creyó en nosotros desde el día que le compartimos la idea y nos impulsó con su experiencia y conocimiento para alcanzar el mayor nivel profesional y entregar la mejor calidad de resultados, gracias infinitas por creer en nuestra investigación y dejarnos adoptarla como parte de nuestro equipo.

Al profe Jorge Rojas gracias por también ser parte del trabajo y ayudarnos con sus comentarios e indicaciones de mejora, confiamos en Dios que su estado de salud sea una prueba de la que va a salir victorioso. A Alejandro Granados que también dispuso de su tiempo para ayudarnos y guiarnos en las indicaciones del proyecto y por creer en la investigación desde el día 1. Gracias también a Andrea Sancho del Laboratorio de Arquitectura Tropical de Arquitectura por brindarnos su apoyo con el préstamo del equipo y con la conceptualización de las ideas a trabajar. Gracias a todo el equipo asesor por creer en nosotros y en el proyecto y ayudarnos a alcanzar la meta con creces.

Agradecemos también a las directoras de la Escuela Rafael Francisco Osejo y Rafael Arguedas Gutiérrez por su apertura en la realización de la investigación, gracias doña Mayela y doña Amalia por ofrecernos tanta calidez en las visitas y gracias a las maestras que nos dejaron acompañarlas en su trabajo por 6 meses. Gracias por la increíble labor de educación que realizan”. **Eloísa y Daniel**

# ÍNDICE GENERAL

Hoja de aprobación	i
Resumen ejecutivo	ii
Derechos de autor	iv
Confidencialidad de la información	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice general	viii
Índice de figuras	xi
Índice de cuadros	xiii
Abreviaturas	xiv
1. Introducción	1
2. Planteamiento del problema	3
3. Objetivos	6
3.1. Objetivo general	6
3.2. Objetivos específicos	6
4. Justificación	7
5. Marco Teórico	11
5.1. Salud	11
5.2. Ambiente	12
5.3. Salud Ambiental	14
5.4. Población escolar, riesgos ambientales	14
5.5. Educación	16
5.6. Educación en Costa Rica	19
5.7. Investigación en educación en Costa Rica	20
5.8. Variables ambientales	23
5.8.1. Ventilación y calidad del aire interno	23
5.8.2. Bienestar térmico	28
5.8.3. Iluminación	32
5.8.4. Teoría del color	38
5.8.5. Sonido	40
5.9. Aspectos bioclimáticos	49
5.9.1. Características climáticas de Costa Rica: pronóstico climatológico de Costa Rica para el año 2016	49
5.9.2. Zonas de vida	51
5.9.3. Arquitectura bioclimática	53
5.9.4. Vegetación y microclima	57
5.10. Aspectos estructurales	60
5.10.1. Tipos de construcción	60
5.10.2. Edificaciones con declaratoria de interés patrimonial	61
5.11. Normativa Educativa	62

5.11.1.	<i>Requerimientos para estructuras escolares: Estrategias Internacionales</i> ..	62
5.11.2.	<i>Compendio de normas y recomendaciones para la construcción de edificios para la educación en Costa Rica</i> .....	65
5.12.	Operacionalización de variables	71
6.	Estrategia metodológica	74
6.1.	Diseño metodológico	74
6.2.	Diseño de la investigación	74
6.3.	Variables consideradas	75
6.4.	Medición de las Condiciones Ambientales	75
6.5.	Metodología para la selección de aulas	76
6.6.	Metodología de selección de fechas	76
6.7.	Validez y sesgos de investigación	77
6.7.1.	<i>Validez interna</i> .....	77
6.7.2.	<i>Validez externa</i> .....	78
6.8.	Procesos de recolección de información	79
6.8.1.	<i>Características estructurales</i> .....	79
6.8.2.	<i>Mediciones ambientales directas e indirectas</i> .....	79
6.9.	Métodos para analizar la información	83
7.	Resultados y discusión	87
7.1.	Caracterización de los centros educativos	87
7.1.1.	<i>Escuela Rafael Arguedas Gutiérrez</i> .....	88
7.1.2.	<i>Escuela Rafael Francisco Osejo</i> .....	94
7.1.3.	<i>Mediciones ambientales de temperatura y humedad con los Hobos®</i> .....	102
7.1.4.	<i>Validación significancia estadística: T-Student Hobos</i> .....	104
7.2.	Resultados mediciones ambientales: equipo puntual	107
7.2.1.	<i>Temperatura y humedad</i> .....	108
7.2.2.	<i>Ruido</i> .....	111
7.2.3.	<i>Iluminación</i> .....	115
7.2.4.	<i>Confort térmico</i> .....	119
7.3.	Resultados y cumplimiento de normativa del MEP	122
7.4.	Fichas informativas	128
8.	Propuesta de mejoramiento, prevención y mitigación de las condiciones ambientales encontradas	131
8.1.	Objetivos de la propuesta	131
8.1.1.	<i>Objetivo general</i> .....	131
8.1.2.	<i>Objetivos específicos</i> .....	131
8.2.	Involucrados y ejecutores de la propuesta	132
8.3.	Indicaciones para analizar los apartados de la propuesta	133
8.3.1.	<i>Indicaciones sobre la ficha informativa</i> .....	134
8.3.2.	<i>Indicaciones sobre la ficha del aula ideal</i> .....	135
8.4.	Fichas por variable	137
8.4.1.	<i>Variable: Iluminación</i> .....	138
8.4.2.	<i>Variable: Ruido</i> .....	139
8.4.3.	<i>Variable: Temperatura y humedad</i> .....	140
8.4.1.	<i>Variable: Confort Térmico</i> .....	141

8.4.1. Variable: Ventilación .....	142
8.4.1. Variable: Colores del aula .....	143
8.4.1. Variable: Programa 5S.....	144
8.4.1. Variables: Seguridad interna y Capacidad Máxima .....	145
9. Conclusiones y recomendaciones	146
9.1. Conclusiones	146
9.2. Recomendaciones	147
10. Bibliografía	148
11. Anexos	157
Anexo 1. Identificación de tasa metabólica según las actividades realizadas	157
Anexo 2. Norma Europea para iluminación de interiores	158
Anexo 3. Guía para Ruido Urbano	159
Anexo 4. Pirámide de Zonas de Vida de Holdridge: agrupación en Pisos Altitudinales y ubicación en el mapa de Costa Rica	160
Anexo 5. Distribución geográfica de las zonas de vida en Costa Rica	161
Anexo 6. Criterios considerados para la declaración de interés patrimonial en Costa Rica	162
Anexo 7. Instrumento de recolección de información ambiental	164
Anexo 8. Fotografías escuela Arguedas	169
Anexo 9. Fotografías escuela Osejo	169
Anexo 10. Escuela Arguedas: Aula de 1 grado	170
Anexo 11. Escuela Arguedas: Aulas de 2, 3, 5, 6 grado	170
Anexo 12. Escuela Osejo distribución general de las aulas	171
Anexo 13. Escuela Osejo distribución aula externa	172
Anexo 14. Resultados mediciones de variables por aula Escuela Rafael Arguedas Gutiérrez	173
Anexo 15. Resultados mediciones de variables por aula Escuela Rafael Francisco Osejo	174
Anexo 16. Indicadores de bienestar térmico. Método Fanger PMV y PPD de las aulas de la Escuela Arguedas	175
Anexo 17. Indicadores de bienestar térmico. Método Fanger PMV y PPD de las aulas de la Escuela Osejo	177

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de enfriamiento	26
Figura 2. Esquemas de ventilación natural cruzada en edificios	27
Figura 3. Porcentaje previsto de insatisfechos (PPD), en relación al voto medio previsto	30
Figura 4. Sistemas de iluminación natural	35
Figura 5. Comportamiento de la onda sonora en materiales absorbentes	45
Figura 6. Estructura de pared de doble de aislamiento	47
Figura 7. Sonido en relación con la ubicación de las puertas	47
Figura 8. Tratamiento acústico de superficies interiores	48
Figura 9. Barreras acústicas	48
Figura 10. Pronóstico de las condiciones para la temporada de lluvias 2016	50
Figura 11. Ubicación geográfica Bosque Húmedo Premontano	53
Figura 12. Techo en el Trópico	55
Figura 13. Factores climáticos de un aula	56
Figura 14. Diseño para escuelas en climas húmedos y cálidos	56
Figura 15. Control solar con vegetación	57
Figura 16. Control de viento con vegetación	58
Figura 17. Estándares internacionales de ruido según DLEE	71
Figura 18. Equipos para la evaluación de condiciones ambientales	82
Figura 19. Frente de la Escuela Rafael Arguedas	88
Figura 20. Entorno escuela Arguedas	89
Figura 21. Entorno vista superior escuela Arguedas	89
Figura 22. Ejemplo de aula de tercero de la Arguedas en el 2016	90
Figura 24. Ejemplo de ventanas de aula de quinto en el 2016	91
Figura 25. Ejemplos de paredes de la escuela Rafael Arguedas	93
Figura 26. Materiales de pupitres escuela Rafael Arguedas	93
Figura 27. Material del piso escuela Rafael Arguedas	94
Figura 28. Ejemplo de pizarra acrílica escuela Rafael Arguedas	94
Figura 29. Escuela Rafael Francisco Osejo	95
Figura 30. Ubicación de la Escuela Rafael Francisco Osejo	96
Figura 31. Entorno de la escuela Osejo	96
Figura 32. Entorno vista superior escuela Osejo	97
Figura 33. Características generales de aulas de la escuela Osejo	98
Figura 34. Ejemplos de paredes de escuela Francisco Osejo	98
Figura 35. Ejemplo de pupitres de la escuela Rafael Francisco Osejo	101
Figura 36. Ejemplos de pisos en la escuela Rafael Francisco Osejo	102

Figura 37. Pizarras en la escuela Rafael Francisco Osejo	102
Figura 38. Promedios de temperatura en aulas de escuelas Osejo y Arguedas, en periodo julio-diciembre 2016	108
Figura 39. Promedios de humedad internas en aulas de escuelas Osejo y Arguedas, en periodo julio-diciembre 2016	110
Figura 40. Promedios de nivel de Presión Sonora Equivalente (LEQ) interno, en aulas de escuelas Osejo y Arguedas, en periodo julio-diciembre 2016	112
Figura 41. Promedios de iluminación mixta interna, en aulas de escuelas Osejo y Arguedas, en periodo julio-diciembre 2016	116
Figura 42. Promedios de iluminación natural interna, en aulas de escuelas Osejo y Arguedas, en periodo julio-diciembre 2016	117
Figura 43. Ficha informativa Escuela Rafael Arguedas Gutiérrez	129
Figura 44. Ficha informativa Escuela Rafael Francisco Osejo	130
Figura 45. Ejemplo para la interpretación de la ficha.	135
Figura 46. Ficha informativa Aula Ideal	136

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Iluminación según el área de trabajo y las tareas a realizar	34
Cuadro 2. Características de los colores	39
Cuadro 3. Sensación producida por la intensidad sonora	41
Cuadro 4. NRC para materiales constructivos	45
Cuadro 5. Factor de reflexión de los colores y materiales	64
Cuadro 6. Resumen de Compendio de normas para edificios escolares según el DICE-MEP, 2010	66
Cuadro 7. Operacionalización de variables	72
Cuadro 8. Metodología de cálculo de PMV y PPD	84
Cuadro 9. Características generales de las aulas en el 2016	92
Cuadro 10. Características generales de las aulas en estudio de la Escuela Rafael Francisco Osejo en el año 2016	99
Cuadro 11. Temperatura exterior	103
Cuadro 12. Humedad exterior	104
Cuadro 13. Resultados del análisis estadístico de las mediciones de temperatura	106
Cuadro 14. Resultados del análisis estadístico de las mediciones de humedad	106
Cuadro 15. Indicadores de método Fanger PMV y PPD de las aulas de la Escuela Arguedas y Osejo	121
Cuadro 16. Comparación de variables y cumplimiento con la legislación nacional	123
Cuadro 17. Actores involucrados en la propuesta y sus acciones.	132

## ABREVIATURAS

**BID:** Banco Interamericano de Desarrollo.

**EPA:** Environmental Protection Agency de Estados Unidos (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos).

**INEC:** Instituto de Estadística y Censo de Costa Rica.

**INTECO:** Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.

**LAT:** Laboratorio de Arquitectura Tropical de la Universidad de Costa Rica.

**MEP:** Ministerio de Educación Pública de Costa Rica.

**NTP:** Notas Técnicas de Prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, España.

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**OPS:** Organización Panamericana de la Salud.

**UCR:** Universidad de Costa Rica.

**UNESCO:** United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

**UNICEF:** United Nations International Children's Emergency Fund (Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia).

## 1. Introducción

Desde la perspectiva de Salud Ambiental todos los componentes del entorno son importantes para mantener un estado de bienestar en las poblaciones, haciendo énfasis en el abordaje de los factores que interfieren en procesos de desarrollo y crecimiento, como lo son los procesos educativos.

Las reformas educativas se han realizado en Costa Rica gracias a una serie de cambios y luchas sociales que permitieron establecer el modelo educativo que se mantiene en la actualidad, por lo que la inversión en infraestructura escolar y el mejoramiento de la calidad de la educación representan la disminución de las brechas sociales a futuro, esto conforme las poblaciones atraviesan los procesos de aprendizaje.

A pesar de su importancia, las escuelas actuales sufren una serie de carencias en su edificación que pueden poner en peligro el objetivo que persigue cada una de las lecciones que se brindan en las aulas, es decir, crear nuevos conocimientos y sentar las bases para desarrollarlos en la vida real. Es por estas carencias que se produce la falta de lineamientos técnicos para la conceptualización de los espacios escolares, lo que influye directamente en el bienestar y confort de los alumnos dentro de las áreas que deben servir de empuje al desarrollo intelectual de la población infantil.

El presente estudio contribuye al proceso de creación de datos sobre el estado de dos centros educativos del Gran Área Metropolitana, de la misma zona de vida, pero con distintos esquemas de construcción, relacionados con las técnicas de edificación de su época.

Esta investigación busca dar una perspectiva de la situación actual de las carencias en infraestructura educativa que poseen dos centros educativos en el país y la falta de lineamientos que los aquejan, en la que la consideración de las variables ambientales dentro de las aulas se limita a esfuerzos aislados, que no establecen conexiones entre el ambiente y las repercusiones en el bienestar de los moradores.

Este análisis contribuirá a resaltar la importancia de que se invierta en infraestructura educativa en el país y así llamar la atención de las autoridades de

las escuelas en estudio, para revisar los requerimientos ambientales de las aulas y discutir sobre la necesidad de renovarlos con criterios técnicos justificados para la realidad nacional.

Primero, se expone una contextualización de la problemática a nivel internacional y nacional, además, se presentan avances en lo que respecta a investigaciones y políticas en cuanto a la repercusión de los factores ambientales en las poblaciones, posteriormente se analizan distintas propuestas internacionales que guían el diseño de centros escolares, así como el compendio de normativa que rige en Costa Rica y, por último, se exponen los resultados de las mediciones puntuales realizadas en las escuelas del estudio y su análisis en relación con la normativa.

## 2. Planteamiento del problema

La escuela constituye un ámbito de desarrollo para los niños y preadolescentes muy importante, ya que comprende un sistema complejo e integral de entornos que responden a una amplia gama de necesidades educativas, sociales, recreativas, ambientales y comunitarias de la sociedad.

Por lo tanto, en el diseño del centro educativo inciden muchos factores que permiten que se proporcione un ambiente adaptable y propicio para aprender, entre los cuales se destacan el espacio, el mobiliario, la acústica, el color, la luz, el uso de tecnología, entre otros. Asimismo, las escuelas actuales tienen como necesidad apremiante el asegurar el futuro de las comunidades educando a los niños en instalaciones que sean acogedoras, seguras y que brinden confianza (O'Donnell, 2010).

Un estudio de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) del año 2003, organizado y coordinado por el Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación (LLECE), menciona que las condiciones físicas de las escuelas pueden tener un efecto importante en el desempeño del estudiante.

En Costa Rica, en materia de infraestructura educativa, existe un déficit histórico arrastrado por décadas debido a una gestión deficiente de las relaciones centrales del Ministerio de Educación Pública y las juntas de educación y de administración (Tercer Informe del Estado de la Educación, 2011).

Para el inicio del periodo lectivo 2015, había 300 centros educativos con órdenes sanitarias emitidas por el Ministerio de Salud relacionadas con el estado de la infraestructura. Por otro lado, de los 59 edificios de uso educativo con declaratoria patrimonial, 9 centros se encuentran en estado regular o malo, según datos del Centro de Patrimonio Cultural y Arquitectónico (Solano, 2015).

Por todo lo anterior, el tema de la infraestructura es estratégico y determinante para la calidad de la educación que se ofrece y es un desafío creciente. La idea del entorno educativo remite a una multiplicidad de factores que influyen en el proceso de aprendizaje de las personas que van desde los docentes,

los compañeros y las familias y las diversas condiciones del ambiente *micro* y *macro* (Jensen, 2000).

La infraestructura y el equipamiento de las escuelas tiene un impacto positivo en las experiencias de los estudiantes y, en consecuencia, en el rendimiento educativo, como lo menciona el organismo Building Educational Success Together, en su publicación *Growth and Disparity: A Decade of US Public School Construction* (BEST, 2006).

Por ejemplo, en cuanto al análisis de distintos ambientes educativos y su relación con el ruido, en México se realizó una investigación sobre este factor en las escuelas primarias. Se encontró que la intensidad de este factor en los salones de clase era hasta un 300 % mayor a la recomendada por las normas acústicas oficiales y se logró identificar que la comprensión de textos es mayor cuando los alumnos se encuentran en posiciones del salón donde hay menor ruido (Estrada, 2007).

Asimismo, la temática de los ambientes educativos y el confort han sido abordados a nivel nacional por la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Costa Rica, con dos seminarios de graduación que incluyeron variables de confort higrométrico y diseño bioclimático, los cuales se muestran a continuación:

- Guía de estrategias pasivas de diseño bioclimático para alcanzar el confort higrotérmico en espacios educativos del año 2013.
- Guía de diseño bioclimático: según clasificación de zonas de vida de Holdridge: Análisis climático de zonas de vida existentes en el país para la definición de estrategias pasivas por componente de la envolvente del 2012.

En Costa Rica, el Estado de la Nación y sus publicaciones sobre la educación en el país, en el mes de agosto 2017 divulgó el Sexto Informe del Estado de la Educación, el cual aborda una problemática innovadora: la situación de las aulas en los centros educativos en Costa Rica. En ella se tomaron en cuenta 118 salones de clase de 68 colegios académicos diurnos de todo el territorio nacional, durante las lecciones de Matemáticas, considerando cuatro dimensiones en las aulas seleccionadas: el espacio físico y ambiental, los aspectos funcionales de los salones

de clase, la distribución del tiempo lectivo y las relaciones interpersonales entre estudiantes y docentes. Como conclusiones de la misma, se evidencia la deficiencia de iluminación, presencia de altos niveles de ruido, carencia de confort térmico interno y la falta de mantenimiento en las aulas, en relación con las estructuras que las componen, como paredes, pisos, ventanas y cielos en los centros en estudio.

Por esto, una serie de estudios sobre estas y otras variables del entorno educativo a nivel mundial han resaltado la importante relación entre una edificación y los logros estudiantiles. Con el presente estudio se busca participar en la discusión de las condiciones de confort en los entornos educativos de algunas escuelas, a través de la respuesta a las siguientes interrogantes:

¿Cuáles son las condiciones estructurales y ambientales, en el momento de la investigación, presentes en los centros educativos primarios en estudio?

¿Cómo se puede diseñar una propuesta de mejora ambiental de la Salud Ambiental, considerando las condiciones de infraestructura que podrían incidir positivamente en la salud de los estudiantes de los centros educativos seleccionados?

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Analizar las condiciones ambientales de los Recintos Educativos Rafael Francisco Osejo y Rafael Arguedas Gutiérrez, durante el II semestre del año 2016, para el diseño de una propuesta de mejora de la salud ambiental, en relación con la infraestructura escolar de las mismas.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar las condiciones ambientales de confort a las que se expone la población estudiantil de los centros educativos seleccionados.
- Diseñar una propuesta de mejora, prevención y mitigación de las condiciones ambientales y estructurales que podrían incidir en la salud de los estudiantes de los centros educativos seleccionados, integrando estrategias pasivas de diseño bioclimático y de salud ambiental.

## 4. Justificación

Costa Rica posee un marco jurídico amplio que otorga a los ciudadanos el derecho a contar con un entorno saludable bajo cualquier circunstancia, ya sea en condiciones familiares, laborales o educativas, lo que genera áreas de convivencia, trabajo y estudio favorables para el adecuado desarrollo físico y mental de la población.

Por esto, la Constitución Política de Costa Rica indica que “toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado” (Constitución Política de Costa Rica, artículo 50, p. 9). A la vez, el Código de la Niñez y la Adolescencia (No. 7739) establece en el artículo 44 como obligatorio “adoptar las medidas que garanticen el desarrollo de las personas menores de edad en un ambiente sano” (Código de la niñez y adolescencia, p. 10), esto como competencia del Ministerio de Salud.

Por otro lado, según la Ley Fundamental de Educación No. 2160 en su artículo 3, la escuela costarricense deberá “Desarrollar aptitudes, atendiendo adecuadamente las diferencias individuales” (Ley Fundamental de Educación, p. 2). A la vez, esta ley menciona en su artículo 13 que la educación primaria tiene entre sus finalidades “Estimular y guiar el desenvolvimiento armonioso de la personalidad del niño” y “Capacitar para mejoramiento y conservación de la salud” (Ley Fundamental de Educación, p. 3).

Por tanto, el desarrollo de las capacidades dentro del ciclo educativo debe realizarse en ambientes de aprendizaje adecuados que permitan el cumplimiento de estos artículos, ya que las diferencias individuales, la personalidad y la capacidad productora de un niño se ven beneficiadas con espacios confortables que sean instrumentos para su desarrollo y mejoramiento de la salud.

Según el Fondo de la Naciones Unidas para la Infancia, UNICEF, “recibir una educación de escasa calidad es lo mismo que no recibir educación” (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, s. f., p. 2). Esto también se muestra en situaciones cuando no es el contenido educativo el que es defectuoso, sino que las condiciones e infraestructura del lugar donde se imparten las lecciones no es el adecuado para

el desarrollo de las capacidades, aspecto que afecta el desempeño del estudiante y su aprovechamiento.

Con base en estos aspectos, comprender cómo las condiciones ambientales propias de un centro educativo podrían afectar la salud de niños y profesores, se convierte en una necesidad apremiante para asegurar que las poblaciones en una de las etapas más vulnerables, como la niñez, no tengan afectación en el desarrollo de sus capacidades por motivos ambientales, que pueden mitigarse con una planificación apropiada de los espacios y una adecuación de las estructuras físicas escolares.

La Salud Ambiental como plataforma para el estudio de variables ambientales permite la búsqueda el bienestar de las poblaciones moradoras del edificio, tomando mayor relevancia si se habla de estructuras educativas en una población escolar; esto por la cantidad de tiempo que permanecen en ellas.

Asimismo, la Salud Ambiental estudia y analiza una serie de variables que se consideran en la arquitectura bioclimática, como el clima, la temperatura, la ventilación, la iluminación natural, el aislamiento acústico y el entorno, utilizadas para poder integrar las estructuras al medio, optimizar su aprovechamiento y, a la vez, analizar la manera en que las condiciones ambientales de los diferentes lugares pueden afectar los factores de salud y confort de sus habitantes.

Con respecto al estudio del diseño estructural de centros educativos públicos en el país, se identifican las necesidades que existen, pero no las condiciones más adecuadas en cuanto a las variables ambientales que estos poseen.

Además, como lo expone el capítulo II de El Estado de la Educación sobre Nuevos instrumentos para el análisis de la educación en Costa Rica, “no existen instrumentos estandarizados para conocer el estado, la calidad y los déficits de la infraestructura escolar”. Asimismo, el vacío de información sistemática y comparable que existe en esta materia limita el garantizar un adecuado desarrollo del proceso educativo y el mejoramiento de las condiciones de salud que presenta la población que asiste a lecciones (Estado de la Educación, 2013).

Por otro lado, se debe buscar la armonía entre el diseño, la antigüedad, las dimensiones, los materiales y la calidad de las edificaciones, ya que la incidencia

de estos factores en el confort de la población estudiantil y docente es primordial para garantizar el éxito de la educación y para optimizar los esfuerzos y recursos que el país invierte en infraestructura educativa (Programa Estado de la Educación, 2013).

Por tanto, el principal beneficiado del presente estudio es la población escolar de los centros educativos Rafael Francisco Osejo, Mata Redonda, San José y Rafael Arguedas Gutiérrez, San Roque de Barva, Heredia, ya que la identificación y mejora de las condiciones ambientales podría evitar consecuencias en la salud a futuro de la población presente en las aulas. A la vez, beneficia a instituciones como el Ministerio de Educación y el Ministerio de Salud, por la promoción de ambientes saludables, la implementación de parámetros relacionados con el bienestar de los estudiantes y las consideraciones de diseño de estructuras de enseñanza primaria.

Asimismo, los resultados de la investigación podrían ser de interés para el establecimiento de criterios que permitan armonizar la relación entre el Ministerio de Educación y el Centro de Patrimonio Cultural, ya que como menciona Solano (2015), existe poca articulación entre estos entes, que para labores de restauración y mantenimiento de centros con declaratoria de patrimonio cultural y arquitectónica deben velar porque se mantengan en buen estado y logren definir una estrategia conjunta para su solución.

Entre los involucrados que podrían obtener beneficios de esta investigación es la Universidad de Costa Rica y en especial la Escuela de Tecnologías en Salud, en el Departamento de Salud Ambiental, los cuales podrían aprovechar los resultados de la investigación porque permitirían aportar nuevas consideraciones en esta temática de interés nacional, esto a través de la participación de los profesionales que forma la carrera de Salud Ambiental y promover la consideración de los criterios que se analiza esta disciplina dentro de la normativa para la creación de ambientes confortables en centros educativos, aprovechando estos para crear nuevos campos de acción multidisciplinarios. Los datos obtenidos podrían servir de apoyo a otros trabajos de graduación o en los cursos del plan de estudios de esta carrera.

Al mismo tiempo, el Laboratorio de Arquitectura Tropical de la Escuela de Arquitectura, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, así como el Ministerio de Educación Pública, ya que ambas instituciones se han comprometido en los últimos años con temas bienestar de los estudiantes en relación con la estructura en que se desenvuelven.

## **5. Marco Teórico**

En este apartado se discute el sustento teórico-conceptual de la investigación, se abordará el análisis de los elementos que influyen un entorno adecuado para las personas que lo habitan, así como algunos criterios de construcción bioclimática, salud ambiental y los conceptos relacionados con zonas de vida que sirvieron de fundamento para la escogencia de la metodología del estudio.

La salud y el medio están íntimamente relacionados, por ese motivo, la calidad y la salubridad del entorno son vitales para una buena salud. En el presente marco de referencia se abordan variables ambientales que conforman el entorno educativo que rodea a los estudiantes de dos centros educativos en el Gran Área Metropolitana, ambos de la misma zona de vida y siendo este y los materiales de construcción los criterios imperantes para su selección.

Unido a lo anterior se analizan varios manuales y guías internacionales de diseño de infraestructura escolar, los cuales constan de directrices para dirigir la conceptualización de los espacios escolares, con el fin de dar una panorámica de la situación actual del tema por tratar en la investigación.

### **5.1. Salud**

La salud ha sido un concepto complejo de definir y ha ido integrando nuevas perspectivas conforme han pasado los años. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la salud en 1946 como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no meramente la ausencia de afecciones o enfermedades (OMS, 1946, p.100).

A su vez luego de caracterizar el concepto de salud, también estableció una serie de componentes que lo integran: entre estos el estado de adaptación al medio (biológico y sociocultural), el estado fisiológico de equilibrio, el equilibrio entre la forma y la función del organismo (alimentación), y la perspectiva biológica y social (relaciones familiares, hábitos) (OMS, 1997).

La relación entre estos componentes determina el estado de salud, y el incumplimiento de uno de ellos genera el estado de enfermedad, vinculado con una relación triádica entre un huésped (sujeto), agente (síndrome) y ambiente (factores que intervienen) (OMS, 1986).

El sector de la salud tiene la importante función de reunir a otros sectores para planificar y ejecutar labores sobre los determinantes sociales de la salud y al desempeñar su función como facilitador, puede determinar qué problemas requieren trabajo de colaboración, establecer relaciones y forjar alianzas estratégicas con otros sectores, conformando un pilar (OPS, 2012).

## **5.2. Ambiente**

La salud y el medio que nos rodea están íntimamente relacionados, como afirma la OMS en su definición de ambiente y salud, en el concepto se incluyen tanto los efectos patológicos directos de las sustancias químicas, la radiación y algunos agentes biológicos, así como los efectos (con frecuencia indirectos) en la salud y el bienestar derivados del medio físico, psicológico y social en general; incluida la vivienda, los centros educativos, el desarrollo urbano, el uso del terreno y el transporte (OMS, 2002).

Según la Ley Orgánica del Ambiente 7554 de Costa Rica, el ambiente se define como “el sistema constituido por los diferentes elementos naturales que lo integran y sus interacciones e interrelaciones con el ser humano” (1995). Sin embargo, la Organización Panamericana de la Salud (1999) propone un concepto integral: el conjunto de condiciones físicas, químicas, biológicas, sociales, culturales y económicas con las que interactúan los seres humanos.

El componente ambiental está profundamente relacionado con el vínculo que tienen las personas con su entorno y depende también de la relación de los seres humanos entre sí. El factor demográfico y el uso y consumo de todos los recursos naturales e industrializados que utilizan los humanos a todo lo largo de nuestra vida, además de la infraestructura social, económica y cultural que esto implica, son factores determinantes en la emisión de contaminantes, afectación del ambiente y la salud de las poblaciones (Ludevid-Angalada, 1998).

A la vez, los factores ambientales se ven involucrados en todas las esferas de la sociedad, ya que el crecimiento demográfico y las actividades económicas son impulsores primarios de cambios en los ecosistemas, lo que afecta directamente la salud de las poblaciones, ya que, unido a las vulnerabilidades sociales, económicas, políticas, culturales, entre otras y logrando que la exposición a determinado factor genere distintos resultados según la población (OPS, 2012).

En el año 1968, las Naciones Unidas consideran los asuntos ambientales como tema de discusión, en ese mismo año se convoca a una conferencia sobre el Medio Humano, donde se advierte sobre el deterioro del ambiente y los efectos de esto en la condición humana, el bienestar físico, mental y social, dignidad y disfrute de los derechos humanos básicos (ONU, 2013).

La Agenda 221 del Programa de Acción de las Naciones Unidas acordada en Río de Janeiro en 1992, reitera que “los seres humanos son el centro de las preocupaciones para un desarrollo sostenible. Ellos tienen el derecho a una vida saludable y productiva, en armonía con la naturaleza” (ONU, 1993).

La principal iniciativa global en la actualidad que trabaja sobre el desarrollo sostenible y sus implicaciones en la salud y las poblaciones son los Objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales en su mayoría están relacionados directamente con la salud o contribuirán a la salud indirectamente.

Los factores ambientales influyen en el 80 % de las enfermedades estudiadas por la Organización Mundial de la Salud, esta calcula que en todo el mundo el 24 % de la carga de morbilidad (años de vida sana perdidos) y aproximadamente el 23 % de todas las defunciones (mortalidad prematura) eran atribuibles a factores ambientales. En los niños de 0 a 14 años, el porcentaje de muertes que pueden atribuirse al medio ambiente es de hasta un 36 % (OMS, 2007).

Por esto, el fin de alcanzar el desarrollo sostenible se debe contemplar que el ambiente posee factores propios que se relacionan con la salud de las poblaciones a través de diferentes medios y que tienen incidencia en las metas de desarrollo propuestas. El Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos menciona el concepto y la injerencia de salud ambiental como:

*Aquellos aspectos de la enfermedad humana y lesiones al ser humano, que son determinados o condicionados por factores en el medio ambiente. Lo anterior implica el estudio de los efectos patológicos directos de diversos agentes químicos, físicos y biológicos, así como los efectos que ejerce el medio físico y social en la salud en general, entre otros la vivienda, el desarrollo urbano, el uso del terreno y el transporte, la industria y la agricultura (Gosselin, Furgal y Ruiz, 2001, p. 38).*

### **5.3. Salud Ambiental**

Por otra parte, la OMS define Salud Ambiental como aquella disciplina que comprende los aspectos de la salud humana, incluida la calidad de vida, que son determinados por factores ambientales físicos, químicos, biológicos, sociales y psicosociales. También se refiere a la teoría y práctica de evaluar, corregir, controlar y prevenir aquellos factores en el medio ambiente que pueden potencialmente afectar adversamente la salud de presentes y futuras generaciones (OMS, 2003).

El programa “Preparando el Futuro de la Vida: Ambientes Saludables para los Niños” de la OMS, sitúa la salud ambiental como un pilar en el ámbito escolar, identificando y garantizando ambiente saludables en los centros educativos, donde los niños aprendan, jueguen y convivan libres de los riesgos ambientales físicos (temperaturas extremas, ruidos fuertes, líneas eléctricas de alto voltaje, antenas de telecomunicaciones, etc), químicos (humo del tabaco, pesticidas, motores diésel en el transporte escolar, asbesto, plomo, compuestos orgánicos persistentes, etc), biológicos (gérmenes, virus, parásitos, etc) y sociales (pobreza, racismo, intolerancia, insolidaridad, etc) (Pediatric Environmental Health Speciality Unit Murcia-Valencia, 2005)

### **5.4. Población escolar, riesgos ambientales**

La Convención sobre los Derechos de los Niños (ONU, 1990), en el artículo 3, establece que todas las medidas concernientes a los niños que tomen las instituciones públicas o privadas de bienestar social deberán atender como interés superior los derechos del niño y que las instituciones encargadas del cuidado o la

protección de los niños deben cumplir las normas establecidas por las autoridades competentes en materia de seguridad y sanidad.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible buscan disminuir la pobreza en todas sus formas, con metas concretas en 17 ámbitos sociales, entre los que se encuentra mejorar la salud ambiental de los niños y sus madres ocupándose de las cuestiones que afectan a su salud (OMS, 2003).

Los riesgos ambientales afectan de manera diferente a los niños y a los adultos, por ejemplo, la exposición prenatal a químicos puede ejercer una influencia crítica en los cambios epigenéticos y algunos de los efectos pueden manifestarse temprano, otros más tarde en la niñez y otros suelen hacerlo ya en la edad adulta o incluso en la siguiente generación (OPS, 2012).

Entre las características físicas y fisiológicas específicas de la niñez, que se pudiesen manifestar en un entorno escolar, habitacional o de esparcimiento, están su piel más susceptible, el sistema inmune que no está totalmente desarrollado, sus vías aéreas que están parcialmente desarrolladas hasta los 8 años de edad y el desarrollo del cerebro y del sistema reproductivo, cada una determinando que químicos y otros contaminantes tienen más oportunidades de interferencia durante los procesos de reproducción celular (OPS, 2012).

Figuran también como razones de su mayor vulnerabilidad el hecho de que en la niñez se tiene menos peso corporal, su organismo está en desarrollo y, proporcionalmente, bebe más agua, come más alimentos y respira más aire que los adultos. Su nivel de exposición a riesgos aumenta, además, por comportamientos que son propios de la edad, como llevar la mano a la boca y jugar más cerca del suelo. Como es de esperar, la exposición ambiental más elevada de los niños a menudo ocurre en las comunidades que enfrentan múltiples factores de estrés social y económico (OPS, 2012).

Cada uno de los aspectos mencionados van a influir en el comportamiento y el desarrollo de los niños, por lo que la escuela es un entorno de vital importancia, ya que en esta se van a generar interacciones sociales con otros niños de su edad, generando vínculos que puedan potencializar sus conocimientos y capacidades.

Los niños en edad escolar (entre 6 y 12 años), generalmente tienen habilidades motrices fuertes y muy parejas. Sin embargo, su coordinación (en especial ojo-mano), resistencia, equilibrio y capacidades físicas varían, a la vez, habrá diferencias considerables en estatura, peso y contextura entre los niños de este rango de edad y que los antecedentes genéticos, la nutrición y el ejercicio pueden afectar el crecimiento de un niño (Feigelman, 2011).

Actualmente, los niños pasan más del 90 % de su tiempo en ambientes interiores, gran parte de ese tiempo es en sus escuelas. En el caso de doble escolaridad suele estar hasta un 33 % del día en ambientes cerrados. Por lo tanto, lo ideal sería que el ambiente escolar sea saludable, ya que un aprendizaje integral y efectivo requiere de aulas con características sustentables para maximizar el potencial de cada niño (Chamorro, 2011).

### 5.5. Educación

La Declaración Universal de Derechos Humanos establece como derecho fundamental, en su artículo 26, que toda persona tiene derecho a la educación, y la educación elemental debe ser gratuita y obligatoria. A la vez, indica que la educación tendrá por objeto el pleno desarrollo de la personalidad humana y el fortalecimiento del respeto a los derechos humanos y a las libertades fundamentales (ONU, 1948).

Por su parte, el artículo 1 de la Declaración Mundial sobre la Educación para Todos (ONU, 1990), relativo a la satisfacción de las necesidades básicas de aprendizaje establece lo siguiente:

*Cada persona -niño, joven o adulto- deberá estar en condiciones de aprovechar las oportunidades educativas ofrecidas para satisfacer sus necesidades básicas de aprendizaje. Estas necesidades abarcan tanto las herramientas esenciales para el aprendizaje (como la lectura y la escritura, la expresión oral, el cálculo, la solución de problemas) como los contenidos básicos del aprendizaje (conocimientos teóricos y prácticos, valores y actitudes) necesarios para que los seres humanos puedan sobrevivir, desarrollar plenamente sus capacidades, vivir y trabajar con dignidad,*

*participar plenamente en el desarrollo, mejorar la calidad de su vida, tomar decisiones fundamentadas y continuar aprendiendo. La amplitud de las necesidades básicas de aprendizaje y la manera de satisfacerlas varían según cada país y cada cultura y cambian inevitablemente con el transcurso del tiempo (s. p).*

En el artículo 2 de la Convención sobre los Derechos de los niños (ONU, 1990) se establece que el poder satisfacer las necesidades básicas de aprendizaje requiere una visión ampliada, que vaya más allá de los recursos actuales, las estructuras institucionales, los planes de estudios y los sistemas tradicionales de instrucción. Se tiene en cuenta, entre otros aspectos, la necesidad de mejorar el ambiente para el aprendizaje y fortalecer la concertación de acciones.

Con respecto a la educación de los niños, esta convención reconoce en su artículo 28 el derecho del niño a la educación e indique que las autoridades involucradas deben adoptar medidas para fomentar la asistencia regular a las escuelas y reducir las tasas de deserción escolar.

Por otro lado, como parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el número 4 es relativo a garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos (ONU, 2016). Este busca la consecución de una educación de calidad como base para mejorar la vida de las personas y el desarrollo sostenible.

Este objetivo 4 incluye construir y adecuar instalaciones escolares que respondan a las necesidades de los niños y las personas con discapacidad y tengan en cuenta las cuestiones de género y que ofrezcan entornos de aprendizaje seguros, no violentos, inclusivos y eficaces para todos (ONU, 2016). El promover ambientes de educación seguros y eficaces a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ayudaría a disminuir las brechas de aprendizaje que se presentan en las escuelas latinoamericanas, ya que como menciona un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (2011), se debe mejorar la infraestructura escolar en la región, principalmente a las zonas de escasos recursos, debido no solo a las desigualdades relacionadas con la situación socioeconómica de las familias de los estudiantes, sino a la desigual calidad de las escuelas a las que deben concurrir.

Es así como se engloba la relación positiva y significativa entre la infraestructura en las escuelas y los aprendizajes, por ejemplo, se encontró especial diferencia en los resultados de las pruebas del Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE), entre una escuela rural con todos los componentes del índice de áreas académicas y pedagógicas y una urbana sin ninguno de estos. En promedio los alumnos de la escuela rural pasaron de tener un puntaje de 465 (sin componentes de áreas académicas y pedagógicas) a 487 en lectura (con la inclusión de estas áreas), así como en una escuela urbana con iguales carencias pasaron de 506 puntos a 525 puntos, lo que significa en ambos casos aproximadamente un quinto de desviación estándar en los puntajes de la prueba relativos a las mejoras de la infraestructura (BID, 2011).

Según este estudio, entre las carencias de infraestructura se destaca que cerca de 40 % de las escuelas de educación básica en Latinoamérica no tienen biblioteca, 88 % no tienen laboratorios de ciencias, 63 % no cuentan con espacios de reuniones u oficinas para los docentes, 73 % no tienen comedor, 65 % no poseen salas de computadores y 35 % no cuentan con ningún espacio para deportes. Por otro lado, 21 % de las escuelas no tienen acceso a agua potable, 40 % no tienen desagüe, 53 % no tienen línea telefónica, 32 % tienen insuficiencias en el número de baños y 11 % no tiene acceso alguno a electricidad (BID, 2011).

A la vez, este menciona que los países de Centroamérica (con excepción de Costa Rica) y República Dominicana presentan los más altos déficits en infraestructura de la región, seguidos por Paraguay y Ecuador en Sudamérica, mientras los países del cono sur del continente presentan mejores condiciones (BID, 2011). Es decir, Costa Rica no se encuentra entre los que poseen más carencias, pero tampoco entre los que tienen mejores condiciones.

Como parte de las acciones que se deben realizar, los países de la región necesitan fortalecer las inversiones para mejoras en la infraestructura escolar para atender las necesidades de zonas rurales (principalmente), escuelas del sector público y a las escuelas que atienden a los estudiantes provenientes de familias con recursos económicos más bajos. A la vez, como parte de estas acciones se debe mejorar la información por país de las características físicas de las escuelas y promover más estudios tanto a nivel comparativo regional como en los países individuales que analicen las conexiones entre infraestructura escolar y los aprendizajes de los estudiantes (BID, 2011).

### **5.6. Educación en Costa Rica**

La historia de la educación en Costa Rica posee espacios incompletos, sin embargo, se encontró que hubo varios intentos de construir escuelas a través de las épocas históricas del país, así como una serie de inversiones estructurales y docentes que permitieron alcanzar el nivel educativo actual, el cual sobresale en comparación con países de la región centroamericana.

Hasta mediados del siglo XVIII, el acceso a la escuela estuvo esencialmente limitado a los hijos de los pudientes de la época, debido a que eran los padres de familia quienes debían pagar al maestro (Molina, 2008).

Un fenómeno importante se presentó por los intensos procesos de colonización agrícola y la disminución de la comunidad escolar. Por ejemplo, en 1872 existía casi el mismo número de escuelas de varones que en 1827 y en 1883, la proporción de niños de 7 a 12 años que asistía a la escuela era inferior a la de 1827. A medida que las familias campesinas partían a colonizar suelos vírgenes, se alejaban de la infraestructura existente, incluidos los establecimientos educativos (Molina, 2008).

