



**FACULTAD DE POSTGRADO
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**DISEÑO Y ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA
DE UN AULA BIOCLIMÁTICA UTILIZANDO PLÁSTICO
COMO ELEMENTO CONSTRUCTIVO.**

SUSTENTADO POR:

**LESVIA EUCEBIA ZAMORA CRUZ
RITZA WALESKA AVILA CRUZ**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE
MASTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

SAN PEDRO SULA, CORTÉS

HONDURAS, C.A.

ENERO, 2018

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA ACADÉMICA

DESIREE TEJADA CALVO

VICEPRESIDENTE UNITEC, CAMPUS S.P.S

CARLA MARIA PANTOJA

DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO

JOSÉ ARNOLDO SERMEÑO LIMA

**DISEÑO Y ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA DE UN
AULA BIOCLIMÁTICA UTILIZANDO PLÁSTICO COMO
ELEMENTO CONSTRUCTIVO.**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MÁSTER EN
GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

**ASESOR METODOLÓGICO
CARLOS ANTONIO TRIMINIO RODRÍGUEZ**

**ASESOR TEMÁTICO
VERA CANO**

**MIEMBROS DE LA TERNA:
LESBIA ARACELY AVILA
MARIO HERNÁNDEZ
OLVAN LÓPEZ**

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2018

**LESVIA EUCEBIA ZAMORA CRUZ
RITZA WALESKA AVILA CRUZ**

Todos los derechos son reservados.

**AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE POSTGRADO**

Señores

**CENTRO DE RECURSOS PARA
EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACION (CRAI)
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA (UNITEC)**

San Pedro Sula.

Estimados Señores:

Nosotras, LESVIA EUCEBIA ZAMORA CRUZ y RITZA WALESKA AVILA CRUZ, de San Pedro Sula, autores del trabajo de postgrado titulado: Diseño y estudio de prefactibilidad técnica de un aula bioclimática utilizando plástico como elemento constructivo, presentado y aprobado en el mes de enero del 2018, como requisito previo para optar al título de máster en Gestión de Energías Renovables y reconociendo que la presentación del presente documento forma parte de los requerimientos establecidos del programa de maestrías de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), por este medio autorizo a las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de UNITEC, para que con fines académicos puedan libremente registrar, copiar o utilizar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

- 1) Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en las salas de estudio de la biblioteca y/o la página Web de la Universidad.
- 2) Permita la consulta y/o la reproducción a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general en cualquier otro formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en los artículos 9.2, 18, 19, 35 y 62 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los derechos morales pertenecen al autor y son personalísimos, irrenunciables, imprescriptibles e inalienables. Asimismo, el autor cede de forma ilimitada y exclusiva a UNITEC la titularidad de los derechos patrimoniales. Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de UNITEC.

En fe de lo cual se suscribe el presente documento en la ciudad de San Pedro Sula, en el mes de enero del año 2018.

Lesvia Eucebia Zamora Cruz

21543142

Ritza Waleska Avila Cruz

21543133



FACULTAD DE POSTGRADO

DISEÑO Y ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA DE UN AULA BIOCLIMÁTICA UTILIZANDO PLÁSTICO COMO ELEMENTO CONSTRUCTIVO.

MAESTRANTES:

LESVIA EUCEBIA ZAMORA CRUZ

RITZA WALESKA AVILA CRUZ

Resumen

Este proyecto de tesis tiene como finalidad generar una alternativa de solución a la necesidad de mejora y construcción de nueva infraestructura escolar en el sistema educativo nacional gubernamental. Por tanto, el propósito de la investigación es determinar la prefactibilidad técnica de la creación de un aula con diseño bioclimático, utilizando plástico reciclado como elemento constructivo e implementación de energía solar fotovoltaica, obteniendo un beneficio ecológico y social. La investigación presenta un enfoque mixto predominantemente cuantitativo y un alcance descriptivo. Los factores técnicos del diseño, el tipo de tecnología de construcción con plástico, ahorro de energía en KW-h y el beneficio ecológico y social son las variables de las que depende la prefactibilidad técnica del aula. El diseño propuesto cumple con la normativa del gobierno para la construcción de infraestructura escolar, utiliza los factores climáticos a su favor y presenta un ahorro anual en consumo de 1,483 KW-h respecto a un aula convencional, y la extracción de aproximadamente 4,803 Kg de residuos plásticos. Esta propuesta es una opción con potencial para la creación de infraestructura escolar gubernamental con implicancia en la solución de problemas ambientales como el consumo energético y generación.

Palabras claves: bioclimática, eficiencia energética, infraestructura escolar, reciclaje, sustentable.



FACULTAD DE POSTGRADO

DISEÑO Y ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA DE UN AULA BIOCLIMÁTICA UTILIZANDO PLÁSTICO COMO ELEMENTO CONSTRUCTIVO.

BY:

LESVIA EUCEBIA ZAMORA CRUZ

RITZA WALESKA AVILA CRUZ

Abstract

This thesis project aims to generate an alternative solution to the need for improvement and construction of new school infrastructure in the national government education system. Therefore, the purpose of the research is to determine the technical prefeasibility of creating a classroom with bioclimatic design, using recycled plastic as a constructive element and implementation of photovoltaic solar energy, obtaining an ecological and social benefit. The research presents a predominantly quantitative mixed approach and a descriptive scope. The technical factors of the design, the type of construction technology with plastic, energy saving in KW-h and the ecological and social benefit are the variables on which the technical pre-feasibility of the classroom depends. The proposed design complies with government regulations for the construction of school infrastructure, uses climatic factors in its favor and presents annual savings in consumption of 1,483 KW-h compared to a conventional classroom, and the extraction of approximately 4,803 Kg of waste plastics. This proposal is an option with potential for the creation of government school infrastructure with implications for the solution of environmental problems such as energy consumption and generation.

Keywords: bioclimatic, energy efficiency, school infrastructure, recycling, sustainable.

DEDICATORIA

Lesvia Eucebia Zamora Cruz

Dedico este logro a mi Madre María Ofelia Baca Cruz, pilar fundamental de mi existencia, pues es por su apoyo incondicional que he logrado concretar los proyectos emprendidos a lo largo de mi vida personal y profesional. A mi hijo Marcelo Abadan Umanzor, por regalarme con paciencia y sin reproches nuestro tiempo juntos para que me dedicara a este proyecto, eres el motor que me impulsa a mejorar cada día. También te lo dedico a ti hermana Yenis Yadira Cruz, que a pesar de la distancia siempre estás ahí para mí, pendiente y presta a apoyarme con ese amor incondicional. Es en gran parte a ustedes que he logrado concluir este proyecto académico. Además, quisiera expresar una dedicatoria especial a todos mis compañeros de la Primera generación de la Maestría en Gestión de Energías Renovables de Unitec S.P.S. por compartir conocimientos, alegrías y tristezas durante el tiempo que pasamos juntos, siempre los recordaré como el mejor de los grupos.

Ritza Waleska Avila Cruz

A Dios por permitirme avanzar en mi educación, a mi madre Rosa Irma Cruz y hermanas por su amor incondicional e inspiración para seguir adelante, a mis compañeros de la primera generación de la Maestría en Gestión de Energías Renovables quienes se convirtieron en amigos y compartimos muchas vivencias las cuales llevaré siempre conmigo.

AGRADECIMIENTO

Lesvia Eucebia Zamora Cruz

Agradezco primeramente a Dios por darme paciencia y sabiduría en todo este tiempo para entender cada paso que se presentó en este proceso de superación académica y permitir la culminación de mis estudios de post grado con éxito.

A los asesores metodológico y temático por guiarnos en el proceso de elaboración de este documento, a las instituciones y todas aquellas personas que amablemente nos brindaron la asistencia necesaria para la realización del proyecto.

Ritza Waleska Avila Cruz

Agradezco a Dios todo poderoso por guiarme en las sendas del éxito dándome sabiduría, salud, y fortaleza para seguir adelante.

Al Lic. Carlos Triminio por su paciencia y guía, así como a la arquitecta Vera Cano por su apoyo en el desarrollo de tesis y todas aquellas personas que nos brindaron su ayuda para la elaboración de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	3
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.4 OBJETIVO DEL PROYECTO.....	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	8
2.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO.....	8
2.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO.....	10
2.1.3 ANÁLISIS INTERNO.....	12
2.2 TEORÍAS DE SUSTENTO.....	15
2.2.1 ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS.....	15
2.2.1.1 NORMATIVA PARA EL DISEÑO DE CENTROS EDUCATIVOS	15
2.2.1.2 EVALUACIÓN TÉCNICA DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO.....	17
2.2.1.3 TECNOLOGÍAS DE CONSTRUCCIÓN CON PLÁSTICO RECICLADO...17	
2.2.1.4 ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	19
2.2.2 ANTECEDENTES DE METODOLOGÍAS PREVIAS.....	20
2.2.3 ANÁLISIS CRÍTICO DE LAS METODOLOGÍAS.....	23
2.3 MARCO LEGAL.....	24
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	26
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA.....	26
3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA.....	26
3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	27
3.3 HIPÓTESIS.....	31

3.4 ENFOQUE Y MÉTODO.....	31
3.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.5.1 POBLACIÓN.....	32
3.5.2 MUESTRA.....	33
3.5.3 UNIDAD DE ANÁLISIS.....	33
3.5.4 UNIDAD DE RESPUESTA.....	34
3.6 TECNICAS E INSTRUMENTOS.....	34
3.6.1 SWEETHOME 3D	34
3.6.2 VISUAL INTERIOR TOOL TM.....	35
3.6.3 PROGRAMA CLIMATOLÓGICO RETSCREEN.....	35
3.6.4 ENTREVISTAS Y ENCUESTAS.....	36
3.6.5 MINITAB 18.....	36
3.7 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	36
3.7.1 FUENTES PRIMARIAS.....	36
3.7.2 FUENTES SECUNDARIAS.....	37
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	38
4.1 FACTORES TÉCNICOS DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO.....	38
4.2 AHORRO DE ENERGÍA EN KW-H.....	51
4.3 TIPO DE TECNOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN CON PLÁSTICO.....	53
4.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA TÉCNICA.....	55
4.3.2 DISPONIBILIDAD DE MATERIALES.....	57
4.3.2.1 CALIDAD.....	57
4.3.2.2 ABUNDANCIA.....	58
4.3.2.3 PRECIO.....	61
4.4 BENEFICIO ECOLÓGICO Y SOCIAL.....	61
4.4.1 RECICLAJE.....	62
4.4.2 EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	64
4.4.3 SANEAMIENTO.....	71
4.5 PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	72
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
5.1 CONCLUSIONES.....	74

5.2 RECOMENDACIONES.....76
BIBLIOGRAFÍA.....78
ANEXOS.....82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores de Energía Renovable a nivel mundial, 2016.....	10
Tabla 2. Tasa de cobertura educativa en Honduras, 2016.....	11
Tabla 3. Normativa Obligatoria para las construcciones de aulas escolares en Honduras.....	15
Tabla 4. Matriz metodológica.....	27
Tabla 5. Operacionalización de las Variables.....	29
Tabla 6. Tamaño de la muestra de las poblaciones de barrios y colonias de SPS.....	33
Tabla 7. Descripción de los factores técnicos del diseño del aula bioclimática.....	39
Tabla 8. Principales materiales por utilizar en el aula bioclimática..	46
Tabla 9. Consumo diario de energía del aula bioclimática.....	48
Tabla 10. Análisis del recurso solar en San Pedro Sula.....	49
Tabla 11. Consumo diario de energía del aula convencional.....	51
Tabla 12. Comparativo de energía entre aula bioclimática y aula convencional.....	52
Tabla 13. Propiedades técnicas del plástico y su análisis en la construcción.....	56
Tabla 14. Calidad de la botella PET y desechos plásticos al construir.....	57
Tabla 15. Estimación de la cantidad de botellas plásticas.....	62
Tabla 16. Cuantificación del material plástico retirado del ambiente.....	63
Tabla 17. Prueba e IC para una proporción.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tasa de Analfabetismo en Honduras. Junio, 2016.....	11
Figura 2. Indicadores y cobertura eléctrica de los centros de educación en Honduras, 2017.....	12
Figura 3. Mapa político de Honduras y ubicación del Departamento de Cortés.....	13
Figura 4. Indicadores y cobertura eléctrica de los centros Educativos en Cortés, 2017.....	14
Figura 5. Indicadores y cobertura eléctrica de los centros Educativos en San Pedro Sula, 2017....	14
Figura 6. Construcción con la tecnología CEVE en Córdoba, Argentina.....	22
Figura 7. Ladrillo plástico tipo lego y construcción con la tecnología de Conceptos plásticos.....	22
Figura 8. Construcción con la tecnología Ecotec.....	22
Figura 9. Construcción con ecoladrillos.....	23
Figura 10. Diagrama de las variables.....	28
Figura 11. Diseño de la Investigación.....	32
Figura 12. Vista aérea del plano general del aula Bioclimática.....	41
Figura 13. Fachada suroeste del aula: vista frontal y aérea.....	42
Figura 14. Fachada sureste del aula: vista frontal y aérea.....	43
Figura 15. Fachada noreste del aula: vista frontal y aérea.....	44
Figura 16. Fachada noroeste del aula: vista frontal y aérea.....	45
Figura 17. Iluminación artificial.....	47
Figura 18. Ecoladrillos y su organización estructural al construir.....	53
Figura 19. Pegado de ecoladrillos.....	54
Figura 20. Levantamiento de muros.....	55
Figura 21. Composición de desechos sólidos en el sector de San Pedro Sula.....	59
Figura 22. Cantidad de refrescos en botellas PET que compran las pulperías.....	60
Figura 23. Porcentajes de compra de refrescos según el tamaño del envase PET.....	60
Figura 24. Valoración de la Importancia sobre el cuidado del ambiente.....	64
Figura 25. Valoración de la Importancia del reciclaje.....	65
Figura 26. Valoración sobre conocimientos de buenas prácticas ambientales.....	66
Figura 27. Valoración sobre conocimientos de reciclaje.....	66
Figura 28. Clasificación del plástico y latas según el código de colores.....	67
Figura 29. Clasificación del papel según el código de colores.....	68
Figura 30. Clasificación del vidrio según el código de colores.....	68

Figura 31. Disposición para colaborar en un proyecto de reciclaje.....	69
Figura 32. Disposición para llevar botellas plásticas PET a la escuela.....	70
Figura 33. Disposición para llevar cartones de huevo a la escuela.....	70
Figura 34. Disposición para llevar botellas de vidrio a la escuela.....	71

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se muestra la estructura general de la investigación y los elementos que contiene. Se plantea la problemática a estudiar, los objetivos a desarrollar, pertinencia y justificación del tema de investigación.

1.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente la problemática ambiental en todo el mundo ha generado que se busquen alternativas para el desarrollo de las construcciones y el uso de fuentes de energías amigables con la naturaleza, pues la población mundial crece a un ritmo acelerado y con ello la demanda en vivienda, escuelas, alimento etc. Por lo que las construcciones tomando en cuenta el diseño bioclimático es una alternativa viable para disminuir los requerimientos energéticos y las presiones sobre el medio ambiente.

Honduras con un índice de desarrollo humano muy bajo, precisa hacerles frente a los problemas en educación. La población de niños y jóvenes necesitan de la creación de espacios pedagógicos adecuados para adquirir los conocimientos necesarios para cambiar su entorno y resolver las necesidades de desarrollo del país, como lo dijo Mandela “La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo”. La calidad de la educación contempla el desarrollo de infraestructura apropiada, sin embargo, un alto porcentaje de los centros educativos con administración gubernamental en el país, se encuentran en situación de precariedad y con falta de energía eléctrica. Es necesario ampliar y mejorar las condiciones de las escuelas públicas, y es por ello por lo que la investigación presenta como desafío proporcionar una alternativa de solución a esta problemática, creando espacios pedagógicos que no solamente proporcionen instalaciones básicas, sino que también considere la sustentabilidad.

El propósito de la investigación es entregar un diseño de aula bioclimática, que contemple la implementación de energía renovable y la utilización de plástico como elemento constructivo, para conseguir bienestar de los ocupantes, calidad en la obra, reducción de los costos de construcción y mantenimiento de la edificación. Finalmente, la viabilidad de la propuesta se comprobará a través de un análisis técnico del diseño, que respaldará la ejecución del proyecto.

1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Históricamente Honduras se encuentra entre los países con los índices de desarrollo humano más bajos de la región latinoamericana, por tanto, uno de los retos más importantes que tiene como país es conseguir el mayor desarrollo humano. Es en este sentido que el acceso a la educación de calidad adquiere un papel fundamental en el progreso del país, no obstante, la calidad en educación requiere de infraestructura suficiente y adecuada.

En su estudio sobre la educación rural en Honduras en el periodo comprendido entre 1990 – 2003, Hernández plantea que el sistema educativo se rige bajo la influencia política, la cobertura no es suficiente y el área rural es la más afectada, pues la falta de oportunidades por carencia de centros de educación en el nivel escolar y medio obliga a muchos estudiantes a no concluir su formación y salir del sistema. Al mismo tiempo, este estudio propone mejorar la infraestructura y minimizar las dificultades para el uso óptimo del sistema educativo, con el fin de expandir la oferta educativa y anular el analfabetismo en la población.

En el 2004, el plan maestro para el desarrollo de la infraestructura educativa en Honduras revela que el 22% del total de los centros educativos necesitaban significativas mejoras o hasta un probable reemplazo, el 62% de los predios escolares no contaban con electricidad y alrededor del 10% de los centros educativos funcionaban en inmuebles no escolares. Se advierte en ese entonces que uno de los mayores desafíos para el país es proporcionar espacio suficiente para enfrentar las necesidades que surgen debido al incremento en la matrícula y los nuevos programas educativos (Schools for the Children of the World [SCW], 2004).

Por otra parte, desde el punto de vista energético las edificaciones en Honduras no son eficientes y la infraestructura escolar no es la excepción. Conviene subrayar que a pesar de que la eficiencia energética en edificios esta implementada y aceptada a nivel mundial, en el ámbito nacional es un concepto relativamente nuevo. García, Morazán, Cerrato y Escalón (2013), indican que la mayoría de edificaciones del país carecen de auto generación de energía a partir de fuentes renovables, los ventanales en su mayoría son de celosía permitiendo transferencia de calor y necesidad de climatización, el aislamiento térmico no se utiliza por falta de entendimiento

generalizado entre los constructores, y la orientación de los inmuebles con relación al sol no se considera o no se empleada de forma correcta.

Finalmente desde la perspectiva de la generación de residuos sólidos y su implicancia en la problemática ambiental, cabe mencionar que en el 2007 el Banco Mundial proyectó que una población hondureña de aproximadamente 7.4 millones de habitantes generaron 3,337 toneladas de residuos sólidos por día, y que en el 2010 la generación per cápita promedio de residuos sólidos domiciliarios llegó hasta 0.61 kg/hab/día, siendo los municipios grandes como San Pedro Sula y Tegucigalpa los principales generadores de desecho, mientras que en los municipios pequeños el aporte fue bajo (Padilla y Elvir, 2012). Es importante señalar que un componente importante de esto residuos sólidos son plásticos de gran impacto negativo en el ambiente por su persistencia en el ambiente y daño a la vida silvestre.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Este apartado revela la problemática identificada y que busca resolver la investigación. Se centra en el contexto del sistema educativo nacional, específicamente con la necesidad de infraestructura de bajo costo, con mínimo o cero consumo energético y amigable con el ambiente.

1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Recibir una educación de calidad es un derecho universal e intrínseco de la humanidad, la misma constituye una herramienta necesaria para el logro del desarrollo sostenible ya que otorga a los ciudadanos conocimiento y competencias para hacerle frente a las necesidades y problemática social, económica y ecológica. En cuanto a la calidad de la educación existen muchos factores que influyen en la misma, pero sin lugar a duda, uno muy importante es la infraestructura. Según un estudio publicado en el 2015 por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) donde se analiza la situación y desafíos de la infraestructura escolar de 12 países de América Latina y el Caribe, Honduras necesita construir nueva infraestructura del sistema educativo nacional y/o dar mantenimiento a la existente.

La consecuente creación y mantenimiento de infraestructura nueva en el sistema educativo nacional conlleva un impacto ambiental. Es decir, las edificaciones durante su ciclo de vida afectan

significativamente el ambiente, durante las etapas de construcción, uso y demolición se generan desechos, se consume una gran cantidad de recursos naturales y energéticos. Según la Agencia Internacional de Energía, el rubro de la construcción representa más del 35% del consumo final de energía en el mundo y contribuye aproximadamente con un tercio de las emisiones de CO₂.

Considerando la necesidad de infraestructura en el sector educación y la implicancia en los problemas ambientales que derivan del rubro de la construcción y la generación de desechos sólidos, el propósito de este estudio es crear y validar el diseño de un aula bioclimática con implementación de energía solar fotovoltaica y utilización de materiales reciclables, para lograr comodidad en los usuarios, reducción o cero consumo de energía a partir de un conjunto de técnicas, de preferencia pasivas, uso de fuentes renovables de energía, con beneficio ecológico y social de su aplicabilidad.