Con respecto a la infraestructura de estos centros educativos, se conoce que en el período 1750-1812 las escuelas funcionaban en casas particulares y en algunas iglesias existentes. El mobiliario de que disponían se reducía a algunas bancas, situación de la cual no se vio exenta la Casa de Enseñanza de Santo

Tomás, la principal institución educativa fundada en Costa Rica antes de 1821 (Molina, 2008).

En 1866, el ministro Julián Volio señaló que en los barrios la mayor parte de los locales escolares eran estrechos, mal ventilados, húmedos, insalubres y desprovistos de los materiales indispensables.

Por estos motivos, en 1888, para apoyar los gastos en infraestructura educativa, el Estado creó el Empréstito Escolar. Este permitía a las juntas de educación solicitar fondos para construir o reparar escuelas (Molina, 2008).

El compromiso financiero del Estado costarricense con la educación pública se consolidó tras la reforma de 1886. A partir de 1895, la proporción del gasto escolar en relación con el presupuesto nacional se mantuvo por encima del 10 % y en 1928 el gasto educativo alcanzó el mayor peso de todo el período anterior a 1940, con un 21,1 %.

Además, entre 1931 y 1935, cuando la crisis de la economía mundial golpeó más fuertemente al país, dicho gasto se mantuvo elevado: el mínimo fue un 14,8 % del presupuesto nacional en 1935, cuando los gobiernos optaron por aumentar el gasto en obras públicas para enfrentar el desempleo (Molina, 2008).

### **5.7. Investigación en educación en Costa Rica**

En relación con el Estado de la Nación y sus publicaciones sobre la educación en el país, en el mes de agosto 2017 se divulgó el Sexto Informe del Estado de la Educación, el cual aborda una problemática innovadora: la situación de las aulas en los centros educativos en Costa Rica.

El estudio realizado por el Programa del Estado de la Educación se llevó a cabo en 118 salones de clase de 68 colegios académicos diurnos de todo el territorio nacional, durante las lecciones de Matemáticas y consideró cuatro dimensiones en las aulas seleccionadas: el espacio físico y ambiental, los aspectos funcionales de los salones de clase, la distribución del tiempo lectivo y las relaciones interpersonales entre estudiantes y docentes.

La metodología de recolección de datos del informe tomó en cuenta las zonas climáticas en las que se localiza cada centro educativo, así como los registros de humedad relativa, ventilación y temperatura. A la vez, utilizó:

*Una combinación de instrumentos para la recolección de datos, unos ya probados en investigaciones internacionales y otros adaptados de experiencias nacionales previas. Un equipo interdisciplinario del Programa de Investigación del Desarrollo Urbano Sostenible de la Universidad de Costa Rica (ProDUS-UCR), en conjunto con investigadores del Programa del Estado de la Nación (PEN), recopiló datos inéditos y utilizó técnicas de análisis novedosas, adaptadas al estudio de la educación nacional (Zúñiga et al., 2017, s. p.).*

Como menciona el Informe, “el abordaje metodológico de este capítulo es, en sí mismo, un significativo aporte a la comprensión del sistema educativo nacional” (Zúñiga et al., 2017, s. p.).

Como herramienta de medición para dicho Informe utilizaron un instrumento de evaluación física y confort elaborado por ProDUS-UCR, en el que se hace referencia, entre otros aspectos, a la disponibilidad y el estado de la infraestructura educativa, los recursos didácticos (materiales, mobiliario y decoración) y su organización en el espacio. Este informe obtuvo los siguientes hallazgos:

- Se encontraron problemas de alto ruido, deficiente luminosidad y temperaturas no adecuadas dentro de las aulas en los centros públicos, lo que crea ambientes poco propicios para el aprendizaje. Los datos de luminosidad reflejan valores muy por debajo de las normas recomendadas por el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.
- Los niveles de ruido presentan una constante, sobrepasan las normas permitidas, en todos los casos el nivel es alto y descubrieron que en algunas ocasiones el ruido del aula es superior al de los pasillos o el área adyacente.
- Existe una falta de mantenimiento en las aulas, en relación con las estructuras que las componen, como paredes, pisos, ventanas y cielos.

- Se encontró que más del 75 % de las aulas se ubica fuera de la zona de confort, sin diferencias por el colegio.
- Debido a las situaciones de poco confort ambiental, la mayoría de los estudiantes deben invertir buena parte de su energía a compensarlas, lo que propicia problemas de concentración y aprendizaje.
- Se encontró que, mediante el orden, el aseo y la decoración de las aulas se consiguen mejores ambientes de aprendizaje, utilizando, a la vez, configuraciones variadas del mobiliario y el espacio. Esta variable puede atenuar o empeorar la carencia de infraestructura adecuada.
- Por ejemplo, el informe menciona que incluso los colegios con mejores condiciones de infraestructura y ambiente se ubican en una situación de desventaja cuando se los compara con parámetros internacionales.

Por otra parte, se llegó las siguientes conclusiones:

- Los resultados del estudio recalcan la importancia de realizar un llamado de atención a las autoridades educativas con el fin de concientizar sobre la importancia de aspectos de la infraestructura en las aulas para lograr mejoras sustantivas en los espacios físicos, esto con un monitoreo constante del estado de los materiales y una atención temprana para evitar su deterioro.
- A la vez, el hecho de que la gran mayoría de las aulas de todos los colegios estudiados se encuentren fuera de la zona de confort, refleja un problema generalizado en las condiciones ambientales que engloban el proceso educativo.
- Los cambios encontrados que deben ser realizados (ventilación, ruido, luz) de los centros educativos implican tomar en cuenta criterios expertos sobre la adaptación adecuada de los salones de clase para la promoción del aprendizaje.
- Por otro lado, los resultados revelan problemas en el diseño de las aulas al no tomar en cuenta las particularidades climáticas de las zonas donde se ubican, aspecto que prioriza las necesidades de cada centro educativo para definir la mejor estrategia de confort.

- Con el fin de implementar sistemas de mejoramiento de la infraestructura educativa de calidad, se requieren, primordialmente, datos concretos sobre la situación que viven actualmente, las aulas.
- Con el estudio realizado para el Sexto Informe del Estado de la Educación ya se tiene un precedente de investigación oficial del tema, por lo que ya se cuenta con una metodología para la medición y valoración de las condiciones ambientales en las que se realizan los procesos de enseñanza-aprendizaje en el aula.

## **5.8. Variables ambientales**

### **5.8.1. Ventilación y calidad del aire interno**

Se denomina ventilación natural al proceso de intercambio de aire del interior de una edificación por aire fresco del exterior, sin el uso de equipos mecánicos que consuman energía como acondicionadores de aire o ventiladores. El movimiento del aire se origina por la diferencia de presiones, la cual tiene dos fuentes: gradiente de temperaturas o efecto dinámico del viento al chocar contra la edificación (Guerra, 2013).

El movimiento del aire dentro de las edificaciones se basa en el principio básico del equilibrio de presiones entre los ambientes. En la medida en que se mantenga una diferencia de presiones, se produce un proceso continuo de circulación del aire. Al chocar con la edificación el viento provoca diferencias de presión entre los lados. De esta manera, el aire se desplaza desde la zona de barlovento (presión +) a la de sotavento (presión -), a través de las aberturas (Guerra, 2013).

El aire tiende a entrar por las aberturas de cara a la incidencia del viento y a salir por las aberturas restantes, en función de las dimensiones, de la ubicación y del tipo de ventana. Si un ambiente tiene solo un orificio hacia el exterior, allí se crea una zona neutral en la que el aire entra por arriba y sale por abajo, con escasa renovación de este (Guerra, 2013).

La contaminación del aire en locales cerrados es el tercer factor principal de riesgo ambiental que puede llevar a la muerte, y el segundo factor principal de riesgo

ambiental que puede generar disminución en los años de vida ajustados en función de la discapacidad en los países de ingresos medianos y bajos de las Américas (La Salud en las Américas, 2012).

Los niños son más sensibles a los efectos de la contaminación que los adultos y una calidad del aire interior deficiente relacionada a una mala ventilación puede ocasionarles problemas de salud a corto y largo plazo como congestión nasal, irritación de ojos y piel, reacciones alérgicas, asma, dolor de cabeza, cansancio, vértigos o náuseas (Annesi-Maesano, 2011).

En el ámbito educativo, la mala calidad del aire en el interior podría intensificar la presencia de alergias y enfermedades respiratorias de los niños, que pasan un promedio de 8 horas al día en la escuela por lo que es importante asegurar una buena calidad del aire en el aula (Annesi-Maesano *et al.*, 2011).

Según la Environmental Protection Agency de Estados Unidos (EPA), la calidad del aire interior de los edificios en ocasiones puede llegar a ser 2.5 veces peor que la del aire exterior. Eso se debe a la cantidad de factores contaminantes introducidos en el interior de los edificios, materiales de construcción: colas, pinturas, adhesivos, tableros aglomerados, tratamientos para madera y el uso de combustibles sólidos (como la quema de biomasa y carbón) y el tabaco (EPA, 2012). A la vez, las causas externas incluyen los vehículos automotores y el uso de combustibles fósiles en fuentes fijas, como en las plantas de energía eléctrica (OPS, 2012).

La Organización Mundial de la Salud en las Guías de la Calidad del Aire recomienda valores guía para proteger la salud pública en relación con 28 sustancias y estableció los valores máximos permisibles para dióxido de azufre, monóxido de carbono, ozono, formaldehído, plomo, acroleína, diclorometano, estireno, tolueno y xileno (OMS, 2007).

A la vez, se ha demostrado que la recirculación del aire contaminado incrementa las enfermedades respiratorias, el ausentismo y el síndrome del edificio enfermo en establecimientos educativos. Es una obligación educativa tener en cuenta la necesidad imperiosa de que las aulas cuenten con los cambios de aire eficaces (Chamorro, 2011).

Un estudio elaborado por el equipo de Epidemiología de Enfermedades Alérgicas y Respiratorias, del Instituto Nacional de la Salud en Francia, el cual analizó las relaciones entre una deficiente calidad del aire interior y la salud respiratoria y alérgica en las escuelas francesas, relaciona numerosos problemas respiratorios y alergias en niños, como asma y rinitis, con una mala calidad del aire interior en las aulas de los colegios. Los agentes tóxicos en artículos de decoración, materiales de construcción, productos de mantenimiento y el tráfico urbano serían los principales factores responsables de la mala calidad del aire (Annesi-Maesano, 2011).

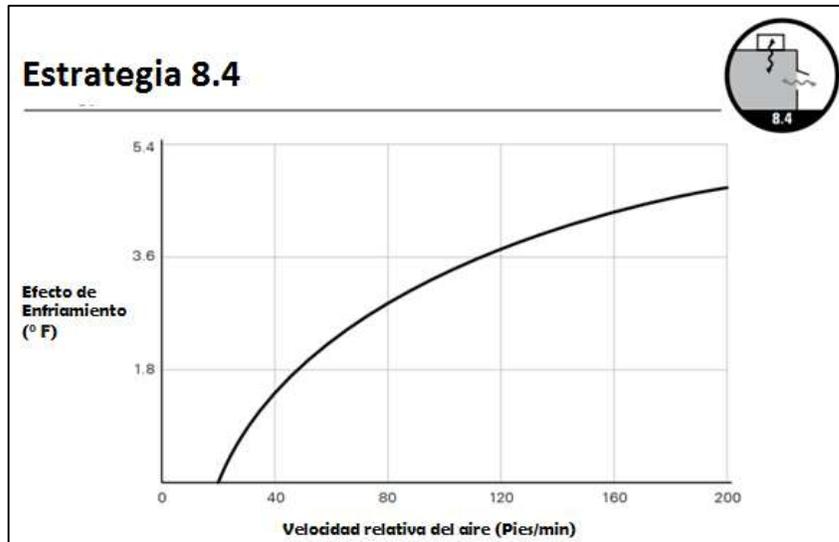
Estudios realizados en Estados Unidos muestran que las calificaciones y los puntajes de los estudiantes aumentan cuando se mejora la calidad de aire interior. Otros estudios demuestran que más de la mitad del personal académico consideraba no trabajar más en el establecimiento debido a la pobre calidad del aire interior, citaban como problema principal la humedad, goteras, hongos, el bajo confort térmico y ventilación deficiente (Chamorro, 2011).

Es así como la función primaria de un edificio en el que se desarrollan actividades de tipo no industrial (por ejemplo, oficinas, escuelas, viviendas, etc.) debe ser proporcionar a los ocupantes un ambiente confortable y saludable en el que trabajar. Esto depende, en gran medida, de que el sistema de ventilación/ climatización tenga un diseño, un funcionamiento y un mantenimiento apropiados (NTP, 1997).

La ventilación natural puede ser una estrategia de baja energía que ofrece un ambiente agradable en climas suaves con una buena calidad de aire exterior. La ventilación mixta puede proporcionar beneficios similares en climas adicionales a través del uso limitado de equipos mecánicos como abanicos o aires acondicionados. Por esto, satisfacer los requisitos de ventilación con la ventilación de modo natural o mixto es un nuevo reto que requiere un diseño cuidadoso, como se describe en la Estrategia 8.4 del estándar 62.1-2007 de la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), correlacionando la velocidad del viento con el efecto de confort térmico, así como

se aprecia en la siguiente figura, donde un pie /min equivale a 0.3048 metros por segundo:

**Figura 1. Efecto de enfriamiento**



Fuente: ASHRAE, 2009.

Se ha descubierto que en el verano la envoltura de confort se puede expandir incrementando el flujo de aire dentro del espacio ocupado. Por esto, aumentar el movimiento del aire desde aberturas con la ubicación y proporción adecuadas puede mejorar la percepción del confort térmico. Así como se expone en la estrategia 8.4 del ASHRAE en la figura 1, se muestra como ejemplo que una velocidad del aire de 59 pies / minuto (0.3 m / s) es suficiente para proporcionar un efecto de enfriamiento de 2.25 ° F (1.25 ° C) (Chartered Institution of Building Services Engineers, 2005).

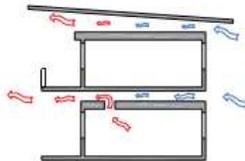
Por otra parte, respecto a la ventilación en climas húmedos, existe el doble desafío de ventilar adecuadamente las escuelas y también controlar la humedad en el interior. El Estándar 62.1-2007 de la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) indica que la humedad relativa en un espacio se debe limitar a menos del 65 % durante las condiciones de enfriamiento (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2009).

Este tipo de ventilación puede resolverse a través de ventanas a la altura de los cuerpos de sus habitantes o como extracción de aire en los estratos superiores.

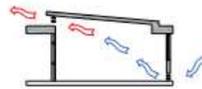
Por otro lado, puede extraerse el calor de la propia masa edilicia, por cielorrasos y por techo de sombra, ya que la disposición del cielo influye directamente en el desempeño térmico del inmueble. Por ejemplo, el cielo inclinado incrementa el volumen de aire en el interior, lo que genera una estratificación en la cual el aire caliente sube, esto permite que la franja de espacio vertical habitada por el usuario se encuentre más confortable (BID, 2014).

## Figura 2. Esquemas de ventilación natural cruzada en edificios

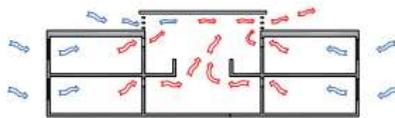
GRÁFICA 39.  
Ventilación por techos



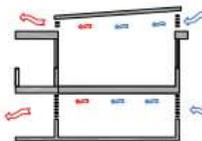
GRÁFICA 42.  
Ventilación cruzada superior por aberturas en caras opuestas



GRÁFICA 40.  
Ventilación por atrio ventilado



GRÁFICA 43.  
Ventilación natural ayudada por tiro térmico



Fuente: BID, 2014.

En la figura 2 se muestran las alternativas de ventilación recomendables según la capacidad de los espacios; por ejemplo, el esquema de ventilación por techos o por otras aberturas y se observa la entrada del aire frío y su salida como aire caliente en colores azul y rojo en las flechas de la imagen.

Un aspecto a considerar entre los requerimientos para la ventilación de los espacios es la disposición de las ventanas y el porcentaje de apertura de las mismas. Por ejemplo, en escuelas de Costa Rica que fueron estudiadas por el BID en la investigación de Aprendizajes en las escuelas del siglo XXI (BID, 2014), se determinó que el área de ventana que es manipulable no sobrepasa el 50 % en muchas ocasiones, por lo que no satisface las necesidades de dispersión del calor del espacio.

Además, se encontró que muchas veces las ventanas que se pueden manipular se ubican en la parte alta del ventanal por lo que el aire que ingresa no

se dirige al usuario y se desaprovecha por las pérdidas de calor por evapotranspiración. Asimismo, los objetos como cortinas o muebles, utilizados en las aulas, obstaculizan el paso del aire y la luz natural al interior.

En climas cálidos, se debe adoptar un diseño arquitectónico que permita la ventilación natural, aunque esta debe complementarse con el diseño de los espacios exteriores, con el fin de reducir la temperatura del aire entrante (BID, 2014). Como muestra de estas indicaciones se puede observar la figura 2, que indica las formas de promover la ventilación natural cruzadas en los espacios.

### **5.8.2. Bienestar térmico**

El concepto de bienestar térmico se define como el equilibrio que se establece entre el organismo y el ambiente en el que el calor generado internamente o ganado del ambiente es igual a la cantidad de calor cedido al ambiente. Los mecanismos fisiológicos son los que propician los intercambios de calor y están regidos por el sistema de termorregulación del cuerpo humano (NTP 779, 2007).

Como se menciona en el documento Aprendizajes en las escuelas del siglo XXI, en 2014; el concepto de confort ambiental involucra un estado psicofisiológico, en el que la gran parte de las personas que se encuentran en un área, manifiestan satisfacción con el ambiente que los rodea. Implica un equilibrio entre las condiciones ambientales externas y las internas de un espacio dado, lo que permite la realización de las actividades condiciones satisfactorias (BID, 2014).

Este concepto incluye una serie de aspectos del entorno que lo caracterizan, como los aspectos ambientales (confort higrotérmico, lumínico, y acústico y calidad de aire) y los arquitectónicos, como la adaptabilidad del espacio, contacto visual, auditivo, estético (BID, 2014).

En este sentido, el diseño del edificio y su entorno se convierten en un hecho fundamental, en el que los principios de equilibrio bioclimático (entre clima y vida), así como de eficiencia energética, son requerimientos esenciales.

Existen dos índices de confort térmico que son objeto de la norma técnica UNE EN ISO 7730: 2006 como parte del Método Fanger, el índice PMV (Voto Medio Previsto o Voto Medio Estimado) y el índice PPD (Porcentaje Previsto de

Insatisfechos o Porcentaje Estimado de Insatisfechos) propuestos por Fanger (UNE EN ISO 7730: 2006, 2006).

El índice PMV refleja el valor medio de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto a una situación dada en una escala de sensación térmica de 7 niveles (frío, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso, muy caluroso), basado en el equilibrio térmico del cuerpo humano (la diferencia entre la producción interna de calor del cuerpo y su pérdida hacia el ambiente) (UNE EN ISO 7730: 2006, 2006).

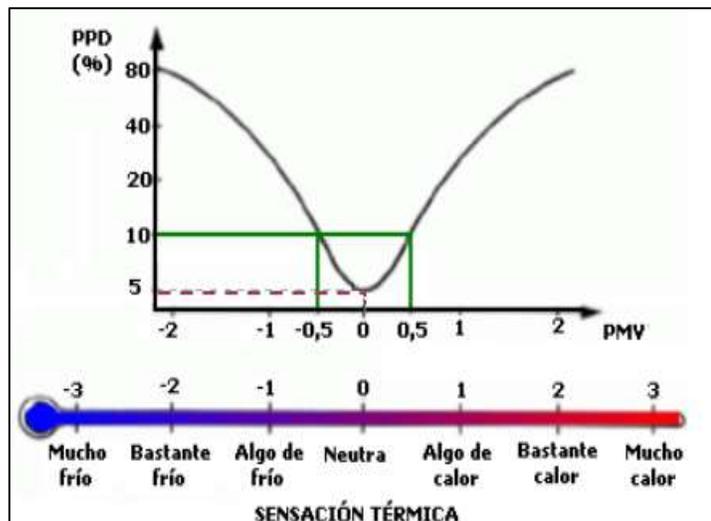
Por otra parte, el PPD es el porcentaje de personas insatisfechas por notar demasiado frío o calor, es decir aquellas personas que considerarían la sensación térmica provocada por el entorno como desagradable (UNE EN ISO 7730: 2006, 2006). El método de Fanger, con estos dos índices mencionados, es uno de los más utilizados para la estimación del confort térmico en un espacio y contribuye a saber exactamente el nivel de bienestar que posee una población, para proyectar o modificar un ambiente térmico. Este mide cuatro parámetros ambientales (temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad del aire y humedad relativa), la estimación del aislamiento de la vestimenta y la determinación de la tasa metabólica del trabajo que se realiza (Pérez, 2007).

Un aspecto importante para su utilización es establecer el valor del aislamiento térmico, el cual es proporcionado por la ropa que utilizan las personas y puede ser calculado a partir de combinaciones habituales de ropa de la población en análisis (ISO 7730, 2006). En la figura 3 a continuación se muestra la graficación del porcentaje previsto de insatisfechos en cuanto a la sensación térmica de un espacio.

A la vez, como muestra la figura siguiente, aunque el índice PMV sea 0, lo que correspondería a una sensación térmica neutra (ni frío ni calor), hay un PPD = 5 %, es decir, un 5 % de las personas sienten el ambiente térmico como no confortable. Se puede establecer la conclusión inicial de que no es posible especificar ni conseguir unas condiciones termo higrométricas que satisfagan a todas las personas debido a sus características individuales, sin embargo, lo que sí

es posible conseguir es que dichas condiciones satisfagan a un gran porcentaje de personas (Pérez, 2007).

**Figura 3. Porcentaje previsto de insatisfechos (PPD), en relación al voto medio previsto**



Fuente: Pérez, 2007.

Otro parámetro del bienestar térmico es la tasa metabólica, la cual determina el gasto energético muscular que experimenta el trabajador cuando desarrolla una tarea, gran parte de dicha energía se transforma directamente en calor. Aproximadamente solo el 25 % de la energía es aprovechada en realizar el trabajo, el resto se convierte en calor, circunstancia observada por Fanger e incluida en su análisis del confort térmico (NTP 74, 1983). En el Anexo 1 se muestra la tasa metabólica para distintas actividades.

En las escuelas latinoamericanas estudiadas por el BID (2014) se encontró que, en las aulas de Costa Rica, los registros de temperatura interior siempre fueron superiores a la exterior y determinaron que se debe a la carga térmica edilicia y a las ganancias internas por radiación solar y por ocupación. Entre las temperaturas interiores que se registraron fuera del rango de confort se encuentra la escuela de Bebedero en Cañas (bosque Húmedo Premontano, 35°C).

En esta misma investigación se determinó que prácticamente la totalidad de los alumnos (de la muestra de Costa Rica) se viste con ropa muy liviana o liviana, y

en su mayoría manifiestan que se encuentran en confort térmico (67 % a 99 %), y similar porcentaje manifiesta que transpira dentro el aula (50 % a 100 %), lo que implica que los alumnos son conscientes de las condiciones desfavorables en las que se encuentran.

Para la mejora de las condiciones de confort ambiental existe la necesidad de mejorar los diseños en función de pautas bioclimáticas que atiendan a las condiciones climáticas regionales y micro regionales, tanto en la concepción global del edificio, así como en sus componentes (muros, pisos, techos, ventanas y puertas). Se deben promover las estrategias de sombreado, tanto de superficies exteriores como de la envolvente edilicia, así como eliminar la posibilidad de acceso de la radiación al interior de los recintos por las ventanas (BID, 2014).

De igual manera, el manual de aplicaciones del Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) en Londres, referente a la ventilación natural en edificios no domésticos, establece que los criterios clave para hacer frente a las condiciones de confort se consideren aceptables son actividad metabólica y del nivel de vestimenta, así como de las temperaturas, velocidades del aire y la humedad (Chartered Institution of Building Services Engineers, 2005).

Cuando los ocupantes del edificio tienen acceso directo a las condiciones ambientales, tienden a vestirse de forma adecuada al clima natural. En el verano pueden usar mangas cortas y en el invierno pueden ponerse un suéter. Esta adaptación permite que un edificio ventilado artificial y naturalmente expanda el rango de temperatura interior normal sin sacrificar los niveles de confort. La Sección 5.3 de ANSI / ASHRAE Estándar 55, Condiciones Ambientales Térmicas para la Ocupación Humana (ASHRAE 2004), reconoce que las respuestas o expectativas de confort térmico humano son diferentes en espacios naturalmente acondicionados, en comparación con espacios con aire acondicionado.

Además, investigaciones recientes muestran que, en periodos prolongados de clima cálido, las expectativas de comodidad cambian y que los ocupantes que tienen más control sobre la ropa, el nivel de actividad y la velocidad del aire encontrando un rango más amplio de temperaturas y humedad relativa aceptable (Brager *et al.* 2004).

A la vez, tanto para situaciones en climas fríos como cálidos, es necesario tener en cuenta la orientación solar, para protegerse de la radiación directa o captarla y generar calor. Esto es posible adoptando la orientación plena al Norte o Sur, según sea el hemisferio, con una variación  $\pm 15^\circ$  hacia el Este o al Oeste. La perpendicularidad de las áreas de acceso de aire a la dirección de viento o brisas favorecerá su movimiento y la descarga térmica (BID, 2014).

### **5.8.3. Iluminación**

La iluminación o luminancia es la medida de la cantidad de luz incidente en un área dada. Su unidad es el lux, que equivale en el Sistema Internacional de Unidades a un lumen /m<sup>2</sup> (Tiravanti *et al.*, s. f.).

La iluminancia o nivel de iluminancia, llega vertical u horizontalmente a una superficie, siendo su unidad de medida el lux y está en función del tipo de tarea a realizar y necesidades de agudeza visual, así como por las condiciones ambientales y la duración de la actividad a realizar (Vásquez, 2010).

Por su parte, el confort visual es la característica que manifiesta la ausencia de perturbaciones procedentes del entorno visual, y el deslumbramiento es la incomodidad en la visión producida cuando partes del campo visual son muy brillantes en relación a las cercanías a las que el ojo está adaptado y se puede producir de forma directa por lámparas, luminarias y ventanas o por reflexión producida por superficies de alta reflectancia (brillante), que pueden estar en el campo de visión del observador (Vásquez, 2010).

En relación con las edificaciones y los niveles de iluminación, se debe procurar que esta variable ofrezca un nivel de confort lumínico adecuado para los ocupantes del lugar, teniendo en cuenta la utilización de un sistema de iluminación, ya sea natural o artificial, que se adapte a las tareas a realizar dentro del espacio.

Una buena iluminación proporciona a los estudiantes y profesores, un ambiente agradable y estimulante, es decir, un confort visual que les permite seguir su actividad sin demandar de ellos un sobre esfuerzo visual, reduciendo el cansancio y los dolores de cabeza producidos por una iluminación inadecuada (UNE 12464.1, 2002).

El estudio “Aprendizajes en las escuelas del siglo XXI” (BID, 2014) indica que la iluminación es una variable que se visualiza como crítica en un aula escolar y que la dinámica de comportamiento del flujo luminoso depende de las condiciones de cielo, las características de los aventanamientos (es decir, áreas que contienen ventanas) y las cualidades de las superficies interiores del aula. Por tanto, propone que se debiese tener un diseño específico del área de aventanamiento con el objeto de filtrar y/o difundir la radiación solar, para evitar la incidencia directa sobre el plano de trabajo, así como para favorecer la ventilación natural (cruzada).

Específicamente en el tema de la iluminación de centros educativos, un aspecto importante a considerar en aulas de estudio es el tipo de actividad que se realizará dentro del espacio, por lo que se debe considerar que las aulas de enseñanza práctica, (como dibujo, pintura, escultura, trabajos manuales, informática) deben ser iluminadas de forma distinta a las aulas de enseñanza teórica, donde la uniformidad del nivel de iluminación debe predominar sobre otras propiedades del mismo (Vásquez, 2010). Esto debe considerarse con respecto a las aulas comunes en las que también se realizan actividades prácticas.

Asimismo, un punto a considerar en cuanto a la distribución de la iluminación en las aulas es que estas son rectangulares en forma perpendicular a la fuente luminosa y que, para lograr una mejor distribución de la luz natural, se deben diseñar aventanamientos que produzcan mayor iluminancia y una distribución más homogénea en todo el local, para optimizar el tamaño y la localización de forma bilateral (BID, 2014).

En el año 2002 en la Unión Europea, el Parlamento y el Consejo redactaron y publicaron la Directiva 2002/91/CE de aplicación obligatoria en los países miembros, llamada Norma Europea sobre Iluminación para Interiores, con el fin de brindar una guía de los requerimientos lumínicos relativos a los espacios y las tareas que en ellos se realizan (UNE 12464.1; 2002). Esta norma establece, en su apartado para centros educativos, que la iluminación de las aulas de tutoría debe tener un mínimo de iluminancia de 300 lux y que esta debe ser controlable y evitar reflexiones especulares. En el anexo 2 se muestra a detalle esta información.

Por otro lado, la *Guía Técnica de Eficiencia Energética en los Centros Docentes*, del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (Vásquez, 2010), indica que, para adaptar de forma adecuada la iluminación a las necesidades de los escolares y docentes, se debe aprovechar al máximo la luz natural y, en caso de ser artificial, procurar que tenga una intensidad mínima de 500 lux.

A nivel nacional, la Norma INTE/ISO 8995-1:2016 del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, establece parámetros lumínicos según la clase de tarea visual, esta norma incluye la descripción de los requerimientos lumínicos según el lugar que se esté analizando, por lo que al extraer la información relacionada con los centros educativos se encontró lo siguiente:

*Cuadro 1. Iluminación según el área de trabajo y las tareas a realizar*

<b>Edificios educacionales</b>	<b>Lux mínimos</b>	<b>Observaciones</b>
Local de juegos (Escuelas)	300	
Aulas de clases y tutorías		La iluminación debería ser regulable
Aulas para clases nocturnas y de educación para adultos	500	
Salas de lectura	500	La iluminación debería ser regulable
Pizarras	500	Evitar reflexiones especulares
Mesa de demostraciones	500	En salas de lectura 750 lux
Taller de enseñanza	500	

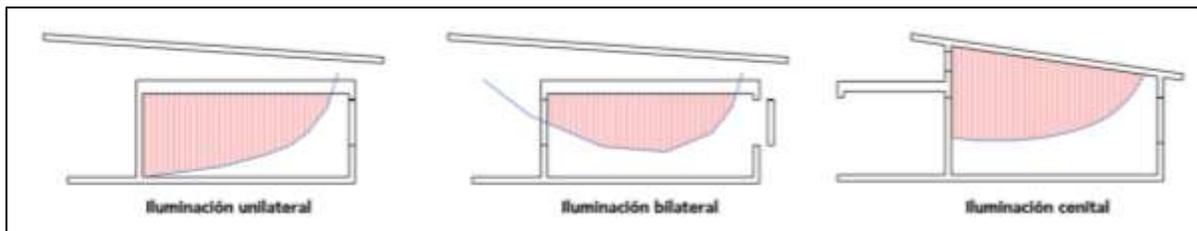
Fuente: Adaptación, INTE/ISO 8995-1:2016

Como se menciona en el cuadro anterior en la casilla de observaciones, es recomendable la utilización de sistemas de regulación de la luz dentro de las aulas, sin embargo, esto implica no solo tener esquemas de aumento y disminución del factor lumínico, sino también considerar la posición y orientación de los pupitres y

mesas de trabajo, la ubicación de las ventanas y pizarra y la altura de los techos para maximizar el aprovechamiento de la regulación de la iluminación.

En el estudio del BID (2014), específicamente en la información obtenida de las escuelas de Costa Rica se encontró que, en la mayoría de los casos, el valor de iluminancia mínima registrado es crítico, principalmente por las diferencias lumínicas entre los sectores cercanos a las ventanas y los más alejados, incluso con valores menores a 100 lux, con la necesidad inherente de incorporar iluminación artificial (BID, 2014). Por ejemplo, en la imagen a continuación, se muestran las propuestas de iluminación natural según la dirección de la misma, provenientes del mismo estudio:

**Figura 4. Sistemas de iluminación natural**



Fuente: BID, 2014.

La problemática de la iluminación de los espacios educativos posee una serie de aspectos que se presentan en la realidad de las escuelas a nivel mundial y que debe ser considerada desde el diseño de la edificación. La Norma Europea (UNE 12464.1; 2002), menciona que las situaciones que generalmente se encuentran son:

- Luminarias que producen deslumbramientos directos o indirectos.
- Lámparas de temperatura de color y potencia inadecuada a la instalación que, tanto por defecto como por exceso, las cuales pueden hacer indescifrable la escritura realizada sobre un cuaderno.
- El color de la luz emitida por las lámparas y su influencia en la sensación que provocan, en donde las lámparas de luz fría, proporcionan un ambiente similar al aire libre, que ayudan a evitar la sensación que pueden sufrir algunos alumnos por la permanencia de varias horas en un recinto cerrado, mientras que las lámparas de colores cálidos, proporcionan ambientes más sociables y relajados.

A la vez, en este aspecto la *Guía Técnica de Eficiencia Energética en los Centros Docentes*, del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, destaca:

- La entrada de luz natural por una ventana que dificulte la visión de la pizarra e imposibilite la lectura de su contenido.
- Las luminarias mal colocadas que causan deslumbramientos directos.
- Las lámparas con color y potencia inadecuada que pueden hacer indescifrable la escritura en un cuaderno o una distribución deficiente de los emisores de luz (naturales y artificiales), que provocan que las sombras del alumno distorsionen la visión.

Según un estudio en la región latinoamericana realizado por Pattini y Kirschbaum, desde el amanecer hasta el atardecer, muchos edificios tienen acceso a la luz natural, pero no se iluminan con ella. Actualmente, en la región no se realiza un uso racional de la iluminación natural a pesar de contar con cantidad y calidad suficiente para hacer un uso sustentable del recurso lumínico diurno en un espacio interior (Pattini, Kirschbaum, 2007).

El uso de la luz natural sin control, la iluminación deficiente y la falta de mejoras en las instalaciones lumínicas son problemas permanentes en muchas organizaciones e instituciones de aprendizaje. Se conoce que los aportes de la luz natural exceden la utilidad de fuente de iluminación para maximizar la visibilidad y minimizar las molestias visuales (Monteoliva *et al.*, 2016).

Dentro de las soluciones que propone Vásquez (2010), se encuentra evitar diferencias significativas en iluminación a través del espacio, promoviendo el aprovechamiento de la luz natural de manera asertiva y considerando específicamente la implementación de una iluminación para la pizarra que evite brillos y deslumbramientos.

También se debe considerar la orientación solar del edificio como una variable importante para alcanzar el confort lumínico, bajo la aseveración de que la orientación norte permite que la radiación solar atraviese la ventana y produzca calentamiento del aire o aumente la temperatura de los paramentos exteriores del edificio (BID, 2014). Por otro lado, la utilización de ventanales que absorban o

reflejen el calor, persianas externas, pantallas, cortinas, entre otros, pueden resultar muy efectivos para la reducción de la energía calorífica que penetra por las ventanas y para el control luminoso de la luz solar (Vásquez, 2010).

Por otro lado, se debe realizar un análisis de la temperatura de iluminación más adecuada para cada área, teniendo en cuenta que lámparas de luz fría proporcionan un ambiente similar al aire libre, que ayudan a evitar la sensación que pueden sufrir algunos alumnos por la permanencia de varias horas en un recinto cerrado, mientras que las lámparas de colores cálidos proporcionan ambientes más sociables y relajados (Vásquez, 2010).

El deslumbramiento directo de lámparas se puede mitigar con la utilización de luminarias que redistribuyan el flujo de las mismas de forma idónea para la actividad a realizar y para la iluminación focalizada de la pizarra se deben utilizar luminarias tipo bañador de pared. Asimismo, se deben colocar las mesas entre las filas de luminarias para favorecer que la luz incida de modo lateral sobre la tarea y evitar los colores blancos en paredes y suelos, ya que pueden convertirse en superficies deslumbrantes (Vásquez, 2010).

Por su parte, tener en cuenta el color de las superficies que aparecen en el campo de visión del observador es importante para disminuir el deslumbramiento, por lo que es recomendable que todas las superficies (del local y mobiliario) dispongan de un acabado mate que evite los reflejos molestos y sean colores suaves como el verde pálido, azul celeste, gris perla o amarillo en paredes y blanco en el techo. El empleo de colores suaves no excluye la presencia puntual de elementos con colores vivos que eviten la monotonía (Vásquez, 2010).

Con base en estas recomendaciones se obtiene que la concepción del factor iluminación es una tarea a realizar desde la concepción de la edificación hasta su creación y se complementa con la elección de la luminaria más acorde según la tarea, población y recursos lumínicos disponibles.

Por su parte, el mantenimiento de las luminarias también constituye un criterio importante en el momento de mantener y alargar la vida útil y nivel de luminancia artificial de un espacio, ya que la deposición de polvo sobre las luminarias y lámparas está afectada por el grado de ventilación, el ángulo de

inclinación, el acabado de las superficies que forman las luminarias y el grado de contaminación del ambiente que las rodea aspecto que incide en la pérdida de luz y dependerá del grado de mantenimiento realizado sobre las lámparas (Vásquez, 2010).

Como mencionan Monteoliva *et al.* (2016), es necesario un cambio de paradigma de modo que la iluminación no solo sea evaluada por su uso, sino también por la relación que esta establece con la visibilidad y el desempeño de sus ocupantes.

#### **5.8.4. Teoría del color**

En cuanto a la concepción de la teoría del color, todo lo que se ve alrededor es por efecto de la luz y esto es lo que permite ver la diferencia entre un objeto y otro, así como también diferenciarlo de su entorno. La luz se considera un tipo de energía que es captado por el ojo e interpretado por el cerebro como color (Bernis, 2008).

Con respecto a la armonía del color, esta se refiere a la combinación de colores agradables a la vista, mediante la utilización de colores análogos o mediante contraste. Estas son dos vías para el logro de la armonía del color y con objeto de valorarlas en un diseño de deben considerar individualmente, el valor, la intensidad y el tono de los colores (Bernis, 2008).

Uno de los principales patrones sensoriales es el color, por lo que es fundamental una estimulación apropiada que garantice la asimilación por los estudiantes de este patrón y de sus correspondientes acciones perceptuales, esto con fines del desarrollo (Martínez, 1998).

Algunas características de los colores y las sensaciones que comúnmente se les han asociado son, por ejemplo, que el amarillo es un color cálido recomendado para paredes y espacios que cubren grandes áreas, el rojo es excelente para centrar la atención de las personas y el azul representa la profundidad, por lo tanto, es un tono introspectivo y sedante.

A continuación, se indican algunas características de varios colores y las sensaciones que comúnmente se les han asociado:

*Cuadro 2. Características de los colores*

<b>Color</b>	<b>Características</b>
<b>Verde</b>	Es aconsejado para salones de niños de preescolar y primaria. Es el color de la vida vegetal y de la primavera, de lo que crece y da frutos, por lo tanto, ayuda a generar nuevas ideas y a ser creativos.
<b>Amarillo</b>	Es un color cálido, es el color de la luz, del sol, de la acción, del poder. Es excelente para llevar alegría a los ambientes e inspirar a actuar y llevar a cabo, por esto, se recomienda en paredes y espacios que cubren grandes áreas.
<b>Blanco</b>	Ayudar a despejar la mente y aunque puede cansar la vista también activa el intelecto a la vez, que relaja. Cuando la pizarra es blanca, es importante fijarse que no refleje la luz porque esto crea rechazo y cansa la vista.
<b>Azul</b>	El azul representa la profundidad, por lo tanto, es un tono introspectivo y sedante. Este color se aconseja para materiales de estudio como forros de libros, cubiertas y rayados de cuadernos, pues ayuda a la concentración en las tareas y hace el trabajo agradable por su efecto sedante.
<b>Naranja</b>	Por ser más cálido que el amarillo actúa como estimulante de las personas tímidas y tristes. Simboliza entusiasmo y exaltación, usado en pequeñas cantidades suele ser muy benéfico, pero en amplias extensiones se convierte en impulsivo y agresivo, por esto, es mejor evitarlo en lugares u ocasiones donde se requiera concentración.

Fuente: Adaptación, Heller E., 2012

### 5.8.5. Sonido

Sonido es la onda física que produce una vibración y pone en movimiento al tímpano, el cual traduce las vibraciones en impulsos eléctricos. Los miles de sensores que convierten la vibración en impulsos eléctricos se encuentran dentro de una cavidad en forma de cono doblado, llamado cóclea, que se conecta vía el nervio auditivo, con el cerebro. La contaminación sónica es cualquier emanación de ruido que puede afectar negativamente la salud o las actividades del ser humano (Pochet, 2012).

La intensidad del sonido se mide en decibeles (dB) y para las mediciones se utilizan equipos que ajustan los niveles para reflejar cómo escucha el oído humano, por ejemplo, usando la escala A de un sonómetro integrador (PNUMA, 2002).

El decibel o decibelio (dB) es particularmente adecuado para representar intensidades de sonido, ya que el oído tiene una gama dinámica de casi 12 órdenes de magnitud. Por otra parte, el nivel sonoro equivalente es la media energética del nivel de ruido promediado en el intervalo de tiempo de medida. Puede considerarse como el nivel de un sonido, constante en todo el período de medida T, que tuviese la misma energía acústica que el sonido que se está valorando (Pochet, 2012) y se calcula por medio de la ecuación:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right)$$

En esta,  $i=1$  es el primer segundo,  $i=n$  es el último segundo y  $L_i$  es el promedio de L del último segundo. El  $L_{eq}$  representa el nivel sonoro continuo que produce un efecto equivalente al del nivel sonoro variable.

La manifestación del sonido a través de la voz humana permite emitirlos por largos periodos con una sonoridad normal que va entre 60 y 75 dB, esto es, con una intensidad de alrededor de 3 micro watts por metro cuadrado. Con un esfuerzo especial, un ser humano puede gritar hasta alcanzar niveles de 85 dB, o sea levantar la voz al doble (incremento de 10 dB).

El ruido es la manifestación del sonido que se percibe como una sensación molesta para quien lo escucha, ya sea por su contenido o su potencia (Pochet, 2012). El nivel máximo de ruido de fondo que permite algún grado de comunicación continua no debe sobrepasar los 65 dB, pero si se requiere que los mensajes de la voz humana sobresalgan confortablemente sobre el ruido de fondo, este debe ser menor en al menos 10 dB, el ruido de fondo no debe sobrepasar 55 dB (Pochet, 2012).