1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En cuanto a la población de niños y jóvenes, en Honduras la tendencia indica un crecimiento en los próximos años, no obstante, la cobertura geográfica de las escuelas indica que más que construir nuevas escuelas, la preferencia es hacia la ampliación y dotación de más infraestructura a las escuelas existentes (Salieri y Ramos, 2015). Por otro lado, los datos proporcionados por el Sistema de Planificación de la Infraestructura Escolar (SIPLIE), dejan ver que a nivel nacional todavía existe una cantidad significativa de centros educativos sin energía eléctrica. Conviene subrayar que, pese a que existen criterios y normativa para la construcción de centros educativos, la infraestructura física del sistema educativo con administración gubernamental denota una situación de precariedad, muchas escuelas y centros básicos funcionan en instalaciones o planteles que distan de presentar ambientes adecuados para el aprendizaje y que sean amigables con el ambiente desde el punto de vista de la edificación. En ese sentido el diseño de la infraestructura de los planteles educativos es de especial interés y surge la siguiente pregunta:

¿Es factible desde la perspectiva técnica, crear un espacio pedagógico físico con diseño bioclimático e implementación de energía solar fotovoltaica, utilizando plástico reciclado como elemento constructivo para obtener un beneficio ecológico y social?

1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Con relación a la posibilidad de aplicar principios de bioclimática, uso de energía renovable y reciclaje de materiales en el diseño y construcción de infraestructura escolar, se establecen las siguientes preguntas de investigación:

- 1) ¿Cuáles son los factores que determinan la viabilidad técnica del diseño del aula bioclimática?
- 2) ¿Qué tipo de tecnología es la más apropiada para reciclar plástico en la construcción?
- 3) ¿Cuál es el ahorro energético en KW-h del aula bioclimática con implementación de energía renovable, al compararlo con el consumo de un aula con infraestructura convencional representativa del sistema de educación nacional?
- 4) ¿Qué beneficio ecológico y social tendría la ejecución del proyecto de construcción del aula bioclimática?

1.4 OBJETIVO DEL PROYECTO

A continuación, se detalla en términos generales y específicos el propósito del estudio, como una solución a la necesidad de construcción de aulas escolares.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la prefactibilidad técnica de crear un espacio pedagógico con diseño bioclimático e implementación de energía solar fotovoltaica, utilizando plástico reciclado como elemento constructivo para obtener un beneficio ecológico y social.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Establecer los factores técnicos que validen el diseño del aula bioclimática.
- 2) Identificar la tecnología más adecuada para reciclar plástico en la construcción.
- 3) Medir el porcentaje de ahorro energético en el aula bioclimática con implementación de energía renovable y compararlo con el consumo de un aula con infraestructura convencional representativa del sistema de educación nacional.
- 4) Analizar el beneficio ecológico y social que tendría la ejecución del proyecto de construcción bioclimática.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Salieri y Ramos (2015) afirman que es indispensable “contar con infraestructura escolar suficiente y adecuada, (...). Para garantizar el cumplimiento del derecho a la educación, los países tienen que contar con un número suficiente de espacios dedicados a ellos” (p. 10). Además, considerando la construcción y la relación intrínseca con la degradación ambiental, es ineludible buscar alternativas más eficientes, económicas y amigables con el ambiente. Bajo estas premisas la realización de este estudio es conveniente desde la perspectiva económica, social y ecológica.

Se entiende la bioclimática como un aspecto integrante en la arquitectura donde se utilizan los elementos favorables del ambiente para lograr espacios confortables y saludables. Para Flores (2016), “los edificios bioclimáticos tienen como objetivo crear espacios interiores confortables desde el punto de vista térmico y lumínico, aprovechando las condiciones climáticas del lugar y minimizando la energía requerida” (p. 69). Es por ello que una de las características más importantes de la bioclimática, es que los diseños bajo esta tendencia respondan a la necesidad de reducir los costos energéticos a la vida útil de las edificaciones, por ende, minimizar el consumo de energía en la industria de la construcción, que como se ha mencionado en apartados anteriores presenta una marcada huella ecológica.

En ese sentido, el consumo energético es un tema de interés para los entes gubernamentales y ciudadanía en general, principalmente por los alcances económicos implícitos. En consecuencia, considerar la bioclimática en la industria de la construcción sin menospreciar las obras de infraestructura escolares, es necesario y constituye un potencial de ahorro energético. Así pues, en el contexto hondureño la climatización representa un alto consumo de energía eléctrica, para el caso específico de la ciudad de San Pedro Sula, el uso de aires acondicionados representa el 40% de la energía consumida, y según el departamento de planificación y estudios de distribución de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), por cada grado de temperatura que se incrementa, el consumo se eleva en 20 MW. Por lo tanto, los diseños de los planteles educativos a nivel nacional tienen que hacer especial consideración a la utilización de las técnicas pasivas de climatización.

Por otro lado, reciclar materiales en la construcción trae consigo un beneficio económico y ecológico. Por ejemplo, existen investigaciones que muestran al plástico como material reciclable

y útil en la construcción, ya sea procesándolo para convertirlo en láminas o bloques de construcción, o bien utilizando directamente botellas de politereftalato de etileno (PET) como ladrillos de construcción, previo al llenado con arena o restos de subproductos de construcción debidamente compactados. Esta práctica puede reducir considerablemente los costos de la construcción y ataca el gran problema ambiental de los desechos sólidos plásticos, poniendo por ejemplo la construcción de una casa unifamiliar con mampostería de botellas PET, se reduce la utilización de materiales costosos y de alta intensidad energética como el acero, el hierro, el cemento, y en el caso de los ladrillos o bloques de cemento utilizados comúnmente en las construcciones la utilización es nula.

Además, esta investigación generará un insumo con carácter de utilidad para los actores involucrados en la gestión de la infraestructura escolar, poniendo por caso la Secretaría de Educación (SEDUC) a través de la Dirección General de Construcciones Escolares y Bienes Inmuebles (DIGECEBI), el Instituto de Desarrollo Comunitario Agua y Saneamiento (IDECOAS) anteriormente reconocido como el Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS), Municipalidades y comunidades. El prototipo de diseño que se conciba permitirá la facilitación con cumplimientos normativos, reducción de los costos en la construcción de aulas escolares y adaptación al entorno según el contexto nacional.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Hernández-Sampieri, Collado y Baptista (2014), afirman que un buen marco teórico trata con profundidad únicamente los aspectos relacionados con el problema, analiza de manera coherente los estudios anteriores, no solo es encontrar y resumir información, lo importante es la forma en que esta se interpreta y que puede ser de gran ayuda en la investigación a realizar. Es necesario conocer el problema a investigar desde el contexto externo como interno y así poder delimitar los alcances de la investigación, analizar los resultados de estudio previos y poder encontrar todas aquellas teorías de sustento que ayudaran a desarrollar la investigación.

2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La educación, la bioclimática, la eficiencia energética y la generación de energía a base de fuentes renovables son aspectos que definen esta investigación, y al mismo tiempo son apuestas que se están usando a nivel global para solventar la problemática ambiental generada por las grandes emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera.

2.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO

La Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) es un referente a nivel mundial en cuestión de educación, y cada veinte años elabora un informe relevante y con trascendencia en el contexto educativo mundial. El más reciente fue en 2015 llamado “Replantear la Educación. ¿Hacia un bien común mundial?” en dicho informe se infiere que el objeto final de la educación debe ser mantener y aumentar la dignidad, la capacidad y el bienestar humano en relación consigo mismo y con la naturaleza. Se deduce entonces una relación intrínseca entre educación y desarrollo sostenible.

La región latinoamericana y el Caribe muestra una promoción en el derecho a la educación, por ejemplo, en los últimos 20 años la cobertura en el nivel preescolar se amplió de 36% a 61 %, para el nivel de primaria la cobertura es casi total y en secundaria paso de 69% a 80%, no obstante, existen desafíos en cuanto a la calidad de la educación (Salieri y Ramos 2015). Uno de esos desafíos lo constituye la infraestructura. Duarte, Jaureguiberry y Racimo (2017), en su investigación “Suficiencia, equidad y efectividad de la infraestructura escolar en América Latina según el

TERCE”, señalan que son muchos los estudiantes que asisten a centros con infraestructura insuficiente y que hay desigualdad en el acceso, especialmente aquellos pertenecientes a familias de menores recursos o de las zonas rurales. En base a este estudio el BID y UNESCO hacen un pronunciamiento de urgencia a la atención de las deficiencias en infraestructura escolar como promoción a la calidad de aprendizajes en América Latina y el Caribe.

La creación y/o mejora de infraestructura escolar en la región latinoamericana debe considerar la bioclimática, que en la actualidad se concibe como una tendencia mundial que enfrenta con creatividad el reto de reducir los impactos ambientales en el planeta y convertir las construcciones en ejemplos de sustentabilidad. Esta perspectiva de la arquitectura sostenible encierra tres concepciones: el planeta, el ser humano y la economía. Y en todo el mundo se muestran ejemplos de edificaciones bioclimáticas como una nueva apuesta a la construcción, existe ahora un número importante de arquitectos dispuestos a cambiar patrones de conocimiento y ya lo están haciendo al aplicar estos conceptos.

En cuanto a la energía, la bioclimática actual incluye el uso de fuentes de energías alternativas en los diseños. La REN21 es la red mundial de políticas en energía renovable que conecta a un gran número de actores, para el 2016 reporta que la capacidad de energía renovable sin incluir la hidroeléctrica fue de 921 GW, este y otros indicadores principales se presentan en la tabla 1, se puede apreciar también una comparación con el año 2015.

Para el caso particular de la tecnología solar fotovoltaica, ésta se colocó como;

la fuente líder a nivel mundial con respecto a las adiciones netas de capacidad de generación de energía realizadas en 2016, con el estimado de 31.000 paneles solares instalados por hora. Al menos 17 países contaron con la suficiente capacidad solar FV al final del año para poder cubrir 2% o más de la demanda de electricidad; incluso, varios países contaron con porcentajes más altos. En ese año también se vieron reducciones de precios sin precedentes, especialmente en los módulos. (REN21, 2017, p.28)

El aumento en la demanda eléctrica y el desplome de los precios en el mercado internacional de la tecnología solar fotovoltaica fueron los promotores del desarrollo de proyectos en América latina que se consolida como la región con más crecimiento en esta tecnología. Chile, México,

Brasil y Argentina lideran la producción (Revista eólica y del Vehículo [REVE], 2017). En Centroamérica la energía solar está en auge, super dinámica y Honduras lidera estos esfuerzos.

Tabla 1. Indicadores de Energía Renovable a nivel mundial, 2016.

		2015	2016
INVERSION			
Nueva inversión (anual) en energía y combustible renovables ¹	Miles de millones de dólares	312,2	241,6
ELECTRICIDAD			
Capacidad de energía renovable (total, sin incluir la energía hidroeléctrica)	GW	785	921
Capacidad de energía renovable (total, incluyendo la energía hidroeléctrica)	GW	1.856	2.017
Capacidad de energía hidroeléctrica ²	GW	1.071	1.096
Capacidad con bioenergía	GW	106	112
Generación con bioenergía (anual)	TWh	464	504
Capacidad de energía geotérmica	GW	13	13,5
Capacidad de energía solar fotovoltaica	GW	228	303
Capacidad de energía solar y térmica de concentración	GW	4,7	4,8
Capacidad de energía eólica	GW	433	487
CALOR			
Capacidad de calentamiento solar de agua ³	GW _{th}	435	456

Fuente: (REN21, 2017).