*Cuadro 3. Sensación producida por la intensidad sonora*

<b>Cambio de intensidad (dB)</b>	<b>Efecto subjetivo</b>	<b>Cambio de potencia de las fuentes</b>
+3	Apenas perceptible	Aumento al doble
+5	Claramente perceptible	Aumento al triple
+10	Sonoridad duplicada	Aumento de diez veces
-3	Apenas perceptible	Disminución a la mitad
-5	Claramente perceptible	Disminución a la tercera parte
-10	Sonoridad disminuida a la mitad	Disminución a la décima parte

Fuente: Adaptación, Pochet, 2012.

En relación con el ruido y la salud de las poblaciones que lo perciben, este es un factor que tiene graves efectos psicológicos en los individuos, se pueden mencionar efectos sobre la audición, efectos sobre el sueño, efectos sobre las funciones fisiológicas, sobre la salud mental, sobre el rendimiento, y consecuencias sociales de conducta (Mejía, 2010).

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 1999), establece que el parámetro permitido de ruido interno para salas de clase e interior de centros preescolares es de 35 dB máximos, durante el periodo de duración de las lecciones. La contaminación por ruido constituye una problemática ambiental que se ha incrementado con el desarrollo tecnológico, comercial e industrial de la sociedad actual, exposición que puede provocar diferentes efectos en la salud y el bienestar

de las personas, que van desde simples molestias hasta problemas clínicos no reversibles. En trabajadores y escolares puede afectar el rendimiento de los procesos cognitivos, como la lectura, la atención, y la memorización (OMS, 1999).

En Costa Rica, el Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido N.º 39200-S clasifica las escuelas de la zona urbano-residencial en el área de servicio a la comunidad, en el cual se establece límites de niveles de sonido que excedan los niveles establecidos. En el día, ninguna fuente emisora proveniente del ambiente externo puede producir más de 65 dB y en la noche más de 45 dB.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud, más del 5 % de la población mundial (360 millones de personas) padece pérdida de audición incapacitante (328 millones de adultos y 32 millones de niños), lo que se comprende como una pérdida de audición superior a 40dB en el oído con mejor audición en los adultos, y superior a 30dB en el oído con mejor audición en los niños (OMS, 2017).

En los niños con pérdida de audición desatendida, el desarrollo del habla se suele retrasar, lo que puede implicar mayores índices de fracaso escolar y necesidad de más asistencia educativa. La OMS calcula que los casos desatendidos de pérdida de audición representan un coste mundial anual de 750 000 millones de dólares internacionales. Esta cifra incluye los costes del sector sanitario, los costes del apoyo educativo, la pérdida de productividad y los costes sociales (OMS, 2017).

Estudios han demostrado los grandes impactos que tiene el ruido como factor estresante en las escuelas, por ejemplo, se encontró que los niños de una escuela situada cerca de un aeropuerto mostraban mayor dificultad para resolver rompecabezas. Esto, a la vez, tenía que ver con mayor desamparo aprendido y menor tolerancia a la frustración, ya que los niños de escuelas ruidosas se daban por vencidos mucho antes que los otros niños al resolver la tarea (Cohen, Evans, Stokols & Krantz, 1986).

Investigaciones realizadas en México por Estrada (2007), aportan información muy valiosa sobre el ruido en las escuelas primarias. Se encontró que la intensidad del ruido registrada en los salones de clase era hasta un 300 % mayor a la recomendada por las normas de estrés ambiental, las cuales sugieren un

máximo 35 dBA, incluso cuando no están presentes los alumnos en el aula, únicamente con el ruido que llega desde el exterior (Estrada, 2007)

Por ejemplo, en el estudio denominado Aprendizajes en las escuelas del siglo XXI (BID, 2014), realizado en varios países de Latinoamérica, se encontró que la sensación de malestar acústico por parte de los alumnos de la muestra era generalizada (95 % a 100 %), con independencia de la época del año y con registros por encima de los valores normativos, pero con un cierto grado de acostumbramiento a esta situación. Los motivos principales que se determinaron son el deficiente aislamiento acústico de las aulas en relación con la cercanía de circulaciones y patios, la falta de tratamiento del campo acústico interior y la necesidad de ventilación y la imposibilidad del cierre hermético del lugar.

Los efectos críticos sobre la salud al sobrepasar esta medida son la interferencia en la comunicación oral, el disturbio en el análisis de información y comunicación de los mensajes en el proceso de impartir las lecciones. En el anexo 4 se muestran las indicaciones completas de la Guía para Ruido Urbano de la OMS.

En un estudio realizado en Bogotá, Colombia, en el cual se pretendían identificar los efectos auditivos y neuropsicológicos por exposición a ruido ambiental en dos centros escolares, uno más expuesto que el otro a ruido ambiental, se realizaron audiometrías a 581 estudiantes de entre 10 y 17 años entre ambos recintos educativos con un audiómetro y en cabina amortiguada sonoramente.

La población estudiantil en las aulas del centro educativo con más exposición en horas de clase, los niveles de presión sonora alcanzan un valor máximo de 82,7dBA y un mínimo de 70,4 dBA y en pasillos los valores son 82,6 dBA y 72,8dBA respectivamente. En la de menor exposición se obtiene un valor máximo en salones de 80,3 dBA y un valor mínimo de 66,4 dBA y en pasillos de 80,2 dBA y 68,2 dBA respectivamente. Como resultado de la investigación se expone que, aunque clínicamente la diferencia encontrada no es significativa, sí se observa un descenso en la capacidad auditiva de los estudiantes del centro educativo más expuesto a ruido (Quiroz *et al.*, 2013).

En relación con la acústica de un aula destinada a la enseñanza, hay dos parámetros principales que determinarán su calidad: el tiempo de reverberación y

la inteligibilidad. El tiempo de reverberación (TR) es el tiempo que tarda un sonido en dejar de ser perceptible para el oyente. Es decir, si un aula tiene un tiempo de reverberación alto, cuando se esté produciendo un sonido y la fuente que lo genera cese, nosotros lo oiremos atenuarse durante un tiempo alto. Si por el contrario el aula tiene un tiempo de reverberación bajo, el sonido se atenuará rápidamente una vez finalice esta fuente (Guerra, 2013).

Por esto, toma importancia el aislamiento acústico en el diseño de espacios educativos, el cual es la capacidad de los muros, aberturas y tabiquería para impedir el paso del sonido del exterior hacia el interior del aula o viceversa. El aislamiento depende fundamentalmente del espesor de las paredes y de la densidad de las mismas, así como del cuidado de un perfecto ajuste de las aberturas, es decir, se evitan filtraciones, con lo que se logra la hermeticidad (Guerra, 2013).

Por otro lado, la UNESCO menciona en relación con el manejo del ruido en espacios educativos, que la inteligibilidad de palabra del maestro se considera una interferencia del proceso educativo por ruido y cuando este se eleva sobre 60 dB se hace necesaria una reducción del ruido. Hay tres fuentes de ruido que necesitan ser controladas: los lugares adyacentes a los espacios de enseñanza, el tráfico y otras fuentes fuera del lugar (UNESCO, 1987).

Es así como los talleres, salas de música y otros lugares en donde se producen altos niveles de ruido, deben estar tan alejados de las aulas y otros espacios tranquilos, como lo permita el terreno y preferentemente en edificios distintos. Cuando no sea posible la separación, entonces deben interponerse áreas como tiendas, sanitarios y similares, entre las áreas tranquilas y las que tienen altos niveles de ruido (UNESCO, 1987).

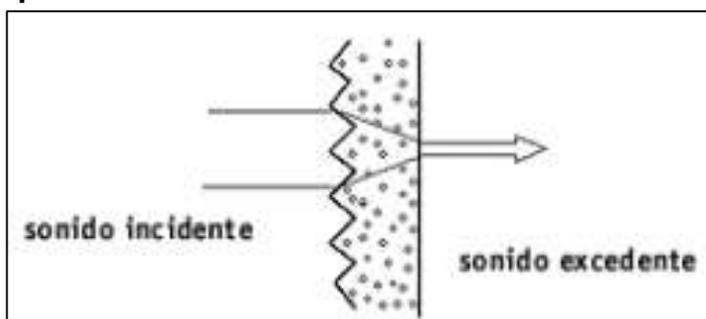
Un aspecto importante en la consideración del ruido en los espacios es analizar el comportamiento de las ondas sonoras a través de los materiales y el concepto de absorción acústica se refiere a una cantidad llamada coeficiente de absorción del material que tiene un valor entre 0 y 1 para materiales perfectamente reflectores y perfectamente absorbentes respectivamente. Al promedio del coeficiente de absorción de un material a las frecuencias 250, 500, 1000 y 2000 Hz.

se le llama Coeficiente de Reducción del Ruido (siglas en inglés NRC) (Pochet, 2002).

El confort acústico en espacios educativos puede ser optimizado a partir de un diseño específico que mitigue los sonidos provenientes del exterior, así como los generados en el propio espacio educativo y dentro de sus aulas.

Por esto, el concepto de NRC es importante en el momento de diseñar espacios educativos y los materiales a utilizar.

**Figura 5. Comportamiento de la onda sonora en materiales absorbentes**



Fuente: Pochet, 2002.

En la norma ASTM C 423-90 se define el NRC como la media aritmética redondeada al múltiplo más próximo de 0,05 de los coeficientes de absorción acústica, medidos en las cuatro frecuencias de centro de banda de un tercio de octava de 250, 500, 1000 y 2000 Hz (ISO 354/ ASTM C423, 2003).

*Cuadro 4. NRC para materiales constructivos*

<b>Coeficientes de absorción: paredes</b>		
<b>Material</b>	<b>Descripción</b>	<b>NRC</b>
Hormigón	Hormigón revocado	0.01
	Hormigón bloques pintados	0.09
	Hormigón bloques pintados	0.07

Fuente: Adaptación, Universidad de Montevideo, 2010.

En el cuadro anterior, se indican los valores de los coeficientes de absorción (NRC) de una serie de materiales utilizados comúnmente en la construcción de las paredes. Una pared con material reflector y con un material absorbente en el medio, suele confinar muy bien al ruido en un recinto cerrado al favorecerse las reflexiones internas múltiples dentro del material absorbente (Pochet, 2012).

Por lo tanto, como acciones concretas para el manejo del ruido se requiere tratar las zonas comunes y exteriores mediante apantallamientos y barreras acústicas, para intentar reducir el nivel de ruido aéreo, mejorar el aislamiento acústico para evitar la entrada de ruido a los espacios de aulas y acondicionar los cielorrasos de aulas con superficies y espesores de materiales absorbentes adecuados, para reducir los tiempos de reverberación internos (BID, 2014).

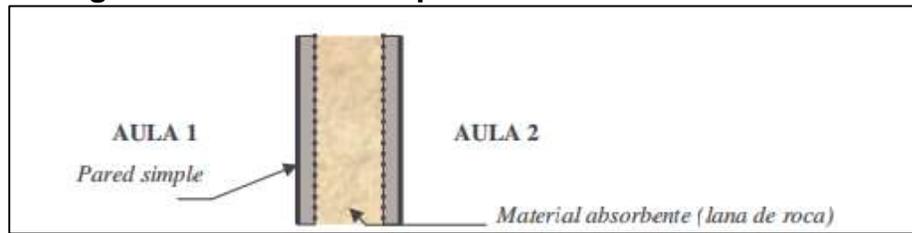
Existen una serie de estrategias de trabajo, entre las cuales se encuentran:

- Aislamiento entre aulas: es necesario que cada aula se encuentre aislada acústicamente de las contiguas. El ruido proveniente de otras aulas puede reducir la concentración del alumnado y dificultar el aprendizaje, sobre todo en la realización de lecturas silenciosas o exámenes. Por dicho motivo las paredes que separan las aulas colindantes deben aislar acústicamente las dos salas (Guerra, 2013).

Cuanta más masa tenga una pared mejor aislamiento presenta, sin embargo, a menudo una implementación así puede no ser posible debido a motivos de espacio o económicos. Una buena solución es construir una pared doble con una cámara de aire en medio que se pueda rellenar de un material absorbente, como fibra de vidrio y así reforzar el aislamiento (Guerra, 2013). En la figura 6 a continuación se observa la estructura de pared rellena para promover el aislamiento acústico de dos aulas.

- Aislamiento entre otras estancias: se debe tener presente el aislamiento entre el aula y el pasillo, en donde la puerta juega un papel muy importante, ya que un mal cierre o cualquier ranura por pequeña que sea pueden reducir notablemente o incluso anular el buen aislamiento y el de la pared donde esta se encuentra situada.

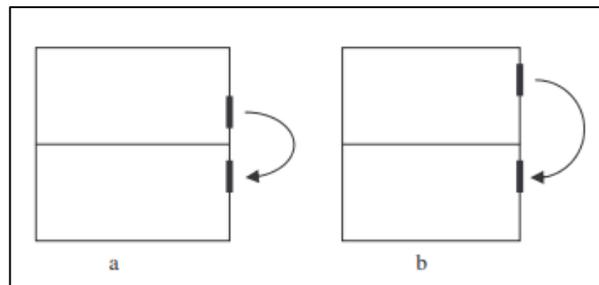
**Figura 6. Estructura de pared de doble de aislamiento**



Fuente: Guerra, 2013.

La colocación de las puertas en relación con las aulas contiguas es otro aspecto de gran valor, ya que consiste en establecer siempre el camino más largo para el sonido, ya que de esta forma se atenuará, como en la figura 7, específicamente en la imagen b.

**Figura 7. Sonido en relación con la ubicación de las puertas**



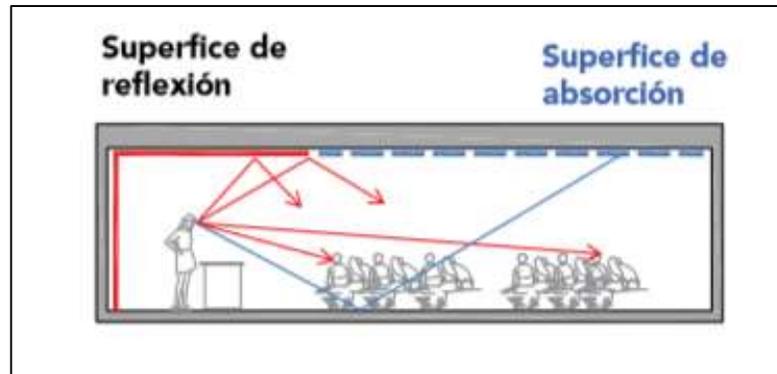
Fuente: Guerra, 2013.

El aislamiento a través de materiales del cielo implica una gran mejora, ya que este representa una superficie muy amplia, por lo que, en caso de estar hecho de un material poco absorbente al sonido como el hormigón, hará que el tiempo de reverberación sea elevado y para disminuirlo hay que recubrirlo con materiales que mejoren la acústica del entorno. Existen paneles diseñados para cielos que quedan suspendidos a cierta distancia de este y se rellenan con material absorbente, reduciendo, así, el tiempo de reverberación y ajustándolo a los márgenes deseados (Guerra, 2013).

En relación con las paredes, estas representan un porcentaje muy elevado de la superficie de un aula, por esto contribuyen, de manera relevante, al tiempo de reverberación final. En los centros educativos no se acostumbra a tratar acústicamente las paredes si no que se concentra casi toda la absorción necesaria

en el techo, como se muestra en la figura 8, siendo suficiente para llegar al tiempo de reverberación deseado (entre 0.4 y 0.6 segundos) (Guerra, 2013).

**Figura 8. Tratamiento acústico de superficies interiores**



Fuente: BID, 2014.

- Aislamiento del exterior: con esta estrategia de aislamiento acústico se debe considerar que en la calle como en los patios es donde se generará la actividad ruidosa más importante que afecta al aula, por lo que se debe reforzar el aislamiento en dichos puntos.

**Figura 9. Barreras acústicas**



Fuente: Guerra, 2013.

Como estrategia se pueden implementar las ventanas de doble cristal, ya que ofrecen una mejora considerable en el aislamiento acústico. Todos los elementos que configuran la fachada de una estructura (ventanas, paredes, persianas) deben ser sellados para obtener un buen aislamiento, tanto para dependencias del mismo edificio como para el ruido proveniente del exterior. Este aislamiento comportará

una reducción del ruido de fondo, punto que hará aumentar la inteligibilidad dentro del aula.

Por otro lado, un rasgo particular de las aulas escolares es que una de las paredes de la sala está ocupada por la pizarra. La pizarra, de material bastante reflectante, ayudará a reflejar la voz del profesor/a, reforzándola en la dirección del estudiante. A la vez, las barreras acústicas naturales permiten mejorar la acústica y el nivel de ruido que entra a las aulas, ubicadas como se muestra en la figura 9.

## **5.9. Aspectos bioclimáticos**

### **5.9.1. Características climáticas de Costa Rica: pronóstico climatológico de Costa Rica para el año 2016**

Geográficamente, la franja planetaria comprendida entre los paralelos Trópico de Cáncer y Trópico de Capricornio, se define como zona tropical, la ubicación de Costa Rica en esta región le confiere características tropicales a su entorno ecológico: bosques, red hidrográfica, suelos y clima. La fauna y la flora que se adapta a estas condiciones son, por lo tanto, de tipo tropical. El cual es modificado por diferentes factores como el relieve (la disposición de las montañas, llanuras y mesetas), la situación con respecto al continente (condición ístmica), la influencia oceánica (los vientos o las brisas marinas, la temperatura de las corrientes marinas) y la circulación general de la atmósfera (IGN 2005).

La interacción de factores geográficos locales, atmosféricos y oceánicos son los criterios principales para regionalizar climáticamente el país. La orientación noroeste-sureste del sistema montañoso divide a Costa Rica en dos vertientes: Pacífico y Caribe. Cada una de estas vertientes, presenta su propio régimen de precipitación y temperaturas con características particulares de distribución espacial y temporal (Manso *et al.*, 2005).

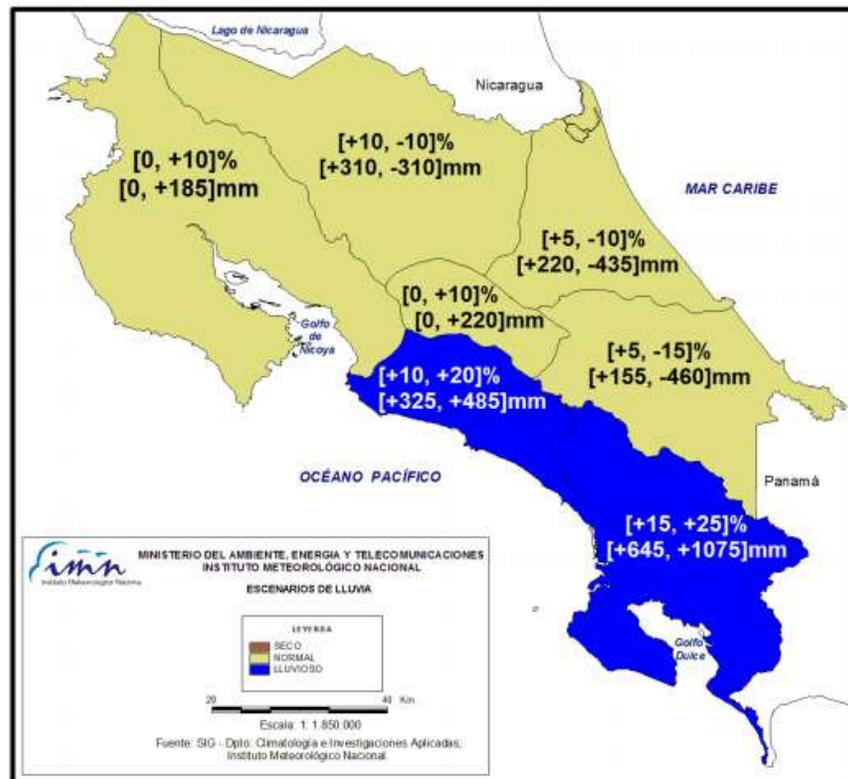
En Costa Rica, el estado del tiempo se ve muy influenciado por la influencia del Niño-Oscilación del Sur (ENOS). El cual según el Instituto Meteorológico Nacional es definido como un fenómeno natural que implica temperaturas oceánicas fluctuantes en el Pacífico ecuatorial, refiriéndose a la interacción climática océano-

atmósfera a gran escala, asociada a un calentamiento periódico de las temperaturas de la superficie del mar, extendiéndose en todo el océano Pacífico ecuatorial central y el Pacífico este-central (Instituto Meteorológico Nacional, 2017).

De igual manera, el fenómeno contrario llamado La Niña se refiere al enfriamiento periódico de las temperaturas superficiales del mar en el océano Pacífico ecuatorial central y este-central y se produce cada 3 a 5 años más o menos. La Niña representa la fase fría del ciclo ENOS, y se refiere a veces, como un episodio de frío del Pacífico (Instituto Meteorológico Nacional, 2017)

Para el segundo semestre del año 2016, en cual se desarrolló la investigación, el IMN estableció pronósticos de temperatura y humedad que se vean influenciados por los fenómenos expuestos anteriormente, determinando que las temperaturas máximas iban a ser de 36 °C en el Valle Central, prevaleciendo el fenómeno de La Niña durante este año con una disminución en las temperaturas.

**Figura 10. Pronóstico de las condiciones para la temporada de lluvias 2016**



Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, 2017

De igual manera, la distribución de lluvias anual del año 2016 bajo la influencia del fenómeno de La Niña durante el segundo semestre del año, se podría percibir una época lluviosa normal, así como se evidencia en la figura 10.

Los modificadores climáticos más importantes para Costa Rica son los vientos del noreste (alisios), la migración estacional de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), los episodios de ciclones tropicales en el Caribe, y la afectación por frentes fríos provenientes del norte durante el invierno. Todos estos fenómenos contribuyen a modular la nubosidad y precipitación en nuestro territorio y, en consecuencia, la cantidad de horas de sol disponibles en cada región y época del año (IMN, s. f.).

En Costa Rica, la tendencia de la dirección del viento durante el año es de sureste al noreste por esto la orientación más adecuada para los ventanales de una edificación, ubicada en zonas más cálidas (con temperaturas promedio superiores a los 25°C), dándole la espalda al Ecuador (IMN, s. f.).

Debido a esto, si se realiza en la época seca que asemeja verano, la cara de la ventana solo será irradiada por el Sol en los primeros instantes del amanecer y en los últimos momentos del atardecer y en la época lluviosa o invierno. El Sol nunca bañará la fachada, lo que reducirá el flujo de calor al mínimo y aumentará el número de intercambios de aire internos y evitando el deslumbramiento por la radiación directa (Bonilla, 2009).

La Región del Valle Central, por el contrario, presenta influencia de ambas vertientes. Aunque en las partes bajas del Valle Occidental se encuentra un clima más seco y cálido, característico del Pacífico, las partes medias del valle poseen un clima templado, mientras que las zonas altas de la cordillera se presentan condiciones más lluviosas y nubladas, características de los climas de montaña (Heinrich, 2013).

### **5.9.2. Zonas de vida**

Las zonas de vida son conjuntos de asociaciones enmarcadas en un determinado rango de calor, precipitación pluvial y humedad. Estos, a la vez, son los tres factores climáticos principales que alientan distintas condiciones ecológicas.

Otra forma de expresarlo es que una asociación es un área con un ámbito definido de factores ambientales en el que, bajo condiciones naturales no alteradas, está ocupada por una comunidad típica de organismos (Holdridge, 1979).

Además, permite caracterizar un primer rango o nivel del bioclima global o básico de un sector geográfico dado, el cual determina también una actividad biológica general o típica para dicho clima, incluyendo dentro de esta la actividad agrícola. En los anexos 4 y 5 se muestran los diagramas básicos para la clasificación de cada zona de vida y su ubicación geográfica.

En Costa Rica, dicho sistema se utiliza para la clasificación de los bosques, el cual divide el país en 12 zonas de vida y 12 zonas de transición (ver anexo 5), con base en factores ambientales como humedad, precipitación y temperatura. El resultado es la división del país en diferentes tipos de bosques, las cuales se dividen en 5 pisos altitudinales (Holdridge, 1979).

Por otro lado, con respecto al término bosque, Bolaños y Watson (1993) indican que un terreno puede tener una cobertura dominada por bosques, pastos, charral, cultivos o puede haber incluso una ciudad. Esto indica que el lugar denominado bosque es potencialmente un bosque, es decir, el clima de ese lugar tiene la capacidad de producir el tipo de bosque indicado.

Según esta clasificación, los cinco principales bosques en términos de extensión en Costa Rica son (Bolaños, Watson y Tosi, 2005):

- Muy húmedo tropical, con 539.391 ha (10,5 % del territorio nacional).
- Muy húmedo Premontano, con 372.742 ha (7,2 %).
- Pluvial montano bajo, con 301.974 ha (5,9 %).
- Pluvial Premontano, con 289.400 ha (5,6 %).
- Húmedo tropical, con 283.213 ha (5,5 %).

Dichos valores expresan el porcentaje del territorio nacional y se muestran con más detalle en los anexos 4 y 5, mencionados anteriormente.

En Costa Rica este bosque húmedo pre montano está restringido a dos cuencas en la parte central del país: en el densamente poblado Valle Central, desde San José hasta Turrúcares y en el Valle de San Ramón y una pequeña fracción se encuentra protegido en algunas pocas zonas protectoras.

El ámbito de precipitación para esta zona de vida varía entre 1200 mm y 2200 mm, como promedio anual, se presenta un periodo efectivo seco de 3,5 a 5 meses (Cascante y Estrada, 2001).

**Figura 11. Ubicación geográfica Bosque Húmedo Premontano**



Fuente: Holdridge, 1979.

En la arquitectura y la construcción se introducen líneas guía del diseño bioclimático, en estas, la clasificación de Zonas de Vida establecida por Leslie Holdridge para Costa Rica es un insumo teórico en la concepción y entendimiento del entorno y las relaciones entre sus componentes y factores climáticos.

Este sistema permite profundizar en las particularidades de cada zona del país, reflejando su implicación en los rangos de confort higrotérmico y haciendo posible definir a nivel arquitectónico las estrategias pasivas de diseño efectivas; rompiendo así con las tipologías arquitectónicas descontextualizadas y priorizando el confort de los habitantes del espacio (Alfaro *et al.*, 2005).

### **5.9.3. Arquitectura bioclimática**

La relación entre una zona climática, sus características y la adaptación arquitectónica al medio se engloba en el concepto de arquitectura bioclimática, en donde el objetivo de esta es beneficiarse de los aspectos positivos del clima y busca protegerse de sus inclemencias. Los principales factores dependientes del clima en que se emplaza un edificio y que afectan el bienestar de los ocupantes son la temperatura, humedad, radiación solar, vientos, nubosidad y pluviometría, y a estos factores dependientes se les llama parámetros climáticos (Guerra, 2013).

El confort térmico es fundamental para alcanzar los niveles de bienestar de las poblaciones moradoras de una edificación, con lo que se logra aprovechar al máximo los recursos naturales que la rodean y forman parte del entorno.

Por esto, la arquitectura bioclimática se rige por ciertas reglas y normas que son el resultado de la observación de las condiciones de la realidad, es decir, del terreno, del clima, de la vegetación, de los materiales y de las destrezas de la mano de obra disponible, sin olvidar las vivencias de la población. Cada uno de estos aspectos aporta su dosis de información y condiciona las decisiones que toma el arquitecto. El resultado serán edificios más adaptados a las demandas de la realidad y con el conveniente confort (Stagno, 2004).

El sol y la lluvia y sus derivados de alta temperatura y excesiva humedad relativa son las características del clima tropical que produce una vegetación exuberante y unas vivencias particulares en el comportamiento de los habitantes. El exceso de sol provoca la necesidad de sombra y el exceso de lluvia provoca la necesidad de grandes cubiertas y ambas se convierten en requisitos indispensables para la arquitectura tropical (Stagno, 2004).

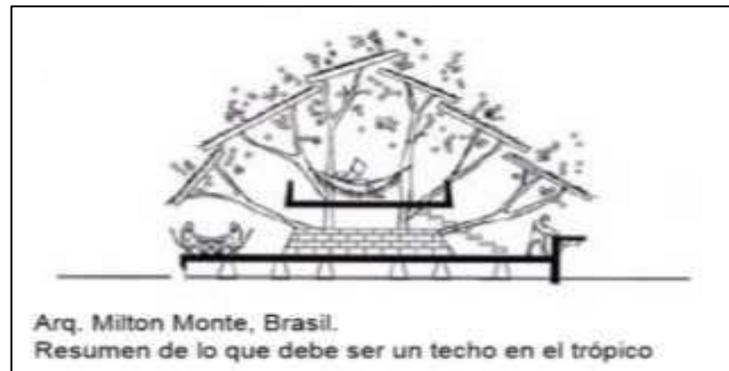
Las estrategias pasivas de diseño bioclimático conforman herramientas para el manejo adecuado de todas estas variables mencionadas. Entre las estrategias específicas de diseño, de algunas de ellas son: el control solar como la orientación, sombreamiento, aislamiento y amortiguamiento; el enfriamiento que incluye aberturas, flujo y movimiento de aire, tipos de ventilación natural, distribución de la ventilación, ventilación mecánica; el control de la iluminación involucra captación de luz, distribución de la luz, iluminación artificial y el control acústico, por ejemplo, la distribución y control del ruido (Guerra, 2013).

Con respecto a nuevas formas de adaptación de las estructuras al entorno, se dice que la arquitectura contemporánea le ha exigido al techo funciones que no le eran habituales, como ayudar con la ventilación, favorecer la iluminación natural, producir sombras en las ventanas para reducir la radiación solar y aliviar el enfriamiento del interior. Esto ha modificado su diseño geométrico sencillo, para convertirlo en partes más pequeñas que en conjunto producen el resultado esperado (Stagno, 2004).

En cuanto a la ventilación, el techo es un componente importante que puede aportar soluciones novedosas y tiene la posibilidad de que el techo tenga una participación activa y no pasiva. Si el aire caliente es más liviano que el aire frío, este subirá produciendo tiraje, si se aumenta la velocidad del aire este enfriará el cuerpo que encuentra a su paso, si se introduce una corriente horizontal con salida superior, esta se comportará como una succión que succiona el aire hacia el interior (Stagno, 2004).

En la figura 12 se muestra una imagen recopilada por el Arq. Bruno Stagno, experto en el diseño de edificaciones enfocadas a la sostenibilidad, en donde se muestra el resumen de lo que debe ser un techo en el trópico, diseño que pertenece al arquitecto brasileño Milton Monte, donde se muestra la variabilidad de la estructura, permitiendo la iluminación, ventilación y sombra natural. El diseño posee suficiente dinámica para poder aprovechar estos factores desde distintos ángulos, logrando la adaptación y optimización de los recursos del entorno que le pueden ser funcionales (Stagno, 2004)

**Figura 12. Techo en el Trópico**



Fuente: Stagno, 2004

Por otro lado, existe el concepto de aula bioclimática, que es la que se trata de adaptar a las condiciones climáticas particulares de un determinado lugar, logra las mejores condiciones de confort en el interior con el menor apoyo posible de fuentes de energía auxiliar, aprovecha al máximo las fuentes de energía naturales y analiza el planeamiento urbanístico total (Guerra, 2013).

Un aula bioclimática contempla la interacción de todos los elementos del entorno y un efecto sobre la estructura y, por ende, el confort de sus ocupantes.

Como se muestra en la figura 13 (Guerra, 2013) un aula tiene ganancia de calor a través de las luminarias y el espacio contiguo, así como pérdida de calor por los cielos y la influencia de la ventilación a través de los espacios abiertos. Estos aspectos deben ser tomados en cuenta una vez que se diseña y conceptualiza un espacio, se tiene en cuenta el objetivo principal del mismo, en el caso del aula climática, sería la educación.

**Figura 13. Factores climáticos de un aula**



Fuente: Guerra, 2013.

La UNESCO, en su guía de espacios educativos (1987), menciona que el confort térmico en un invierno intenso se logra al diseñar un edificio que mantenga el calor mientras que, por el contrario, en las zonas calientes, una construcción que excluya el calor permita la penetración de brisa fresca y ventilación adecuada, brindará una sensación de confort térmico a los usuarios.

**Figura 14. Diseño para escuelas en climas húmedos y cálidos**



Fuente: Guerra, 2013.

En donde ambas condiciones se dan en un mismo año se necesitarían normas que aseguren el confort en ambas situaciones. Como indica Guerra (2013),

para edificaciones en climas muy cálidos y húmedos se puede diseñar una planta lineal y abierta, se está aprovechando al máximo la acción de los vientos y se refrescaría la temperatura interior alta, se liberaría el exceso de humedad ambiental. Esto se muestra en la figura 14.

#### 5.9.4. Vegetación y microclima

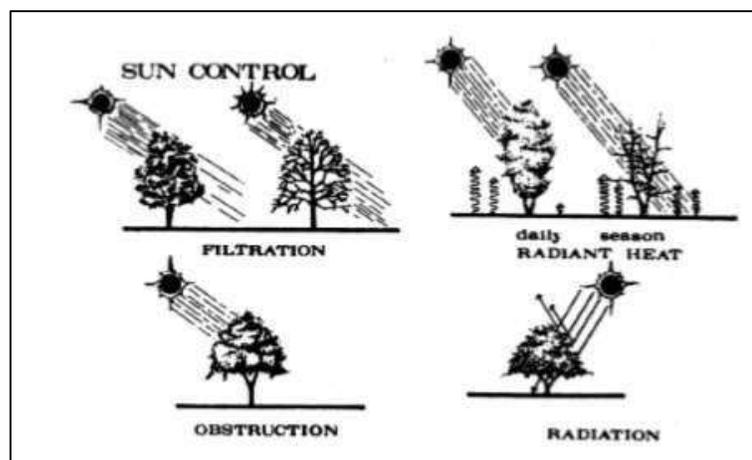
Los microclimas son climas locales distintos con características diferentes a la zona en que se encuentra, los factores que los componen son la topografía, temperatura, humedad, altitud-latitud, luz y cobertura vegetal. Existen dos tipos de microclimas: los naturales y los artificiales (utilizados en zonas urbanas).

En condiciones urbanas con problemáticas de mejora ambiental se debe tener en cuenta la vegetación y sus efectos en la creación de un microclima, además, de las siguientes características:

- Radiación solar: la utilización de la vegetación para disminuir la radiación solar se obtiene cuando las plantas absorben para la fotosíntesis aproximadamente el 5-20 % de esta, reflejan 5-20 %, disipan por evapotranspiración 20-40 %, emiten 10-15 % y transmiten el 5-30 % (Ochoa, 1999).

En la figura 15, se muestran alternativas de control solar con vegetación, en las cuales se observa la forma de filtrar los rayos solares dependiendo del tipo de vegetación y la frondosidad del mismo que se utilice.

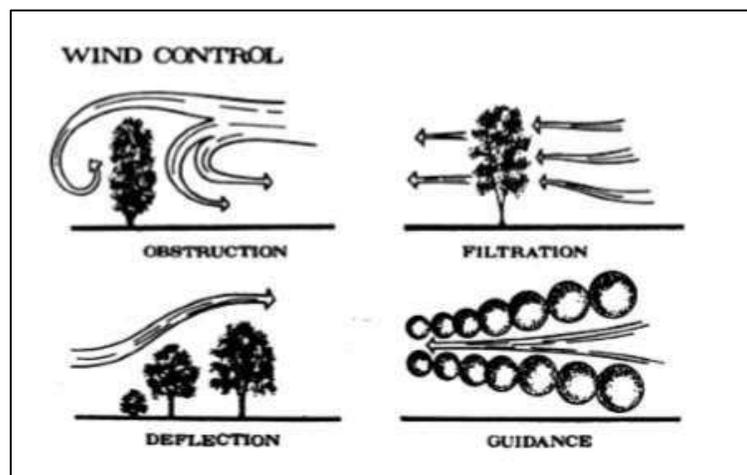
**Figura 15. Control solar con vegetación**



Fuente: Ochoa, 1999

- Iluminancia: la iluminancia bajo un grupo de árboles, está compuesta de radiación difusa y de una cantidad variable de radiación directa que pasa a través del follaje de estos. La altura de la vegetación, su edad, el tipo de hojas y la especie, determinarán la iluminancia bajo una cubierta vegetal. A la vez, se debe considerar si es un árbol aislado, un grupo heterogéneo de estos o árboles en grandes grupos homogéneos (Ochoa, 1999).
- Barrera contra el viento: el grado de protección contra el viento que brinda una barrera de vegetación depende básicamente de la velocidad y dirección del viento, de las dimensiones de la barrera (altura, anchura y longitud), de la densidad y penetrabilidad del material que la constituye y finalmente, de su forma, como se muestra en la siguiente figura (Ochoa, 1999).

**Figura 16. Control de viento con vegetación**



Fuente: Ochoa, 1999.

El aspecto más importante de las barreras compuestas por vegetación es la permeabilidad, entre más densa sea la obstrucción, mayor será la reducción del viento a sotavento, como lo ilustra la figura 16, sin embargo, su efecto se aminora a distancias más cortas que con las barreras menos densas, por lo que una densidad media será la más efectiva, además de producir menos turbulencias. Los mejores resultados se obtienen con densidades entre el 30 y 40 % y la vegetación caducifolia puede conservar hasta el 60 % de su efecto reductor en invierno (Ochoa, 1999).

- Disminución de temperatura: esta se debe al efecto de sombra proyectada sobre las diversas superficies, pero principalmente a la evapotranspiración, que es el efecto de enfriamiento evaporativo del agua que transpiran las plantas y otra pequeña parte se debe a la humedad del suelo. Sin embargo, el efecto de un árbol aislado no es muy significativo, ya que desaparece rápidamente debido a los movimientos del aire, sea por viento o convección (Ochoa, 1999).

Por ejemplo, los grandes parques en áreas densamente urbanizadas, rodeados de edificios altos en todos sus costados o bien los patios interiores de edificaciones, ya que estudios demuestran diferencias de temperatura de 5-7°C y la humedad relativa puede variar un 10 % (Ochoa, 1999).

- Disminución del ruido: en este aspecto se debe considerar primordialmente la profundidad y altura de la barrera. Una pantalla colocada cerca de la fuente de ruido es más eficiente que otra junto a la zona que se desea proteger (Ochoa, 1999).

Sin embargo, se conoce el efecto de reducción del ruido debido a la vegetación no es tan significativo, pero sí tiene un gran efecto psicológico, sirve como pantalla visual entre la fuente de ruido y las personas afectadas, disminuyendo la percepción del mismo (Ochoa, 1999).

Por otra parte, una característica de la vegetación en relación con el ruido es enmascarar los ruidos desagradables de fondo, con otros que resultan más agradables al oído humano, como el sonido que producen las hojas y ramas al moverse con el viento o bien el canto de las aves que viven en los árboles. Asimismo, los árboles plantados a lo largo de las calles pueden reducir el tiempo de reverberación en una calle debido a la absorción de las hojas (Ochoa, 1999).

- Disminución de deslumbramientos: también es posible reducir el *discomfort* visual por medio de la vegetación ya que se puede colocar la vegetación tan cerca como sea posible de las fuentes de deslumbramiento, ya que cuando se trata de luz reflejada lo más importante es interceptada antes de que alcance su destino.

En algunas ocasiones puede ser conveniente filtrar la luz más que bloquearla por completo, para obtener efectos visuales evitando la monotonía al paisaje. La vegetación puede ser muy efectiva como barrera o pantalla, pues proporciona privacidad y elimina vistas no deseadas como basureros, terrenos deshabitados o carreteras. Estas pueden dirigir la vista de un observador hacia una dirección en particular o enmarcar un paisaje determinado (Ochoa, 1999).

## **5.10. Aspectos estructurales**

### **5.10.1. Tipos de construcción**

Los tipos de construcción y sus materiales pueden tener relación directa en el confort de los habitantes de una edificación, ya que estos factores, unidos a la zona donde se encuentra la estructura, pueden incrementar o disminuir el confort y bienestar de una población, ya sea en sus aspectos habitacionales, laborales o escolares.

Por esto, el hecho de que una estructura se haya construido recientemente o que sea tan antigua que posea una declaración de valor patrimonial, influye en las características que la misma posee por el tipo de materiales que fueron utilizados en el momento de la construcción y diseño. Por ejemplo, la construcción liviana en edificaciones modernas o la construcción tradicional y pesada para estructuras de mayor antigüedad. Esto tiene relación con las variables ambientales que presenta cada una y, por ende, puede incidir en las sensaciones específicas de bienestar que poseen sus moradores.

#### **5.10.1.1. Construcciones prefabricadas**

La industrialización en la construcción causó un creciente interés en el desarrollo de la prefabricación de hormigón pre esforzado, como un medio de reducir el alto costo de la mano de obra y lo caro de incluir formaletas en las construcciones de hormigón vertido *in situ*. Las exigencias para todos los materiales prefabricados son las mismas: resistencia térmica, acústica, de aspecto, durabilidad y economía de mantenimiento, estabilidad al fuego, entre otras (Novas, 2010).

En cuanto a sus características, los sistemas prefabricados se pueden clasificar según el peso de la estructura, por ejemplo, los sistemas ligeros tienen estructura metálica o estructura mixta y los sistemas pesados cuentan con una estructura de hormigón armado (Pons, 2010).

#### **5.10.1.2. Construcciones tradicionales**

Se consideran sistemas constructivos tradicionales a aquellos que tienen un grado de industrialización bajo y tienen como factor fundamental la mano de obra, los muros en mampostería simple en ladrillo y la construcción de pórticos (vigas y columnas), también llamados sistemas de construcción húmedos. El concreto es una roca fabricada por el hombre que permite facilidad de colocación, velocidad de fraguado y apariencia adecuada según su aplicación (Gutiérrez, 2003).

La manejabilidad es una propiedad del concreto fresco que se define como su capacidad para ser colocado y debido a esto tanto en la antigüedad como en la época actual sigue siendo una modalidad de edificación muy utilizada, variando mayoritariamente las tecnologías para su uso (Gutiérrez, 2003).

#### **5.10.2. Edificaciones con declaratoria de interés patrimonial**

Una edificación patrimonial se define, según la Ley N.º 7555 de Patrimonio Histórico-Arquitectónico de Costa Rica (2007) como “todo bien inmueble que forma parte del patrimonio histórico-arquitectónico nacional. Puede incluir una parte o la totalidad del terreno en donde se ubica cada uno” (s. p.).

Actualmente, el país cuenta con 457 declaraciones de patrimonio y las características para una declaración patrimonial se encuentran en el Anexo 6.

Con respecto a las modificaciones de las estructuras, todo interesado en efectuar sobre bienes declarados actos materiales de restauración, rehabilitación, reparación o construcción y en general, deberá gestionar previo a la ejecución de las obras y ante la Dirección del Centro, el respectivo permiso para realizarlas (Ley N.º 7555, 2007).