2.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO

El microentorno del proyecto lo constituye el ámbito nacional. Con 8.8 millones de habitantes a inicios del año 2017 y una extensión territorial de 112,492 km², Honduras es un país de ingreso medio-bajo, para junio de 2016 el 60.9% de los hogares hondureños se encontraban en condición de pobreza, siendo más grave en el área rural que en la urbana. (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2017). Según cifras del Banco Mundial, el país enfrenta los niveles más altos de desigualdad económica de Latinoamérica, con una de las tasas más altas de homicidio en el mundo (59 asesinatos/100.000 habitantes, en 2016), y el puesto 130 del Índice de Desarrollo Humano 2016.

La población económicamente Activa, representa el 45.3% de la población total del país, según la rama de actividad el 26.7% de los Ocupados laboran en la Agricultura, silvicultura, Caza y Pesca, el 20.0% en el sector de Comercio y el 14.3% en industria manufacturera. Según la categoría ocupacional el 81.9% laboran como asalariados en el sector privado y 12.9% en el sector Público. El 11.0% de las personas no saben leer ni escribir (INE, 2017). La fig. 1 indica una mayor tasa de analfabetismo en la población rural con respecto a la urbana.

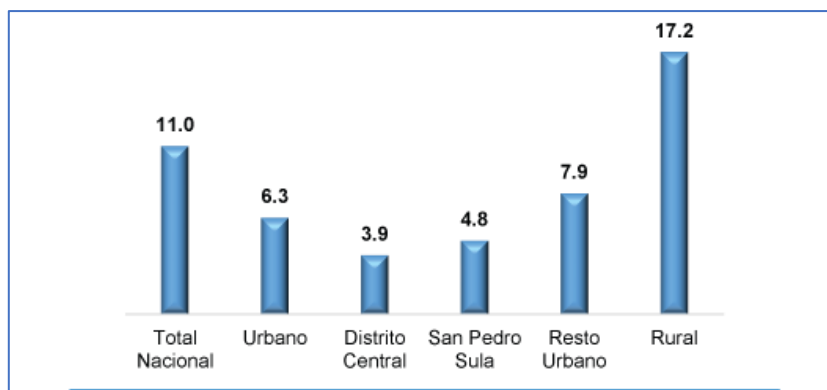


Figura 1. Tasa de Analfabetismo en Honduras. Junio, 2016.

Fuente: (INE, 2017).

El avance del sistema educativo se puede medir por la tasa de cobertura que en el 2016 fue de 59.8 a nivel nacional (Tabla 2), con marcadas diferencias entre los diferentes dominios y rangos de edades.

Tabla 2. Tasa de cobertura educativa en Honduras, 2016.

Categorías	Total	3 - 5 Años	6 - 11 Años	12 - 14 Años	15 - 17 Años
Total Nacional	59.8	34.6	93.0	52.1	31.7
Dominio					
Urbano	64.7	33.7	93.4	66.2	43.1
Distrito Central	70.4	36.8	95.7	78.7	53.0
San Pedro Sula	57.1	25.7	88.4	62.1	35.9
Resto Urbano	64.5	34.6	93.7	62.8	41.3
Rural	55.1	35.5	92.7	39.9	20.2

Fuente: (INE, 2017).

El plan maestro de infraestructura educativa del SEDUC indica que existen a inicios del año 2017 un total de 23,520 centros educativos en el país entre administración oficial, semioficial, municipal o comunitaria. El resumen de los indicadores por componentes y la cobertura de energía eléctrica se muestra en la Fig. 2.

Las estadísticas proporcionadas por las entidades oficiales del gobierno, así como estudios del Banco Mundial recalcan la importancia de inversión en mejora a la educación. En el ambiente educativo los planes de infraestructura escolar ya denotan la inclusión del tema de la bioclimática

que se considera en los criterios y normativa para la planificación y diseño de centros educativos de Honduras. Inclusive considera la inclusión de fuentes de energías renovables en las instituciones.

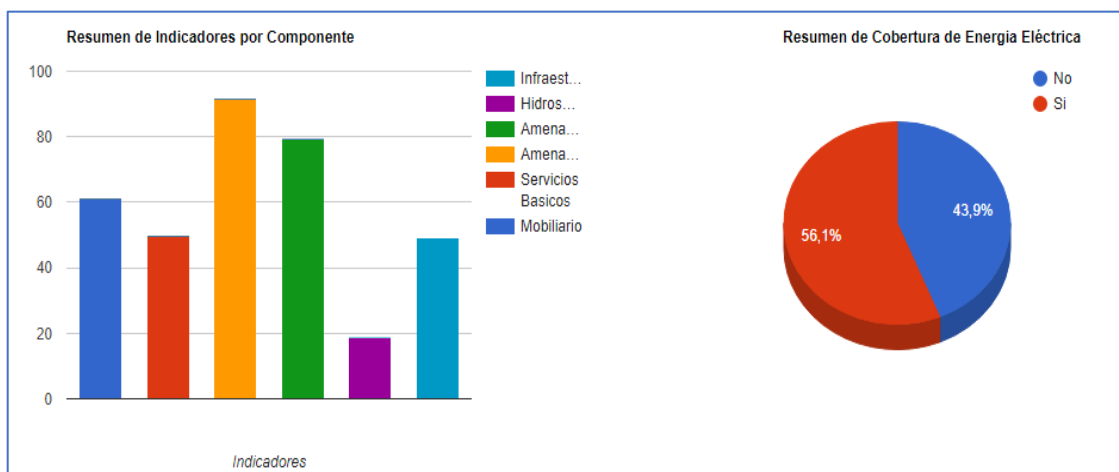


Figura 2. Indicadores y cobertura eléctrica de los centros de educación en Honduras, 2017.

Fuente: (SIPLIE, 2017).

Además, las energías renovables en el país se están impulsando y a inicios del 2017 representaban el 52% de la capacidad instalada de generación eléctrica. De las tecnologías energéticas de fuentes renovables establecidas, la biomasa y la solar fotovoltaica presentan potencial de utilización en los centros escolares que carecen de servicio eléctrico. La Organización de Estados Iberoamericanos en el marco del proyecto “luces para aprender” hasta septiembre del 2016 había instalado paneles solares en 29 escuelas públicas de Honduras.

2.1.3 ANÁLISIS INTERNO

El ámbito interno del proyecto lo constituye el departamento de Cortés, localizado en la zona noroccidental de Honduras y con una extensión territorial de 3,923 km², limita al norte con el Mar Caribe, al Sur con el departamento de Comayagua, al Este con el departamento de Atlántida y Yoro, al Oeste con el departamento de Santa Bárbara y la Republica de Guatemala (Fig. 3). La actividad económica predominante es la agricultura con el cultivo de banano, plátano, caña de azúcar, palma africana entre otros, también se desarrollan las actividades de crianza de ganado vacuno, bobino, porcino y equino, la industria textil y de productos alimenticios, bebidas, tabaco, papel, productos químicos, derivados del petróleo y la industria manufacturera.

Administrativamente se divide en 12 municipios, San Pedro Sula, Choloma, Omoa, Pimienta, Potrerillos, Puerto Cortés, San Antonio de Cortés, San Francisco de Yojoa, San Manuel, Santa Cruz de Yojoa, Villanueva y La Lima. Cuenta con 291 aldeas y 1,513 caseríos. Según datos del INE la población se estima en 1.7 millones de habitantes para enero del 2017 y la mayoría se ubica en la cabecera municipal de San Pedro Sula.

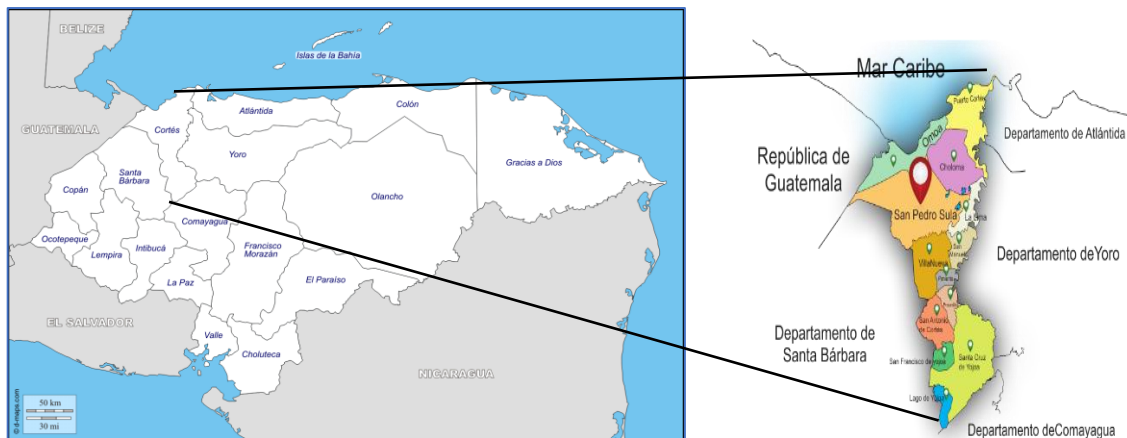


Figura 3. Mapa político de Honduras y ubicación del Departamento de Cortés.

Fuente: (D-maps.com).

Según la clasificación de zonas térmicas que maneja y considera el SEDUC para el diseño y construcción de infraestructura educativa, Cortés presenta dos tipos diferentes de clima; el primero Selva tropical en el municipio de Omoa con ambiente cálido y húmedo, el segundo Sabana tropical en la zona noroccidental del departamento y en el Valle de Sula con ambiente seco-lluvioso.

El plan maestro de infraestructura educativa del SEDUC señala que iniciando el 2017 el total de centros educativos en el departamento es de 2,426 de los cuales 934 se ubican en la ciudad de San Pedro Sula. Pese a que Cortés tiene un mayor desarrollo económico respecto al resto del país presenta valores similares de los indicadores de infraestructura escolar nacional, no obstante, como se observa en la Fig. 4, la mayoría de los centros tienen acceso a energía eléctrica. Para el caso específico del Municipio de San Pedro Sula los indicadores y cobertura eléctrica en los centros educativas se muestra en la Fig. 5.

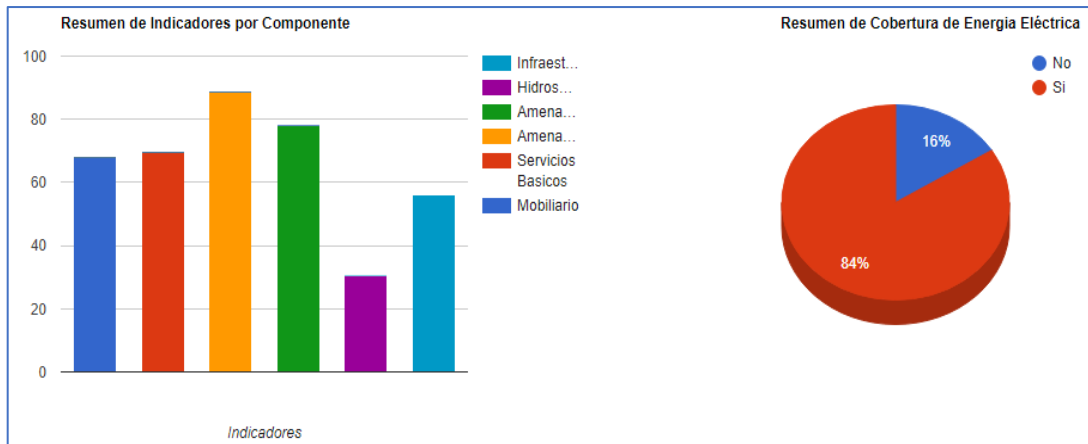


Figura 4. Indicadores y cobertura eléctrica de los centros Educativos en Cortés, 2017.

Fuente: (SIPLIE, 2017).

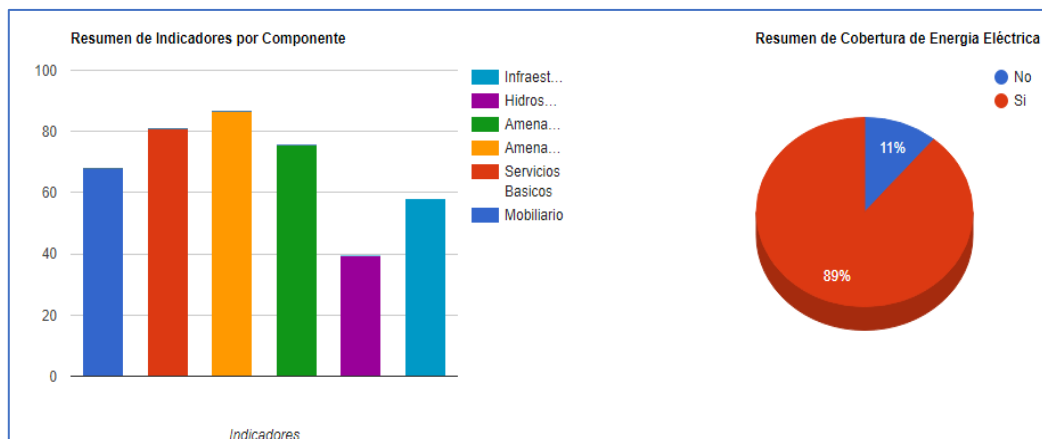


Figura 5. Indicadores y cobertura eléctrica de los centros Educativos en San Pedro Sula, 2017.

Fuente: (SIPLIE, 2017).

2.2 TEORÍAS DE SUSTENTO

Las teorías de sustento contienen los supuestos bajo los cuales se pretende explicar y respaldar el trabajo de investigación.

2.2.1 ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS

La metodología de la investigación es uno de los puntos más importantes del proyecto. A continuación, se definen las teorías que sustentan la investigación.

2.2.1.1 NORMATIVA PARA EL DISEÑO DE CENTROS EDUCATIVOS

Este documento contiene los requerimientos que demanda la SEDUC para la planificación y diseño arquitectónico de la nueva infraestructura de los centros educativos del nivel prebásico básico y medio del país. Asimismo, contempla que, al momento de discernir un proyecto de edificación escolar, el diseño que se conciba al emplear la normativa logre crear espacios pedagógicos funcionales, seguros, y que además de servir como lugares de aprendizaje, también puedan hacerles frente a las necesidades ambientales para disminuir la contaminación que se provoca al construir. También contempla la aplicabilidad de la bioclimática. En la tabla 3, se indican los criterios de obligatoriedad para la construcción de infraestructura escolar.

Tabla 3. Normativa Obligatoria para las construcciones de aulas escolares en Honduras.

Localización	Normativa
Terreno.	<ul style="list-style-type: none">• No se admiten construcciones por debajo de la cota de máxima creciente.• La composición del suelo no debe contener sustancias contaminantes.
Relación Largo Ancho del Terreno y Topografía.	Relación 3:5, topografía plana o regular con pendiente máxima del 12%.
Superficie mínima del terreno en base al número de alumno.	El área mínima será de 3000 m ² o sea el equivalente a un predio para un centro educativo de 6 aulas con capacidad máxima de 40 estudiantes por aula y un índice de 12.50 m ² /alumno. Incrementándose el área para prácticas agropecuarias (Huertos Escolares) de 10, 14,16 m ² , por educando.
Superficie por alumno en base al nivel educativo.	Pre-Básico: Rural 1 Planta = 16.60 m ² , Urbana 1 Planta = 15.50 m ² Básico: Rural 1 Planta = 12.50 m ² , Urbana 2 Plantas = 7.40m ² Medio: Rural 1 Planta = 16.00m ² , Urbana 2 Plantas = 14.75m ²
Niveles del Centro Educativo.	<ul style="list-style-type: none">• Inicialmente el Centro Educativo se desarrolla en un solo nivel que coincida con el nivel de acceso.• Pre-Básica: Un nivel con un mínimo de 12.00m²/alumno.• Básica Rural: Un nivel con un mínimo de 10m²/alumno.• Básica Urbana: Dos niveles con un mínimo de 5.90m²/alumno.

Continuación de la Tabla 3.

Localización	Normativa
Niveles del Centro Educativo.	<ul style="list-style-type: none"> • Media Rural: Un nivel con un mínimo de 13.60m²/alumno. • Media Urbano: Dos niveles con un mínimo de 12.55m²/alumno. Si se desarrolla en más de tres niveles debe contar con los mecanismos para acceso y evacuación rápida de los usuarios.
Espacios pedagógicos.	Forma regular utilizando una proporción largo-ancho que no exceda 1:1.5 La distancia máxima del alumno sentado en la última fila al pizarrón no deberá exceder de 8.00 m. El ángulo horizontal de visión respecto al pizarrón de un alumno sentado en cualquier lugar será no menor de 30°.
Alturas (De nivel de piso terminado a cielo falso).	La altura mínima interior del aula debe ser de 3.45 m en clima frío y en clima cálido seco, el cielo falso se coloca horizontalmente en ambos climas. En clima caliente húmedo la altura mínima es de 3.45 metros y el cielo falso se coloca en pendiente con la estructura y cubierta de techo. 3.45 metros es la altura más baja interior de donde debe empezar el techo en pendiente.
Metros cúbicos mínimos	6.20 por alumno.
Orientación, asoleamiento y características de clima para diseño general de los espacios.	El ángulo de inclinación de los rayos solares en Honduras es de 14°. Con vientos dominantes Noreste. Orientación preferible de aulas Norte-Sur. Clima frío: Temperatura mínima 15°C, máxima 25°C, y ubicada en zonas sobre los 1800 m de altura, con humedad de un 76 %. Clima cálido seco: Temperatura mínima de 23,4 °C, temperatura máxima de 35 °C y humedad de 66 %. Clima cálido húmedo: Tipo selva tropical, temperatura mínima de 20,7 °C y temperatura máxima de 30°C, humedad relativa del aire 82%.
Ventilación.	La ventilación debe ser constante, cruzada natural y controlable por medios mecánicos y sin corrientes de aire. El área de abertura de las ventanas deberá permitir renovaciones de volumen de aire por hora según clima. Clima Frío: 2 a 3 /hora y de 5-7%=5.04 m ² de la superficie en planta. Clima Caliente Húmedo: 3 a 4/ hora y de 10-15%=10.8 m ² de la superficie de la planta. Clima caliente Seco: 4 a 5 /hora y de 7-10%=7.2 m ² de la superficie de la planta.
Iluminación.	La superficie de ventanas deberá ser por lo menos el equivalente a un tercio (1/3) del área del local (área del piso). El área mínima ventanas para iluminación debe ser: Clima Frío: 15 – 20 % = 14.4 m ² , de la superficie de la planta. Clima Caliente Húmedo: 20 -25 % = 18 m ² de la superficie de la Planta. Clima caliente Seco: 25- 30% = 21,6 m ² , de la superficie de la planta. El nivel de iluminación artificial deberá ser uniforme para las aulas teóricas de acuerdo con los distintos niveles educativos, Pre Básico y Básico 200- lux y medio 250 a 500 lux.
Superficie mínima del aula.	Pre-básica: 84.00 m ² . Básica: 72.00 m ² . Media: 72.00 m ²
Superficie recomendable por alumno según nivel educativo.	Pre-básica: 2.40 m ² , Básica: 1.80 m ² , Media: 1.80 m ²

Fuente: (DIGECEBI, 2013).

2.2.1.2 EVALUACIÓN TÉCNICA DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO

Las estrategias bioclimáticas que se implementan en las construcciones son muy variadas, y la elección dependerá de las condiciones específicas del lugar como por ejemplo el clima, relieve del terreno, vegetación y tipo de infraestructura circundante entre otras. En ese sentido López (2003) afirma que:

la postura bioclimática se basa principalmente en la búsqueda del confort, y éste, se relaciona directamente con la sensación de bienestar. En el confort influyen multitud de factores, físicos y psicológicos. En general podemos decir que los aspectos que incorpora la postura Bioclimática se desarrollan a partir de una búsqueda del confort físico, psicológico, y cultural. El confort físico se busca a través de la consideración de aspectos biofísicos y constructivos, el confort psicológico y cultural se introduce a partir de la consideración de aspectos antropológicos – culturales e igualmente constructivos. (p.2)

El fin del diseño bioclimático es integrar la naturaleza y aprovechar todos los recursos disponibles para crear ambientes confortables y eficientes en cuanto al ahorro de energía. Focalizando la ubicación del proyecto en el trópico, el análisis técnico del aula bioclimática valorará los siguientes elementos arquitectónicos: orientación en un eje longitudinal este-oeste para recibir la menor incidencia solar y lograr reducir la temperatura interna, espacios suficientes entre edificaciones, vegetación adecuada para permitir la circulación adecuada de aire entre el exterior y el interior del aula, aberturas apropiadas en el envolvente para permitir la ventilación cruzada, materiales ligeros y aislados en el techo pero que puedan hacer frente a las fuertes precipitaciones y vientos, grandes aleros que proporcionen sombras y alejen el agua de las paredes, aislamiento térmico para reducir la transferencia de calor, iluminación natural (Flores, 2016). Otro aspecto por considerar se enmarca en la utilización eficiente del recurso agua.

2.2.1.3 TECNOLOGÍAS DE CONSTRUCCIÓN CON PLÁSTICO RECICLADO

Para diseñar bioclimáticamente se considerarán en un sentido estricto los aspectos de funcionamiento de los elementos constructivos. Distintos materiales funcionan diferentes según sus características físicas y el ambiente al que se exponen. El cemento, el acero, el granito, la madera y el ladrillo son de uso generalizado en la construcción, sin embargo, el uso de materiales reciclables como el plástico será prioritario, claro está sin menoscabo de la integridad física de la obra.