## 5.11. Normativa Educativa

### 5.11.1. Requerimientos para estructuras escolares: Estrategias Internacionales

Las guías para la aplicación de criterios en la educación varían según el país donde se aplican, sin embargo, los indicadores utilizados y el objetivo del confort de los estudiantes debe primar en cualquier proceso de estructuración educativa. Como parte de los esfuerzos en esta materia, la UNESCO ha creado una serie de normas que brindan los principios básicos de regulación y orientación a las distintas entidades educativas a nivel mundial.

Es así como en el documento Normas y estándares para las construcciones escolares de la UNESCO, que data del año 1987 y expone cómo maximizar y mejorar la apreciación de los espacios y sus variables ambientales, por medio los siguientes aspectos para el mejoramiento de una estructura educativa:

- Cumplir los requerimientos del usuario, del espacio y del equipo, de acuerdo a los recursos económicos.
- Que las construcciones sean estructuralmente sólidas y que los ocupantes obtengan condiciones aceptables de confort y bienestar.
- Que se respete el medio ambiente local.
- Que el costo represente el equilibrio óptimo entre el capital y los costos en uso en una economía determinada.

Como criterio general se rescata que no existe una norma absoluta sobre la que todo el mundo esté de acuerdo, esto en relación con las recomendaciones para estructuras educativas, ya que no es posible alcanzar algún estado imaginario de perfección, sino que se debe decidir y fomentar lo que sea mejor para la situación imperante en cada país (UNESCO, 1987). Esto recalca la importancia de dar a cada norma un valor de adaptabilidad al entorno en que se desea aplicar.

Por esto, se resalta la trascendencia que tiene el personal que debe verificar las normas pertinentes para cada país y su implementación y se define que estas tareas relacionadas con el control de las variables de la infraestructura se deben distribuir entre varias entidades y profesionales ya que, por ejemplo, aun cuando

todos los educadores reconozcan la importancia de una buena iluminación, el establecimiento de métodos de diseño para iluminación natural, es el trabajo de un especialista en edificios o condiciones ambientales físicas (UNESCO, 1987).

Como referencia internacional de estrategias de guías educativas está el ejemplo de la entidad educativa responsable de los lineamientos en esta materia en México, que establece indicaciones claras en cuanto a la imagen interna y externa que deben poseer los centros educativos dependiendo de la población que atienda.

El manual abarca la temática de la identidad institucional y especifica los códigos cromáticos (colores) para interiores y exteriores por nivel y modalidad educativos. Para la selección de los colores a utilizar consideraron la calidad de la luz (natural o artificial) y la reflexión que esta otorga a las superficies para evitar los efectos de deslumbramiento.

Establece que la máxima claridad proviene de pintar los techos y plafones de blanco y si los pisos y elementos de equipamiento son relativamente oscuros (reflejan entre el 25 % y 40 % de la luz) las partes superiores del ambiente deben tener una capacidad de reflexión del 50 % al 60 % (INIFED, 2013).

Con respecto a la educación primaria, este manual indica que por estar dedicada a la atención de niños de 6 a 14 años de edad la gama de colores seleccionada para este nivel tiene dos connotaciones principales: la asimilación con la tierra y la intención de integrar el inmueble educativo con el entorno tomando una parte del mismo y la estimulación anímica al juego y al estudio que provoca el uso de colores de la gama del amarillo, un color brillante y luminoso que genera un ambiente de alegría y rompe con la neutralidad que brinda el color base (INIFED, 2013).

Por otra parte, en Costa Rica el Compendio de Normas para Edificios Escolares establecido por el DICE-MEP en el 2010, determina requerimientos sobre los colores que se deben utilizar en los materiales internos de los espacios educativos basados en la Norma Técnica de criterios normativos para el diseño de locales de educación básica regular niveles de inicial, primaria, secundaria y básica especial, del Ministerio de Educación Pública de Perú. En esta se establece que deben ser tonos claros para contribuir con la iluminación, debido a que existe mejor

distribución de la luz cuando incide sobre las superficies, como se muestra en el cuadro 5.

*Cuadro 5. Factor de reflexión de los colores y materiales*

<b>Color</b>	<b>Factor de Reflexión</b>	<b>Material</b>	<b>Factor de Reflexión</b>
<i>Blanco</i>	.70 - .85	<i>Mortero claro</i>	.35 - .55
<i>Gris claro</i>	.40 - .50	<i>Mortero oscuro</i>	.20 - .30
<i>Gris oscuro</i>	.10 - .20	<i>Hormigón claro</i>	.30 - .50
<i>Negro</i>	.03 - .07	<i>Hormigón oscuro</i>	.15 - .25
<i>Crema</i>	.50 - .75	<i>Arenisca clara</i>	.30 - .40
<i>Amarillo claro</i>	.50 - .75	<i>Arenisca oscura</i>	.15 - .25
<i>Marrón claro</i>	.30 - .40	<i>Ladrillo claro</i>	.30 - .40
<i>Marrón oscuro</i>	.10 - .20	<i>Ladrillo oscuro</i>	.15 - .25
<i>Rosado</i>	.45 - .55	<i>Mármol blanco</i>	.60 - .70
<i>Rojo claro</i>	.30 - .50	<i>Granito</i>	.15 - .25
<i>Rojo oscuro</i>	.10 - .25	<i>Madera clara</i>	.30 - .50
<i>Verde claro</i>	.45 - .65	<i>Madera oscura</i>	.10 - .25
<i>Verde oscuro</i>	.10 - .20	<i>Aluminio mate</i>	.55 - .60
<i>Azul claro</i>	.40 - .55	<i>Aluminio brillante</i>	.80 - .85
<i>Azul oscuro</i>	.05 - .15	<i>Acero pulido</i>	.55 - .65

Fuente: DIEE-MEP, 2010

Este manual brinda las indicaciones concretas que deben implementarse en todos los centros educativos en cuanto a imagen y colores, con el fin de estandarizar y brindar el criterio técnico respectivo que promueva la mejor calidad de los espacios y guíe el diseño y concepción de los mismos. Incluye incluso los códigos de colores autorizados para las aulas escolares, con el fin de mantener estándares estrictos de ambientación interna.

Según esta guía, los espacios educativos básicos constituyen dos áreas mínimas vitales: el aula y el comedor multiuso y en las aulas se permite un máximo 45 de estudiantes, lo que facilita el mobiliario adecuado para distintas edades y medidas antropométricas, con distintos rincones para trabajos personales o en equipo (MINEDUC, 2000).

A la vez, esta guía indica que el clima es el factor externo más importante a considerar, ya que permite conocer los requerimientos de una edificación en cuanto a las soluciones constructivas, de orientación, tipo de materiales, protecciones y aislación de sol, viento o lluvia, así como el diseño de las cubiertas, morfología, orientación, iluminación, ventilación, altura, quiebravientos, sombreaderos, patios, colores y materiales recomendados (MINEDUC, 2000).

Esto describe la información técnica mínima que debe ser considerada para el emplazamiento de un centro educativo en cada zona, es una guía para el personal que diseñe y construya la edificación y justifica con el criterio especializado cada uno de los requerimientos.

#### **5.11.2. Compendio de normas y recomendaciones para la construcción de edificios para la educación en Costa Rica**

El Ministerio de Educación Pública de Costa Rica, a través de su Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo (DIEE), posee un compendio de lineamientos que regulan las estructuras educativas a nivel nacional, ya sean de tipo público o privado, por lo que, a continuación, se realiza un extracto de este documento con las indicaciones más importantes para el presente estudio.

Cuadro 6. Resumen de Compendio de normas para edificios escolares según el DIEE-MEP, 2010

<b>Compendio de normas para edificios educativos (DIEE-MEP)</b>		
<b>Aspecto</b>	<b>Indicación</b>	<b>Legislación</b>
Ubicación: El terreno seleccionado deberá reunir las mejores condiciones posibles y estar protegido de los elementos perturbadores de la Tranquilidad y salud de los educandos.	En presencia de elementos perturbadores de la salud y la tranquilidad, el MEP se reserva el derecho de hacer las consultas ante los organismos públicos o normativa internacional competentes.	Artículo 11 Ley 833 Ley de Construcciones.
Ubicación de edificios.	Las escuelas en construcciones declaradas de valor "histórico" o "arquitectónico" deben respetar la escala y otros valores arquitectónicos.	Artículo 6.2-6.3 Ley 7555 de Patrimonio Histórico.
Zonas de juego Dentro de la superficie libre deberá destinarse una zona pavimentada o enzacatada para juegos	Esta no debe ser menor de dos y un cuarto metros cuadrados (2,25 m <sup>2</sup> ) por alumno.	Artículo 11.6 Ley 833 Ley de Construcciones.
Espacios requeridos	Mínimo con: salas de clase, administración, patio cubierto o salón multiuso, instalaciones sanitarias, pasillos y/o corredores techados.	Artículo 11.8 Ley 833 Ley de Construcciones.

Cuadro 6. Resumen de Compendio de normas para edificios escolares según el DIEE-MEP, 2010

<b>Compendio de normas para edificios educativos (DIEE-MEP)</b>		
<b>Aspecto</b>	<b>Indicación</b>	<b>Legislación</b>
Otros espacios importantes	Espacio para la enseñanza especializada como: laboratorios, talleres y similares. Espacios para educación física.	Artículo 11.8.6/11.8.7, Ley 833 Ley de Construcciones.
Área mínima para las salas de clase	El área de las salas de clase se calculará a razón de un metro y medio cuadrado por alumno (1,50 m <sup>2</sup> ), como mínimo.	Artículo 11.9, Ley 833 Ley de Construcciones.
Máximo de alumnos por aula	El máximo de alumnos recomendado para las aulas (excepto preescolar) debe ser de 30 alumnos.	Artículo 11.9, Ley 833 Ley de Construcciones.
Ventanas a colindancia Evitar la afectación de la ventilación e iluminación natural y el aumento en los niveles de ruido.	Los niveles de ruido que se puedan generar se pueden evitar con barreras en el espacio de retiro.	Artículo IV.20 NFPA 101
Criterios de emplazamiento (ubicación geográfica)	Preferiblemente en zonas aisladas de los diversos tipos de ruidos ambientales, teniendo en cuenta la dirección de vientos predominantes.	
Aislamiento térmico de las edificaciones educativas: climas cálidos	Cuando en el interior de las aulas la temperatura interior es mayor a 24°C, se deberán evitar los aportes de energía	

Cuadro 6. Resumen de Compendio de normas para edificios escolares según el DIEE-MEP, 2010

<b>Compendio de normas para edificios educativos (DIEE-MEP)</b>		
<b>Aspecto</b>	<b>Indicación</b>	<b>Legislación</b>
	directos debido a que elevarían más la temperatura interior del ambiente.	
Ventilación	<p>Los muros opuestos a las ventanas deberán tener aberturas ubicadas de tal manera que permitan la ventilación cruzada, determinada por las condiciones climáticas de la zona. Las ventanas deberán permitir regular la ventilación debiendo abrirse por lo menos una tercera parte de ellas.</p> <p>La pared opuesta del aula (colindante al pasillo) debe tener una ventila con un área equivalente al 33.3 % del área de las ventanas que dan al exterior.</p> <p>Se recomienda que las ventanas de entrada de aire estén a 1.10m de altura, con el fin de permitir el flujo constante y fresco.</p>	Artículo 11.12, Ley 833 Ley de Construcciones.
Ventanas de salida de aire	Las ventanas de salida de aire deben colocarse en la parte superior de las paredes con el fin de evacuar el aire caliente.	

Cuadro 6. Resumen de Compendio de normas para edificios escolares según el DIEE-MEP, 2010

<b>Compendio de normas para edificios educativos (DIEE-MEP)</b>		
<b>Aspecto</b>	<b>Indicación</b>	<b>Legislación</b>
Colores de los materiales: cielos	Color blanco mate o con un factor de reflexión de 75 % para reflejar la luz de manera difusa, disipando la oscuridad y reduciendo los brillos de otras superficies. Esto implica un ahorro en la iluminación artificial. DIEE-MEP: referencia directa de “Norma Técnica de criterios normativos para el diseño de locales de educación básica regular niveles de inicial, primaria, secundaria y básica especial, del Ministerio de Educación Pública de Perú” ( <i>En adelante se citará como DIEE-Perú</i> )	<i>DIEE-Perú</i>
Colores de los materiales: paredes y piso	Pálidos con factores de reflexión del 50 al 75 % en acabado mate o semi brillante para evitar reflejos.	<i>DIEE-Perú.</i>
Colores de los materiales: pisos	El factor de reflexión de los suelos debe oscilar entre el 20 y el 25 %.	<i>DIEE-Perú.</i>
Colores de los materiales: Mobiliario y/o Equipo	Cualquier superficie de trabajo, deberá tener factores de reflexión de entre un 20 y un 40 %.	<i>DIEE-Perú.</i>
Iluminación natural	La luz natural debe ser directa, de preferencia proveniente del norte o si esta orientación no es posible, los ventanales se tratarán con la protección adecuada contra la radiación solar. La mayor parte del tiempo posible se utilice la iluminación y ventilación natural.	Artículo 11.11, Ley 833 Ley de Construcciones.

Cuadro 6. Resumen de Compendio de normas para edificios escolares según el DIEE-MEP, 2010

<b>Compendio de normas para edificios educativos (DIEE-MEP)</b>		
<b>Aspecto</b>	<b>Indicación</b>	<b>Legislación</b>
	<p>Se colocará la edificación con sus fachadas carentes de ventana en forma paralela a la línea del este y oeste. Como consecuencia de lo anterior, las ventanas o fachadas principales quedarán paralelas a la línea del norte y sur.</p> <p>Se pueden considerar elementos que aíslen por completo tanto la incidencia lumínica como la calórica.</p> <p>Las protecciones contra radiación serán dispositivos como pantallas con protección ultravioleta, pantallas refractarias y parasoles, no se permitirá el uso de persianas, cortinas u otros dispositivos no fijos.</p>	
Iluminación artificial o cenital	La luminancia para aulas debe estar en los 552 lux. La práctica común del MEP indica 2 tubos LED de 1.22m por cada 9 m <sup>2</sup> de área de piso	Artículo 11.13, Ley 833 Ley de Construcciones.
Ruido	Los centros educativos deben ser construidos de forma tal que la incidencia sónica que sus actividades puedan emitir hacia el predio vecino no supere los niveles referidos por el artículo 294 de la Ley General de Salud.	Artículo IV.20 NFPA 101.

Fuente: Compendio de normas para edificios escolares según el DIEE-MEP, 2010.

El compendio del DIEE-MEP basa su limitación de ruido permitido dentro de los salones de clase en el estándar de la norma técnica del Ministerio de Educación de Perú, el cual se muestra en el cuadro a continuación:

**Figura 17. Estándares internacionales de ruido según DIEE**

<b>Ambiente</b>	<b>Ruido producido</b>	<b>Ruido exterior aceptable</b>	<b>Límite máx. De ruido al interior (dB)</b>
Preescolar	Alto	Bajo	35
Sala de descanso	Bajo	Bajo	35
Primaria y secundaria	Promedio	Bajo	35
Sala de lectura (menos de 50 alumnos)	Promedio	Bajo	35
Sala de lectura (más de 50 alumnos)	Promedio	Muy bajo	30
Zonas de estanterías, ficheros, atención	Promedio	Medio	40
Laboratorios de ciencias	Promedio	Medio	40
Talleres	Promedio	Medio	40
Multifuncionales	Promedio	Bajo	35
Pasillos de comunicación entre aulas	Promedio	Medio	40
Polideportivos	Alto	Medio	45

Fuente: Adaptación DIEE-MEP, 2010.

### 5.12. Operacionalización de variables

*Cuadro 7. Operacionalización de variables*

<b>Objetivos</b>	<b>Variable</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Escala de medida</b>	<b>Recolección de información</b>	<b>Unidad de medición</b>
<p>Caracterizar las condiciones ambientales de confort a las que se expone la población estudiantil de los centros educativos seleccionados.</p>	Ruido	Cantidad de decibeles	Aulas	Intervalo	Sonómetro	Decibeles (dB)
	Humedad relativa	Porcentaje de Humedad	Aulas	Intervalo	Termo higrómetro	Porcentaje (%)
	Temperatura	Nivel de temperatura	Aulas	Intervalo	Termo higrómetro	Grados Celsius (°C)
	Confort térmico	Índice PMV y PPD	Aulas	Intervalo	Data Loggers HOBO/ estaciones meteorológicas de bolsillo KESTREL.	Grados Celsius (°C)
	Luminancia	Cantidad de luz	Aulas	Intervalo	Luxómetro	Lux
	Color	Color de aulas y oficinas	Aulas	Nominal	Observación	No aplica
	Velocidad del aire	Flujo de aire	Aulas	Intervalo	Anemómetro	m/s

*Cuadro 7. Operacionalización de variables*

<b>Objetivos</b>	<b>Variable</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Escala de medida</b>	<b>Recolección de información</b>	<b>Unidad de medición</b>
	Diseño de las estructuras tradicionales y prefabricadas escolares	Materiales de construcción. Dimensiones internas. Distribución.	Planta física de las escuelas en estudio	Nominal	Observación	No aplica
	Tiempo de construcción	Actas públicas de construcción	Escuelas en estudio	Nominal	Observación Decreto de construcción	No aplica
	Utilización del espacio	Capacidad máxima de moradores. Funciones y tareas más habituales. Periodos de uso.	Escuelas en estudio	Nominal	Observación	No aplica

Fuente: elaboración propia, 2018.

## **6. Estrategia metodológica**

A continuación, se exponen las variables e indicadores, las unidades de análisis, la escala de medida, los métodos de recolección de la información, la unidad de medición y el análisis de la información, con respecto a los objetivos del estudio.

La salud y el medio están íntimamente relacionados, por ese motivo, la calidad y la salubridad del entorno son vitales para una buena salud. En el presente estudio se abordan variables ambientales que conforman el entorno educativo que rodea a los estudiantes de dos centros educativos en el Gran Área Metropolitana, ambos de la misma zona de vida y siendo este y los materiales de construcción los criterios imperantes para su selección.

Unido a lo anterior se analizan varios manuales y guías internacionales de diseño de infraestructura escolar, los cuales constan de directrices para dirigir la conceptualización de los espacios escolares, con el fin de dar una panorámica de la situación actual del tema por tratar en la investigación.

### **6.1. Diseño metodológico**

En esta sección se describe el diseño metodológico de la investigación, los métodos de recolección de datos y de análisis de estos, así como las consideraciones éticas tomadas en cuenta para la realización de esta.

### **6.2. Diseño de la investigación**

Esta investigación aborda el análisis de las condiciones ambientales de los centros educativos en estudio y su cumplimiento con respecto a los parámetros nacionales e internacionales adecuados para el confort de poblaciones educativas. A la vez, se propone el cumplimiento de la normativa establecida para centros educativos por medio de planes de mejoramiento y contingencia de las condiciones actuales para dichos espacios.

Según conceptos establecidos por Hernández, Fernández, Baptista (2006), se determina que el presente estudio se categoriza como cuantitativo, descriptivo y analítico, ya que los objetivos de caracterización de las estructuras son de carácter descriptivo y el objetivo que pretende establecer una posible relación entre las variables es de carácter analítico. Asimismo, posee una serie de sesgos de estudio y de validez externa e interna que deberán ser controlados, al igual que su precisión, con el fin de que no afecten los resultados ni la validez del estudio.

El estudio es descriptivo ya que buscó definir las condiciones ambientales de los centros educativos. Asimismo, perseguía como objetivo el describir cada una de las condiciones ambientales específicas en las aulas, por lo que se utilizó una metodología específica de medición para cada una de ellas.

Aunado a lo anterior, el estudio es analítico ya que pretendió analizar las variables ambientales de confort dentro de los centros educativos y el cumplimiento de la normativa nacional estipulada, planteando una posible relación entre la estructura y materiales de cada escuela y el comportamiento de las condiciones de confort.

Con respecto a la información recolectada, es de tipo cuantitativa, debido a que algunos de los indicadores evaluados, principalmente los correspondientes al primer objetivo del estudio, son valores numéricos comparables.

### **6.3. Variables consideradas**

Para la presente investigación se estableció como metodología la observación y medición de las condiciones ambientales presentes en cada una de las edificaciones, con el fin de analizar las variables en estudio, tomando en cuenta las características de la edificación. Las mismas que se describen a continuación:

### **6.4. Medición de las Condiciones Ambientales**

Una vez analizada la edificación y caracterizada según su estructura, se midieron las variables ambientales en estudio, en áreas representativas de los centros educativos. Por esto se establecieron procedimientos específicos para efectuar el monitoreo y análisis de la temperatura del aire, humedad ambiental, luminancia, confort térmico, velocidad de viento interior y ruido.

Los procedimientos de medición de cada una de las variables en estudio específicos se identifican en la sección 6.8.2 Mediciones ambientales directas e indirectas.

Posterior al análisis de las condiciones ambientales, se elaboró una propuesta de mejoramiento, mitigación y prevención utilizando como principal estrategia el uso de técnicas pasivas de diseño bioclimático, para las variables que pueden generar un perjuicio en la salud de los estudiantes en relación con el confort ambiental en las aulas que fueron parte del estudio. A la vez, la misma puede replicarse en las demás áreas de los centros educativos en estudio.

#### **6.5. Metodología para la selección de aulas**

Se establece una media del total las aulas que posee cada recinto escolar, identificando que por cada centro educativo se tomarían en cuenta para el estudio cinco salones de clase. Para la selección de las aulas que serían parte del estudio, se identificó una cantidad promedio de espacios por escuela, ya que ambas variaban y se encontró como media cinco aulas que serían incluidas dentro de la investigación, para un total de 10 aulas analizadas.

Cada una de ellas se identificó con un número específico, en el caso de la Escuela Rafael Francisco Osejo, las mismas ya poseían números, pero en el centro educativo Rafael Arguedas se designaban por el año escolar que se impartía, por lo cual se dispuso de manera ascendente a partir de un dígito a cada una de ellas y fueron seleccionados por medio de la función del programa Microsoft Excel 2013 para establecer números aleatorios.

#### **6.6. Metodología de selección de fechas**

Al igual que en selección de las aulas, se utilizó el programa Microsoft Excel 2013, con su función para la generación de números aleatorios. En este caso, se establecieron dos dígitos correspondientes a los días del mes que se realizaron los procesos de recolección de datos puntuales de las condiciones ambientales, siendo repetido el procedimiento para selección de días en los meses de julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre.

Una vez que se realizó este procedimiento, si dicho día coincidía con un fin de semana (sábado o domingo) o con una efeméride que fuese de no asistencia a los recintos escolares, se anulaba dicho dígito y se repetía el proceso, completando así dos días para cada mes de estudio.

## **6.7. Validez y sesgos de investigación**

### **6.7.1. Validez interna**

La validez interna se encuentra delimitada por la presencia o ausencia de sesgos que pueden interferir en el trascurso de la investigación, por lo tanto, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Sesgo de selección: se realizó una selección aleatoria tanto de las aulas que iban a ser parte del estudio como de los días en los cuales se iban a realizar las mediciones puntuales de las condiciones ambientales.
- Sesgos de instrumentación: los equipos utilizados para la investigación son propiedad de la Escuela de Arquitectura, Departamento de Arquitectura Tropical y de la Escuela de Tecnologías en Salud, ambas de la Universidad de Costa Rica, los cuales cuentan con los certificados de calibración y en cuanto a los sonómetros se utilizó el calibrador propio del equipo. Los mismos
- Sesgos de medición: en ambas escuelas que pertenecen a la misma zona de vida con condiciones climáticas establecidas, las mediciones de las condiciones ambientales se realizaron el mismo día, en periodos horarios establecidos (7:00 a. m. a 10:00 a. m., de 10:00 a. m. a 12:00 m. d. y finalmente, de 1:00 p. m. a 3:00 p. m.). A la vez, se estandarizaron cada uno de los procedimientos de medición de las condiciones ambientales en estudio según las fichas técnicas del equipo, siendo fuentes primarias validadas para la obtención de datos.
- Sesgo del experimentador: para la utilización de los equipos de medición, cada uno de los investigadores fue capacitado, además se estudiaron las fichas técnicas de los mismos.

De esta manera para las variables de bienestar térmico y análisis de Hobos se utilizaron herramientas digitales de cálculo y análisis avalados por entidades académicas y por la marca del equipo que disminuyen la influencia que puede tener el investigador sobre los datos.

### **6.7.2. Validez externa**

Para que el estudio tuviera validez externa, se consideraron variables como ruido, iluminación, temperatura, color, entre otros, en áreas pertenecientes a la misma zona de vida, estableciendo similitudes entre los recintos escolares en estudio, ubicados en la Sabana de Mata Redonda y en Barva de Heredia, en condiciones como ubicación geográfica, población que podría verse afectada por las condiciones ambientales, clasificación de recintos escolares, tipos de construcción y entorno.

En cuanto a la ubicación geográfica, se sectorizó en recintos escolares en la misma zona de vida para evidenciar similitudes entre sí, ya que cuentan con condiciones climáticas similares. De igual manera la población que podría verse afectada o favorecida por las condiciones ambientales cuenta con escolares de niños entre los 6 y 12 años, a la vez, adultos que conforman el cuerpo docente y administrativo de las escuelas.

En presente estudio, al realizarse en escuelas con concepto y materiales de construcción diferentes, puede aplicarse una metodología similar en la investigación de las condiciones ambientales correspondientes a las edificaciones equivalentes a las demás tipologías de construcción avaladas por el Ministerio de Educación.

El sistema de análisis de las condiciones ambientales tomó en cuenta el entorno de los recintos escolares, no solo en el concepto de urbanidad, sino también por la afectación de algunas condiciones externas por la presencia de vehículos, actividades de los colindantes o estructuras vecinas.

Al existir actualmente, una estandarización en la construcción de recintos escolares en cuanto a la distribución y materiales de las edificaciones escolares, representadas en la escuela Rafael Arguedas en Barva de Heredia, se garantiza una metodología estandarizada de ventilación, iluminación, aislamiento térmico de

materiales, entre otros. Sin dejar de lado la representatividad de dichas condiciones en edificios patrimoniales caracterizadas por la escuela Rafael Osejo en Mata Redonda.

#### **6.8. Procesos de recolección de información**

Con respecto a las mediciones de condiciones ambientales, se analizaron durante los meses de época seca (julio y diciembre) y de la época lluviosa (agosto, setiembre, octubre, noviembre), con el fin de abarcar los posibles factores climáticos y condiciones del entorno que pueden influir en la manifestación de escenarios perjudiciales en las aulas para impartir o recibir lecciones, determinando el cambio que se dio en ellas en relación con cada época. Por lo tanto, los procedimientos de recolección de información se repitieron en ambos tiempos.

La herramienta utilizada para recolección de información en campo relacionada con las condiciones ambientales y estructurales de los centros educativos se muestra en el anexo 7. Asimismo, las mediciones ambientales se realizaron en cinco aulas de cada una de las escuelas en estudio, conformando un total de 10 espacios en total de medición, en el periodo correspondiente al II Semestre (julio-diciembre) del año 2016. Las mismas se efectuaron dos veces cada mes a tres horarios específicos: de 7:00 a. m. a 10:00 a. m., de 10:00 a. m. a 12:00 m. d. y finalmente, de 1:00 p. m. a 3:00 p. m. Esto con el fin de establecer tendencias diarias de las condiciones evaluadas.

##### **6.8.1. Características estructurales**

Se realizaron inspecciones visuales en cada una de las unidades de estudio con el fin de establecer materiales, distribución y dimensiones de la infraestructura, pupitres, ventanas, piso, paredes, techo, entre otros aspectos, que pueden de una u otra manera potenciar o reducir el efecto de las variables ambientales estudiadas.

##### **6.8.2. Mediciones ambientales directas e indirectas**

Las mediciones ambientales directas constituyen una fuente de información primaria, ya que se obtienen directamente de la situación en estudio. A continuación, se muestra la recolección de cada una de las fuentes primarias.

- Ruido: para llevar a cabo las mediciones de ruido ambiental, se utilizó un sonómetro integrador con un filtro de bandas de octava en tiempo real, con ponderación de frecuencias clase A, marca 3M, modelo Quest Sound Pro, propiedad de la Escuela de Tecnologías en Salud.

Para efectos de la presente investigación con fin de tener un panorama acústico y analizar el comportamiento de cada escuela en cuanto al ruido, se realizaron cuatro mediciones de cinco minutos en cada una de las aulas de estudio, con un promedio de la exposición sonora y el límite de presión sonora equivalente (Leq) para interpretar adecuadamente el constante cambio de ellos en cada una de ellas.

Cada una de las mediciones se realizó en las esquinas de los recintos educativos con el micrófono dirigido hacia el centro del aula, abarcando la totalidad del área de estudio.

- HOBOS: los data *loggers* o HOBOS se utilizaron como equipo fijo para las mediciones de temperatura y humedad relativa necesarias en el proceso de análisis, en las cinco aulas de cada escuela y un punto exterior. Este equipo se colocó por el periodo comprendido entre la primera medición del mes y la segunda, manteniéndolo en el área aproximadamente entre 10 y 15 días midiendo constantemente cada 30 minutos los valores de humedad, temperatura e iluminación. Este equipo es propiedad del Laboratorio de Arquitectura Tropical, de la Escuela de Arquitectura.

Para la graficar los datos obtenidos en campo se utilizó un *software* especial llamado Hoboware, el cual muestra la distribución de los valores en gráficos según los parámetros en estudio, como lo son temperatura y humedad. La herramienta permitía descargar los valores de las mediciones en la computadora y observarlos.

Se procedió a eliminar de la base de datos los valores de las mediciones nocturnas, para solo tener en cuenta las mediciones del mismo periodo en que se hicieron las mediciones puntuales, con el fin de que fueran comparables. La utilización de los Hobos buscó seguir las mediciones de estos factores en los días

en las que no había visitas, comprobando que el comportamiento del mes fue representativo a estos dos días de estudio con equipo puntual.

- Iluminación: con respecto al nivel de iluminación, se utilizó el luxómetro Extech LT300, con el fin de establecer la cantidad de lux de cada una de las aulas e infraestructura escolar se dividirá cada aula en tres franjas (frente, medio, fondo) y midiendo tres puntos en cada franja (ventana, centro, pasillo), para un total de 9 puntos por aula. El equipo pertenece al Laboratorio de Arquitectura Tropical, de la Escuela de Arquitectura.
- Humedad, ventilación y temperatura: con respecto a estos parámetros se utilizó un termo higrómetro modelo Kestrel 3000, el cual establecerá el nivel de cada uno de ellos. Los puntos de medición serán definidos por un punto central en cada una de las aulas de estudios. Como único punto de medición se establecerá el centro de cada una de las aulas, colocando el medidor en dirección a la fuente de ventilación siendo más específica velocidad de las ráfagas. Este equipo es propiedad de la Escuela de Tecnologías en Salud.
- Temperatura radiante: las mediciones de temperatura radiante buscan brindar un valor concreto que pueda ser utilizado con el método Fanger para determinar el confort térmico de los habitantes de un espacio, las cuales fueron tomadas con el equipo marca KIMO, con el cual se estableció una sola medición en el centro de aula. El equipo es del Laboratorio de Arquitectura Tropical, de la Escuela de Arquitectura.
- Temperatura superficies: para la obtención de la temperatura de las superficies se utilizó el termómetro infrarrojo marca Extech, con el cual se apuntaba a cada una de las áreas del aula que se deseaba conocer. Para la medición se toman las indicaciones en el manual del equipo, donde se muestra cada medición debe ser tomada a una distancia de 75 cm de las superficies. Las cuales, para efectos del estudio, serán el piso, la pizarra, los pupitres y el piso que pudiesen encontrarse contacto directo o no con la radiación solar. A la vez, se establece que se realizará una en cada

franja horaria establecida. El equipo es del Laboratorio de Arquitectura Tropical, de la Escuela de Arquitectura.

Cada uno de los equipos mencionados se puede visualizar en la siguiente figura:

**Figura 18. Equipos para la evaluación de condiciones ambientales**



Fuente: elaboración propia, 2018.

A la vez, también se establecieron mediciones indirectas, por razón del cálculo de índices a partir de las mediciones directas, como se pueden mencionar:

- Confort térmico: el confort térmico fue analizado a través del método de Fanger con el cálculo de los índices térmicos PMV (Voto Medio Previsto o Voto Medio Estimado) y PPD (Porcentaje Previsto de Insatisfechos o Porcentaje Estimado de Insatisfechos), utilizando el equipo de medición de temperatura ambiental, temperatura radiante y humedad, los cuales serán colocados en diferentes zonas de cada una de las aulas. Posteriormente, la información recolectada se utilizó para el establecimiento de ambos índices según las fórmulas establecidas en las normas NTP 779 y la norma técnica UNE EN ISO 7730: 2006 Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.

Dicho análisis se realizó con la herramienta virtual de cálculo de PMV y PPD a través de método Fanger de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (INSHT) y corroborado utilizando un *software* virtual de cálculo

de PMV PPD del apartado de calculadores de bienestar global y local. En el cuadro 8 se muestra la metodología de uso de esta herramienta.

El método de Fanger es un método objetivo de evaluación que permite el cálculo del valor numérico de unos índices térmicos, PMV y PPD, indicadores de la sensación de bienestar térmico global del cuerpo, a través de la medición de los 4 parámetros ambientales (temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad del aire y humedad relativa), la estimación del aislamiento de la vestimenta y la determinación de la tasa metabólica del trabajo que se realiza.

Para la utilización del método de Fanger se debe establecer el valor del aislamiento térmico, el cual es proporcionado por la ropa que utilizan las personas. Dicha estimación puede ser calculada a partir de combinaciones habituales de ropa o bien mediante la selección personalizada de las prendas del trabajador (ISO 7730, 2006).

El cuadro 8 contiene la información sobre el cálculo de los índices PMV y PPD.

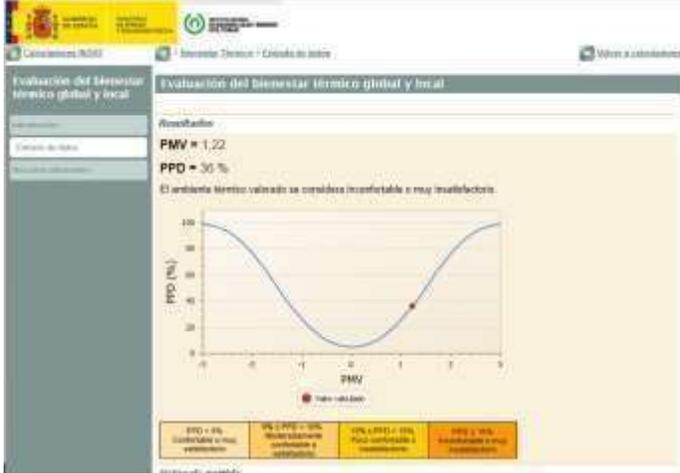
#### **6.9. Métodos para analizar la información**

Para el análisis de la información ambiental se manejaron métodos descriptivos y representaciones gráficas para comparar los resultados de las mediciones. Por último, se crearon gráficos para las variables de ruido, ventilación, iluminación, entre otros con los datos obtenidos de las mediciones en campo, esto para representar el panorama de variables ambientales y sus valores en relación con la exposición por parte de los estudiantes a estas condiciones.

A la vez, se contempló la importancia de no solo visualizar las mediciones en conjunto por escuela, sino también retomar casos específicos de condiciones relevantes a rescatar por aulas, ya que a pesar de que el análisis corresponde a la unidad de estudio global que es el centro educativo, la investigación de algunos de los aspectos encontrados en las aulas enriquece el análisis del panorama ambiental que rodea a los estudiantes.

Cuadro 1. Metodología de cálculo de PMV y PPD

Indicaciones	Captura de pantalla
<p>Inicialmente se ingresa al apartado de calculadores de bienestar global y local del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo INSHT.</p> <p>Eligiendo la sección de Evaluación de la incomodidad global (índices PMV y PPD), seguidamente oprime el botón “SIGUIENTE”</p>	 <p>Evaluación de la incomodidad global (índices</p>
<p>Seguidamente, se colocan los valores de tasa metabólica, que para la presente investigación será de 1.7 mets, por actividades metabólicas bajas. A la vez, en la sección de potencia mecánica se coloca un CERO “0”.</p> <p>Finalmente, se selecciona la vestimenta, al ser uniforme escolar lo que utilizan se selecciona la combinación habitual de prendas que comprende: Calzoncillos, camisa manga corta, pantalones ligeros, calcetines finos y zapatos. Nuevamente, se oprime el botón “SIGUIENTE”</p>	

Indicaciones	Captura de pantalla
<p>A continuación, se coloca los datos recolectadas con los instrumentos de medición en cada aula en estudio:</p> <p>Temperatura del aire, temperatura radiante, velocidad relativa del aire y humedad relativa del aire. Finalmente, oprime el botón “CALCULAR”</p>	
<p>Se presenta la sección de resultados, con un gráfico del bienestar térmico y el porcentaje de inconformidad (PMV y PPD) Estableciendo que con un porcentaje de inconformidad (PPD) de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>PPD&lt;6 %</b> Ambiente confortable o muy satisfactorio</li> <li>• <b>6 %&lt;PPD&lt;10 %</b> Ambiente moderadamente confortable o satisfactorio.</li> <li>• <b>10 %&lt;PPD&lt;15 %</b> Ambiente poco confortable o insatisfactorio.</li> <li>• <b>PPD&gt;15 %</b> Ambiente inconfortable o muy satisfactorio.</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia, 2017.

Una vez obtenida la información ambiental de los centros educativos, se identificó el grado de cumplimiento de las condiciones obtenidas con respecto a disposiciones de normativa nacional e internacional, como recomendación mínima o límite para aulas escolares, con esto se expone la necesidad de generación de medidas de control o mitigación a aquellas que pudiesen generar un efecto negativo en los estudiantes.

Por otro lado, el análisis estadístico de los datos obtenidos con los Hobos se procesó de forma tal que permitiera verificar la significancia estadística de las medias obtenidas entre ambas escuelas. Se utilizó el complemento de Excel llamado Megastat para realizar una prueba de hipótesis T-Student de dos colas, comparando dos grupos independientes, con una base de datos de 864 elementos del periodo de medición de julio a diciembre en el horario establecido para recopilación de mediciones (7:30 a. m. a 4:00 p. m.) y con una configuración de 95 % de confianza.

## **7. Resultados y discusión**

En este capítulo se exponen los resultados de la investigación, que apuntan a los principales hallazgos relacionados con las mediciones de las variables ambientales en cada uno de los centros educativos en estudio y que pueden ser asociadas a la problemática de infraestructura educativa en dichos centros.

### **7.1. Caracterización de los centros educativos**

En este apartado se describen las características generales de las aulas de la Escuela Rafael Arguedas Gutiérrez y Rafael Francisco Osejo presentes en el periodo de estudio comprendido entre julio y diciembre 2016.

Se seleccionaron centros educativos que se encuentran en la misma zona de vida y piso altitudinal, con el fin de que se presenten condiciones similares en relación con los factores biológicos a los que se exponen. De esta forma se disminuye el aporte de variables no controladas en las mediciones realizadas. Otra variable seleccionada fueron las características de construcción. Una de las edificaciones cuenta con una serie de con materiales pesados tradicionales, mientras que la otra es de construcción utilizando losas y postes prefabricados.

Las escuelas seleccionadas para el presente estudio se encuentran ambas dentro de la zona de vida denominada Bosque Húmedo Premontano, ubicadas específicamente en Sabana Sur, San José y San Roque de Barva, Heredia, el cual se identifica después del bosque tropical seco, el tipo de bosque más alterado y reducido en Costa Rica y se dice que está representado por tan solo el 1.75 % (9000 hectáreas) de su cobertura original. Existe una tendencia hacia su fragmentación. Entre las causas de la desaparición de este tipo de ecosistema está su ubicación sobre una faja altitudinal con condiciones climáticas propicias para la agricultura y el asentamiento de poblaciones humanas (Cascante y Estrada, 2001).

En los anexos 10, 11, 12 y 13, se detallan las características de ambas estructuras. En los anexos 8 y 9 se muestran más imágenes de ambos centros educativos

## **7.1.1. Escuela Rafael Arguedas Gutiérrez**

### **7.1.1.1. Generalidades**

Se seleccionó el nuevo centro educativo de San Roque de Barva, Heredia, llamado Escuela Rafael Arguedas Gutiérrez, fundado en 1893, este formó parte de los primeros centros de enseñanza del país, sin embargo, con el paso de los años su infraestructura se deterioró, por lo que se hizo una inversión para dotar a la comunidad de un nuevo centro educativo.

Posteriormente, a finales del año 2012, se adjudicó inversión para un nuevo centro educativo, el cual llegó a suplir las necesidades de infraestructura de la comunidad educativa, tomando en cuenta 8 aulas académicas para I y II ciclo, 3 aulas para preescolar, 3 baterías sanitarias, parqueos, aulas para preescolar, un laboratorio de informática, un comedor, una biblioteca y varias áreas de esparcimiento. Actualmente, dichas instalaciones albergan 340 estudiantes provenientes de zonas aledañas a ella. En la figura 19 se muestran fotografías de la escuela Arguedas.

**Figura 19. Frente de la Escuela Rafael Arguedas**



Fuente: elaboración propia, 2017.

### **7.1.1.2. Entorno de las aulas**

El centro educativo Rafael Arguedas Gutiérrez se ubica a poco más de cuatro kilómetros del centro de la provincia de Heredia, en el distrito de San Roque, del cantón de Barva, una zona de interacción urbano rural y una connotación meramente residencial, tiene como colindantes laterales dos amplios

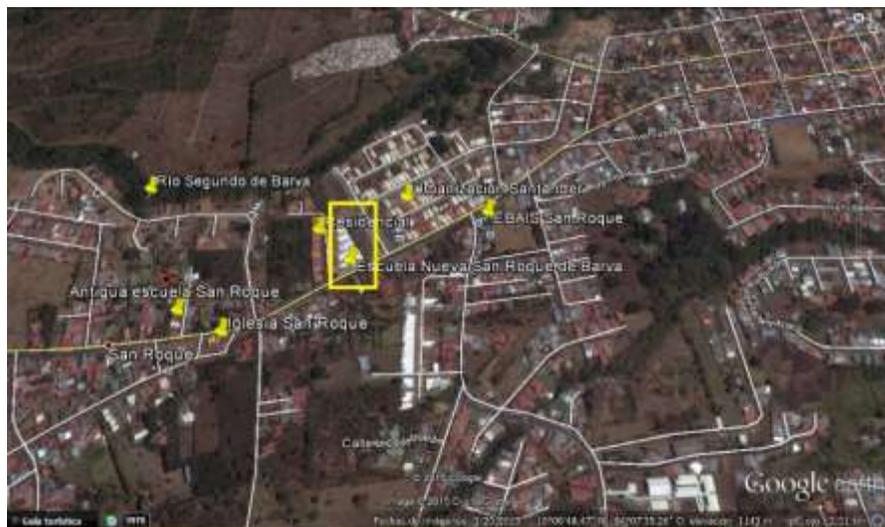
conglomerados residenciales. A continuación, en las figuras 20 y 21 se observa su ubicación desde el mapa satelital:

**Figura 20. Entorno escuela Arguedas**



Fuente: imágenes satelitales Google Earth, 2017.

**Figura 21. Entorno vista superior escuela Arguedas**



Fuente: imágenes satelitales Google Earth, 2017

En el cantón de Barva, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), convergen alrededor de 40660 personas, conformando una densidad poblacional de 775,76 personas por km<sup>2</sup>. En el distrito de San Roque el 91% de la población entre 5 y 15 años asiste a centros de enseñanza general básica, siendo

la cifra más alta de dicho cantón. A la vez, solo alrededor del 0.3 % de la población es analfabeta.

### **7.1.1.3. Características de las aulas**

Cada aula cuenta con un escritorio para la educadora ubicado a escogencia de la misma, pupitres para cada uno de los alumnos y los colores del espacio los selecciona cada una de las profesoras en coordinación con dirección. En la figura 22 se muestra el aula de tercer grado de la escuela Arguedas, evidenciando la presencia del equipo de medición y las características del espacio. En la figura 23 se encuentra la imagen del aula de segundo grado de esta misma escuela.

**Figura 22. Ejemplo de aula de tercero de la Arguedas en el 2016**



Fuente: elaboración propia, 2017.

**Figura 23. Ejemplo de aula de segundo de la Arguedas en el 2016**



Fuente: elaboración propia, 2017.

Todas las aulas cuentan con iluminación natural y artificial, esta última proveniente de lámparas fluorescentes, la ventilación natural de cada área se da principalmente a través de la puerta, celosías y abanicos de techo para asistir en la circulación del aire. A la vez, la mayoría de las aulas poseen ventanales que brindan iluminación y ventilación en una de las paredes laterales, en donde varias aulas tienen cortinas que disminuyen la entrada de iluminación natural. El ventanal del aula de segundo grado es un ejemplo de esto y aquí se muestra:

**Figura 24. Ejemplo de ventanas de aula de quinto en el 2016**



Fuente: elaboración propia, 2017.

Las características generales de la escuela Arguedas en relación con dimensiones del aula, ventanas, máximo de estudiantes, iluminación, ventilación, colores y materiales se muestran en el cuadro 9.

En este cuadro se observa la variedad de colores que forman parte de las aulas, así como la cantidad de niños por cada uno de los espacios. Se evidencia que existen algunos con 24 estudiantes, mientras que otros poseen incluso 35.

Por su parte, se muestra la estandarización que tienen las áreas de esta escuela, con medidas y materiales iguales y con implementos de iluminación preestablecidos para todos los espacios.

Cuadro 2. Características generales de las aulas en el 2016

Escuela Rafael Arguedas Gutiérrez										
Aula	Dimensiones aula	Área total de aula (m <sup>2</sup> )	Ventanas	Capacidad máxima (alumnos)	Área. por alumno (m <sup>2</sup> )	Iluminación	Ventilación	Colores	Materiales	
Primero	8.97 m ancho 5.95 m largo	53.4	Ventanal 4m de alto x5 m de largo Ventanas pequeñas de 2m de alto x 3.5m de largo	24	2.2	6 lámparas fluorescentes de 2 tubos por cada aula.	2 ventiladores	Mitad gris claro y mitad gris oscuro	Paredes y cielorraso de fibrocemento	
Segundo				30	1.8			Café medio.		Piso de losa color blanco brillante.
Tercero				29	1.8			Mitad blanca y mitad azul rey.	Pizarra acrílica.	
Quinto				35	1.5			Verde claro.		
Sexto				35	1.5			Paredes verdes limón y azul rey.	Ventanales y celosías de vidrio.	

Fuente: elaboración propia, 2017.

#### 7.1.1.4. Superficies del aula

**Paredes:** por ser de construcción prefabricada, las paredes son principalmente de láminas de fibrocemento (gypsum®), algunas de ellas según su ubicación reciben la radiación del sol a distintas horas del día, aspecto que influye en su temperatura y comportamiento por dentro y por fuera del aula.

**Figura 25. Ejemplos de paredes de la escuela Rafael Arguedas**



Fuente: elaboración propia, 2017.

**Pupitres:** convencionalmente estos son de madera, con un compartimiento inferior, sin embargo, existe un aula en la que fueron forrados con un adhesivo plástico, lo que modifica la percepción del estudiante, esto en relación con la temperatura y la imagen que brinda. A continuación, se muestra cada uno de los mencionados:

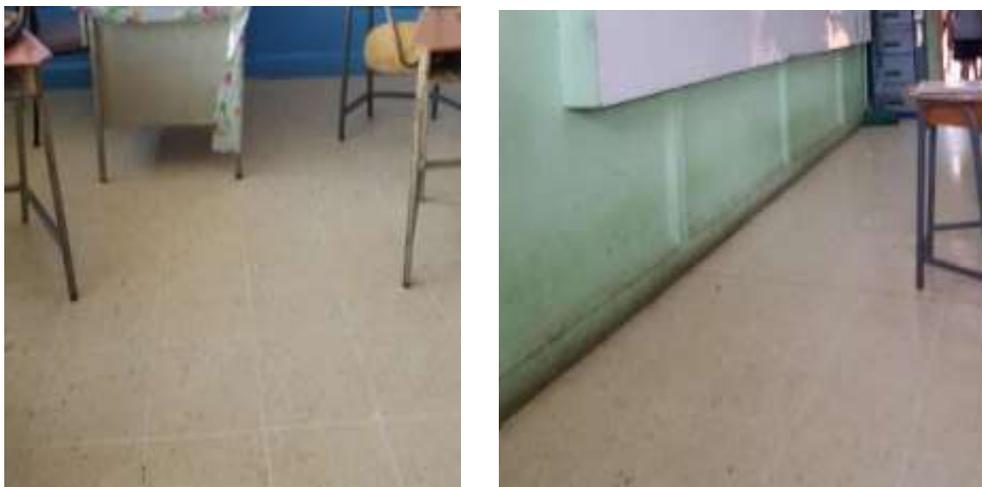
**Figura 26. Materiales de pupitres escuela Rafael Arguedas**



Fuente: elaboración propia, 2017.

**Piso:** la superficie de suelo es de losa blanca brillante en todas las aulas y todas las áreas de la escuela.

**Figura 27. Material del piso escuela Rafael Arguedas**



Fuente: elaboración propia, 2017.

**Pizarra:** las aulas cuentan con 2 pizarras acrílicas de color blanco colocadas al frente del espacio, cada una con dimensiones de 226 cm de largo y 122 cm de ancho. A la vez, varias de las aulas cuentan con una pizarra inteligente en la pared trasera, la cual no se utilizó durante los días de investigación.

**Figura 28. Ejemplo de pizarra acrílica escuela Rafael Arguedas**



Fuente: elaboración propia, 2017.

## **7.1.2. Escuela Rafael Francisco Osejo**

### **7.1.2.1. Generalidades**

Como parte del estudio, se seleccionó el Centro Educativo Rafael Francisco Osejo, el cual se ubica en la provincia de San José, cantón San José y distrito Mata Redonda. Fue declarado de Interés Arquitectónico, según Decreto Ejecutivo N.º 22166-C, publicado en La Gaceta N.º 99 del 25 de mayo de 1993. El valor patrimonial se relaciona con su antigüedad, valor arquitectónico, científico, estético, histórico y simbólico.

Este centro educativo existe desde 1887 pero en 1940 se inicia la construcción del edificio que fue declarado patrimonio nacional, por lo que como centro educativo esta escuela tiene 110 años de existencia. Actualmente, la escuela atiende una población de aproximadamente 325 estudiantes y no se atiende una comunidad propia, sino que los niños proceden de Bajo Los Anonos, Calle Morenos, Pavas y Barrio Corazón de Jesús. En la figura 29 se encuentra la fachada de este centro educativo.

**Figura 29. Escuela Rafael Francisco Osejo**



Fuente: elaboración propia, 2017.

#### **7.1.2.2. Entorno de las aulas**

El centro educativo Rafael Francisco Osejo se encuentra ubicado en el distrito de Mata Redonda, cantón de San José, específicamente en Sabana Sur, colinda al oeste con el Ministerio de Agricultura y Ganadería, al este con el Colegio

de Médicos y Cirujanos de Costa Rica y al norte con el Parque Metropolitano La Sabana. En dicha área existe una interacción de espacios tanto del sector comercial como residencial, en un contexto urbano. En las imágenes a continuación, se puede observar la locación exacta del centro educativo:

**Figura 30. Ubicación de la Escuela Rafael Francisco Osejo**



Fuente: imágenes satelitales Google Earth, 2017.

**Figura 31. Entorno de la escuela Osejo**



Fuente: imágenes satelitales Google Earth, 2017.

**Figura 32. Entorno vista superior escuela Osejo**



Fuente: imágenes satelitales Google Earth, 2017.

En el cantón de San José, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), cuenta con una población de alrededor de 288,054 persona, representando una densidad poblacional de 6445.71 personas por km<sup>2</sup>. Específicamente en el distrito de Mata Redonda, cerca del 86.9 % de la población entre 5 y 15 años asiste a centros de enseñanza general básica y existe cerca del 0.7 % de población analfabeta.

### **7.1.2.3. Características de las aulas**

En este centro educativo, al igual que el anterior, cada aula cuenta con un escritorio para la educadora ubicado a escogencia de la misma y pupitres para cada uno de los alumnos. Los colores del espacio son un estándar para toda la institución por poseer una declaración de resguardo patrimonial.

Cada espacio cuenta con iluminación natural y artificial, esta última proveniente de lámparas fluorescentes, la ventilación natural de cada área se da principalmente a través de la puerta y ventanas laterales, estas últimas brindan iluminación y ventilación a todo el espacio, pero en estrecha relación con la ubicación del aula dentro del centro educativo y la colindancia que posee.

En la figura 33 se muestra la imagen de una de las aulas de este centro educativo, y posteriormente se resumen las características generales de las aulas.

**Figura 33. Características generales de aulas de la escuela Osejo**



Fuente: elaboración propia, 2017.

Las características generales de la escuela Osejo, en relación con dimensiones del aula, ventanas, máximo de estudiantes, iluminación, ventilación, colores y materiales se muestran en el cuadro 10.

En este cuadro se observa que los colores que forman parte de las aulas son los mismos para todos los espacios y que la cantidad de niños por cada uno de los espacios varía, la mayoría con 22-23 estudiantes y la de atención especial con 3.

En esta escuela las aulas no tienen un estándar de medida, ya que el recinto educativo a pesar de ser una estructura rectangular cambia su distribución para cada una de las áreas de lecciones.

#### **7.1.2.4. Superficies del aula**

**Paredes:** por ser una construcción tan antigua, de casi 70 años, los materiales de cimentación son robustos y esto puede influir en el aislamiento térmico y de ruido.

**Figura 34. Ejemplos de paredes de escuela Francisco Osejo**



Fuente: elaboración propia, 2017.

Cuadro 3. Características generales de las aulas en estudio de la Escuela Rafael Francisco Osejo en el año 2016

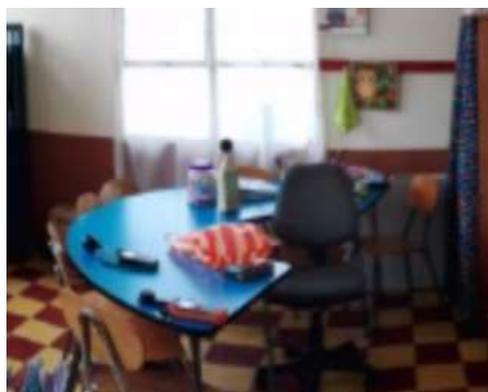
	Dimensiones del aula	Área total del aula (m <sup>2</sup> )	Capacidad máxima (alumnos)	Área por alumno (m <sup>2</sup> )	Ventanas	Ventilación	Iluminación	Colores de pintura interna	Materiales de construcción
<b>Aula 1</b>	Largo: 5 m Ancho: 4 m	20	3	6.6	3 ventanas de 2 m x 1.2 m	Persianas y ventanas abiertas	Natural y artificial (4 fluorescente)	Beige con una franja café en paredes laterales	Paredes de concreto  Techo de madera  Piso de terrazo Pizarra acrílica
<b>Aula 4</b>	Largo: 7m Ancho:6 m	42	22	1.9	4 ventanas de 2 m x 1.2 m	Persianas y ventanas abiertas	Natural y artificial (4 fluorescente)	Beige con una franja café en paredes laterales	Paredes de concreto  Techo de madera  Piso de terrazo Pizarra de tiza
<b>Aula 6</b>	Largo: 7 m Ancho: 5 m	35	23	1.5	5 ventanas de 2 m x 1.2 m	Persianas y ventanas abiertas	Natural y artificial (4 fluorescente)	Beige con una franja café en paredes laterales	Paredes de concreto  Techo de madera  Piso de terrazo  Dos pizarras una acrílica y una de tiza

	Dimensiones del aula	Área total del aula (m <sup>2</sup> )	Capacidad máxima (alumnos)	Área por alumno (m <sup>2</sup> )	Ventanas	Ventilación	Iluminación	Colores de pintura interna	Materiales de construcción
<b>Aula 9</b>	Largo: 7 m Ancho: 5 m	35	24	1.4	4 ventanas de 2 m x 1.2 m	Persianas y ventanas abiertas	Natural y artificial (4 fluorescente)	Beige con una franja café en paredes laterales	Paredes de concreto Techo de madera
<b>Aula 11</b>	Largo: 7 m Ancho: 5 m	35	22	1.6	4 ventanas de 2 m x 1.2 m	Persianas y ventanas abiertas	Natural y artificial (4 fluorescente)	Beige con una franja café en paredes laterales	Paredes de concreto y techo de madera Piso de terrazo Dos pizarras una acrílica y una de tiza.

Fuente: elaboración propia, 2017.

**Pupitres:** los pupitres en todas las aulas son de mesa con gaveta y silla por separado, en su mayoría de madera, solo que en el aula 1 es una mesa en forma de media luna compartida por un máximo de 4 niños y en el aula 6 que los mismos son con sobres de plástico reciclado y estructura metálica. En la figura 35, se ejemplifica lo explicado.

**Figura 35. Ejemplo de pupitres de la escuela Rafael Francisco Osejo**



Fuente: elaboración propia, 2017.

**Piso:** la superficie del suelo es de terrazo en combinaciones de color rojo, negro y amarillo en toda la escuela. Además, en las áreas exteriores de las aulas se ha utilizado cerámica, como se observa en la figura 36.

**Pizarra:** en el aula 1 se encuentra una pizarra acrílica de 1.22 m y 1.10 m, en el aula 4 existe una pizarra de tiza de 4.54 m. En la siguiente figura se encuentra la pizarra con superficie para ser utilizada con tiza; de 2.27 m de largo.

**Figura 36. Ejemplos de pisos en la escuela Rafael Francisco Osejo**



Fuente: elaboración propia, 2017.

**Figura 37. Pizarras en la escuela Rafael Francisco Osejo**



Fuente: elaboración propia, 2017.

### **7.1.3. Mediciones ambientales de temperatura y humedad con los Hobos®**

La data *loggers* o Hobos® son los instrumentos que se utilizan para monitorear la temperatura y humedad dentro de las aulas por varios días continuos, estos fueron colocados entre visitas para conocer las condiciones de los demás días

del mes (aparte de los días de visitas concretas), lo que puede complementar un panorama del comportamiento de estos factores en cada centro educativo.

La importancia de las mediciones obtenidas con los Hobos radica en explorar el comportamiento climático del entorno en los días que se encontraban en el medio de los dos días de mediciones puntuales, donde se realizaron mediciones simultáneas. Los resultados obtenidos se presentan en los cuadros 11 y 12.

*Cuadro 11. Temperatura exterior*

<b>TEMPERATURA HOBOS</b>		
	<b>ARGUEDAS</b>	<b>OSEJO</b>
Total de datos	864	864
Media	25,10	25,03
Varianza de la muestra	5,79	5,55
Desv. Estánd. de la muestra	2,40	2,35
Mínimo	18,05	19,50
Máximo	32,22	33,20
Promedio	25,1	25,04

Fuente: elaboración propia, 2017.

Como se puede observar en el cuadro anterior, en la escuela Arguedas se presenta un valor máximo que ronda los 32.2 °C, mientras que la escuela Osejo presentó 33.2°C en este mismo aspecto. A la vez, los promedios generales de temperatura de las escuelas fueron de 25.1°C y 25.0°C para las Escuela Arguedas y Osejo respectivamente, mientras que la temperatura más baja registrada para este análisis con los Hobos fue de 18°C en la Arguedas y 19.5°C en la Osejo.

También se muestra que la variabilidad de la temperatura estuvo entre lo pronosticado para el Valle Central, en el periodo del segundo semestre del año 2016 por el Instituto Meteorológico Nacional, el cual estableció pronósticos de temperatura de hasta 36 °C para esa zona.

Se observa que la desviación estándar es de 2.4 °C y 2.3 °C respectivamente y la varianza de 5.7 para la Arguedas y 5.5 para la Osejo, lo que implica que los elementos se alejaron muy poco del promedio, lo que produce mediciones muy

cercanas entre sí, que muestran que la temperatura exterior en cada escuela se mantuvo dentro de un rango constante en el periodo de estudio.

Con respecto a la humedad, en el cuadro 12 se puede observar que en la Escuela Arguedas se tuvo un promedio de 54.6 % de humedad relativa que iba variando dependiendo del mes, con valores máximos de hasta 96 %. Por otra parte, esta variable en la escuela Osejo tuvo un comportamiento muy similar, un valor de humedad máxima de 93 %, mientras que el promedio se encuentra en 49 % de humedad relativa en el periodo en estudio. Se observa que, en cuanto a esta variable, en general la escuela Osejo obtuvo valores más bajos en comparación con la Arguedas.

La desviación estándar es de 9.7 y 9.4 respectivamente, lo que implica que los elementos se alejaron muy poco del promedio, esto produce mediciones muy cercanas entre sí, que muestran que la temperatura exterior en cada escuela se mantuvo en un rango constante durante el periodo de estudio.

*Cuadro 42. Humedad exterior*

<b>HUMEDAD HOBOS</b>		
	<b>ARGUEDAS</b>	<b>OSEJO</b>
Total de datos	864	864
Media	68,93	69,53
Varianza de la muestra	95,10	88,96
Desv. Estánd. de la muestra	9,75	9,43
Mínimo	41,43	43,30
Máximo	96,11	93,08
Promedio	54,67	49,78

Fuente: elaboración propia, 2017.

#### **7.1.4. Validación significancia estadística: T-Student Hobos**

Con el fin de comprobar que el comportamiento del medio externo es similar entre ambos centros educativos (esto por encontrarse en la misma zona de vida) a pesar de que se presentaran valores diferentes en mínimos y máximos como se

presentó en los cuadros anteriores, esta comprobación permitió analizar el comportamiento de las variables estudiadas con el conocimiento de que los aportes del medio externo fue el mismo en ambos sitios.

Para esto se utilizó el programa Megastat, el cual consiste en un complemento de Excel que permite realizar operaciones estadísticas, dentro de las cuales se encuentra la prueba T-Student utilizada en el presente estudio. La misma fue de dos colas y pretendió comprobar, mediante una hipótesis definida, la cercanía de los valores entre sí.

A continuación, se muestran los resultados de las pruebas estadísticas para temperatura y humedad de ambas escuelas, unificando los datos obtenidos en todo el periodo de estudio de julio a diciembre de 2016.

Este análisis estadístico es de 2 colas entre grupos independientes con una varianza desigual y se busca comprobar si existen diferencias significativas en la temperatura ambiental entre las dos escuelas ubicadas en puntos geográficos diferentes.

Las consideraciones del estudio son:

- $H_0$  es Xarguedas = Xosejo.
- $H_1$  es Xarguedas  $\neq$  Xosejo
- El estudio es de 2 colas.
- La varianza es desigual.

Es decir, la hipótesis nula se refiere a que no existen diferencias significativas en la temperatura ambiental entre las dos escuelas ubicadas en puntos geográficos diferentes.

Se utilizó un intervalo de confianza del 95 % y en relación con la prueba de datos para las variables de temperatura y humedad, en el cuadro 13 y 14 se muestran los resultados obtenidos respectivamente.

Se observa que el promedio de temperaturas fue de 25.1°C y 25°C y una desviación de 2.4-2.3, la diferencia entre los promedios de la Escuela Arguedas y la de la Escuela Osejo fue de 0.06. El valor del estadístico t es de  $t = 0,54$  y su valor p es 0.58. Es valor p al haber tomado una probabilidad superior a 0,025 ( $0,05/2=0,025$ ) se asume que el estadístico no está debido al azar, por lo tanto, se

rechaza la hipótesis alterna y se acepta que la diferencia entre las medias es igual a cero; o lo que es lo mismo, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras en lo referente a su media.

*Cuadro 13. Resultados del análisis estadístico de las mediciones de temperatura*

<b>Prueba T-Student para mediciones de temperatura, resultados por escuela</b>			
<b>Escuela</b>	<b>Aspectos</b>		
	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>n</b>
Arguedas	25.10	2.40	864
Osejo	25.03	2.35	864
<b>Prueba T-Student para mediciones de temperatura, resultados generales del estudio</b>			
<b>Criterio</b>		<b>Resultado</b>	
Grados de libertad		1725	
Diferencia (Arguedas-Osejo)		0.06	
Error estándar de diferencia		0.11	
Diferencia según hipótesis		0	
t		0.54	
Valor p (2 colas)		0.58	

Fuente: elaboración propia, 2017.

*Cuadro 14. Resultados del análisis estadístico de las mediciones de humedad*

<b>Prueba T-Student para mediciones de humedad, resultados por escuela</b>			
<b>Escuela</b>	<b>Aspectos</b>		
	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>n</b>
Arguedas	68.93	9.75	864
Osejo	69.53	9.43	864
<b>Prueba T-Student para mediciones de humedad, resultados generales del estudio</b>			
<b>Criterio</b>		<b>Resultado</b>	
Grados de libertad		<b>1724</b>	
Diferencia (Arguedas-Osejo)		-0.60	
Error estándar de diferencia		0.46	
Diferencia según hipótesis		0	
t		-1.32	
Valor p (2 colas)		0.18	

Fuente: elaboración propia, 2017.

En este caso se obtuvo un promedio de humedad de 68.9-69.5% respectivamente y una desviación de 9.7 y 9.4. A la vez, la diferencia entre estos valores en de la Arguedas y en la Osejo fue de -0.6. El valor p es 0.18, resultado que al igual que en la variable de temperatura, por ser mayor que 0,025 permite no rechazar la hipótesis nula, es decir, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras en lo referente a su media.

Con las pruebas estadísticas se corrobora que no hubo diferencia significativa en el comportamiento de las variables temperatura exterior y humedad durante el estudio, a pesar de que los lugares están ubicados en puntos geográficos diferentes, validando la pertenencia a la misma zona de vida.

Al conocer que todas las variables sufrieron los mismos efectos de la temperatura y la humedad, permite garantizar que no se introducen sesgos ni errores en los datos debido a la influencia de las variables no controladas, permitiendo hacer un tratamiento de los datos obtenidos en el estudio de forma global, lo que lleva a una robustez en las propuestas realizadas.

Además, permite afirmar que la variabilidad de los resultados de las mediciones puntuales internas se debe a las características específicas de cada centro educativo (incluyendo las características de cada aula) y no a las condiciones del entorno. Es decir, ambas escuelas se expusieron a las mismas características externas, pero no responden de igual forma en su interior.

## **7.2. Resultados mediciones ambientales: equipo puntual**

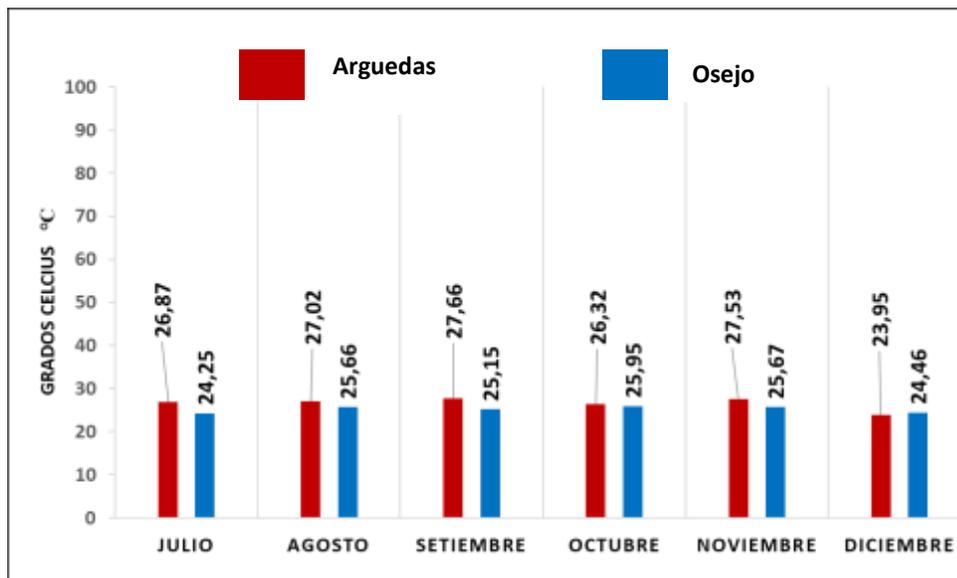
Una vez verificado que el comportamiento de variables no controladas en las escuelas en estudio no tiene diferencias significativas entre ambos sitios, se procede a confirmar que los valores de las variables medidas con el equipo puntual (temperatura, humedad, iluminación, ventilación, ruido) se deben a la respuesta propia de la edificación al entorno común y las situaciones internas de los espacios.

Los resultados de mediciones de las variables ambientales en cada una de las aulas en estudio se muestran en el anexo 14 y 15, a continuación, se presenta el análisis detallado por cada aspecto en su distribución por escuela.

### 7.2.1. Temperatura y humedad

La temperatura y la humedad son fundamentales en el confort de un usuario en un espacio, la medición de estas variables en los centros educativos representa un gran paso para realizar un acercamiento a la sensación térmica de los estudiantes mientras se encuentran en las aulas.

**Figura 38. Promedios de temperatura en aulas de escuelas Osejo y Arguedas, en periodo julio-diciembre 2016**



Fuente: elaboración propia, 2017.

Con respecto a la comparación de la variable temperatura interna entre ambos centros educativos en el gráfico anterior, los resultados obtenidos muestran que la Osejo supera en todos los meses el promedio de la Arguedas, con diferencias de dos o más grados de temperatura. Se deben considerar las características de construcción de cada una de ellas, la Osejo de construcción pesada y la Arguedas de construcción liviana, lo cual puede promover un distinto efecto en cuanto al manejo del confort térmico.

A la vez, se observa que el mes con mayor índice de temperatura para la Osejo es setiembre, mientras que para la Arguedas es octubre. En la escuela Arguedas la oscilación de la temperatura fue de 9.3°C y en la escuela Osejo hubo una variación de 7.1°C.

Este movimiento de la temperatura representa el aumento conforme avanza el día, sin embargo, la sensación en el interior que provoca la temperatura a la que se expone el edificio puede verse intensificada o mitigada dependiendo de la construcción y el diseño de la misma.

Al igual que estos datos, en el estudio realizado por el BID (2014) en las aulas de Costa Rica se encontró que los registros de temperatura interior siempre fueron superiores a la exterior y determinaron que se debe a la carga térmica edilicia y a las ganancias internas por radiación solar y por ocupación. Específicamente, dentro de las temperaturas interiores que se registraron fuera del rango de confort (más de 35°C) se encuentra la escuela de Bebedero en Cañas (estudio del BID), perteneciente a la zona de bosque Húmedo Premontano, al igual que las escuelas del presente estudio.

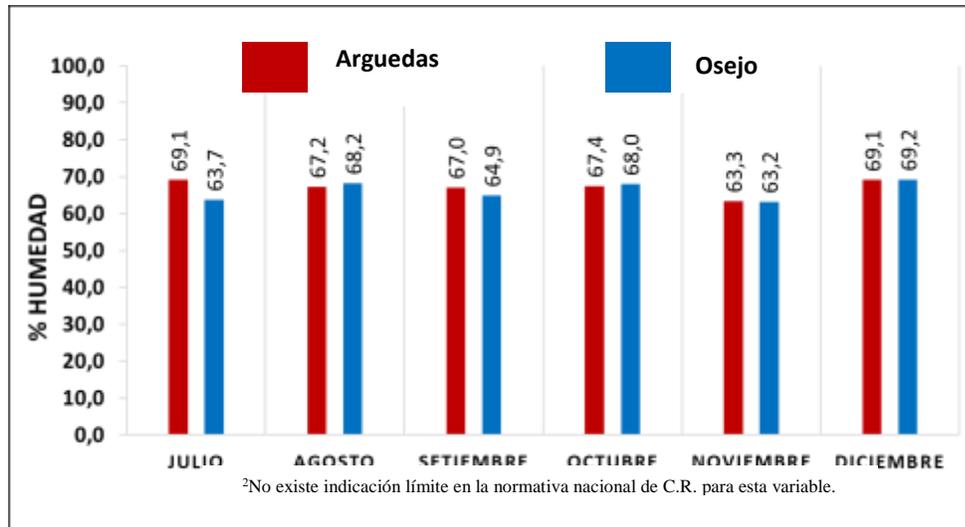
Esto respalda la indicación de que en la concepción de las escuelas como edificación en sí se debe considerar la respuesta de los materiales a la carga de temperatura exterior en relación con la reacción a lo interno, lo que refuerza la idea de que, en escuelas como la Osejo y la Arguedas, el interior comúnmente tiene mayor temperatura que el exterior, precisamente por sus materiales.

En relación con los resultados encontrados de la variable humedad a lo interno de las aulas, se encontró que en general ambas escuelas presentan promedios muy similares, con excepción de julio que posee una leve diferencia de humedad en la Osejo en comparación con la Arguedas. Los datos rondan los 63-69 % de humedad, con variabilidad a través de los meses de medición, se debe tener en cuenta que el estado del tiempo y la temperatura del momento pueden intensificar o disminuir la sensación que provoca la humedad.

La figura 39 permite observar que, al igual que en la temperatura, la humedad posee índices más altos en la escuela Osejo, aspecto que puede relacionarse con la infraestructura pesada y la capacidad de este tipo de materiales para enfrentarse a las condiciones ambientales que lo rodean y brindar confort a lo interno de la edificación, específicamente a la respuesta del concreto al clima tropical de Costa Rica.

Con respecto a la humedad percibida por el equipo de medición, se encontró que la escuela Arguedas tuvo un promedio de 69.1 % con una variabilidad del 35 % (28 puntos), y la escuela Osejo un 67 % de humedad con una variabilidad de 31.2% (26.1 puntos).

**Figura 39. Promedios de humedad internas en aulas de escuelas Osejo y Arguedas, en periodo julio-diciembre 2016**



Fuente: elaboración propia, 2017.

Guerra (2013) indica que los principales factores dependientes del clima en que se emplaza un edificio y que afectan el bienestar de los ocupantes son la temperatura, humedad, radiación solar, vientos, nubosidad y pluviometría; en los casos de estudio, se observa que el promedio de la humedad relativa se mantiene en el rango de 60 % y 70 %.

No obstante, la temperatura interna fluctúa entre 24 °C y 27,7 °C para la Escuela Osejo y la variación es menor en la Arguedas, oscilando entre 24,3 °C y 26 °C en promedio.

Al considerar que la temperatura exterior es la misma para ambos centros educativos y que como se mostró, en la temperatura interior existen por lo menos 2°C de diferencia entre escuelas cada mes, se determinó que este comportamiento se debe a factores de estructura constructiva y del ambiente interno que favorecen que se comporten de manera distinta al mismo entorno. La falta de ventilación de las aulas aunado a la mayor capacidad de retener el calor de los materiales pesados

de la escuela Osejo, demuestran numéricamente que esta posee un peor desempeño interno en cuanto al confort térmico y que las condiciones estructurales actuales y criterios de construcción de esta no fueron considerados para optimizar la comodidad de los moradores en cuanto al comportamiento del espacio en condiciones de temperatura y humedad.

Para el futuro diseño de entidades educativas en la zona de vida en estudio, que no tiene extremos térmicos a través de la época seca y época lluviosa del año, el bosque húmedo Premontano facilita la aplicación del criterio de optimización constructiva basado en que el espacio debe tener la característica de excluir el calor, permitir el movimiento de la brisa fresca y generar una ventilación adecuada a través de toda el área; como lo recomienda la UNESCO (1987) en su guía de espacios educativos.

Asimismo, es importante tener en consideración el clima tropical en Costa Rica para que las construcciones se rijan por diseños bioclimáticos, con lo que se promueve un mejor desempeño de la estructura y se disminuye la inversión en equipamiento de acondicionamiento ambiental como ventiladores y aires acondicionados.

### **7.2.2. Ruido**

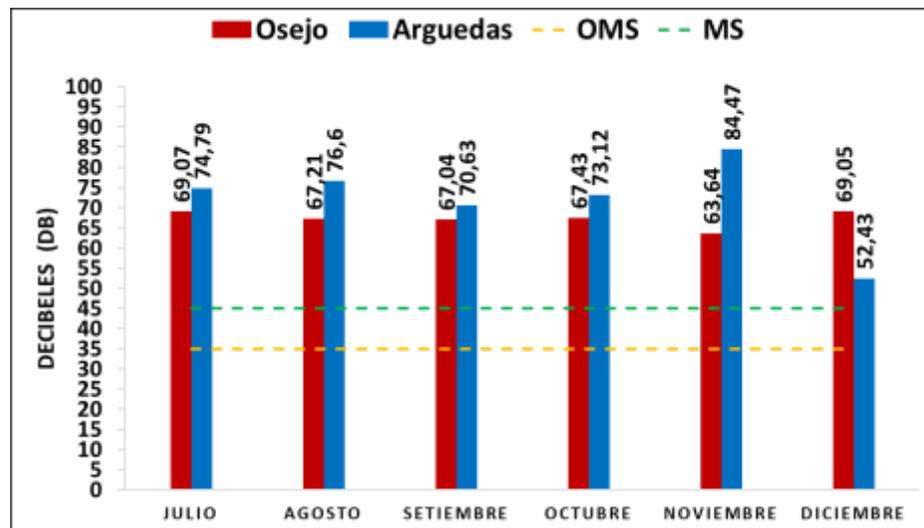
El ruido es uno de los factores más importantes que favorecen la concentración y el confort de los estudiantes en los periodos de aprendizaje, ya que este no solo tiene consecuencias directas en la salud de los individuos como dolores de cabeza y fatiga, sino que también es un inconveniente importante en la capacidad de retención, aprendizaje y concentración de los estudiantes.

La Organización Mundial de la Salud OMS establece un límite de ruido interno en aulas de 35 dB máximos con el fin de garantizar espacios de aprendizaje adecuados y en la figura 40 se muestran los resultados encontrados en relación con esta directriz.

Como se puede observar, las escuelas estudiadas no cumplieron con esta disposición en ningún mes, sino que la sobrepasaron entre 17-50 dB. El promedio del nivel de presión sonora equivalente más bajo fue de 52.4 dB en el mes de

diciembre en la Arguedas, sin embargo, esto se debió a la poca presencia de estudiantes en las aulas por la casi finalización del curso lectivo 2016. Se observa que ni siquiera en momentos con menos de la mitad de los estudiantes se logró cumplir esta normativa de presión sonora máxima.

**Figura 40. Promedios de nivel de Presión Sonora Equivalente (LEQ) interno, en aulas de escuelas Osejo y Arguedas, en periodo julio-diciembre 2016**



Fuente: elaboración propia, 2017.

El promedio mensual más alto (en consideración del valor Leq) obtenido fue de 84,5 dB en la Arguedas en el mes de noviembre, con una diferencia de 49.5 dB superiores a lo recomendado de 35 dB. Se exceptúan las mediciones de diciembre, todos los demás meses presentaron promedios de 63 dB y superiores. La UNESCO menciona en la guía de espacios educativos que cuando en un aula se obtengan niveles sonoros de más de 60 dB se hace obligatoria una reducción del mismo por ser una interferencia del proceso educativo por ruido.

Por otro lado, se observa que la escuela Arguedas es la que muestra los niveles más altos de ruido, lo cual puede deberse a las características de la construcción liviana, la posición de las aulas y la relación entre ellas. A la vez, se tienen en cuenta las mediciones en sitio y se considera que, como parte de las características estructurales de la escuela Osejo, se tiene la altura del cielorraso de las aulas y de la estructura general del centro educativo, se recalca que el

comportamiento de las ondas sonoras en espacios más grandes es mejor en relación con la reverberación y eco dentro de la amplitud del área.

Asimismo, se identificaron picos en el nivel de presión sonora provenientes de las mediciones puntuales en aulas, por ejemplo, en la escuela Osejo se identificaron puntos máximos de hasta 116.1 dB, comparables con el mismo parámetro producido por el despegue de un avión a menos de 25 m. Estos picos se presentaron en ambas escuelas debido a ruido intraclase, proveniente de uno o varios niños que gritaron, también por el movimiento de pupitres o por actividades que eran parte de las lecciones.

Estos picos de ruido interno confirman que, para el diseño de espacios educativos, no solo se deben establecer estructuras aisladas que no permitan el ingreso del ruido exterior, sino que también debe incorporar criterios para la escogencia de pinturas y materiales de paredes y cielos que no reflejen las ondas sonoras, sino que más bien las absorban para disminuir u evitar la reverberación y el eco.

Estos datos son parte del límite humano de resistencia y peligrosidad, ya que al sobrepasar los 120 dB los oídos ingresan a un umbral de dolor y existe posibilidad de sordera permanente si este se mantiene por largos periodos. Esta situación de sordera permanente o incapacitante sucede mundialmente a más de 32 millones de niños según la OMS (2017) y esto implica que se ve afectado el rendimiento de los procesos cognitivos, como la lectura, la atención, y la memorización. Es posible que en las escuelas en estudio ya exista una relación entre el ruido presente en ellas y las dificultades de aprendizaje de los estudiantes.

Asimismo, se debe tener en cuenta el NRC (Noise Reduction Coefficient) de los materiales que se utilicen en los espacios educativos, para lograr el manejo adecuado del componente sonoro, porque en el caso de las aulas en estudio, el NRC varía entre 0.01 y 0.07 lo que implica que las condiciones de los espacios promueven que las ondas sonoras se reflejen y generen problemas de reverberación y eco. Se debe considerar que el ruido dentro de las clases no va disminuir, precisamente por el giro de trabajo que se debe dar en la enseñanza y a que se atiende población infantil, por lo que se debe optimizar el tratamiento

acústico de las superficies interiores.

Además, es importante recalcar que la Arguedas supera el nivel de ruido promedio de la Osejo y esto podría deberse a que el material de construcción de la primera es de losa prefabricada que permite oír el ruido de las aulas contiguas, lo cual se comprobó al escuchar actividades que sucedían afuera del aula en el momento de las mediciones (como los ensayos de banda en los pasillos por no existir gimnasio, actos cívicos cercanos) y ruido de actividades provenientes de otras clases o el profesor contiguo.

Se encontró que la Osejo, con las paredes sólidas de hormigón, presenta este efecto, pero en menor medida, ya que la afectación sonora entre los salones de clase contiguos es mínima, esto se debe a los materiales de los que están hechas las aulas, que constituyen elementos divisorios estructuralmente más pesados y con un coeficiente de reducción de ruido mayor. Es decir, el hormigón del que están hechas las paredes de la escuela Osejo absorbe gran parte del ruido generado a lo interno y evita que se refleje, lo que podría afectar a los moradores del espacio con reverberación y eco.

La escuela Rafael Francisco Osejo tiene una localización particular que se pensó que podía ser un factor de exposición adicional a ruido, ya que la misma se sitúa en la vía principal de Sabana Sur, en donde el paso de vehículos livianos, autobuses y motocicletas es constante. Además, se presenta el frecuente paso del tren, cuya parada se encuentra del otro lado de la calle, frente a la escuela.

No obstante, con base en la comprobación en sitio, se determinó que el tren produce un nivel de presión sonora equivalente de hasta 83 dB en ocasiones, puntuales durante el día. Sin embargo, según la información presentada en los gráficos anteriores, el ruido intraclase es mucho mayor a este valor por lo que se rechaza la teoría de que el ruido externo es lo que produce la molestia sonora en el interior. Solo con la comprobación en sitio y con el equipo de medición se logró identificar que el ruido que proviene del exterior se ve opacado por las actividades que realizan los niños comúnmente en las clases, como risas, gritos, juegos, entre otros, lo que sobrepasa los 83 dB del tren.

Los materiales presentes en ambas escuelas no favorecen totalmente la absorción de las ondas sonoras y generan que en todas las aulas el ruido sea un factor crítico. El diseño y los materiales de construcción de espacios educativos deben contemplar que se absorba la energía sonora que incide sobre estos, que se elimine el eco y la reverberación y se promueva el confort acústico que necesitan los procesos de aprendizaje.

Es por esta capacidad de absorber o de reflejar las ondas sonoras que se determinó, mediante las evaluaciones en sitio, que los espacios con exceso de nivel de presión sonora equivalente y sin el adecuado aislamiento interno implican afectación por ruido no solo en la misma aula que se genera, sino también en las aulas contiguas. Por ejemplo, en la escuela Arguedas en el espacio de tercer grado no solo se percibe el ruido de los estudiantes de este nivel, sino también el que proviene de las actividades de los estudiantes de sexto grado que se encuentran a la par.

Por tanto, tomando en cuenta la gravedad de las repercusiones que se pueden generar por la exposición prologada a altos decibeles, así como el límite establecido por la Organización Mundial de la Salud de 35 dB para garantizar que los procesos de lectura, conceptualización de ideas y entendimiento de las lecciones no se vean afectados; resulta imperante tomar acciones concretas para el diseño centros educativos con materiales que reduzcan el nivel sonoro interno, buscando evitar que datos como los obtenidos en los centros educativos en estudio, de hasta el doble de lo estipulado por la OMS, se propaguen y reflejen en las paredes y afecten en mayor medida las lecciones de los estudiantes.