El plástico reciclado como materia prima en la construcción está logrando aceptación especialmente en los países en vías de desarrollo. Las características físicas, técnicas, económicas y de beneficio ecológico del uso del plástico, entre las que se puede mencionar; buen aislamiento térmico y resistencia mecánica, larga duración, bajo peso, reducción de costos, autoconstrucción y segregación del ambiente de este desecho sólido contaminante lo colocan como una alternativa sustentable para uso en la construcción de interés social.

Gaggino (2008), señala que a nivel mundial los procedimientos para reciclar plástico son:

- 1) Mecánico: presenta varias etapas como ser separación manual, triturado en partículas, clasificación de las partículas por aire, inmersión en agua y separación electrostática.
- 2) Químico: consiste en despolimerización del plástico y separación de moléculas para fabricar nuevamente otros materiales plásticos inclusive para envasados de alimento. Este procedimiento químico es el más caro, no obstante, es el que permite obtener un mayor valor agregado al producto.
- 3) Energético: se incineran los plásticos para producir energía.

Algunas tecnologías de construcción con plástico reciclado usadas en las regiones de Latinoamérica y África se describen a continuación:

- 1) Ladrillos, bloques y placas de plásticos reciclados aptos para el autoconstrucción con la tecnología CEVE. El material que se utiliza es PET de bebidas desechables, embalaje de alimentos y fragancias, poliestireno expandido, tipos variados de residuos plásticos de fábricas como el polietileno de baja densidad, polipropeno biorientado, cloruro de polivinilo con tintas aplicadas y polvo de aluminio, no se selecciona envases que puedan haber estado conteniendo sustancias tóxicas. Se seleccionan y trituran en un molino especial los materiales plásticos, posteriormente se mezclan con cemento y la mezcla se vuelca ya sea en una máquina para elaborar ladrillos o bloques, o bien en un molde de tipo manual. Posterior al desmolde los bloques, ladrillos o tablas se curan con agua y después de 28 días de su fabricación se pueden utilizar en las obras de construcción.

- 2) Casas de ladrillos plásticos tipo Lego de la Empresa Conceptos plásticos. Utiliza basura plástica y caucho como materia prima que se funde e inyecta en un molde para producir bloques de plástico para paredes y vigas que se montan como piezas de Lego, adicionalmente se le añaden aditivos para hacer los bloques resistentes al fuego. Un sistema de montaje sencillo facilita la construcción de viviendas.
- 3) Ladrillos plásticos con la Tecnología de ECOTEC. Se basa en la utilización de botellas PET como sustitutos de bloques de ladrillo o cemento. La técnica inicia con la recolección de botellas que no presenten cortes o doblamientos, se pueden utilizar de distintos tamaños siempre y cuando no se mezclen en un mismo muro. Posteriormente se rellenan con arena, escombros o tierra, comprimiendo el relleno y cerrando la botella con el tapón a manera de obtener un ladrillo duro. Cada envase debe pasar una prueba de calidad que indique si están lo suficientemente compactos o si necesitan más compactación. Se alzan los muros haciendo hileras sucesivas de ladrillos de botellas, se hace una red atando con lazo las bases y las tapas de las botellas se entrelazan en forma de triángulos. Para lograr asentar y nivelar las hiladas se coloca un aglomerante entre ellas, que puede ser a base de tierra y barro, con agregado de cascarilla de arroz o grama, cada 5 hiladas se utiliza una mezcla de cal y cemento. Para estabilizar la construcción se utilizan pilares cada 3 metros y en las esquinas.
- 4) Ecoladrillos. Es una tecnología de reciclaje plástico, sencilla de realizar de forma artesanal y al alcance de cualquier comunidad, estos constan de botellas plásticas PET, sin etiqueta y con tapa. Dentro de la botella se rellenan a presión con bolsas plásticas y papel de aluminio cortadas en pequeños trozos reciclables. Tanto las botellas PET y los residuos plásticos a introducir deben de estar totalmente limpios y secos. En la construcción, los ecoladrillos se pueden colocar tanto de forma vertical como horizontal con paredes solo de cemento o una mezcla de madera y cemento de relleno (Tolozano, 2016).

2.2.1.4 ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

La energía solar fotovoltaica se basa en la utilización de células solares o fotovoltaicas, fabricadas con materiales semiconductores cristalinos que, por efecto fotovoltaico, generan corriente eléctrica cuando sobre los mismos incide la radiación solar. El silicio es la base de la mayoría de los materiales más ampliamente utilizados en el mundo para la construcción de células solares (Carta, Calero, Colmenar y Castro, 2009).

La energía solar fotovoltaica es variable, en función de la hora del día, época del año y situación atmosférica, día-noche, estación del año (altura del sol sobre el horizonte), nubes, nieblas, smog, climas, etc. Una de las principales virtudes de la tecnología fotovoltaica es su aspecto modular, pudiéndose construir desde enormes plantas fotovoltaicas en suelo hasta pequeños paneles para tejados, por lo que su instalación en edificaciones es fácil y rápido en comparación a otros tipos de energía (Asociación de Empresas de Energía Renovable [APPA], 2009).

La corriente eléctrica generada a partir de la energía solar fotovoltaica tiene distintas aplicaciones. Por un lado, se encuentran las aplicaciones más tradicionales, cuyo objetivo es proporcionar energía eléctrica a zonas aisladas con deficiencias en el abastecimiento eléctrico convencional (electrificación de viviendas generalmente aisladas, bombes, sistemas de señalización vial, sistemas de comunicaciones, sistemas agroganaderos, etc.). Un segundo tipo de aplicación consiste en la inyección de energía eléctrica en las redes eléctricas. En un tercer bloque pueden incluirse aquellas aplicaciones específicas, las cuales abarcarían desde el suministro de energía a satélites artificiales hasta la alimentación de automóviles, relojes, radios o calculadoras de bolsillo (Carta et al, 2009).

2.2.2 ANTECEDENTES DE METODOLOGÍAS PREVIAS

La bioclimática se origina en los años 70, los arquitectos conscientes de los efectos dañinos al ambiente que emanaban de sus actividades, tomaron una posición, se trataba de corregir el avance de la actitud científica y tecnológica de la construcción, que amenazaba los sistemas naturales por la intervención humana. En ese sentido y bajo el concepto mismo de la bioclimática, tratan de insertar el entorno natural en el diseño.

Según Stagno (2009, citado por Oqueli, Barahona y Rodríguez, 2009), en Honduras los principios bioclimáticos en la arquitectura se han practicado inconscientemente desde la época colonial prueba de ello son los restos de la fortaleza de San Fernando de Omoa donde se pueden apreciar ciertos aspectos como por ejemplo la ventilación cruzada y orientación del edificio, asimismo las construcciones de las compañías bananeras establecidas en Honduras durante el enclave bananero usaron principios de bioclimática concretamente al levantar las bases de los barracones y oficinas

a cierta altura sobre el nivel del suelo y ventanales con ventilación cruzada permitiendo el paso libre del aire.

En cuanto a la construcción con plástico reciclado, la Organización de las Naciones Unidas ha reconocido la técnica de construcción con botellas PET como uno de los 10 mejores proyectos ambientales del 2005. Esta técnica se ha utilizado en proyectos de construcción en muchos países del continente americano y africano.

Algunas referencias de construcción con plástico reciclado en diferentes partes del mundo son, por ejemplo:

- 1) Experiencia piloto de autoconstrucción utilizando la tecnología CEVE, financiado por el gobierno de Alemania en los años 2003-2004, donde se utilizó PET como materia prima para los elementos constructivos, se hicieron cinco ampliaciones de viviendas y un muro en barrios marginales de Córdoba Argentina (Fig. 6).
- 2) Construcción de una casa de 60 m² sustituyendo los ladrillos por 14.000 botellas de plástico rellenas con tierra edificada en el sur de Belgrado en el 2005 por Tomislav.
- 3) Construcción de un refugio para 42 familias en la localidad de Guapi en el Valle del Cauca, Colombia. Ejecutado por la empresa Conceptos verdes que utiliza bloques de plástico reciclado tipo lego como elemento constructivo (Fig. 7).
- 4) La tecnología Ecotec y su creador Andreas Froese ha realizado proyectos de edificación en muchos lugares del mundo y Honduras no es la excepción, desde tanques de almacenamiento de agua, techos de botella, hasta un proyecto escolar en la comunidad de Diamante de Sion, Departamento de Atlántida (Fig. 8).
- 5) En Guatemala, en la ciudad de San Marcos La Laguna, se construyó con ecoladrillos (Fig. 9) un muro de 20m, 3 casas y baños a través de la fundación “Pura Vida”, con la ayuda de niños de escuela, maestros y padres de familia (Coronel, 2015).



Figura 6. Construcción con la tecnología CEVE en Córdoba, Argentina.

Fuente: (Gaggino, 2009).

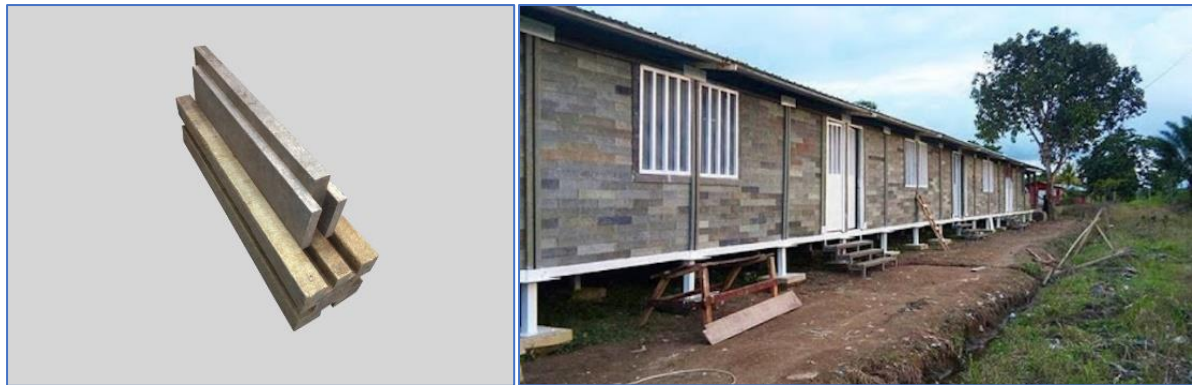


Figura 7. Ladrillo plástico tipo lego y construcción con la tecnología de Conceptos plásticos.

Fuente: (Conceptos Plásticos, 2017).



Figura 8. Construcción con la tecnología Ecotec.

Fuente: (Froese, 2012).



Figura 9. Construcción con ecoladrillos.

Fuente: (Coronel, 2015).