### **7.2.3. Iluminación**

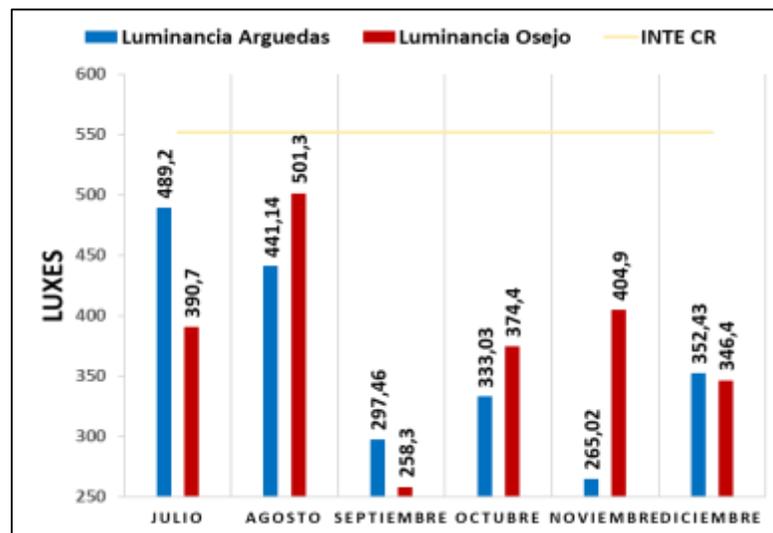
La iluminación constituye un factor importante en cuanto al aprendizaje y la adquisición del conocimiento, ya que la capacidad de observar lo que se trabaja en pizarras, libros y cuadernos se ve determinado por la cantidad de iluminación que llega a las superficies y que percibe el ojo humano.

En las escuelas en estudio se encontraron niveles deficientes de iluminación, tanto natural como mixta (natural y artificial combinadas). Para iluminación mixta, se

encontró que el promedio más bajo en general de este tipo de iluminación es de 258 lux, provenientes de la escuela Osejo en setiembre, mientras que el promedio más bajo para la escuela Arguedas es de 265 lux. A la vez, se encontraron sitios puntuales donde los lux fueron menos de 10, así como otros espacios con más de 3000 lux.

Las figuras siguientes presentan los gráficos de la iluminación natural y mixta que se realizaron con el promedio de iluminación de las escuelas por mes, considerando el conjunto de todos los valores específicos de cada una de las 10 aulas en estudio.

**Figura 41. Promedios de iluminación mixta interna, en aulas de escuelas Osejo y Arguedas, en periodo julio-diciembre 2016**



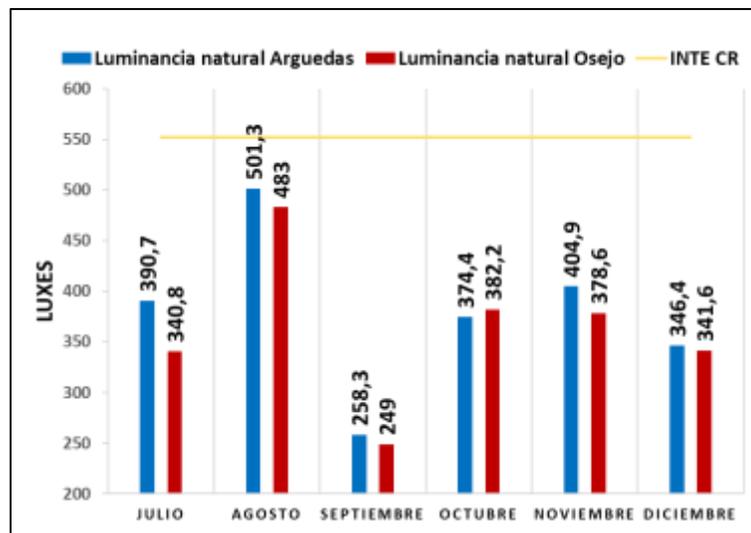
Fuente: elaboración propia, 2017.

En el compendio de la normativa educativa del Ministerio de Educación Pública (MEP) se establece un mínimo de 552 lux para aulas, lo cual se muestra en la línea punteada del gráfico anterior, aspecto que busca mantener un estándar adecuado de iluminación con el fin de que la salud visual y el desarrollo normal del aprendizaje no se vea afectado por deficiencia lumínica y la incapacidad de obtener con claridad la información brindada en pizarras y libros.

Por lo tanto, al tener en cuenta este requerimiento proveniente de la normativa nacional, se muestra en la figura anterior que no se está cumpliendo esta

indicación ni siquiera con iluminación mixta (natural y artificial combinadas), con una diferencia de entre 63 a 294 lux menos dependiendo del mes y del centro educativo. Se muestra una tendencia de la escuela Osejo a superar los promedios de iluminación mixta de la escuela Arguedas, en la que a pesar de que todos los promedios mostrados se encuentran debajo del requerimiento de la norma, es la que se encuentra con datos de lux más cercanos al cumplimiento es la Osejo.

**Figura 42. Promedios de iluminación natural interna, en aulas de escuelas Osejo y Arguedas, en periodo julio-diciembre 2016**



Fuente: elaboración propia, 2017.

La escuela Arguedas tiene una carencia de 383.6 lux en momentos de solo iluminación natural, lo que implica que se recibe solo el 30,5 % de los lux mínimos estipulados. En las mediciones de iluminación mixta (natural y artificial) se encontró un faltante 229.9 lux, es decir, que se tiene un 58.3 % lux del mínimo de iluminación recomendado.

La escuela Osejo tiene una deficiencia de 192.8 lux cuando esta posee las luces apagadas y solo utiliza la iluminación natural, lo que significa que se recibe el 65,1 % de lux mínimos. Por otro lado, con la iluminación mixta se tiene un faltante de 168.5 lux, lo que implica que se obtiene un 69.4 % de los lux mínimos necesarios para ese espacio.

Según los datos obtenidos en las escuelas en estudio, la iluminación natural

es la más lejana a alcanzar los estándares establecidos y, como indica Vásquez (2010) en La Guía Técnica de Eficiencia Energética en los Centros Docentes, para adaptar de forma adecuada la iluminación a las necesidades de los escolares y docentes se debe aprovechar al máximo la luz natural y, en caso de ser artificial, procurar que tenga una intensidad mínima de 500 lux.

Al profundizar en los datos obtenidos por aula, se encontró que en la Escuela Arguedas el ámbito de las aulas se encuentra entre 54,5 lux y 373 lux, lo que muestra que la carencia de lux es mucho mayor de la que muestra el promedio general de la escuela como análisis global, aun cuando hay aulas donde la brecha de iluminación es menor.

Por otra parte, en la escuela Osejo se tiene que el rango de iluminación va de 2 lux a 1273 lux, lo que muestra de nuevo que la deficiencia de iluminación en algunas aulas es significativa, mientras que en otras excede por mucho el requerimiento y llega a un punto de sobre iluminación. Estas diferencias se pueden catalogar como exceso de iluminación en unos puntos y en otros como oscuridad. La razón de este tipo de variación puede deberse a una inadecuada focalización o mala distribución de este recurso a lo largo del espacio, de ahí la importancia de un análisis previo de la orientación del recinto.

Lo anterior es producto de que no se considera el uso que se le va a dar a los espacios para el diseño y optimización de estos, se tiene en cuenta la orientación y la posición de las paredes, asimismo, el color y materiales de la pizarra. En las aulas estudiadas, se observó que sí se cumple la disposición de que no se deben realizar trabajos frente o contra ventanas, para optimizar el uso de la luz de forma lateral sobre el cuaderno. Sin embargo, de forma general la iluminación en las escuelas es muy deficiente y en el momento del diseño de cada edificación se debieron tomar previsiones para garantizar el mejor desempeño de los estudiantes en cuanto a luminancia y correcta visualización de las pizarras y mesas de trabajo.

Por otra parte, la Guía Técnica de Eficiencia Energética en los Centros Docentes, del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía recalca que comúnmente los principales errores en la disposición de iluminación en las aulas involucran sufrir deslumbramientos por el exceso de luz, percibir extremos lumínicos

dentro de un mismo espacio, desconcentrarse, sentir reflejos en las áreas internas (como la pizarra).

Todos estos se observaron en las aulas en estudio y el panorama de la presente investigación también encontró otros factores como ruido interno del aula, ruido de las otras aulas cercanas, humedad e incomodidad térmica y que junto a los propios factores personales de los estudiantes (situación del hogar, falta de recursos, problemas de visión, enfermedades agudas o crónicas, personalidad distraída) se pueden traducir en rezago educativo, problemas de aprendizaje y deserción escolar.

Se debe utilizar el criterio de Monteoliva *et al.* y considerar que la iluminación no solo debe ser evaluada por su uso, sino también por la relación que esta establece con la visibilidad y el desempeño de sus ocupantes. En este aspecto, se destaca la documentación internacional como la Norma Europea sobre Iluminación para Interiores (UNE 12464.1; 2002), que resalta como guía importante para la aplicación técnica de los requerimientos lumínicos relativos a los espacios y las tareas que en ellos se realizan, con el fin de plasmar de mejor forma el criterio de Monteoliva *et al.* de considerar el aprovechamiento de la luz natural de manera asertiva, sin extremos y correctamente ubicada.

Una buena concepción e implementación de luz mixta proporciona a los estudiantes y profesores, un ambiente agradable y estimulante, con un confort visual que les permite el aprendizaje sin un sobre esfuerzo visual, sin cansancio por esquivar deslumbramientos y reduciendo los dolores de cabeza producidos por una iluminación inadecuada. Si estos conceptos se contemplaran en el diseño de las aulas, se mejoraría la visualización de los materiales didácticos en el aula y coadyuvaría a incrementar el desempeño de los estudiantes.

#### **7.2.4. Confort térmico**

La humedad, ventilación y la temperatura son condiciones termo higrométricas que nunca van a poder mantenerse de forma tal que satisfagan a todos los moradores de un edificio. No obstante, sí es posible conseguir que dichas condiciones satisfagan a un alto porcentaje de personas.

Estas condiciones son fundamentales en el análisis de la infraestructura escolar porque tienen gran influencia en la sensación de bienestar térmico que se percibe.

Como quedó establecido en capítulos anteriores, el método Fanger predice la satisfacción de los usuarios con respecto al bienestar térmico correspondiente a las diferentes áreas de las escuelas donde desarrollen sus labores, correlaciona la temperatura, la velocidad del aire, la temperatura radiante y la humedad, lo cual disminuye la conocida subjetividad que envuelve esta variable.

En los centros educativos en estudio, se aplicó dicho método en las diez aulas evaluadas, arrojando como resultado que el bienestar térmico es inconfortable o muy insatisfactorio, como se presenta en el cuadro 15

Se evidencia que los porcentajes de usuarios insatisfechos PPD están muy por encima del 5 %, que es la medida definida estándar para un bienestar confortable o muy satisfactorio. En todas, el PMV supera el 0.8, lo que corresponde a un grado de inconformidad de la población interna de un 24 % en la escuela Rafael Arguedas y en la escuela Rafael Osejo un 29 % de insatisfacción con un PPD de más de 0.9. La graficación de cada una de las variables se muestra en los anexos 16 y 17.

Esta investigación, a la vez, confirma que existe una diferencia en los datos de insatisfacción térmica de cada escuela, ya que pesar de que entre ambos recintos escolares existen poco más de 13 kilómetros, el hecho de que pertenezcan a la misma zona de vida y al haber podido confirmar estadísticamente que la variabilidad de los promedios de temperatura externa entre ambos fue mínima. Se puede afirmar que, por lo tanto, esta diferencia de confort se debe específicamente a las condiciones estructurales que caracterizan a cada uno de estos centros educativos.

Se apoya la relación entre la estructura y el confort térmico de los estudiantes, ya que las escuelas se exponen al mismo entorno los mismos días y la insatisfacción es diferente, por lo que se comprueba que la estructura responde diferente al mismo entorno y por ende la sensación del morador a lo interno es distinta, como se muestra en los índices PPD y PMV de cada aula.

Cuadro 15. Indicadores de método Fanger PMV y PPD de las aulas de la Escuela Arguedas y Osejo

Escuela	Aula	PMV	PMV recomendada o normativa Internacional	Promedio	Diferencia estándar vs obtenido	PPD	PPD recomendada o normativa Internacional	Promedio	Diferencia estándar vs obtenido	Recomendación MEP-DIEE
Rafael Arguedas Gutiérrez	1	0.94	0 (entre más cercano a este valor)	0.9	0.94	24 %	5 %	24 %	19	No tiene indicaciones para este parámetro
	2	1.07			1.07	29 %			24	
	3	0.86			0.86	21 %			16	
	5	0.99			0.99	26 %			21	
	6	0.85			0.85	20 %			15	
Rafael Francisco Osejo	1	1.22	0 (entre más cercano a este valor)	1.1	1.22	36 %	5 %	29 %	31	No tiene indicaciones para este parámetro
	4	1.05			1.05	28 %			23	
	6	1.14			1.14	32 %			27	
	9	1.03			1.03	27 %			22	
	11	0.94			0.94	24 %			19	

Fuente: elaboración propia, 2018.

Con respecto a la ventilación y el índice de confort térmico, este factor presentó un promedio de 0 m/s de ventilación en ambas escuelas y esto implica que las renovaciones del aire dentro del espacio son pocas o casi nulas, lo que hace que los gases provenientes del entorno, de los materiales y de los procesos de respiración se concentren dentro del área, generando incomodidad por olores, calor y sensación de hacinamiento. Como mencionó el estudio del BID (2014), en climas cálidos se debe adoptar un diseño arquitectónico que promueva la ventilación natural sin dejar de lado el diseño de los espacios exteriores para reducir la temperatura del aire entrante.

Los flujos de aire en un espacio cerrado permiten no solo refrescar el lugar en cuanto a temperatura, sino también diluir los contaminantes que se encuentren dentro con la entrada de una brisa nueva, se tiene en cuenta que el aire que ingrese al espacio debe encontrarse más limpio que el interno.

Un factor que se debe recalcar en la problemática de temperatura, ventilación y confort es la escuela Osejo por tener techos antiguos muy altos, lo cual es una guía de cómo propiciar el intercambio de aire caliente y frío a través del movimiento de la corriente en las zonas más altas de las aulas, teoría que es fundamentada por Stagno (2007) y que con estudios más profundos puede idear una respuesta positiva de la estructura a los factores termo higrométricos del ambiente.

Todas las variables estudiadas de confort ambiental y los datos encontrados retoman la importancia que recalca el BID, la OPS, OMS y diversas instituciones a nivel mundial sobre analizar y reglamentar la relación entre los factores ambientales y las áreas educativas, con miras a promover la arquitectura bioclimática y buscando la comodidad de los estudiantes como elemento impulsor del éxito educativo.

### **7.3. Resultados y cumplimiento de normativa del MEP**

Anteriormente, en capítulos preliminares, se identificó normativa nacional establecida por el DICE-MEP y legislación internacional para algunas de las variables de estudio, por esto en el cuadro 16 se expondrá el grado de cumplimiento de las instituciones escolares que son parte de la investigación, con respecto a dichos parámetros establecidos y a normativa internacional.

Cuadro 16. Comparación de variables y cumplimiento con la legislación nacional

Variable ambiental	Escuela Rafael Arguedas			Escuela Francisco Osejo			Recomendado MEP (DIEE)
	Mín.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	
Superficie por alumno (m <sup>2</sup> /alumno)	1,5	2,2	1,93	1,4	6,6	1,4	Mínimo 1,50
Ocupación por aula (Alumnos)	Mín.	Max	Prom	Min	Max	Prom	30 máximo
	24	35	30,6	3	24	12,7	
	67	1273	322.1	12	6592	383.5	
	20.6	29.9	26.2	22.2	29.3	26.8	
Colores cielo	Blanco mate (70-85 % reflexión).			Crema (50-75 % reflexión).			Blanco mate con 70-85 % reflexión
Colores paredes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gris claro/gris oscuro</li> <li>• Azul rey y verde limón</li> <li>• Azul rey/ blanco;</li> <li>• Café medio; verde pálido.</li> </ul>			Crema y café oscuro.			Colores pálidos con 50-75 % de reflexión de la luz: Únicamente gris claro, crema y amarillo claro.
Colores piso	Crema/ blanco hueso			Recuadros mosaicos en amarillo, rojo, negro y café.			Colores con un factor de reflexión de 20-25 %: Rojo oscuro, verde oscuro, marrón oscuro, gris oscuro.
Colores mobiliario y equipo	Pupitre café, silla gris.			Pupitres y sillas grises.			Colores con un factor de reflexión entre 20-40 %: Azul oscuro, verde oscuro, rojo claro y oscuro, marrón claro y oscuro, gris oscuro.
Espacios requeridos	Cuenta con todas las estipuladas menos con patio cubierto o salón multiuso.			Cuenta con todas las estipuladas menos con patio cubierto o salón multiuso.			Salas de clase, administración, patio cubierto o salón multiuso. Instalaciones sanitarias, pasillos y/o corredores techados.

Fuente: elaboración propia, 2017.

Según la información del cuadro anterior, se evidencia que el 100% de las aulas en estudio de la escuela Arguedas cumplen el requerimiento nacional del espacio mínimo por alumno (1.5m<sup>2</sup>) e incluso posee áreas con 2.2m<sup>2</sup> por estudiante, mientras que en la escuela Osejo el 93.3 % de las áreas en estudio cumplen el mínimo, ya que existe un aula con 1.4 m<sup>2</sup> por alumno.

A pesar de esto, esta escuela posee una de las áreas de estudio con 6.6 m<sup>2</sup> por alumno. Esta aula es la de refuerzo especial para población con problemas de aprendizaje, por lo tanto, el espacio es mediano en relación con las demás aulas, pero la cantidad de niños que recibe es muy poca, para que la persona educadora tenga mayor espacio para trabajar con cada estudiante. Con respecto a la capacidad máxima de estudiantes por aula, las normas del compendio del DIEE indican que debe ser un máximo de 30 personas y en la escuela Arguedas se excede esta capacidad por un 16,6%.

Es decir, existe un aula con 5 alumnos más de los recomendados, con una población por aula de mínimo 24 y máximo 35. Mientras que la escuela Osejo el 100 % de las aulas cumplen con esta normativa, ostenta un mínimo de 3 y un máximo de 24 alumnos por clase.

Según lo expuesto, la escuela Arguedas (de reciente y prefabricada construcción) brinda a todos los estudiantes (de las aulas seleccionadas para la investigación) su espacio mínimo respectivo, sin embargo, se excede la capacidad de personas por aula. Es decir, la clase es grande y alcanza para que en las aulas con mayor cantidad de alumnos se respete el espacio mínimo de 1.5 m<sup>2</sup>, pero se presenta un exceso de personas, lo cual puede incidir en la concentración, en la temperatura del espacio y el ruido que se genere en el interior del área.

La escuela Osejo se mantiene dentro de los requerimientos del máximo de estudiantes por aula (30), y casi cumple los 1.5m<sup>2</sup> de área mínima por persona, sin embargo, se debe recordar que esta escuela recibe población de varias zonas densamente pobladas y de rápido crecimiento, como lo son Mata Redonda (Sabana), Escazú (Anonos) y Pavas, por lo que se debe velar por que cada año en los periodos de matrícula y nuevos ingresos no se pierda esta característica de cumplimiento.

Como se aprecia en el cuadro citado, la normativa recomienda que los colores de las paredes deben ser claros con un índice de reflexión alto, lo cual se cumple en la escuela Arguedas en varios de los salones de clase, mientras que para la escuela Osejo, según el tono que se emplee se cumple con lo establecido, por lo que este factor se tiene que considerar cuando se hagan cambios de pintura, para seleccionar los tonos dentro de lo establecido.

En el cuadro anterior se nota que los colores de las aulas en la escuela Arguedas son variados y que no cumplen con lo establecido en la normativa. En este caso, son las docentes quienes escogen los colores de su aula, basados comúnmente en gustos personales, factor que desde la dirección de la escuela debería ser normado y llevar a que se cumpla con los requerimientos establecidos, para hacer conciencia en las docentes sobre los beneficios de dichos colores. La personalización del espacio podría darse con otros elementos en el aula.

Por otro lado, en relación con los colores recomendados para pisos de aulas y zonas escolares, en la escuela Osejo el piso posee un mosaico de diversos colores y no se cumple lo estipulado por el DIEE en relación con la uniformidad y el tono recomendado para evitar deslumbramientos desde el nivel de suelo.

La escuela Arguedas tampoco cumple la normativa por tener un color muy claro de cerámica, con un índice de reflexión aproximado de 50-75 %, contrario a los 20-25 % (colores oscuros) que se establece.

Los pupitres de las escuelas son de madera en el caso de la Arguedas y de plástico y MAPLAR (Material Plástico Reciclado) en el caso de la Osejo. Este tipo de mobiliario cumple con el rango establecido para el índice de reflexión de los colores, entre el 20 % y 40 %.

Por otro lado, los centros educativos poseen una estructura establecida de espacios mínimos requeridos, el DIEE indica que aparte de las aulas y zonas comunes generales, como el comedor, es necesario poseer patios cubiertos o salón multiuso, ya que las áreas externas donde se desenvuelven los estudiantes fuera del aula de clase también son fundamentales para el adecuado desarrollo personal y educativo de cada uno de ellos.

Es así como con base en el análisis realizado en capítulos anteriores sobre

la afectación en cuanto a ruido por no tener este espacio cubierto o salón multiuso, se retoma el concepto y se recalca que las áreas de práctica de actividades de desarrollo integral como Educación Física y ensayos de banda deben realizarse sin afectar el progreso de las lecciones de los demás estudiantes.

En la escuela Arguedas, la carencia de un salón multiuso y un espacio de deporte techado entorpece las lecciones de las aulas de tercero y sexto grado, como se comprobó cuando se hicieron mediciones de nivel sonoro continuo equivalente. El sonido proveniente de las clases de los pasillos laterales se percibe en los salones de clase contiguos y con más razón si los ensayos de banda y clases comunes de educación física se llevan a cabo en los pasillos alrededor de las aulas cuando está lloviendo.

El piso de la escuela Osejo y en general su infraestructura, está declarado como patrimonial por su antigüedad y valor cultural e histórico. Sin embargo, la utilización de estos edificios como centros educativos implica el uso de materiales, colores y técnicas que representan un reto para el desarrollo de un espacio estético y de bienestar para la población moradora, por lo que no poder realizar cambios estructurales o de materiales, plantea la inquietud de si es idónea la utilización de este tipo de edificaciones como centros de formación y aprendizaje para la población estudiantil.

Este criterio se ve representado también por la necesidad de optimizar los índices de iluminación, ventilación, humedad y temperatura que propicia este edificio, así como el imperante de utilizar materiales que mejoren la distribución del nivel de presión sonora que se genera dentro de las aulas y como combinación de la cercanía de estas, aspectos que no pueden ser realizados estructuralmente por la restricción de uso de la edificación que la protegen.

Se debe plantear cuál es el fin de mantener un edificio protegido y de importancia histórica en uso constante, teniendo en cuenta la afectación que sufre el inmueble y, a la vez, la afectación que percibe la población que mora un edificio con oportunidades de mejora, pero sin la autorización de realizarlas. Es fundamental mejorar las condiciones ambientales que en el momento del análisis se encontraron en las aulas y que no garantizan procesos educativos adecuados para los

estudiantes, por lo que de no poder intervenir las instalaciones se debe establecer nuevos espacios para asegurar el acceso a condiciones educativas que propicien el bienestar.

Por todo este panorama de condiciones ambientales identificadas en dos centros educativos en la actualidad (que es probable que se replique en muchas otras escuelas) es necesaria la incorporación de las variables ambientales en relación con la afectación a la salud en los diseños de futuros centros educativos. A través de los profesionales de Salud Ambiental se pueden realizar manuales de estandarización y aplicación de los criterios ambientales, para que con criterio técnico y adaptando a la realidad nacional normas internacionales, se aseguren las condiciones mínimas de bienestar para la población estudiantil que los utiliza.

Estas disposiciones establecidas por el Ministerio de Educación de Costa Rica en relación con el DIEE en su compendio de regulación aplicable a centros educativos públicos y privados de Costa Rica muestran que los valores definidos para regular los parámetros ambientales que inciden en las aulas involucran no solo legislación nacional, sino también referencias textuales de normativa de otras regiones y que se presentan sin adaptación para nuestro país. A la vez, el compendio muestra datos concretos de regulación, pero no la guía para implementar un diseño adecuado que garantice su cumplimiento y la metodología necesaria para la medición y su control.

Un punto que debe abordarse es lo que declaró con firmeza la UNESCO desde el año 1987 en la Guía para Espacios Educativos, la cual indica que los requerimientos establecidos en un país no pueden ser usados sin un estudio previo en otra zona. En el caso del DIEE se utilizó la Norma Peruana de diseño de espacios educativos y a pesar de que esta norma es rica en referencias para la concientización de la importancia y aplicación de los parámetros ambientales que influyen en un espacio, no son un criterio adecuado para su aplicación exacta en Costa Rica.

Se considera que se debió llevar a cabo un plan piloto de prueba y monitoreo de los valores ambientales acuñados de esta normativa, para verificar que

satisficieron las necesidades locales o proceder a su adaptación a las condiciones nacionales.

Costa Rica debe llegar a poseer un manual donde se establezcan los requerimientos de diseño de centros escolares considerando las zonas de vida de Costa Rica y sus características específicas, con el fin de brindar las estrategias claras a cada una de ellas para un adecuado aprovechamiento de la infraestructura para escuelas.

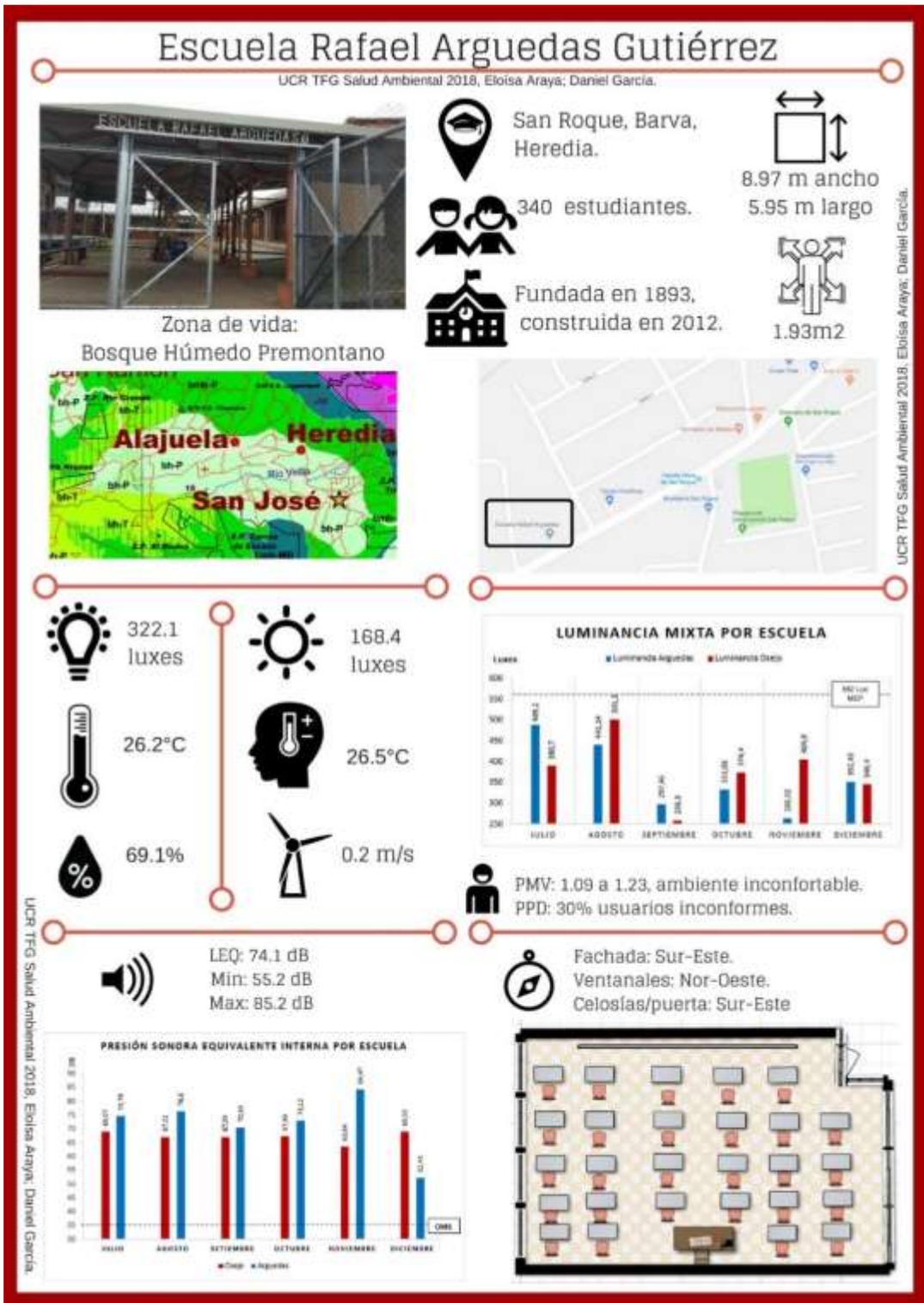
Las reformas educativas se han realizado a través del histórico de Costa Rica gracias a una serie de cambios y luchas sociales que permitieron establecer el modelo educativo que se mantiene en la actualidad, por lo que la inversión en infraestructura escolar y el mejoramiento de la calidad de la educación representan la disminución de las brechas sociales a futuro, esto conforme las poblaciones atraviesan los procesos de aprendizaje.

A la vez, considerando que la salud es un derecho fundamental de todo ser humano y la intrínseca relación directa del ambiente en el bienestar de las poblaciones, se deben atender de manera oportuna los entornos educativos a los que están expuestos los estudiantes en Costa Rica, teniendo en cuenta que el entorno afecta de manera diferente a los niños que a los adultos y que las decisiones en cuanto al diseño y estructura de escuelas es una oportunidad de fomentar espacios educativos saludables que fomenten el bienestar integral y el derecho a la salud de las poblaciones educativas.

#### **7.4. Fichas informativas**

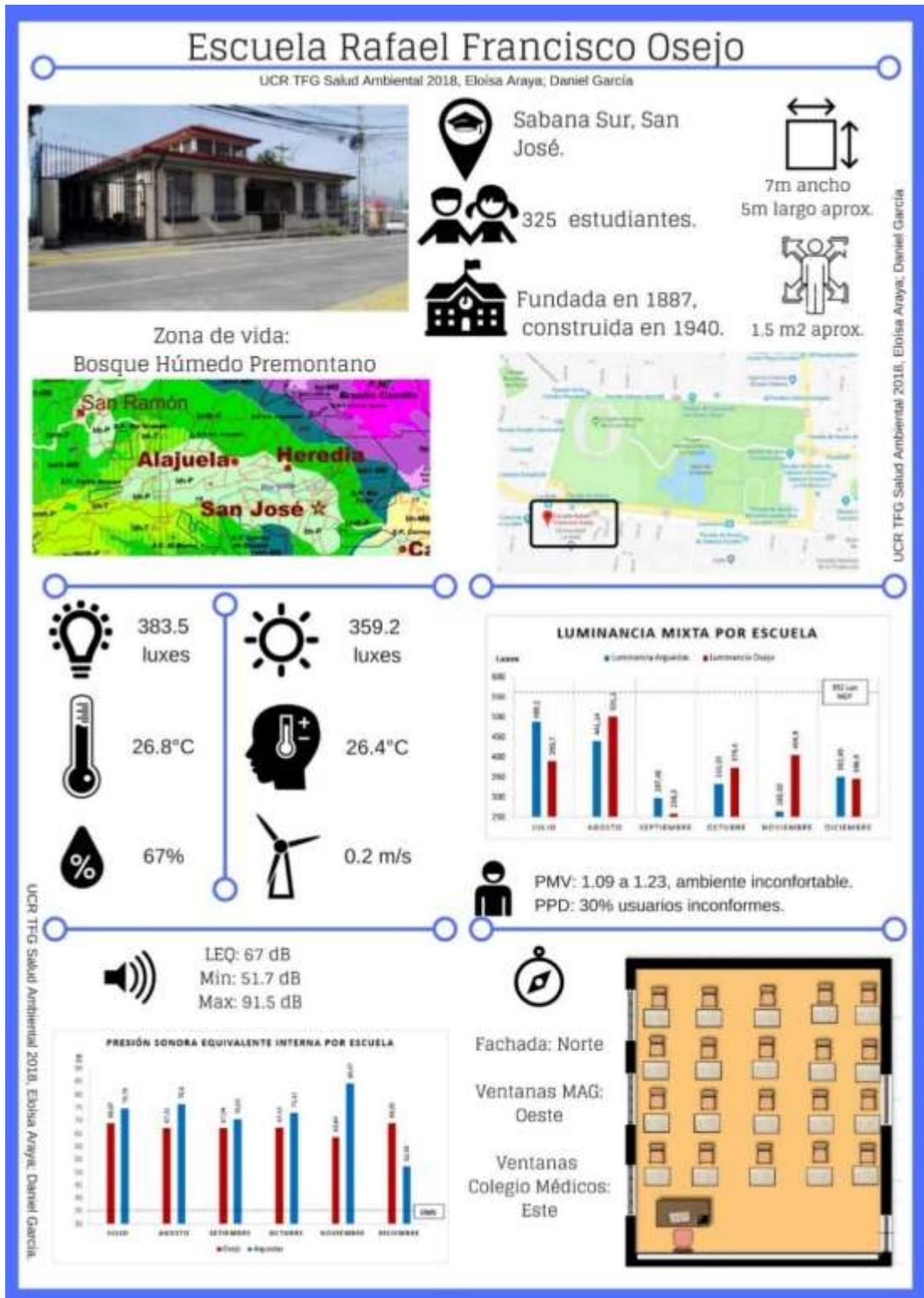
Como parte del análisis de resultados encontrados en cada centro educativo se elaboraron fichas informativas que permiten resumir en un conglomerado la información más importante relativa a las escuelas y aulas en estudio. En ellas se resumen los resultados más relevantes del estudio para cada escuela, las cuales se presentan en las figuras 43 y 44.

Figura 43. Ficha informativa Escuela Rafael Arguedas Gutiérrez



Fuente: elaboración propia, 2017

Figura 44. Ficha informativa Escuela Rafael Francisco Osejo



Fuente: elaboración propia, 2017.

## **8. Propuesta de mejoramiento, prevención y mitigación de las condiciones ambientales encontradas**

Desde la perspectiva de Salud Ambiental, muchos de los componentes del entorno son importantes para mantener un estado de bienestar en los seres humanos, por lo que desde esta perspectiva se hace énfasis en el abordaje de los factores que interfieren en procesos de desarrollo educativo de las poblaciones escolares.

La presente propuesta surge como necesidad del mejoramiento de las condiciones ambientales actuales de los recintos escolares estudiados, en relación con su ámbito estructural y con los aspectos del entorno que pueden interferir en la salud y bienestar de los moradores de estos espacios.

En el primer apartado se muestra la ficha informativa de la configuración del aula ideal según la normativa nacional e internacional analizada, la cual puede ser comparada con las fichas informativas del estado actual de los centros educativos estudiados para observar las mejoras que deben realizarse.

A su vez, la propuesta posee una serie de recomendaciones estipuladas según cada una de las variables ambientales estudiadas; con el fin de definir acciones concretas a realizar y mejorar y mitigar las condiciones identificadas con base en los requerimientos de la normativa aplicable, logrando así prevenir la posible afectación a la salud de la población estudiantil.

### **8.1. Objetivos de la propuesta**

#### **8.1.1. Objetivo general**

El objetivo general de la siguiente propuesta es:

- Mejorar, prevenir y mitigar las condiciones ambientales de los centros educativos en estudio que podrían incidir en la salud de los estudiantes de estos recintos.

#### **8.1.2. Objetivos específicos**

Los objetivos específicos establecidos para la presente propuesta son:

- Cumplir los requerimientos de la normativa nacional e internacional para las condiciones ambientales y estructurales en los centros educativos en estudio.
- Establecer herramientas que permitan la visualización y aplicación de las condiciones ambientales y estructurales ideales para los centros educativos en el país.

## 8.2. Involucrados y ejecutores de la propuesta

La propuesta de mejora permite involucrar a una serie de actores que intervienen en la creación, mejora, ejecución y seguimiento de las distintas características que componen a los centros educativos en Costa Rica, en su contexto de funcionamiento y la relación con las condiciones estructurales y ambientales.

En el cuadro 17 se muestran los principales interesados en la mejora de condiciones y los posibles ejecutores de las recomendaciones brindadas.

*Cuadro 17. Actores involucrados en la propuesta y sus acciones.*

<b>Actor involucrado</b>	<b>Acción</b>	<b>Objetivo</b>
Ministerio de Educación Pública	Evaluar las variables ambientales que pueden tener incidencia en la salud y verificar su inclusión en el compendio de normas establecidas para centros educativos en Costa Rica.	Actuar como ente el rector en el cumplimiento del normativa nacional e internacional
Directores de los centros educativos Rafael Francisco Osejo y Rafael Arguedas Gutiérrez	Analizar y guiar los cambios pasivos de diseño que se muestran en cada uno de los apartados.	Mejorar el cumplimiento de la normativa nacional e internacional en los recintos escolares
Educadores de los centros educativos	Aplicar los cambios indicados en los apartados	Identificar condiciones ambientales adversas

*Cuadro 17. Actores involucrados en la propuesta y sus acciones.*

<b>Actor involucrado</b>	<b>Acción</b>	<b>Objetivo</b>
		en sus aulas, estableciendo y aplicando estrategias de mejora
Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo	Identificar las necesidades de infraestructura de los centros educativos	Establecer directrices para la optimización de la infraestructura escolar en el país
Personal de mantenimiento de las estructuras educativas	Reportar y mantener la infraestructura escolar	Realizar el mantenimiento adecuado, a las diferentes áreas de los centros educativos
Centro de Patrimonio Histórico	Evaluar la estructura de los centros educativos declarados patrimonio nacional, con el fin de identificar si el mismo cumple las regulaciones del país y cumple con las necesidades de moradores.	Realizar un diagnóstico de la estructura de los centros educativos declarados patrimonio nacional

Fuente: Elaboración propia, 2017.

### **8.3. Indicaciones para analizar los apartados de la propuesta**

La propuesta se desarrolla en fichas informativas, que ilustran de una mejor forma la información técnica considerada para cada variable, y se incluyen las recomendaciones respectivas, desarrolladas con base en la revisión bibliográfica y los análisis realizados. Asimismo, se elaboró una ficha informativa del aula ideal, la cual resume las características que debe tener un aula para lograr las mejores condiciones de salud ambiental para los estudiantes. En el apartado de cada

variable se muestran las indicaciones concretas para mejorar las condiciones ambientales de los espacios educativos.

### **8.3.1. Indicaciones sobre la ficha informativa**

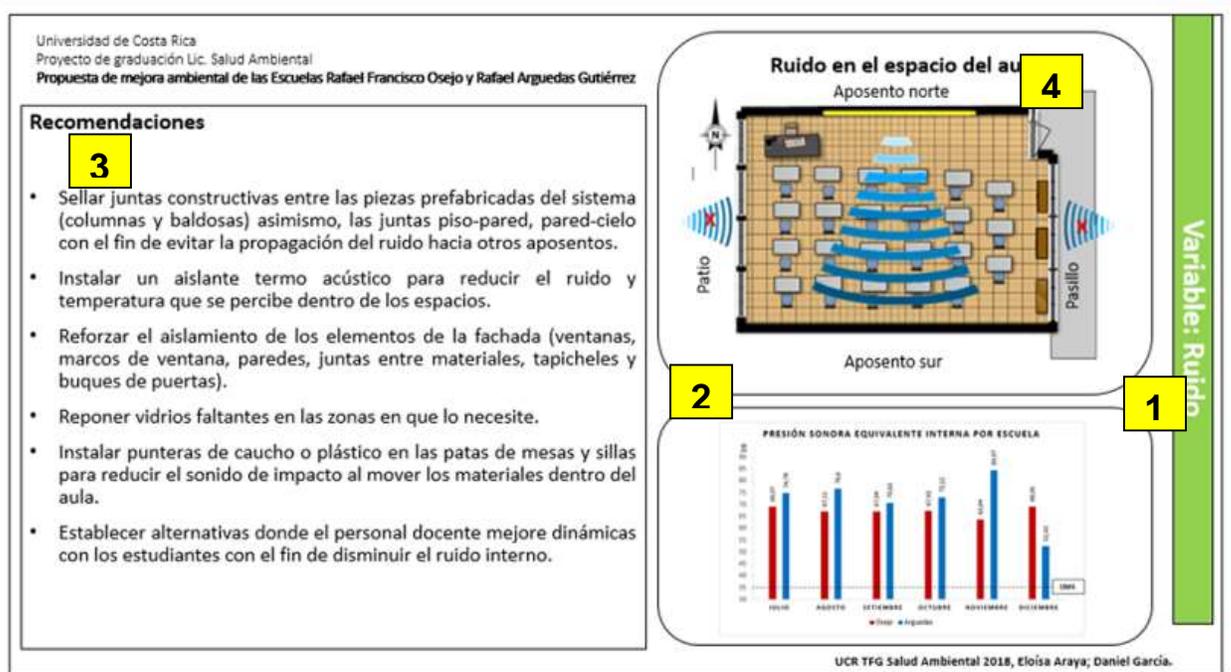
Como puede observarse en la figura 45, la ficha consta de 4 componentes: la variable que se analiza (cintillo verde), un recuadro con el modelo gráfico del comportamiento ideal de la variable en el aula, un gráfico con el comportamiento de la variable respectiva en cada escuela y el valor de cumplimiento con respecto a la legislación nacional o a recomendaciones de la OMS y finalmente, en el recuadro principal, las recomendaciones propuestas.

Para interpretar la ficha, con base en la figura 45:

1. Observe el cintillo verde en el lateral derecho, en él se describe la variable a la que pertenece la ficha. En este caso se trata de la variable ruido.
2. En la esquina inferior derecha se observa el gráfico de los principales resultados obtenidos para la variable en análisis. En este caso es la presión sonora equivalente interna. Este gráfico presenta la comparación entre ambos centros educativos y la relación de cumplimiento de la legislación.
3. En el recuadro principal se encuentran las recomendaciones, que son las acciones que se deben mitigar o eliminar para mejorar las condiciones de salud ambiental dentro de los espacios o para lograr el cumplimiento de la legislación nacional. Es deseable que estas recomendaciones sean implementadas para lograr un impacto en los espacios estudiados.
4. En la esquina superior derecha presenta un modelo de cómo debe comportarse cada variable ambiental y estructural según la configuración ideal de los espacios.

Se debe considerar que existen variables que no poseen los cuatro aspectos mencionados anteriormente debido a sus características, por lo que debe analizarse el apartado según el orden indicado y los aspectos que posea.

**Figura 45. Ejemplo para la interpretación de la ficha.**



Fuente: Elaboración propia, 2017.