2.2.3 ANÁLISIS CRÍTICO DE LAS METODOLOGÍAS

Las presiones generadas durante décadas al planeta tierra, especialmente en cuanto emisiones de gases de efecto invernadero y generación de residuos sólidos plástico, han causado problemas ambientales graves en el planeta como el cambio climático y disminución de la biodiversidad, por ende, las tecnologías de construcción y producción de energía poco a poco han ido cambiando tratando de minimizar el impacto negativo al ambiente. En cuanto a la bioclimática, su aplicabilidad en los diseños arquitectónicos es fundamental para optimizar las condiciones ambientales internas, mediante el uso de medidas de conservación de energía, calefacción solar pasiva, iluminación natural, enfriamiento convectivo nocturno y ventilación natural, puesto que una construcción inadecuada sin tomar en cuenta el entorno y la parte ambiental lleva a un incremento energético en las edificaciones.

Las construcciones con plástico reciclado son opciones realizables en el ámbito nacional. Estas tecnologías constructivas presentan características favorables para el desarrollo sostenible de la nación como la reducción de desechos contaminantes persistentes en el ambiente, disminución del consumo de recursos naturales, educación ambiental en la población, reducción de costos en la construcción, integración de las comunidades en la realización de las obras. Se han realizado muchos estudios técnicos que indican que este tipo de construcción logra alcanzar los requerimientos físicos técnicos propios de la edificación.

En lo que respecta a las energías renovables, estas también ofrecen una alternativa a la disminución de la contaminación ambiental y aplicación en sistemas escolares aislados, específicamente la energía solar fotovoltaica promete una facilidad para adaptarlo a las edificaciones y lugares rurales sin acceso a electrificación por lo que permite la oportunidad de acceso a una mejor enseñanza educativa en zonas aisladas y de escasos recursos.

2.3 MARCO LEGAL

Las principales leyes, normas y regulaciones aplicables a la construcción de espacios físicos en centros educativos se describen a continuación;

1) Ley Fundamental de Educación. Aprobada por decreto N.262-2011 es el instrumento jurídico que rige y constituye el pilar de la educación en Honduras. Junto al Currículo Nacional Básico cambia la estructura de la educación, los modos de enseñanza-aprendizaje y aumenta hasta el noveno grado la obligatoriedad escolar. Este último aspecto hace que la demanda educativa nacional aumente, lo que supone mejoras y construcción de edificios en los centros educativos. En el artículo 12 del capítulo I, establece que la jerarquía normativa del sistema educativo es la siguiente:

- 1.1) Constitución de la República
- 1.2) Instrumentos Internacionales de Derechos Humanos y demás aplicables
- 1.3) Ley Fundamental de Educación
- 1.4) Estatuto del Docente Hondureño
- 1.5) Ley de Fortalecimiento a la Educación Pública y la Participación Comunitaria
- 1.6) Código de la niñez y la adolescencia
- 1.7) Leyes Especiales de Educación
- 1.8) Ley de Visión de País 2010-2038 y Plan de Nación 2010-2022
- 1.9) Leyes que rigen la administración Pública
- 1.10) Reglamentos Generales y Especiales de Educación
- 1.11) Reglamentos Generales Aplicables
- 1.12) Los Acuerdos y Disposiciones Administrativas
- 1.13) Principios Generales del Derecho

- 2) Criterios y Normativa para la Planificación y Diseño de Centros Educativos en los Niveles de Pre-Básica, Básica y Media. Dado a conocer en el año 2013, este documento explica los requerimientos de las nuevas construcciones, renovaciones y/o remodelaciones en centros educativos. Se indican normas de calidad y seguridad. En el capítulo V se indica la normativa de cumplimiento obligatorio para las edificaciones escolares. Es importante acotar que este documento incorpora elementos de diseño bioclimático en la normativa.

- 3) Plan Maestro de Infraestructura Educativa 2015. Forma parte de la estrategia de cambio del Sistema Educativo Nacional para el mejoramiento de la calidad educativa establecida en el Plan de Nación. Mide infraestructura, instalaciones Hidrosanitarias, inmobiliario, Amenazas Naturales, Amenazas Sociales, Servicios Básicos, Ubicación Geográfica y otras variables cuantitativas y cualitativas almacenados en las bases de datos de la Secretaria de Educación a las cuales tienen acceso el público en general (SIPLIE, 2017).

Específicamente para las construcciones bioclimáticas, Oquellí et al (2009), encontraron que en Honduras existe una legislación general y municipal, pero “carece de una regulación en la que figuren las técnicas bioclimáticas o incentivos que promuevan su crecimiento, por lo que se puede establecer que, si bien la legislación no las regula de manera específica y preferente, tampoco obstaculiza su implementación.” (p.104).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

En este capítulo se define el enfoque, alcance y diseño de la investigación. La metodología que se emplea presenta rigor científico, en ella se utilizan métodos y técnicas de forma sistematizada para alcanzar los objetivos planteados.

3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

La Congruencia es un aspecto muy importante que cuidar en la metodología, es por ello por lo que Hernández-Sampieri et al. (2014), expresan:

Un aspecto que cabe destacar de todo informe es que debe haber una elevada congruencia entre las diferentes partes que integran el documento. Por ello, al elaborar el reporte, aunque nos concentremos en la redacción de un apartado, es indispensable tener en mente el resto de las secciones y asegurar que haya vinculación entre éstas. (p.345)

En este apartado se establece la coherencia o relación lógica que existe entre las variables de estudio y las hipótesis planteadas a partir del enunciado del problema, las preguntas de investigación y los objetivos.

3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA

La metodología de la investigación se presenta de forma resumida en una matriz (Tabla 4), en ella se organiza con coherencia los elementos del diseño de la investigación, desde la formulación del problema hasta las variables de estudio.

Tabla 4. Matriz metodológica.

Diseño y Estudio de Prefactibilidad técnica de un aula Bioclimática, utilizando plástico como elemento constructivo e implementación de Energía Solar Fotovoltaica.					
Título					
Problema	Objetivo General	Preguntas de Investigación	Objetivos Específicos	VARIABLES Independientes	Variable Dependiente
¿Es factible desde la perspectiva técnica, crear un espacio pedagógico físico con diseño bioclimático e implementación de energía solar fotovoltaica, utilizando plástico reciclado como elemento constructivo para obtener un beneficio ecológico y social?	Determinar la prefactibilidad técnica de crear un espacio pedagógico con diseño bioclimático o e implementación de energía solar fotovoltaica, utilizando plástico reciclado como elemento constructivo para obtener un beneficio ecológico y social.	¿Cuáles son los factores que determinan la viabilidad técnica del diseño del aula bioclimática?	Establecer los factores técnicos que validen el diseño del aula bioclimática.	Factores Técnicos del Diseño.	Prefactibilidad técnica.
		¿Qué tipo de tecnología es la más apropiado para reciclar plástico en la construcción?	Identificar la tecnología más adecuada para reciclar plástico en la construcción.	Tipo de tecnología de construcción con plástico.	
		¿Cuál es el ahorro energético en KW-h del aula bioclimática con implementación de energía renovable, al compararlo con el consumo de un aula con infraestructura convencional representativa del sistema de educación nacional?	Medir el porcentaje de ahorro energético en el aula bioclimática con implementación de energía renovable y compararlo con el consumo de un aula con infraestructura convencional, representativa del sistema de educación nacional.	Ahorro energético en KW-h.	
		¿Qué beneficio ecológico y social tendría la ejecución del proyecto de construcción del aula bioclimática?	Analizar el beneficio ecológico y social que tendría la ejecución del proyecto de construcción bioclimática.	Beneficio ecológico y social.	

Fuente: (Elaboración propia).

3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Las variables del estudio constituyen los aspectos o características a evaluar en la investigación. Asimismo, pueden variar e influir en otros elementos del estudio, para Hernández-Sampieri et al. (2014) “Las variables adquieren valor para la investigación científica cuando llegan a relacionarse con otras variables, es decir, si forman parte de una hipótesis o una teoría” (p. 105).

La prefactibilidad del aula bioclimática depende de los factores técnicos del diseño bioclimático y la tecnología de construcción con plástico reciclado, entre otras variables dependientes que se muestran en la Fig. 10. Asimismo, la definición precisa y la manera en la que se medirá cada una, se indica en la operacionalización de las variables representada en la Tabla 5.

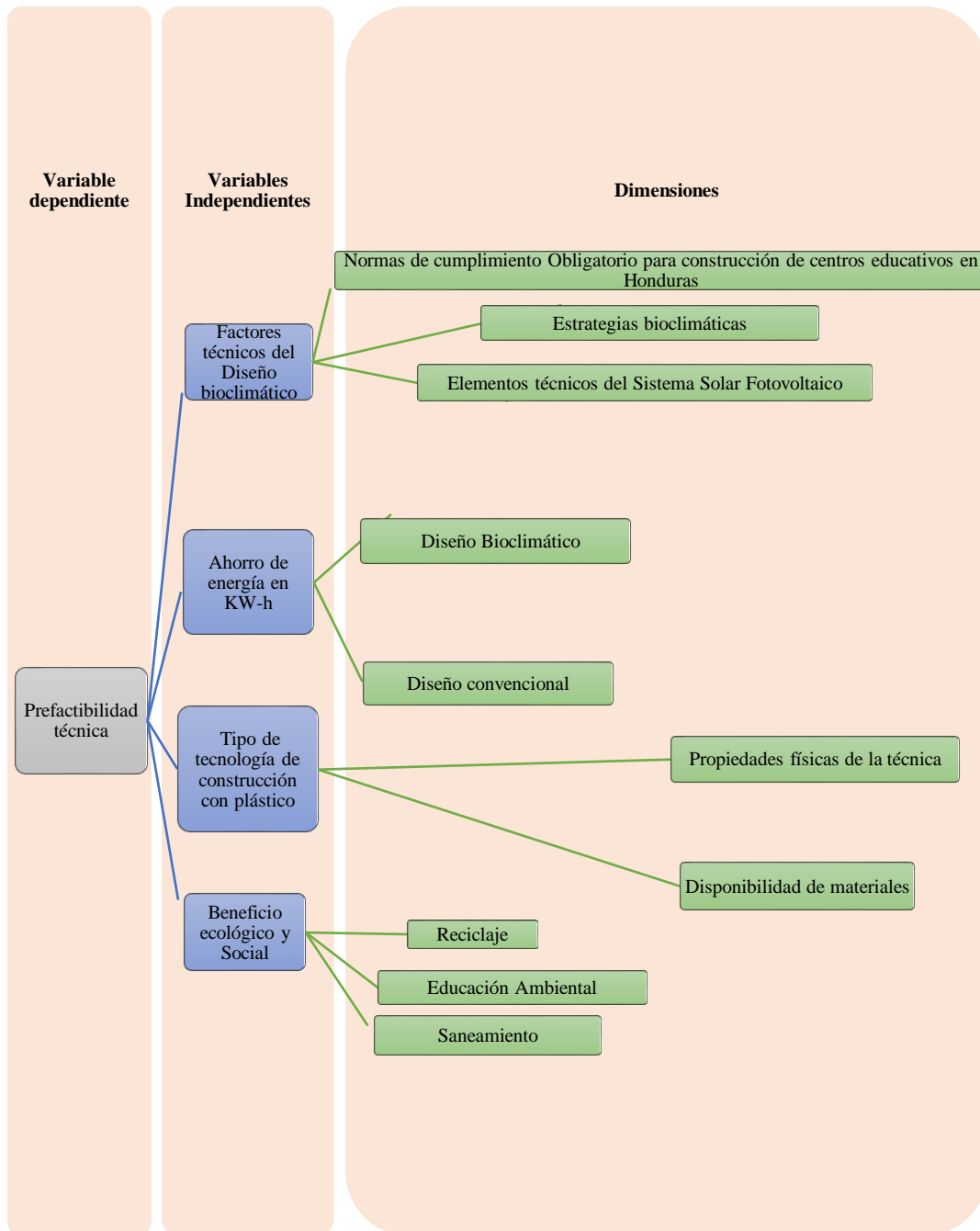


Figura 10. Diagrama de las variables.