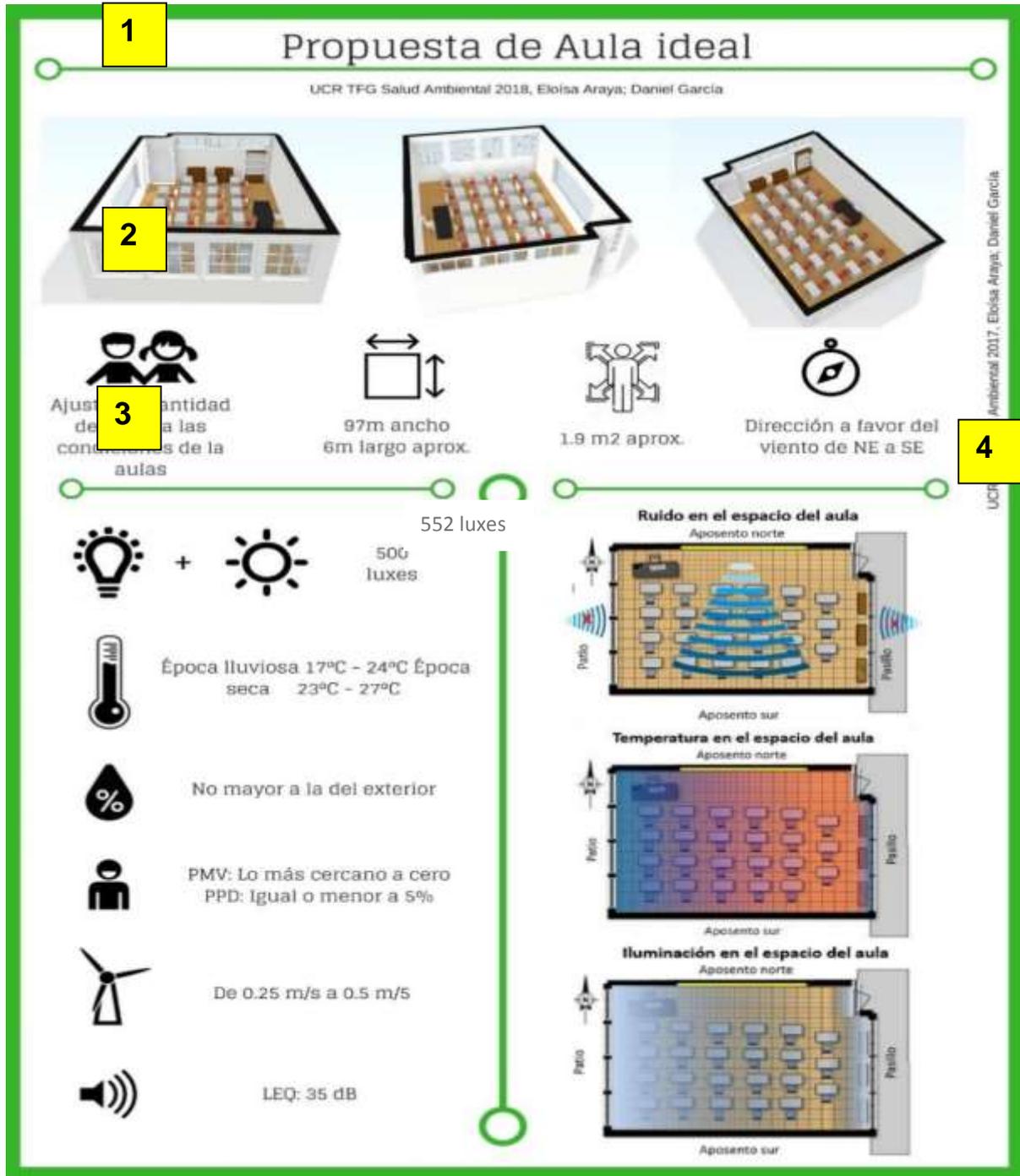
### 8.3.2. Indicaciones sobre la ficha del aula ideal

En la figura 46 se presenta un ejemplo de la Ficha de Propuesta de Aula Ideal; a continuación se describen sus apartados con base en los números respectivos.

- En esta área se muestra la propuesta de diseño y configuración del espacio interno de las aulas.
- Las características principales de las escuelas se resumen en esta área y se ejemplifican con el mismo símbolo utilizado en las fichas informativas de las condiciones actuales de los centros educativos. En el caso de la cantidad de estudiantes por aula, se recomienda que se ajuste la cantidad según el nivel escolar respectivo, sus características y las condiciones de las aulas, lo que ayudará a definir el área que cada uno de ellos necesita dentro de los recintos escolares.
- En la esquina inferior izquierda se muestra, mediante los símbolos definidos, los requerimientos de la legislación para las variables ambientales medidas.

Figura 46. Ficha informativa Aula Ideal.

Fuente: elaboración propia, 2017.



4. En la esquina inferior derecha se encuentra graficado el comportamiento

ideal de las principales variables ambientales a través del espacio del aula.

Considerando la información suministrada en las indicaciones anteriores, la ficha del aula ideal permite observar de forma gráfica los requerimientos establecidos por la legislación nacional e internacional para regular el comportamiento y control de las variables ambientales en los entornos educativos.

Por su parte, una de las recomendaciones primordiales que deben valorarse en estos centros educativos en estudio, es la dirección del viento y la ubicación de la estructura en relación con la dirección noreste a sureste.

Tomando como base la legislación nacional, las normas internacionales y los documentos de referencia consultados, los parámetros definidos como recomendables en relación con las variables ambientales son 552 luxes mínimos, PMV cercano a 0, PPD de máximo 5% y una presión sonora equivalente de 35 dB según la OMS y 45dB según el lineamiento nacional del Ministerio de Salud.

#### **8.4. Fichas por variable**

A continuación, se presentan las fichas por variable.

### 8.4.1. Variable: Iluminación

Universidad de Costa Rica  
 Proyecto de graduación Lic. Salud Ambiental  
 Propuesta de mejora ambiental de las Escuelas Rafael Francisco Osejo y Rafael Arguedas Gutiérrez

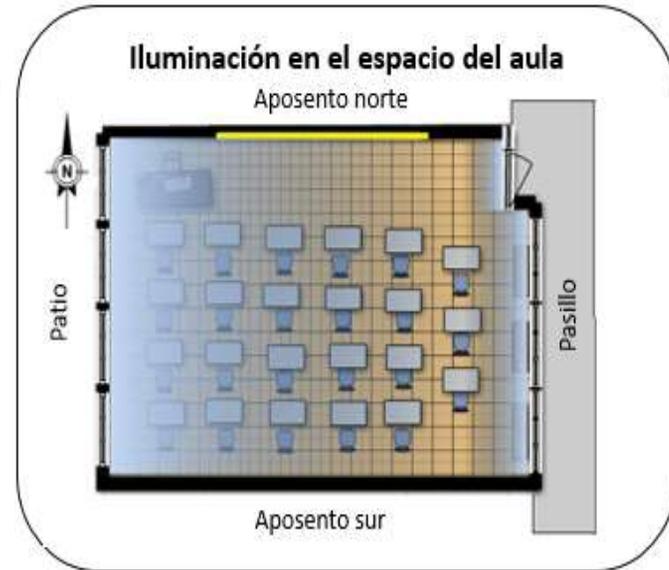
#### Recomendaciones

##### Carencia de iluminación:

- Cambiar láminas de cielorrasos dañadas u opacas manteniendo la utilización de colores claros que potencien la iluminación.
- Eliminar cortinas en las ventanas o láminas de policarbonato deterioradas en el exterior, evitando el bloqueo de la luz natural, mejorando la calidad y aumentar la cantidad de iluminación natural en los recintos.
- Aumentar la cantidad de luminarias (tipo luz día) dentro del aula, para compensar con iluminación artificial la deficiencia de luz natural en el 100% de los espacios.
- Redistribuir el equipamiento (ventiladores, muebles) en áreas de cielo y paredes para evitar obstruir las entradas de luz natural.

##### Exceso de iluminación

- Mitigar el ingreso directo de iluminación con obras exteriores aledañas al aula utilizando barreras cercanas ella, como mamparas vegetativas, parasoles y/o árboles de mediano, cetos, entre otros, con el fin de regular ingreso la luz directa y evitar deslumbramientos en dichas áreas.
- Evitar el uso de materiales y colores refractantes en los cielos rasos, paredes, pisos y equipamiento.
- Colocar una película translúcida en áreas de vidrio con el fin de atenuar el ingreso de luz directa hacia el espacio.
- Utilizar pizarras cóncavas para la minimización de los reflejos que se generan en las convencionales rectas.
- Colocar los escritorios de forma que la luz incida de modo lateral sobre el cuaderno.



UCR TFG Salud Ambiental 2018, Eloísa Araya; Daniel García.

Variable: Iluminación

## 8.4.2. Variable: Ruido

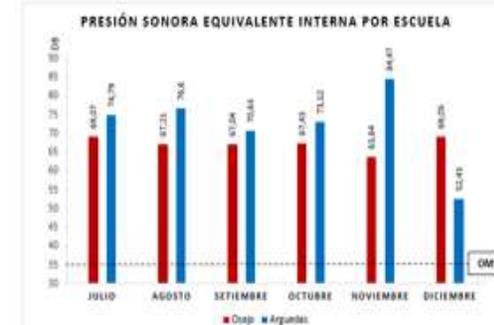
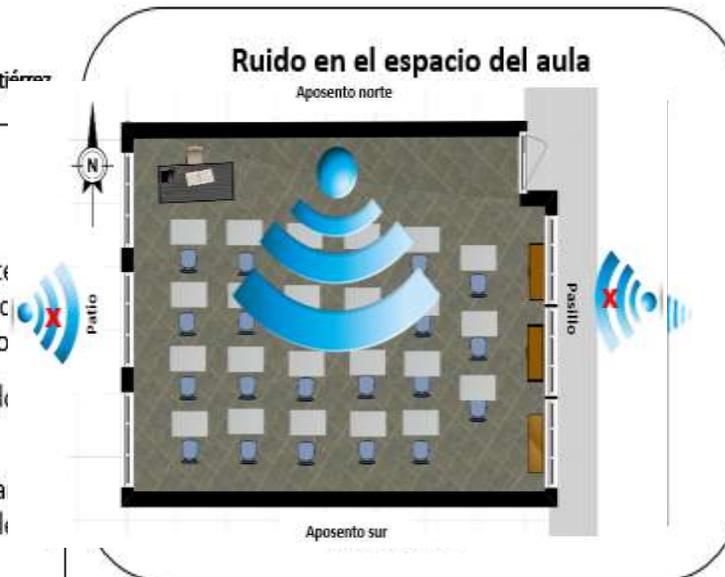
Universidad de Costa Rica

Proyecto de graduación Lic. Salud Ambiental

Propuesta de mejora ambiental de las Escuelas Rafael Francisco Osejo y Rafael Arguedas Gutiérrez

### Recomendaciones

- Sellar juntas constructivas entre las piezas prefabricadas del sistema (columnas y baldosas) asimismo, las juntas piso-pared, pared-cielo con el fin de evitar la propagación del ruido hacia otros aposentos.
- Instalar un aislante termo acústico para reducir el ruido y la temperatura que se percibe dentro de los espacios.
- Reforzar el aislamiento de los elementos de la fachada (ventanas, marcos de ventana, paredes, juntas entre materiales, tapichelo, buques de puertas).
- Reponer vidrios faltantes en las zonas en que lo necesite.
- Instalar punteras de caucho o plástico en las patas de mesas y sillas para reducir el sonido de impacto al mover los materiales dentro del aula.
- Establecer alternativas donde el personal docente mejore dinámicas con los estudiantes con el fin de disminuir el ruido interno.



UCR TFG Salud Ambiental 2018, Eloisa Araya; Daniel García.

Variable: Ruido

### 8.4.3. Variable: Temperatura y humedad

Universidad de Costa Rica

Proyecto de graduación Lic. Salud Ambiental

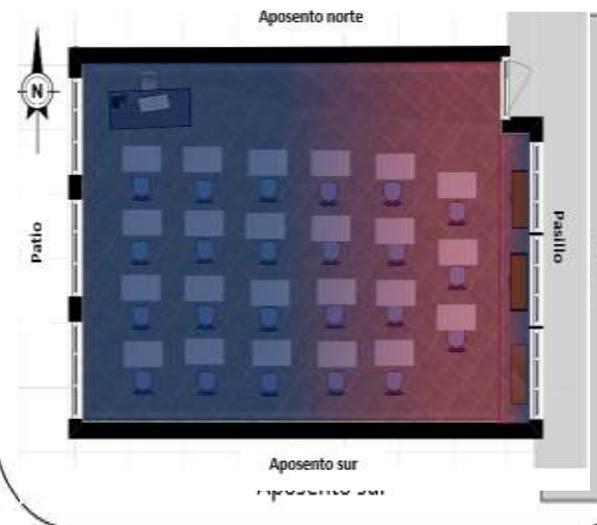
Propuesta de mejora ambiental de las Escuelas Rafael Francisco Osejo y Rafael Arguedas Gutiérrez

#### Recomendaciones

Según la referencia internacional del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, para tareas sedentarias se deben garantizar en época lluviosa 17°C-24°C y en época seca 23°C-27°C.

- Reemplazar los materiales que presentan moho y acumulación de humedad en áreas contiguas y dentro de las aulas (cielos, techos, pisos y fachadas) por unos que no absorban humedad y permitan un eficaz mantenimiento periódico.
- Colocar barreras vegetativas y parasoles (ver apartado de iluminación) que generen sombra y disminuyan la incidencia directa del sol en el aula, con el fin de mejorar la temperatura interior del espacio.
- Sellar los cierres de ventanas y puertas para evitar el paso de lluvia y corrientes de aire frío en época lluviosa.
- Mejorar la ventilación natural diaria de los espacios, implementando cambio en el sistema de ventanearía, propiciando la ventilación, con el fin de mantener la temperatura idónea durante las clases.
- Utilizar materiales con aislamiento térmico entre el interior y exterior de los centros educativos

#### Temperatura en el espacio del aula



UCR TFG Salud Ambiental 2018, Eloísa Araya; Daniel García.

Variable: Temperatura y humedad

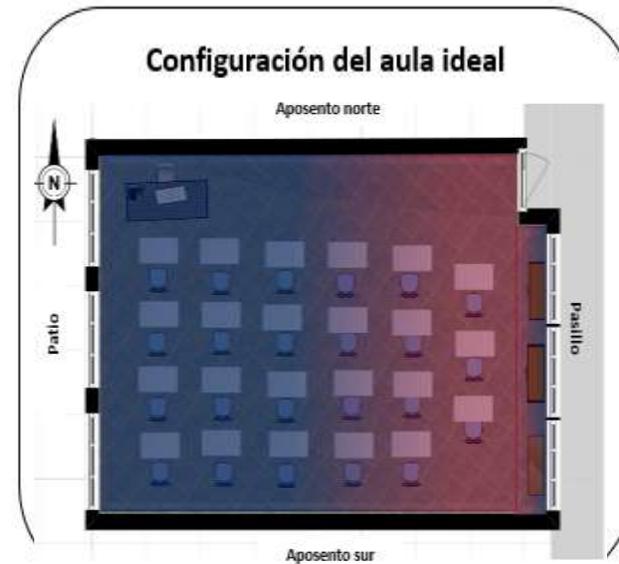
### 8.4.1. Variable: Confort Térmico

Universidad de Costa Rica  
Proyecto de graduación Lic. Salud Ambiental  
Propuesta de mejora ambiental de las Escuelas Rafael Francisco Osejo y Rafael Arguedas Gutiérrez

#### Recomendaciones

El confort térmico va depender de la apreciación de los estudiantes en las aulas, por ello con el fin de que un porcentaje mayor de estudiantes se encuentren cómodos se puede aplicar lo siguiente:

- Evitar ingreso de humedad al inmueble, revisando todas las áreas propensas a la misma o que muestren afectación directa.
- Aumentar de ventilación natural primordialmente o implementar artificial con uso de ventilares distribuidos a lo largo de las aulas.
- Realizar estudios de intercambios de ventilación cruzada en las aulas, estableciendo las necesidades de las mismas.
- Velar por el cumplimiento del número total de estudiantes por aula y el área establecida por cada niño.
- Plantar arbustos y árboles que generen (ver apartado de iluminación), evitando la incidencia directa de iluminación aumentando la temperatura interna.
- Modificar los horarios de actividades escolares en el exterior de las aulas para evitar exponer a los alumnos a temperaturas excesivas.
- Realizar las modificaciones necesarias para que la población estudiantil se encuentra en un estado cómodo.



Autores: Eloisa Araya Valverde y Daniel García Robles.

Variable: Confort térmico

### 8.4.1. Variable: Ventilación

Universidad de Costa Rica  
Proyecto de graduación Lic. Salud Ambiental  
Propuesta de mejora ambiental de las Escuelas Rafael Francisco Osejo y Rafael Arguedas Gutiérrez

#### Recomendaciones

La mejora de la ventilación en las aulas escolares permite la regulación de la temperatura, y en Costa Rica se debe aprovechar la predominancia de los vientos hacia el noroeste característicos de la zona tropical nacional, por lo que se podrían aplicar las siguientes acciones:

- Mejorar los sistemas de ventilación en los aposentos, garantizando el ingreso de ventilación y salida del aire hacia las áreas de pasillo. Tomando en cuenta las condiciones específicas de la zona de vida.
- Garantizar el requerimiento de espacios para ventilación, donde la pared opuesta del aula (colindante al pasillo) debe tener un área equivalente al 33.3% de las ventanas que dan al exterior.
- Potenciar la ventilación natural y los intercambios de aire necesarios para el área del aula a través de ventanas y puertas, considerando evitar la afectación por otros parámetros como el ruido exterior. A su vez, de no contar con dicho flujo de aire, se deberán colocar sistemas mecánicos de ventilación.



Variable: Ventilación

Autores: Eloísa Araya Valverde y Daniel García Robles.

### 8.4.1. Variable: Colores del aula

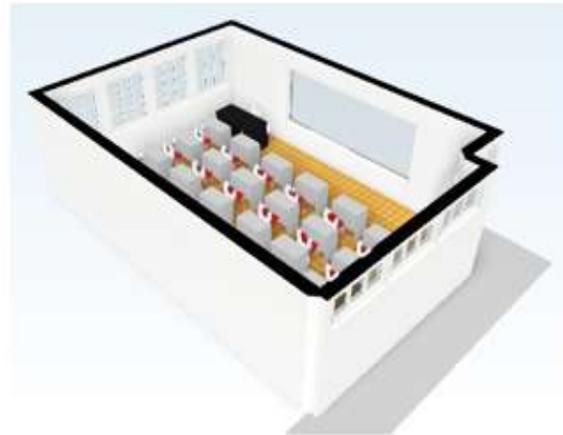
Universidad de Costa Rica  
Proyecto de graduación Lic. Salud Ambiental  
Propuesta de mejora ambiental de las Escuelas Rafael Francisco Osejo y Rafael Arguedas Gutiérrez

#### Recomendaciones

La reglamentación de colores establecida para paredes, pisos, cielos o pizarras permite evitar deslumbramientos y propiciar espacios más confortables, se pueden tomar los siguientes puntos en cuenta:

- Eliminar los colores fuertes y mezclados de las paredes internas de las aulas (azul oscuro, grises, café oscuro y verde limón).
- Colocar colores con índice de reflexión alto (claros), según indicación del compendio del MEP.
- Colocar mobiliario o adornos coloridos que destaquen, evitando la necesidad de paredes llamativas.
- Mejorar el color del piso, evitando el exceso de colores fuertes y el deslumbramientos por colores claros.

#### Configuración del aula ideal



Autores: Eloisa Araya Valverde y Daniel García Robles.

### 8.4.1. Variable: Programa 5S

Universidad de Costa Rica

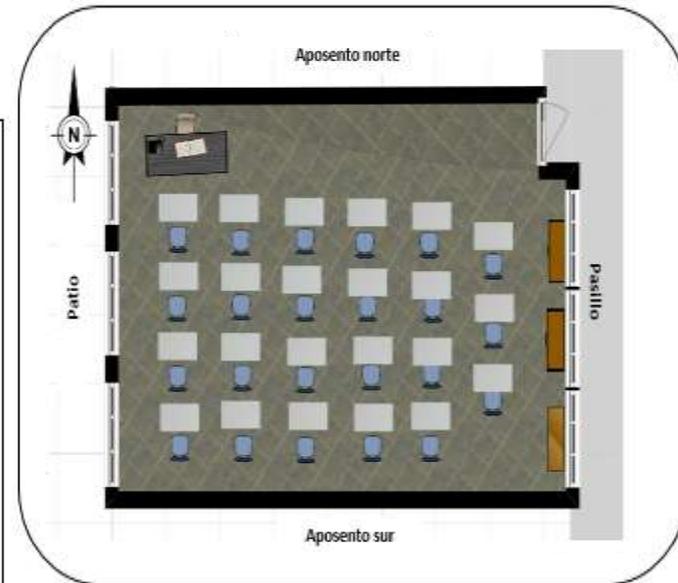
Proyecto de graduación Lic. Salud Ambiental

Propuesta de mejora ambiental de las Escuelas Rafael Francisco Osejo y Rafael Arguedas Gutiérrez

#### Recomendaciones

Los principios organizativos de bienestar y comodidad dentro del aula se pueden propiciar a través de un programa de 5S, promulgando la organización, limpieza, seguridad e higiene, así como un mejor aprovechamiento del espacio. Como recomendación se debe:

- Seiri (clasificar y disponer) Analizar periódicamente el mobiliario, herramientas, equipo y distribución de las zonas de trabajo, sin generar un acumulo innecesario de los mismos o obstrucción de áreas de paso.
- Seiton (Organizar) Garantizar que todos los elementos que conforman el aula tengan su lugar adecuado y a disposición.
- Seiso (Limpiar) Realizar limpiezas diarias en las aulas para evitar la suciedad y la exposición a contaminación.
- Seiketsu (Mantener) Establecer revisiones y responsables del programas de orden y limpieza de las aulas con el apoyo de los estudiantes.
- Shitsuke (Disciplina) Generar el habito en los niños y docentes para el cumplimiento del sistema "5S" de eficiencia, orden y limpieza, con el fin de crear un programa interno para cada aula.



Autores: Eloisa Araya Valverde y Daniel García Robles.

Variable: Programa 5S

### 8.4.1. Variables: Seguridad interna y Capacidad Máxima

Universidad de Costa Rica  
Proyecto de graduación Lic. Salud Ambiental  
Propuesta de mejora ambiental de las Escuelas Rafael Francisco Osejo y Rafael Arguedas Gutiérrez

#### Recomendaciones

Una necesidad básica también en las aulas es garantizar la seguridad de cada uno de los alumnos, parámetro que podría afectar la comodidad e integridad del espacio. Por ello se deben tomar estos aspectos:

- Minimizar el riesgo de accidentes por el mobiliario, materiales y equipo utilizado dentro del espacio.
- Garantizar el anclaje seguro a las superficies de la mueblería y establecer responsables de verificarlo constantemente.
- Revisar la selección de productos de limpieza que se utilizan y su almacenaje, para promover la utilización de sustancias no tóxicas y eco amigables.
- Identificar y señalar de área o herramientas con peligros punzocortantes latentes, ni superficies con riesgos de caídas que no hayan sido abordados para la máxima mitigación.

Variable: seguridad interna

#### Recomendaciones

Cada alumno debe poseer el espacio suficiente para el adecuado aprendizaje tanto alrededor de su pupitre como en el aula en general, evitando el hacinamiento, el aumento gradual de la temperatura y la inconformidad térmica. A su vez esto podría mitigar el aumento del ruido interno de los salones de clase. Para evitar estos efectos se deben aplicar las gestiones siguientes:

- Analizar la cantidad de alumnos/edades vs el área del aula.
- Considerar la estructura, la distancia y área de pizarra para establecer ese máximo de niños por aula.
- Tomar en cuenta las características propias de la edad para definir la cantidad de estudiantes por aula.
- Garantizar el espacio de 1.9 m<sup>2</sup> por cada estudiante.
- Evitar que mueblería u otros artículos del aula dificulten el tránsito en la misma, aumentando el hacinamiento del área.

Variable: Capacidad máxima

Autores: Eloisa Araya Valverde y Daniel García Robles.

## 9. Conclusiones y recomendaciones

### 9.1. Conclusiones

- Existe una relación entre las características estructurales y condiciones ambientales internas y externas en los centros educativos, donde ambos no cumplen la normativa nacional, ni internacional recomendada para espacios educativos.
- Ambas estructuras presentan deficiencias en las condiciones ambientales pudiendo desarrollar una afectación directa en la salud de los moradores de centros educativos por exposición a ellas.
- La mayor fuente de ruido interno de las aulas, son los niños y las dinámicas escolares en el interior de las aulas, las cuales sino se manejasen adecuadamente podrían generar afectaciones graves de salud a edades muy tempranas.
- A pesar de la diferencia de casi 105 años de construcción entre ambas estructuras escolares, se identifican condiciones ambientales adversas persistentes.
- Los manuales y guías de estandarización de infraestructura escolar actuales no corresponden a la realidad del país ya que las mismas son internacionales y no han sido adaptadas.
- La inclusión del método Fanger permitió evidenciar concretamente la sensación de disconformidad que posee la población estudiantil de los recintos escolares en relación con las condiciones ambientales presentes.
- La paleta de colores utilizados internamente en los salones de clase no se encuentra estandarizada, ni cumple las recomendaciones del país.
- La ventilación de ambos centros educativos es mínima, afectando el confort térmico interno.

- El tren es una fuente secundaria de ruido en la Escuela Rafael Francisco Osejo.
- No se abordan condiciones ambientales desde una perspectiva multidisciplinaria por parte de los entes pertinentes.

## 9.2. Recomendaciones

- Revisar las directrices actuales del Ministerio de Educación Pública para la creación y modificación de estructuras educativas, que sean acordes a la realidad tropical del país.
- Implementar procesos de análisis ambiental en centros educativos a nivel nacional, con la inclusión de profesionales en Salud Ambiental y criterios de salud en relación con las condiciones estructurales.
- Verificar la factibilidad económica de no utilizar las estructuras patrimoniales como recintos escolares.
- Realizar nuevos proyectos de investigación interdisciplinarios que incluyan: rendimiento escolar, ocupacional, análisis físico y audiometrías.
- Promover sistemas de mejora y optimización de las condiciones ambientales de los centros educativos estudiados según la propuesta.
- Vigilar periódicamente las condiciones ambientales en centros educativos con miras a la mejora continua y asertiva de los espacios escolares.
- Capacitar a los docentes sobre las variables ambientales y su posible incidencia en la salud de los moradores de los centros escolares.
-

## 10. Bibliografía

- Alfaro A., Bolaños L., Aymerich N., Blanco G., Campos A. y Matarrita R. (2005). Guía de Diseño Bioclimático según Clasificación de Zonas de Vida de L. Holdridge, Escuela de Arquitectura, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Annesi-Maesano I., Hulin M., Lavaud F., Raheison C., Kopferschmitt C., De Blay, F. (2011). Poor air quality in classrooms related to asthma and rhinitis in primary schoolchildren of the French 6 Cities Study, INSERM-UPMC-Paris, Francia.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2012). El diseño de las escuelas primarias. Recuperado el 02 de mayo del 2014 de:  
<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getDocument.aspx?DOCNUM=36895040>
- Banco Internacional de Desarrollo. (2012). Aprendizaje en las escuelas del siglo XXI: Hacia la construcción de escuelas que promueven el aprendizaje, ofrecen seguridad y protegen el medio ambiente.
- Berenguer, M. (2003). NTP 289: Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España. Recuperado el 16 de mayo del 2014 de  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentación/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_289.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentación/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_289.pdf)
- Bernabeau, D. (2007). Efectos del ruido sobre la salud, PEAGRAM, Madrid, España.
- Bolaños, E. (2012). Muestra y muestreo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México
- Bolaños, R., Watson, V., y Tosi, J. (2005) Mapa ecológico de Costa Rica (Zonas de Vida, según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L. R. Holdridge), Escala 1:750 000. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica.
- Bonilla, S. (2009). Construcción de edificios energéticamente eficientes, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

- Brenes, A. y Saborío, V. (1995). Vientos que afectan a Costa Rica. Elementos de climatología: su aplicación didáctica a Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Buckley, J., Schneider, M. y Shang, Y. (2004). The Effects of School Facility Quality on Teacher Retention in Urban School Districts. Chestnut Hill, MA: Lynch School of Education/National Clearinghouse for Educational Facilities. Recuperado el 20 de mayo del 2014 de: <http://www.edfacilities.org/pubs/teacherretention.cfm>
- Building Educational Success Together. (2006). Growth and Disparity. A Decade of US Public School Construction. Recuperado de: <http://www.21csf.org/csf-home/BEST/best.asp>
- Cascante, A. y Estrada, A. (2001). Composición florística y estructura de un bosque húmedo Premontano en el Valle Central de Costa Rica. Revista Biología Tropical 49 Universidad de Costa Rica, pp. 213-225
- Castellanos, P. (1988). Sobre el concepto de Salud-enfermedad. Un punto de vista epidemiológico. Revista Facultad Nacional de Salud Pública. Universidad de Antioquia. Vol. 11. p 40-55
- Chamorro, A. (2011). Sustentabilidad edilicia, la calidad del aire interior y la salud de los niños en nuestras escuelas, ASHRAE, Argentina Castellanos, Pedro Luis. Sobre el concepto de Salud-enfermedad. Un punto de vista epidemiológico. Revista Facultad Nacional de Salud Pública. Universidad de Antioquia. Vol. 11. Ene-Jun 1988. pp. 40-55.
- Clima Costa Rica. (2016). Meteoblue, Modelclimate Costa Rica.
- Código de la Niñez y la Adolescencia No. 7739 (1998), San José, Costa Rica.
- Comisión de Determinantes de la Salud - OMS (2008) Subsanan las desigualdades en una generación: Alcanzar la equidad sanitaria actuando sobre los determinantes sociales de la salud, Ginebra, Suiza.
- Constitución política de la República de Costa Rica (1949) Imprenta Nacional, San José, Costa Rica.
- Decreto Ejecutivo N.º 22166-C. (1993). Publicado en La Gaceta N° 99 del 25 de mayo de 1993.

- Diccionario de Acción Humanitaria y Cooperación al Desarrollo. (s. f.). Recuperado de <http://www.dicc.hegoa.ehu.es/listar/mostrar/194>
- El Educador. (2008). Revista Digital. Psicología del color: Consejos para armonizar el ambiente de clase.
- Environmental Protection Agency. (2012). Aspectos técnicos de la calidad de ambientes interiores, New York, Estados Unidos.
- Estado de la Nación XVI. (2010). Diagnóstico Socioeconómico de Costa Rica, Costa Rica
- Estrada, C. (2007). Efectos psicológicos de la contaminación por ruido en escenarios educativos. Tesis doctoral. Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Feigelman S. (2007). Middle childhood. In: Kliegman RM, Behrman RE, Jenson HB, Stanton BF, eds. Nelson Textbook of Pediatrics. 18th ed. Philadelphia, Pa: Saunders Elsevier; chap 11
- Fondo de la Naciones Unidas para la Infancia. (2008). Objetivos de Desarrollo del Milenio, Nueva York, Estados Unidos.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (Sin fecha). Calidad Educativa. Recuperado de: [http://www.unicef.org/spanish/education/index\\_quality.html](http://www.unicef.org/spanish/education/index_quality.html)
- Gosselin, P., Furgal C. y Ruiz, A. (2001). Indicadores básicos de salud a pública ambiental propuestos para la Región de la Frontera México-Estados Unidos. Oficina Fronteriza México Estados Unidos, Oficina de Campo/Organización Panamericana de la Salud.
- Guerra, M. (2013). Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones. ING-NOVACIÓN. No. 5 Editorial Universidad Don Bosco, El Salvador.
- Gutiérrez, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Heller, E. (2012). Psicología del color. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España
- Hernández P., Ramírez S. y Peraza M. (2006). Análisis de la relación entre la salud de las personas trabajadoras y condiciones ambientales: el caso de la Facultad de Medicina y del edificio administrativo B y C de la Ciudad

- Universitaria Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica. Universidad de Costa Rica.
- Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (2006) Metodología de la Investigación. Editorial McGrawHill. México.
- Hernández, M., Garrido, F. y López, S. (2000). Diseño de estudios epidemiológicos, Scielo. Salud pública de México vol.42 n.2 Cuernavaca.
- Hernández, M., Garrido, F. y López, S. (2000). Sesgos en estudios epidemiológicos, Scielo. Salud pública México vol.42 n.2. Cuernavaca.
- Hodgson, M. (1992) Condiciones del Entorno. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo, Instituto Nacional Seguridad e Higiene en el Trabajo, España
- Holdridge, L. (1979). Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica.
- Hopkins, K., Hopkins, B. y Glass, G. (1997). Estadística Básica para las Ciencias Sociales y del comportamiento. Tercera Edición. México: Prentice Hall.
- <http://thorax.bmj.com/content/early/2012/03/20/thoraxjnl-2011-200391.full?sid=c72ae783-43fd-430d-9b53-cbeb8386b73c>
- Indoor Air Quality. OSHA Technical Manual (OTM) Section III: Chapter 2
- Instituto Meteorológico Nacional. (2017). ENOS. Recuperado el 25 de setiembre de 2017 de: <https://www.imn.ac.cr/enos>
- Instituto Meteorológico Nacional. (2017). Pronóstico fenómeno ENOS y estación lluviosa 2016.
- Instituto Meteorológico Nacional. (s. f.). El Clima, variabilidad y cambio climático en Costa Rica.
- Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa INIFED. (2013). Secretaría de Educación Pública, Gobierno de México. Manual de imagen y señalización, criterios normativos. México. Recuperado de: <http://www.espacioseducativos.gob.mx/wp-content/uploads/sites/10/2015/07/12-INIFED.-Manual-de-Imagen-y-Se%C3%B1alización.pdf>
- Instituto Nacional de Normas Técnicas de Costa Rica INTE 31-08-06-2000: Niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo.

- Instituto Nacional de Normas Técnicas de Costa Rica INTE 31-08-08-97.  
Ventilación de los lugares de trabajo.
- Instituto Nacional de Normas Técnicas de Costa Rica INTE 31-08-09-97. Higiene y seguridad ocupacional. Exposición a ambientes con sobrecarga térmica.
- Instituto Nacional de Normas Técnicas de Costa Rica. INTE 31-09-16-00.  
Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2007). Notas prácticas, Confort Térmico. Barcelona, España
- Internacional, Ambiente y Desarrollo. (1997). El síndrome de los edificios enfermos, 1997. Recuperado el 15 de mayo del 2014 de:  
[http://www.cipma.cl/web/200.75.6.169/RAD/1993/1\\_Internacional.pdf](http://www.cipma.cl/web/200.75.6.169/RAD/1993/1_Internacional.pdf)
- Intituto Metereológico Nacional IMN (s. f.). Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica. Johnny Solano, Roberto Villalobos. Gestión de Desarrollo.
- Jensen, H. (2000). Informe del estado de la educación. Universidad de Costa Rica, Costa Rica
- Ley N° 2160 (1965) Ley Fundamental de Educación. San José, Costa Rica.
- Ley N° 7555 (2007) Ley de Patrimonio Histórico-Arquitectónico de Costa Rica.  
Recuperado de:  
[http://www.icomoscr.org/content/index.php?option=com\\_content&view=article&id=77&Itemid=74](http://www.icomoscr.org/content/index.php?option=com_content&view=article&id=77&Itemid=74)
- Ludevid-Angalada, M. (1998). El cambio global en el medio ambiente. Introducción a sus causas humanas. Alfaomega Grupo Editor.
- Martínez, M. (1998). La utilización del color en el círculo infantil. Centro de Referencia Latinoamericano para la Educación Preescolar, CELEP. La Habana, Cuba.
- Mejía, A. (2010). Estrés ambiental e impacto de los factores ambientales en la escuela, Pampedia, No.7, julio 2010-junio 2011, Universidad Veracruzana, México.

- Ministerio de Educación Chilena MINEDUC. (2000). Guías de Diseño de Espacios Educativos. Proyecto UNESCO-OREALC. Chile. Recuperado de:  
<http://unesdoc.UNESCO.org/images/0012/001231/123168s.pdf>
- Ministerio de Educación. (2011). Primer Informe de Seguimiento al cumplimiento del Plan de Acción de Educación 2003-2015 Ministerio de Educación Pública, Costa Rica
- Ministerio de Salud de Costa Rica. (2015). Reglamento de Control de Contaminación por Ruido N° 39428-S, Costa Rica.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España; Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2003). NTP 289: Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo, España.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España; Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2007). NTP 779 Bienestar térmico: criterios de diseño para ambientes térmicos confortables.
- Morales I., Blanco, V. y García, A. (2010). Calidad del aire interior en edificios de uso público, Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid. España.
- Norback, D., Torgen, M. y Edling C. (1990). Volatile organic compounds, respirable dust, and personal factors related to prevalence and incidence of sick building syndrome in primary schools. *British Journal of Industrial Medicine*, England.
- Novas, J. (2010). Sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en país en desarrollo, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Canales, Caminos y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, España.
- O'Donnell, S. (2010). El diseño de las escuelas primarias, Red de Educación del Banco Interamericano del Desarrollo.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2003). Superar la exclusión mediante planteamientos integradores en la educación, Francia. Recuperado el 02 de mayo del 2014 de:  
<http://unesdoc.UNESCO.org/images/0013/001347/134785s.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2003) Reflexiones en torno a la evaluación de la calidad educativa en América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Organización Mundial de la Salud (1946) Constitución de Organización Mundial de la Salud.
- Organización Mundial de la Salud (1986) Declaración de Ottawa sobre promoción de la salud, Ginebra
- Organización Mundial de la Salud (1997) Objetivos de la estrategia de Salud para Todos en el siglo XXI, Yakarta.
- Organización Mundial de la Salud. (1999). Guías sobre el ruido urbano, Londres, Reino Unido
- Organización Mundial de la Salud. (2002). Programa de Agua, Saneamiento y Salud, Johannesburgo
- Organización Mundial de la Salud. (2005). Guías de calidad el Aire, actualización mundial 2005.
- Organización Mundial de la Salud. (2008). Informe sobre la salud en el mundo 2008: La atención primaria de salud, más necesaria que nunca.
- Organización Panamericana de la Salud. (2012). Salud de las Américas: Panorama regional y perfiles de país, Publicación Científica y Técnica N0. 636, Washington, D.C., Estados Unidos.
- Paediatric Environmental Health Speciality Unit Murcia-Valencia (2005) Salud comunitaria escolar, escuelas saludables, Valencia, España. Recuperado de: <http://www.pehsu.org/school/escola.htm>
- Parra, M. (2003). Conceptos básicos en salud laboral, Santiago, Chile.
- Pérez, P. (2007). Evaluación del bienestar térmico en locales de trabajo cerrados, mediante de los índices térmicos PMV y PPD, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), España.
- Poder Ejecutivo de Costa Rica. (1998). Código de la Niñez y la Adolescencia (No. 7739). San José, Costa Rica.

- Poder Legislativo de Costa Rica. (1949). Constitución Política de Costa Rica. San José, Costa Rica
- Poder Legislativo de Costa Rica. (1997). Ley Fundamental de Educación No. 2160. San José, Costa Rica.
- Pons, O. (2010). Evolución de las tecnologías de prefabricación aplicadas a la arquitectura escolar. Informes de la Construcción Vol. 62, Barcelona, España.
- Programa Estado de la Nación. (2013). Cuarto Informe Estado de la Educación. San José, Programa Estado de la Nación.
- Schell, M., Rosing, W. y Farone, A. (2001). Department of Biology Middle Tennessee State University Murfreesboro, Tennessee. Possible Sources of Sick Building Syndrome in a Tennessee Middle School. Archives of Environmental Health, setiembre/octubre 2001.
- Seminario de Salud y Medio Ambiente. (2005). Barbastro. Aragón, España. Recuperado el 22 de junio del 2014 de: [http://www.ecodes.org/docs/sal\\_ma/resultados.pdf](http://www.ecodes.org/docs/sal_ma/resultados.pdf)
- Solano, A. (2015). Demora Estatal deja a suerte escuelas patrimoniales, Periódico La Nación.
- Stagno, B. (2007). La creatividad en el techo bioclimático tropical. Instituto de Arquitectura Tropical. San José, Costa Rica.
- Tercer Informe del Estado de la Educación. (2011). Recuperado el 02 de mayo del 2014 de: <http://www.estadonación.or.cr/estado-educación/educación-por-capitulo/educación-informe-ultimo>
- UNE EN ISO 7730. (2006). Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.
- Vásquez, M. (2010) Factores como la iluminación, la temperatura o el nivel de ruido en las aulas pueden afectar al rendimiento académico de los alumnos. España.

- Vásquez, M. (2010) Factores como la iluminación, la temperatura o el nivel de ruido en las aulas pueden afectar al rendimiento académico de los alumnos. España.
- Zhang, X., Zhao, Z., Nordquist, T. y Norback, D. (2001) The prevalence and incidence of sick building syndrome in Chinese pupils in relation to the school environment: a two-year follow-up study. Indoor Air. New Jersey, Estados Unidos.

## 11. Anexos

### Anexo 1. Identificación de tasa metabólica según las actividades realizadas

<b>Tasa metabólica baja</b>	<b>Tasa metabólica moderado</b>	<b>Tasa metabólica elevada</b>
<p>Sentado con comodidad: trabajo manual ligero, trabajo con manos y brazos; trabajo de brazos y piernas, conducir un vehículo en condiciones normales, maniobrar un interruptor con el pie o con un pedal.</p> <p>De pie: taladradora; fresadora; bobinado, enrollado de pequeños revestimientos, mecanizado con útiles de baja potencia; marcha ocasional</p>	<p>Trabajo mantenido de manos y brazos; trabajo con brazos y piernas; trabajo de brazos y tronco, empuje o tracción de carreteras ligeras o de carretillas; marcha a una velocidad de 3,5 a 5,5 km/hora; forjado.</p>	<p>Trabajo intenso con brazos y tronco; transporte de materiales pesados; marcha a una velocidad de 5,5 a 7 km/hora. Metabolismo muy elevado Actividad muy intensa a marcha rápida cercana al máximo; subir escaleras, una rampa o una escalera; andar rápidamente con pasos pequeños, correr, andar a una velocidad superior a 7 km/h.</p>

Fuente: NTP 74, 1983.

## Anexo 2. Norma Europea para iluminación de interiores

1. JARDINES DE INFANCIA Y GUARDERIAS					
Nº REF	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ ,lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	OBSERVACIONES
1.1	SALA DE JUEGOS	300	19	80	
1.2	GUARDERÍA	300	19	80	
1.3	SALA DE MANUALIDADES	300	19	80	
2. EDIFICIOS EDUCATIVOS					
Nº REF	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ ,lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	OBSERVACIONES
2.1	AULAS, AULAS DE TUTORÍA	300	19	80	· La iluminación debería ser controlable.
2.2	AULAS PARA CLASES NOCTURNAS Y EDUCACIÓN DE ADULTOS	500	19	80	· La iluminación debería ser controlable.
2.3	SALA DE LECTURA	500	19	80	· La iluminación debería ser controlable.
2.4	PIZARRA	500	19	80	· Evitar reflexiones especulares.
2.5	MESA DE DEMOSTRACIONES	500	19	80	· En salas de lectura 750 lux.
2.6	AULAS DE ARTE	500	19	80	
2.7	AULAS DE ARTE EN ESCUELAS DE ARTE	750	19	90	· Tcp ≥ 5.000K.
2.8	AULAS DE DIBUJO TÉCNICO	750	16	80	
2.9	AULAS DE PRÁCTICAS Y LABORATORIOS	500	19	80	
2.10	AULAS DE MANUALIDADES	500	19	80	
2.11	TALLERES DE ENSEÑANZA	500	19	80	
2.12	AULAS DE PRÁCTICAS DE MÚSICA	300	19	80	
2.13	AULAS DE PRÁCTICAS DE INFORMÁTICA	300	19	80	
2.14	LABORATORIOS DE LENGUAS	300	19	80	
2.15	AULAS DE PREPARACIÓN Y TALLERES	500	22	80	
2.16	HALLS DE ENTRADA	200	22	80	
2.17	ÁREAS DE CIRCULACIÓN, PASILLOS	100	25	80	
2.18	ESCALERAS	150	25	80	
2.19	AULAS COMUNES DE ESTUDIO Y AULAS DE REUNIÓN	200	22	80	
2.20	SALAS DE PROFESORES	300	19	80	
2.21	BIBLIOTECA- ESTANTERÍAS	200	19	80	
2.22	BIBLIOTECA- SALAS DE LECTURA	500	19	80	
2.23	ALMACENES DE MATERIAL DE PROFESORES	100	25	80	
2.24	SALAS DE DEPORTE, GIMNASIOS, PISCINAS (USO GENERAL)	300	22	80	· Para actividades más específicas, se deben usar los requisitos de la norma EN 12193
2.25	CANTINAS ESCOLARES	200	22	80	
2.26	COCINA	500	22	80	

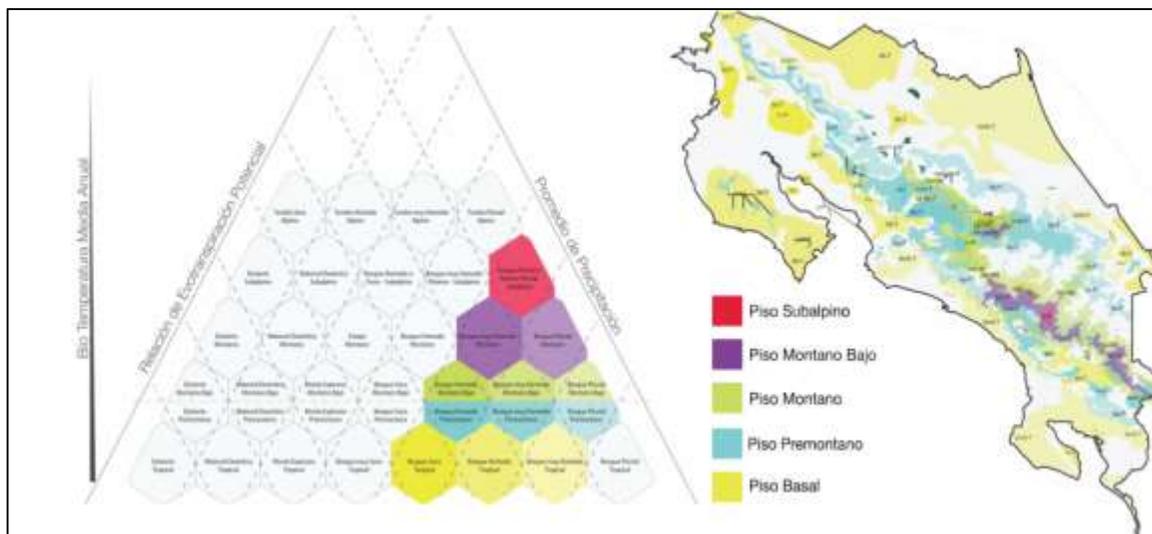
Fuente: UNE 12464.1; 2002.

### Anexo 3. Guía para Ruido Urbano

Ambiente Especifico	Efecto(s) critico(s) sobre la salud	L <sub>Aeq</sub> [dB(A)]	Tiempo [horas]	L <sub>max fast</sub> [dB]
Exteriores	Molestia grave en el día y al anochecer	55	16	-
	Molestia moderada en el día y al anochecer	50	16	-
Interior de la vivienda, dormitorios	Interferencia en la comunicación oral y molestia moderada en el día y al anochecer	35	16	-
	Trastorno del sueño durante la noche	30	8	45
Fuera de los dormitorios	Trastorno del sueño, ventana abierta (valores en exteriores)	45	8	60
Salas de clase e interior de centros preescolares	Interferencia en la comunicación oral, disturbio en el análisis de información y comunicación del mensaje	35	Durante clases	-
Dormitorios de centros preescolares, interiores	Trastorno del sueño	30	Durante el descanso	45
Escuelas, áreas exteriores de juego	Molestia (fuente externa)	55	Durante el juego	-
Hospitales, pabellones, interiores	Trastorno del sueño durante la noche	30	8	40
	Trastorno del sueño durante el día y al anochecer	30	16	-
Hospitales, salas de tratamiento, interiores	Interferencia en el descanso y la recuperación	#1		
Areas industriales, comerciales y de tránsito, interiores y exteriores	Deficiencia auditiva	70	24	110
Ceremonias, festivales y eventos de entretenimiento	Deficiencia auditiva (patrones: < 5 veces/año)	100	4	110
Discursos públicos, interiores y exteriores	Deficiencia auditiva	85	1	110
Música y otros sonidos a través de audífonos o parlantes	Deficiencia auditiva (valor de campo libre)	85 #4	1	110
Sonidos de impulso de juguetes, fuegos artificiales y armas	Deficiencia auditiva (adultos)	-	-	140 #2
	Deficiencia auditiva (niños)	-	-	120 #2
Exteriores de parques de diversión y áreas de conservación	Interrupción de la tranquilidad	#3		

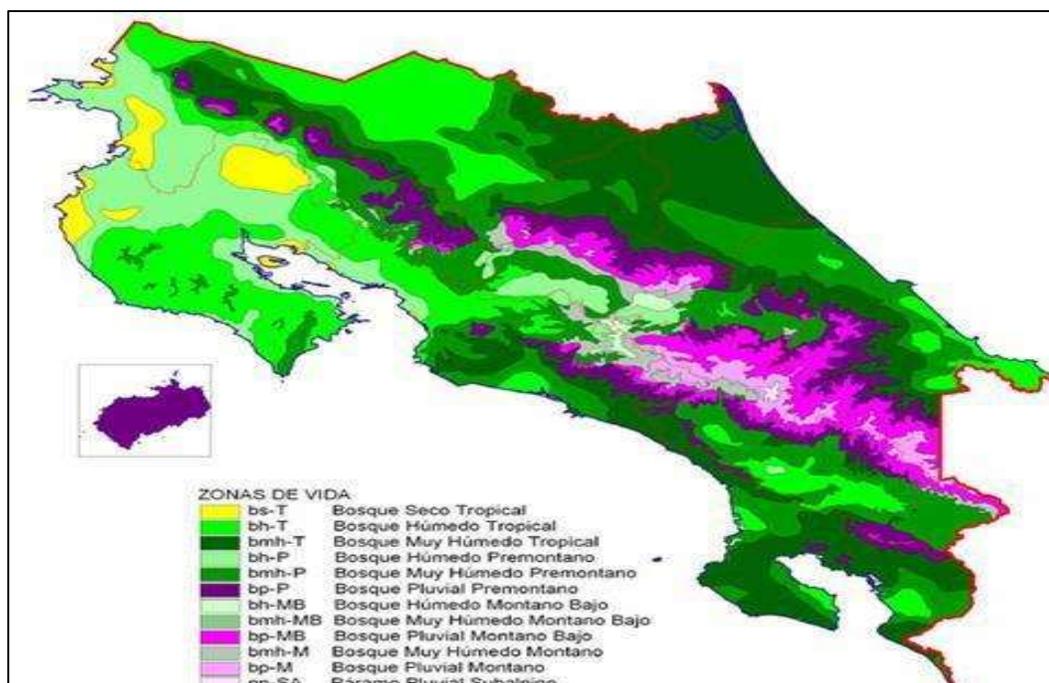
Fuente: OMS, 1999.

## Anexo 4. Pirámide de Zonas de Vida de Holdridge: agrupación en Pisos Altitudinales y ubicación en el mapa de Costa Rica



Fuente: Holdridge, 2013.

## Anexo 5. Distribución geográfica de las zonas de vida en Costa Rica



Fuente: Bolaños *et al.*, 2005.

## Anexo 6. Criterios considerados para la declaración de interés patrimonial en Costa Rica

<b>Criterio</b>	<b>Concepto</b>
Antigüedad	Inmueble construido en tiempos pasados en el que se pueden identificar su sistema constructivo, su estructura espacial, los materiales empleados y su estilo o lenguaje.
Autenticidad	Cuando existe un alto grado de correspondencia entre la obra en su estado actual, su tejido histórico y su valor cultural.
Representatividad	Cuando un inmueble refleja o corresponde con las características o valores de un período, movimiento o estilo arquitectónico.
Valor arquitectónico	Cuando un inmueble manifiesta claramente el carácter y la correspondencia entre forma y función con los que fue concebido, y teniendo en cuenta que no se ha desvirtuado su significado y lectura original.
Valor artístico	Es la calidad y características de ejecución y se consideran aspectos de forma, espacio, escala, proporción, textura, color, integración al paisaje, vinculados al inmueble y su utilización.
Valor científico	Inmueble que constituye una fuente de información de importancia técnica, material, histórica o cultural.
Valor contextual	Valor que adquiere un inmueble en cuanto componente de un conjunto con características particulares.
Valor cultural	Conjunto de cualidades estéticas, históricas, científicas o sociales atribuidas a un bien inmueble y por las cuales es merecedor de conservársele.
Valor documental o testimonial	Características de una edificación de mostrar, probar o evidenciar realidades sociales, culturales, económicas, tecnológicas, artísticas de monumentos históricos pasados.
Valor excepcional	Se refiere a los valores y características históricas, arquitectónicas, artísticas y/o científicas, que otorgan un carácter de unicidad y califican como exponentes excepcionales a los inmuebles.

Valor histórico	Valor que adquiere un inmueble o conjunto constructivo por haber sido escenario o parte de acontecimientos o procesos históricos relevantes para la comunidad.
Valor significativo	Se refiere a las características particulares que desde el punto de vista estético, etnológico, antropológico, científico, artístico, ambiental, arquitectónico o histórico puede tener un inmueble o sitio.
Valor simbólico	Es la cualidad de un inmueble de representar conceptos, creencias y valores socialmente aceptados en una comunidad.
Valor urbanístico	Valor o contenido en el marco físico o trama urbana y sus componentes

Fuente: Ley de Patrimonio Histórico Arquitectónico, 1995.

## Anexo 7. Instrumento de recolección de información ambiental

 UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	<b>FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO</b>	<b>ESCUELA:</b>	
	Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnologías en Salud	<b>AULA:</b>	
	Análisis de las condiciones ambientales en los Recintos Educativos Rafael Francisco Osejo en Mata Redonda, San José y Rafael Arguedas Gutiérrez en San Roque de Barva, Heredia durante el II semestre del año 2016	<b>FECHA DE EVALUACIÓN:</b>	
		<b>1° visita</b>	<b>2° visita</b>
<b>Investigadores:</b> Eloísa Araya Valverde Daniel García Robles		<b>Firma de personal director del centro educativo</b>	

### DESCRIPCIÓN DEL AULA Y CROQUIS DEL AULA

DIBUJO CROQUIS DEL AULA	<b>Descripción del aula</b>
	<hr/>

### ESTADO DEL TIEMPO PREDOMINANTE

Periodo					
	SOLEADO	PARCIALMENTE NUBLADO	NUBLADO	LLUVIOSO	NUBLADO CON RAYERÍA
(7 a. m. – 10 a. m.)					
(10 a. m. – 12 p. m.)					
(1 p. m. – 3 p. m.)					

### ESTUDIANTES Y PERSONAL

Periodo	Número de estudiantes	Docentes o Personal administrativo	Número de estudiantes con abrigo	Número de estudiantes con lentes
(7 a. m. – 10 a. m.)				
(10 a. m. – 12 p. m.)				
(1 p. m. – 3 p. m.)				

## VARIABLES

### Ruido

Ubicación	Periodo	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
	(7 a. m. – 10 a. m.)	Leq:	Leq:	Leq:	Leq:
		Min:	Min:	Min:	Min:
		Max:	Max:	Max:	Max:
	(10 a. m. – 12 p. m.)	Leq:	Leq:	Leq:	Leq:
		Min:	Min:	Min:	Min:
		Max:	Max:	Max:	Max:
	(1 p. m. – 3 p. m.)	Leq:	Leq:	Leq:	Leq:
		Min:	Min:	Min:	Min:
		Max:	Max:	Max:	Max:

### *Iluminación*

Ubicación	Periodo	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
	(7 a. m. – 10 a. m.)					
		Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9	

	(10 a. m. – 12 p. m.)	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
		<b>Punto 6</b>	<b>Punto 7</b>	<b>Punto 8</b>	<b>Punto 9</b>	
	(1 p. m. – 3 p. m.)	<b>Punto 1</b>	<b>Punto 2</b>	<b>Punto 3</b>	<b>Punto 4</b>	<b>Punto 5</b>
		<b>Punto 6</b>	<b>Punto 7</b>	<b>Punto 8</b>	<b>Punto 9</b>	

***Temperatura del aire, humedad, temperatura radiante, velocidad del viento, Concentración de CO2***

<b>Periodo</b>	<b>Temperatura del aire</b>	<b>Humedad</b>	<b>Temperatura radiante</b>	<b>Velocidad del viento</b>	<b>CO2</b>
<b>(7 a. m. – 10 a. m.)</b>					
<b>(10 a. m. – 12 p. m.)</b>					
<b>(1 p. m. – 3 p. m.)</b>					

***Temperatura de superficies***

<b>Periodo</b>	<b>Temperatura Pared</b>	<b>Temperatura Pupitre</b>	<b>Temperatura Piso</b>	<b>Temperatura Pizarra</b>
<b>(7 a. m. – 10 a. m.)</b>				

(10 a. m. – 12 p. m.)				
(1 p. m. – 3 p. m.)				

**1. Observaciones e información pertinente**

---

---

---

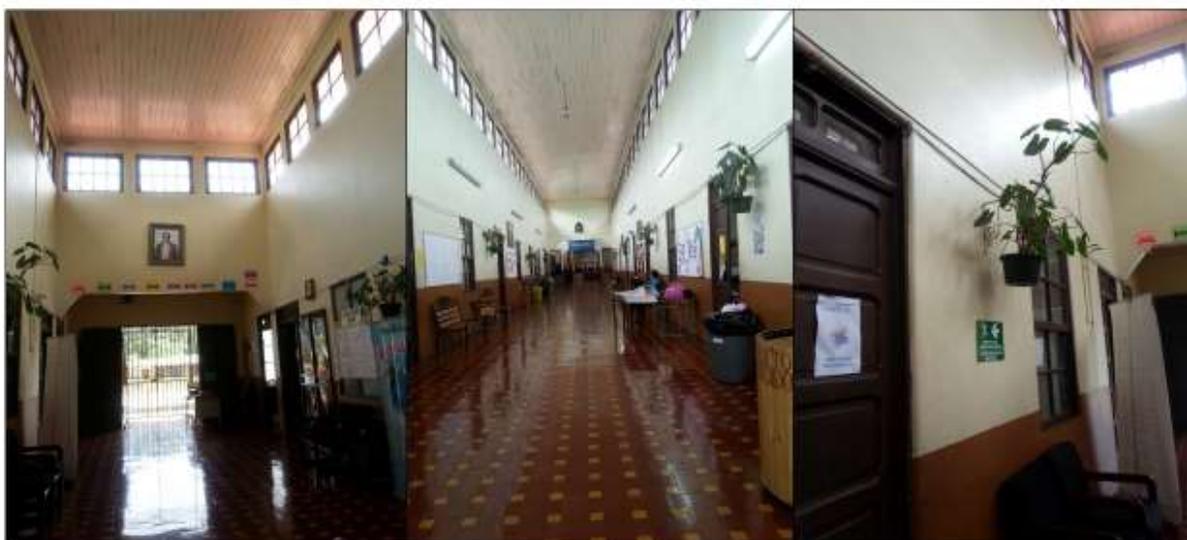
---

## Anexo 8. Fotografías escuela Arguedas



Fuente: elaboración propia.

## Anexo 9. Fotografías escuela Osejo



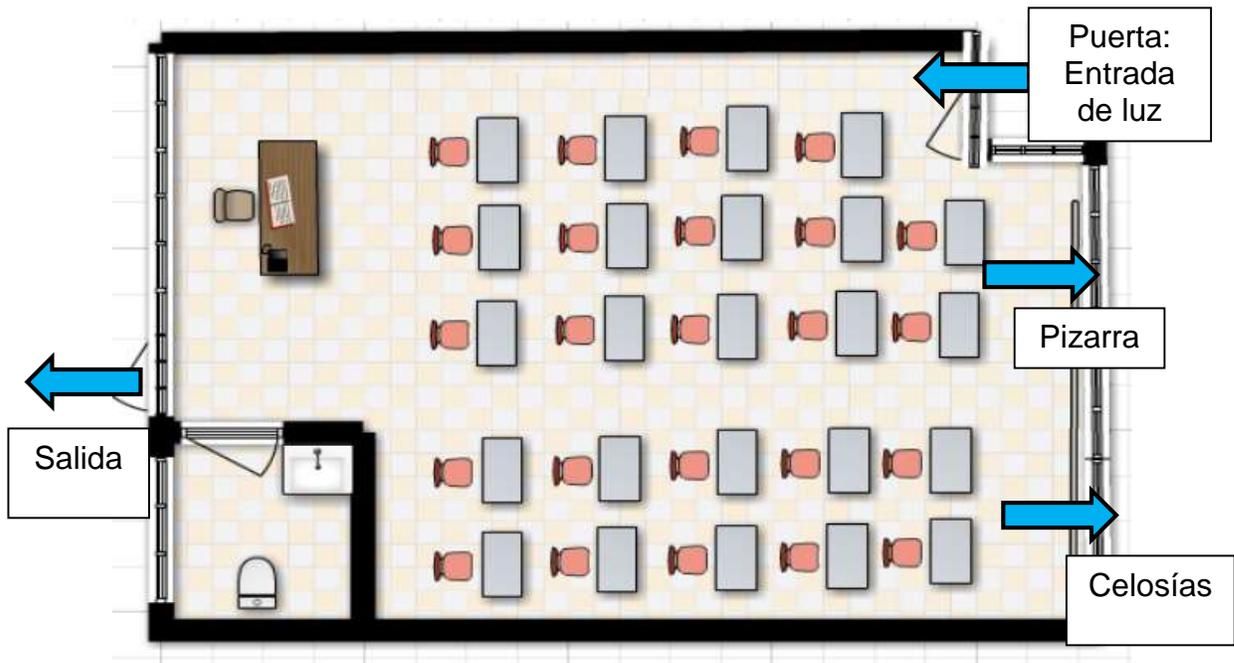
Vista hacia el exterior

Vista hacia las aulas

Distribución de las aulas

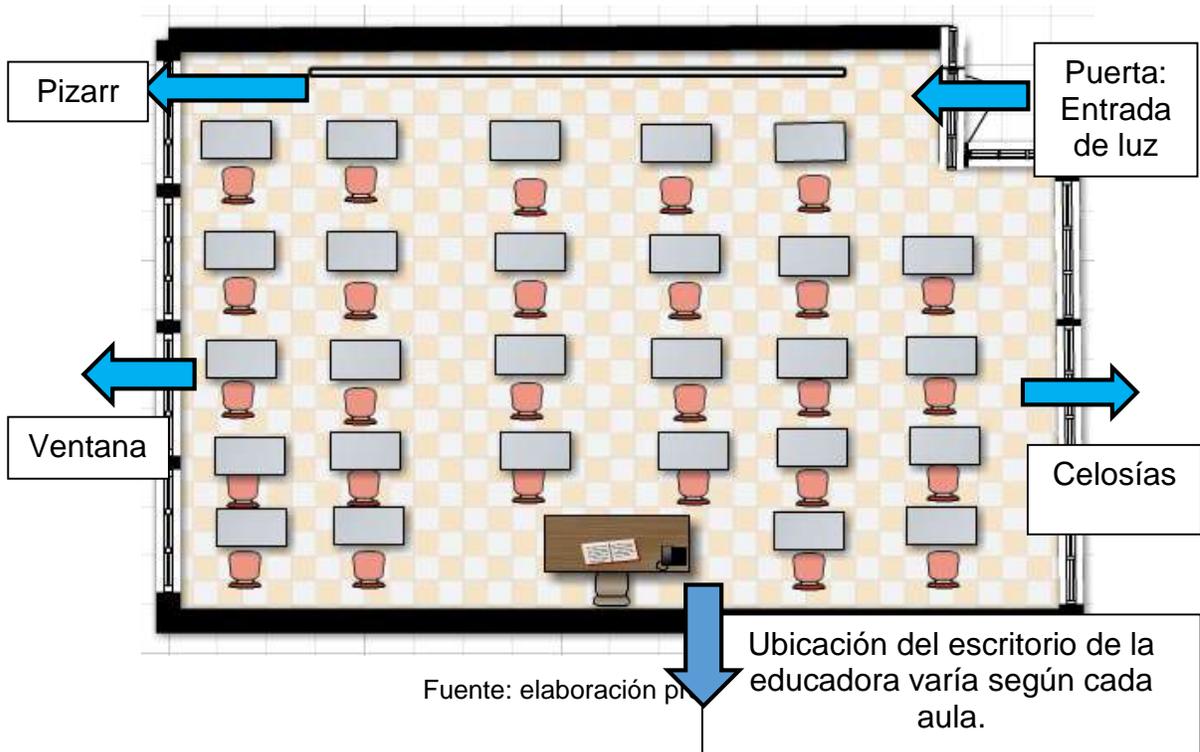
Fuente: elaboración propia.

### Anexo 10. Escuela Arguedas: Aula de 1 grado



Fuente: elaboración propia.

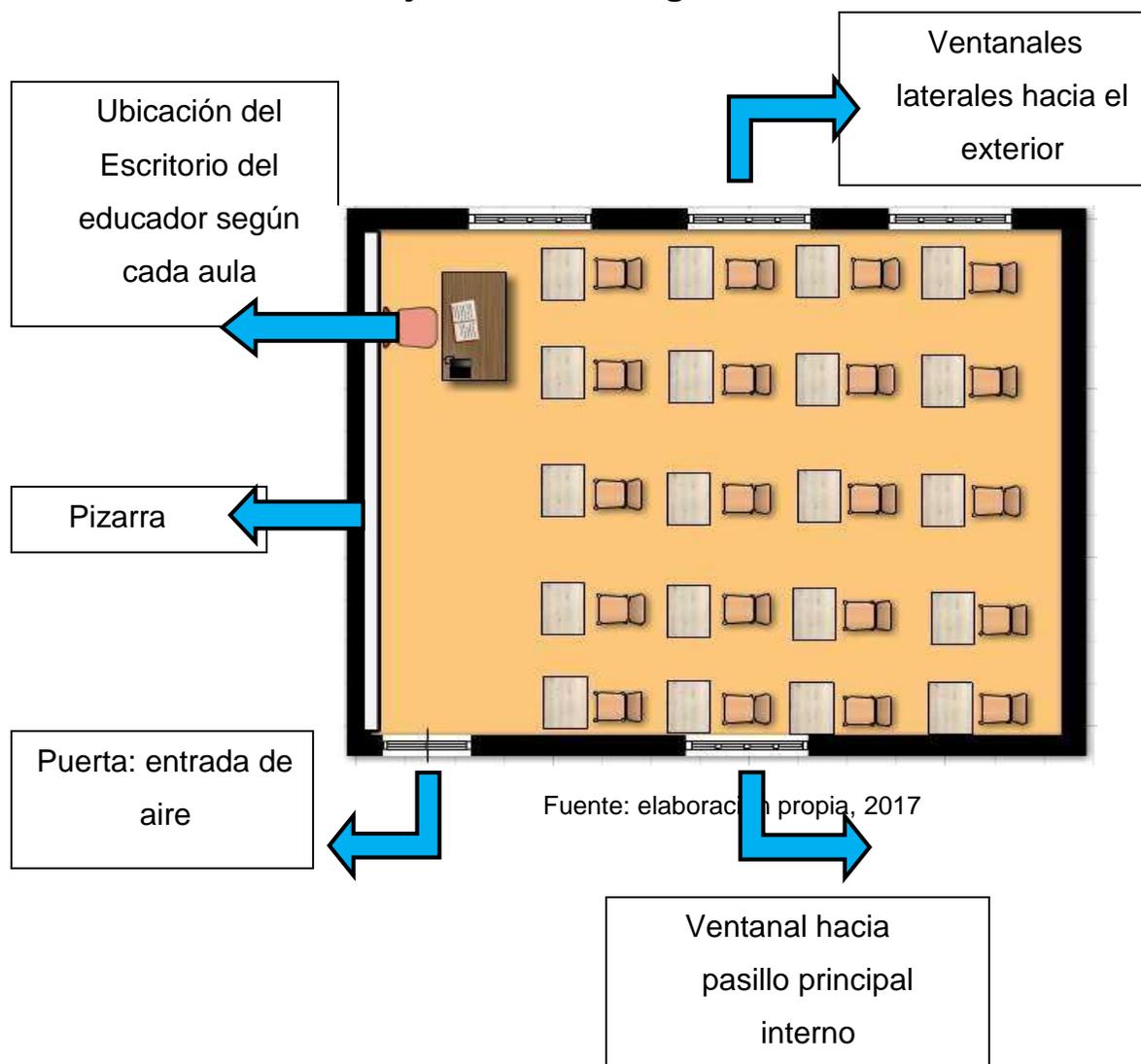
### Anexo 11. Escuela Arguedas: Aulas de 2, 3, 5, 6 grado



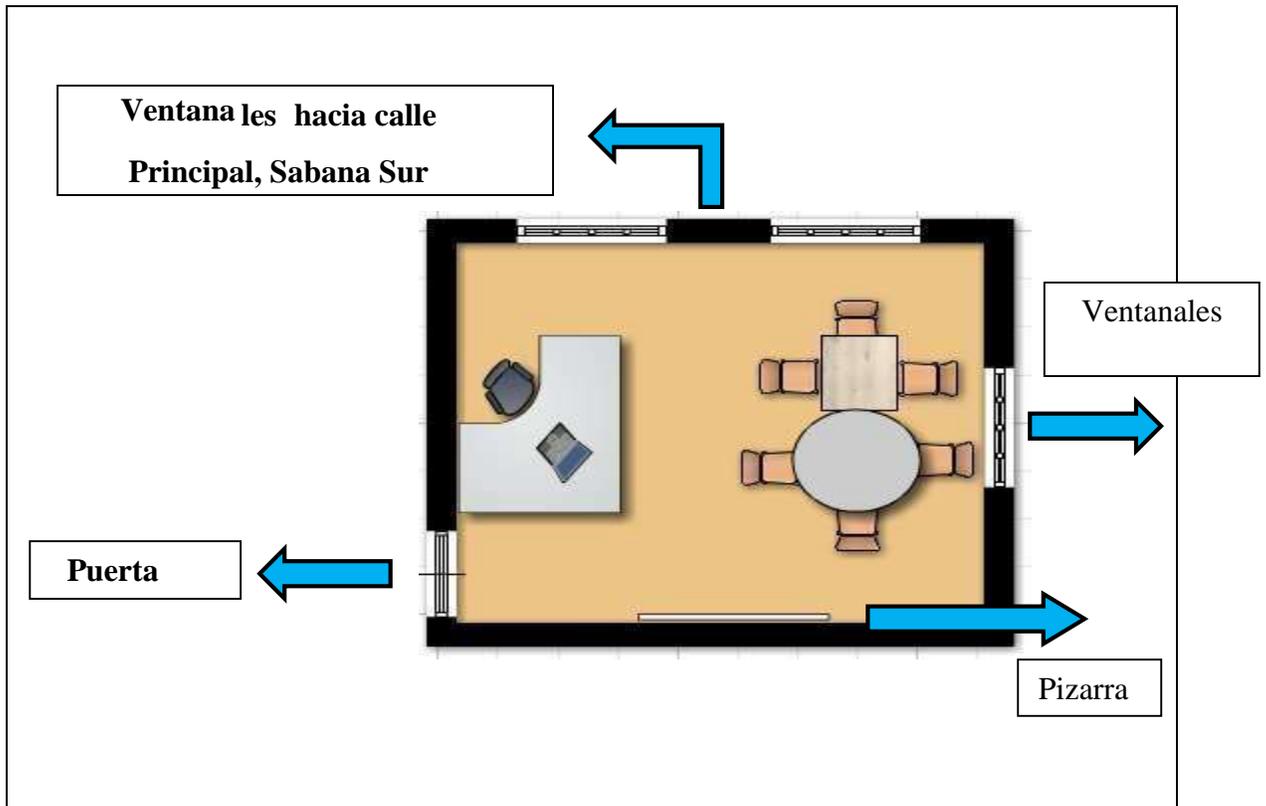
Fuente: elaboración propia.

Ubicación del escritorio de la educadora varía según cada aula.

## Anexo 12. Escuela Osejo distribución general de las aulas



### Anexo 13. Escuela Osejo distribución aula externa



Fuente: elaboración propia.

### Anexo 14. Resultados mediciones de variables por aula Escuela Rafael Arguedas Gutiérrez

Escuela Rafael Arguedas Gutiérrez																			
Aula	# niños			Lux: Luces prendidas			Lux: Luces apagadas			Nivel presión sonora Equivalente LEQ			Nivel presión sonora MIN.			Nivel presión sonora MAX.			
	Prom	+	-	Prom	+	-	Prom	+	-	Prom	+	-	Prom	+	-	Prom	+	-	
1	20.5	24	13	247.2	338	67	100.5	11	54.5	71.8	83.7	54	52.6	70.2	35.4	85.2	96.7	62	
2	28.1	30	14	337	127	117	205.7	37	115.	71.3	83.5	50.6	53	63.4	27.1	84	90.9	71	
3	22.8	29	4	528.9	270	303	173.8	27	105	69.1	82.9	29.3	53.1	68	38	81.4	93	59.	
5	24.2	35	13	475.2	928	224	143.1	21	93.5	72.6	82.7	53	56.1	68	32	86.4	95.7	68	
6	30.4	35	15	266.7	464	105.	126.7	24	77.5	84.4	231	51	62.4	74.6	49.9	89.7	98.1	78.	

Fuente: elaboración propia.

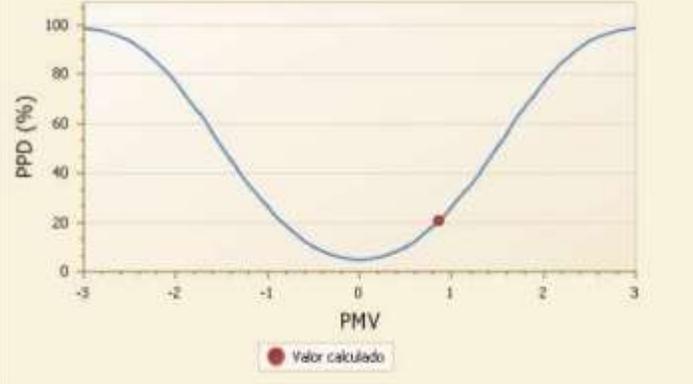
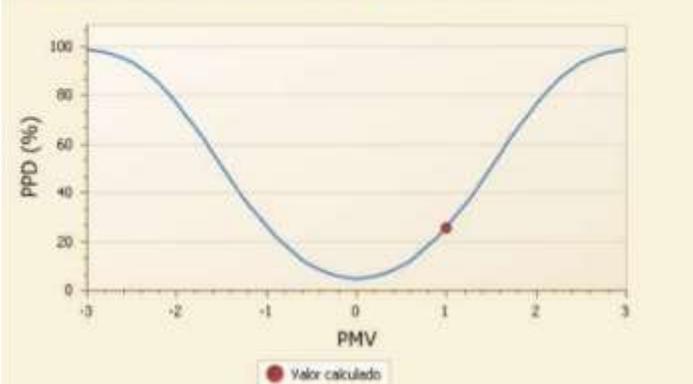
## Anexo 15. Resultados mediciones de variables por aula Escuela Rafael Francisco Osejo

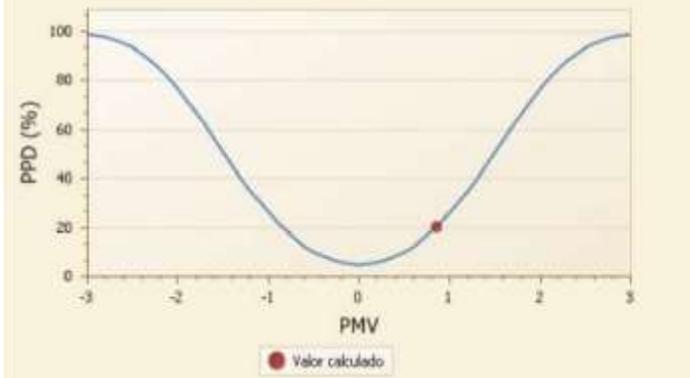
Escuela Rafael Francisco Osejo																		
Aula	# niños			Lux: Luces prendidas			Lux: Luces apagadas			Nivel presión sonora Equivalente LEQ			Nivel presión sonora MIN.			Nivel presión sonora MAX.		
	Prom	+	-	Prom	+	-	Prom	+	-	Prom	+	-	Prom	+	-	Prom	+	-
1	0.8	3	0	452.9	5120	97	414.6	5230	60	65.7	57.5	57.5	50.1	56	46.3	86.8	99.3	75.2
4	17.21	23	0	204.74	3780	27	172.25	3930	2	67.08	76.8	59.3	53.62	60	46.5	93.98	107.1	71.2
6	15.97	23	0	187.11	2432	12	160.67	3115	2	67.70	83.6	58.2	49.20	56.2	42.1	92.42	105.2	78.2
9	16.44	24	0	497.13	6592	53	4141.79	5180	10	68.42	76	61.6	53.46	65.9	47.1	95.21	111.3	72.4
11	13.15	22	0	603.66	4340	50	668.54	6054	18	66.20	75	58.3	52.65	61.2	48.2	89.23	116.1	71.2

Fuente: elaboración propia.

## Anexo 16. Indicadores de bienestar térmico. Método Fanger PMV y PPD de las aulas de la Escuela Arguedas

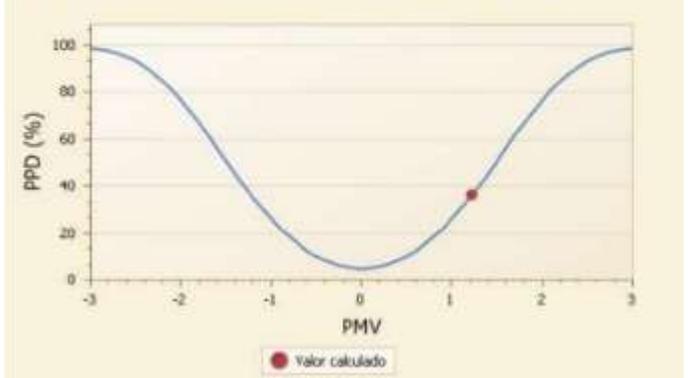
Escuela Rafael Arguedas Gutiérrez		
Área	Gráfico	Interpretación
Aula 1 grado	<p>PMV = 0,94 PPD = 24 % El ambiente térmico valorado se considera inconfortable o muy insatisfactorio.</p>	Ambiente térmico inconfortable o muy insatisfactorio
Aula 2 grado	<p>PMV = 1,07 PPD = 29 % El ambiente térmico valorado se considera inconfortable o muy insatisfactorio.</p>	Ambiente térmico inconfortable o muy insatisfactorio

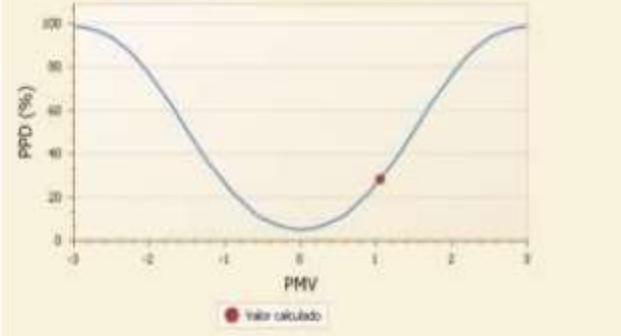
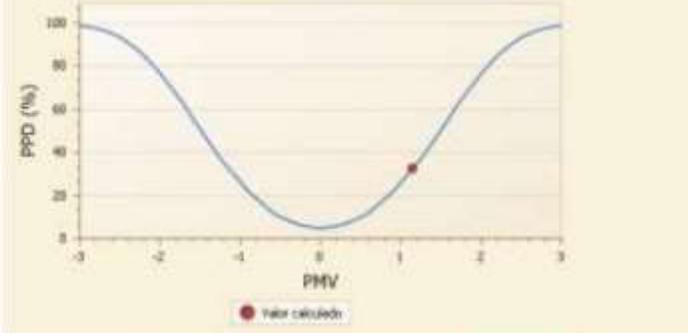
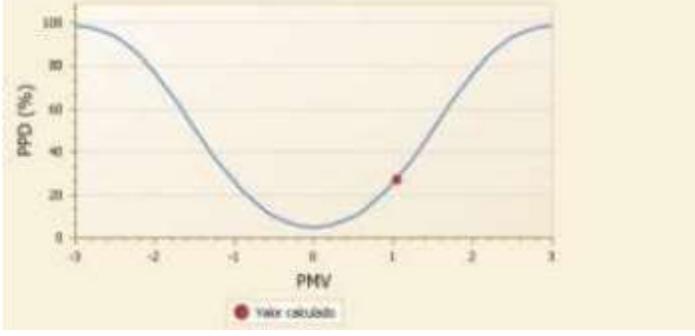
<p>Aula 3 grado</p>	<p><b>PMV = 0,86</b> <b>PPD = 21 %</b> El ambiente térmico valorado se considera inconfortable o muy insatisfactorio.</p> 	<p>Ambiente térmico inconfortable o muy insatisfactorio</p>
<p>Aula 5 grado</p>	<p><b>PMV = 0,99</b> <b>PPD = 26 %</b> El ambiente térmico valorado se considera inconfortable o muy insatisfactorio.</p> 	<p>Ambiente térmico inconfortable o muy insatisfactorio</p>

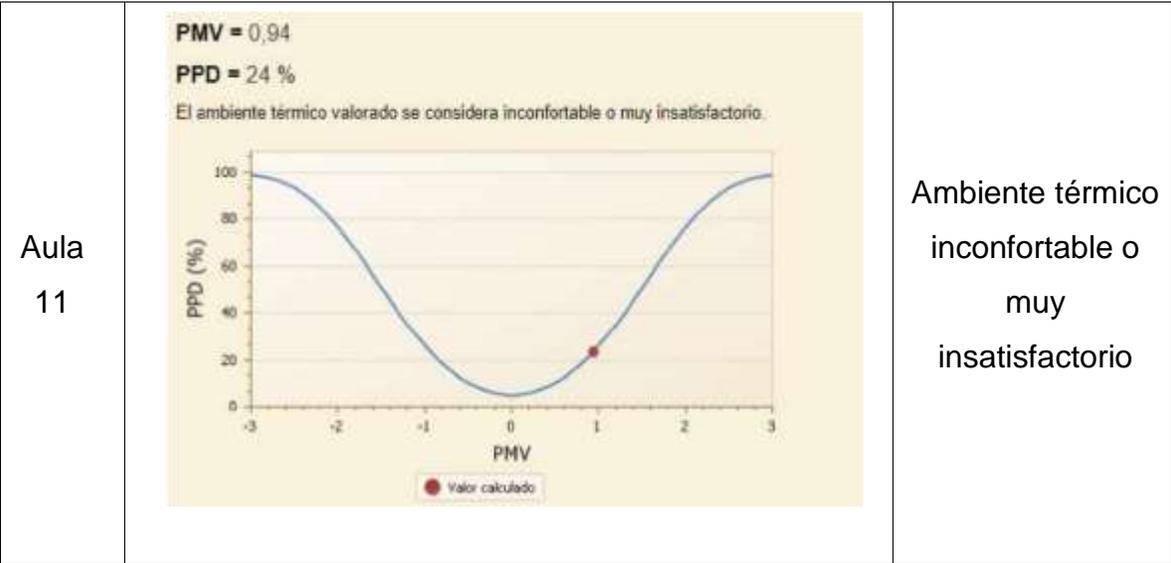
<p>Aula 6 grado</p>	<p><b>PMV = 0,85</b> <b>PPD = 20 %</b> El ambiente térmico valorado se considera inconfortable o muy insatisfactorio.</p> 	<p>Ambiente térmico inconfortable o muy insatisfactorio</p>
-------------------------	--	---

Fuente: elaboración propia, 2017.

### Anexo 17. Indicadores de bienestar térmico. Método Fanger PMV y PPD de las aulas de la Escuela Osejo

Escuela Rafael Francisco Osejo		
Área	Gráfico	Interpretación
<p>Aula 1</p>	<p><b>PMV = 1,22</b> <b>PPD = 36 %</b> El ambiente térmico valorado se considera inconfortable o muy insatisfactorio.</p> 	<p>Ambiente térmico inconfortable o muy insatisfactorio</p>

<p>Aula 4</p>	<p><b>PMV = 1,05</b>  <b>PPD = 28 %</b>          El ambiente térmico valorado se considera inconfortable o muy insatisfactorio.</p> 	<p>Ambiente térmico          inconfortable o          muy          insatisfactorio</p>
<p>Aula 6</p>	<p><b>PMV = 1,14</b>  <b>PPD = 32 %</b>          El ambiente térmico valorado se considera inconfortable o muy insatisfactorio.</p> 	<p>Ambiente térmico          inconfortable o          muy          insatisfactorio</p>
<p>Aula 9</p>	<p><b>PMV = 1,03</b>  <b>PPD = 27 %</b>          El ambiente térmico valorado se considera inconfortable o muy insatisfactorio.</p> 	<p>Ambiente térmico          inconfortable o          muy          insatisfactorio</p>



Fuente: elaboración propia, 2017.