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 5. Operacionalización de las Variables

Variable	Definición		Dimensión	Indicador	Técnica
	Conceptual	Operacional			
Factores técnicos del diseño Bioclimático.	Son los elementos que condicionan desde una perspectiva científica y tecnológica la obtención de un diseño arquitectónico de bajo impacto ambiental, integrando el uso eficiente de los recursos naturales disponibles y mínimo consumo de energía.	Son los elementos que validan la obtención de un diseño arquitectónico sustentable de un aula bioclimática en base a cumplimiento de la norma de construcción de centros educativos de Honduras, estrategias bioclimáticas a utilizar, elementos constructivos, sistemas de captación de agua y energía solar fotovoltaica.	Normas de cumplimiento Obligatorio para la construcción de centros educativos en Honduras.	Forma y superficie del aula	Planos arquitectónicos por simulación computacional y análisis de datos.
				Altura	
				Cantidad de alumnos por aula	
				Mobiliario	
			Estrategias bioclimáticas.	Orientación	Planos arquitectónicos por simulación computacional y análisis de datos.
				Vegetación	
				Aberturas y ventanas	
				Ventilación cruzada	
				Iluminación natural	
				Elementos de la cubierta	
				Color de la envolvente	
				Elementos de captación de agua lluvia	
			Elementos técnicos del Sistema Solar Fotovoltaico.	Emplazamiento	Diseño del sistema y Análisis de datos.
				Estimación del consumo	
				Horas Solar Pico	
				Irradiación	
				Paneles solares	
				Baterías	
Controlador de carga					
Inversores					

Continuación de la Tabla 5.

Variable	Definición		Dimensión	Indicador	Técnica
	Conceptual	Operacional			
Ahorro de energía en KW-h.	Es la optimización del consumo energético con el objetivo final de disminuir el uso de energía.	Es la diferencia en consumo de energía en KW-h que se tendría al comparar un aula con diseño bioclimático contra un aula con diseño convencional.	Diseño Bioclimático.	Consumo en KW-h	Cálculos, estimaciones y análisis de datos
			Diseño convencional.		
Tipo de tecnología de construcción con plástico.	Técnicas y procedimientos de edificación que recupera plástico contaminante del ambiente y lo utiliza como materia prima en la elaboración de elementos constructivos.	Técnicas de construcción utilizando plástico reciclado como elemento constructivo de las paredes, aprovechando las propiedades físicas de la técnica y la disponibilidad de los materiales.	Propiedades físicas de la técnica.	Resistencia al calor (°C)	Análisis de datos
				Resistencia al impacto (J/mm)	
				Densidad (g/cm ³)	
				Resistencia a la compresión (MPa)	
				Absorción de agua (% /24 h)	
				Peso (kg)	
			Disponibilidad de materiales.	Abundancia	Análisis de datos e inspección visual
	Calidad				
	Precio				
Beneficio Ecológico y Social	Bienes y servicios generados al medio ambiente y la sociedad por medio de la optimización del uso de los recursos naturales, disminución de la contaminación ambiental y satisfacción de una necesidad humana.	Bienes generados a la sociedad y al ambiente por medio del reciclaje de desechos sólidos plásticos, incremento de la conciencia ambiental a través de la educación ambiental y saneamiento de los centros educativos mediante el acceso a agua.	Reciclaje	Kg de residuos retirados del ambiente	Cuantificación de material plástico
			Educación ambiental	Nivel de conocimiento	Recolección de datos (encuestas)
			Saneamiento	Acceso a agua	Análisis de datos

Fuente: (Elaboración propia).

3.3 HIPÓTESIS

Las hipótesis son respuestas tentativas a las preguntas que se plantean en la investigación, son ideas abstractas inferidas de una base teórica y sujetas a comprobación. Sin embargo, no todas las investigaciones suponen formulación de hipótesis, Hernández-Sampieri et al. (2014) afirman que “El hecho de que formulemos o no hipótesis depende de un factor esencial: el alcance inicial del estudio” (p. 104).

Para estudiar la variable disponibilidad de material plástico (botellas PET) para la construcción bioclimática, se formulan las siguientes hipótesis:

H₀: La proporción de refrescos en botella plástica PET de 2 L para utilizar en la construcción del aula bioclimática es menor o igual al 30%.

H₁: La proporción de refrescos en botellas plásticas PET de 2 L para utilizar en la construcción del aula bioclimática es superior al 30%.

3.4 ENFOQUE Y MÉTODO

En cuanto al enfoque y metodología de la investigación, esta es de carácter mixto con enfoque dominante cuantitativo, ya que se recolectan y se analizan datos cuantitativos principalmente y en menor grado datos cualitativos. Se efectuarán mayormente mediciones de las variables de estudio y se orienta a conseguir un resultado determinado que es el diseño del aula bioclimática, conviene subrayar que las variables de estudio no estarán sujetas a manipulación por parte de los investigadores.

3.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Con el diseño de la investigación se pretende dar respuestas a las preguntas planteadas, definiendo la forma de recolección de datos. Concretamente, este estudio presenta un enfoque descriptivo pues como lo sugiere Hernández-Sampieri et al. “busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice, (...) únicamente pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables”

(p.92). Al utilizar el método mixto, se complementa la información cualitativa y cuantitativa para obtener una visión más amplia de los resultados. La Fig. 11 resume el diseño de la investigación. El diseño es anidado ya que la recolección de los datos cuantitativos y cualitativos es al mismo tiempo. Asimismo, según la intervención es no experimental, es decir no hay manipulación de las variables. Por el tiempo de estudio es transversal ya que la recolección de los datos se hará en un solo momento o corte de tiempo.

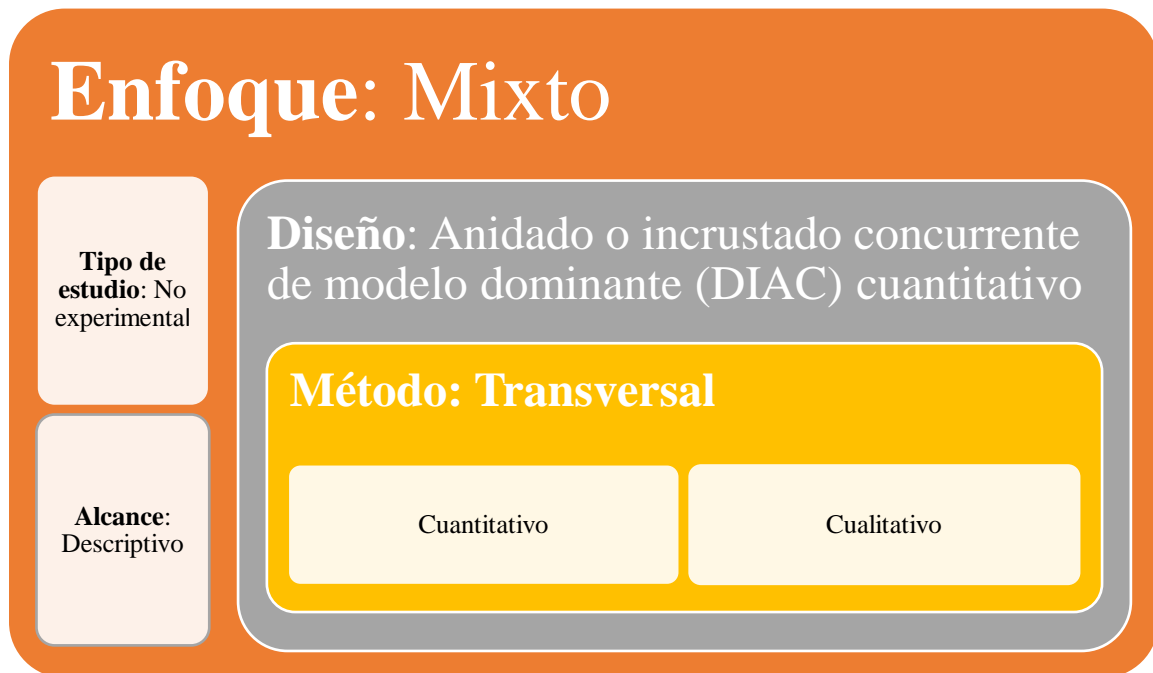


Figura 11. Diseño de la Investigación.

Fuente: (Elaboración propia).

3.5.1 POBLACIÓN

En este trabajo de investigación se cuenta con 2 poblaciones distintas, cada una corresponde a una dimensión de estudio de variables diferentes. En primer lugar, para estimar la disponibilidad de botellas PET en San Pedro Sula, la población de estudio se estableció de acuerdo con la última división de distritos de la ciudad que presentó la municipalidad, y la conforman los 81 barrios y colonias de los distritos del sector noreste, noroeste y sureste de la ciudad. Por otro lado, para valorar los conocimientos sobre contaminación ambiental que poseen los niños de las escuelas públicas, la población la conforman los niños que cursan el segundo ciclo de educación básica en las escuelas públicas de la ciudad de San Pedro Sula.

3.5.2 MUESTRA

Para el estudio de la disponibilidad del material PET, la muestra es probabilística y se determinó utilizando la aplicación de SurveyMonkey para calcular tamaño muestral, el resultado se indica en la tabla 6.

Tabla 6. Tamaño de la muestra de la población de barrios y colonias de SPS.

Calcula el tamaño de tu muestra:

Tamaño de la población:	81
Nivel de confianza (%):	95 ▼
Margen de error (%):	5

CALCULAR

Tamaño de la muestra:
68

Fuente: (Elaboración propia, utilizando la aplicación SurveyMonkey).

En cuanto a la población de los niños del segundo ciclo de educación básica de las escuelas públicas de San Pedro Sula, la muestra es no probabilística, es decir es una muestra dirigida por conveniencia. Se eligió una escuela pública de la ciudad de San Pedro Sula como candidata ideal para la ejecución del proyecto de construcción del aula bioclimática, y se aplicó el instrumento de investigación a los niños del segundo ciclo de educación básica de la jornada vespertina.

3.5.3 UNIDAD DE ANÁLISIS

Para el estudio de la abundancia de PET en San Pedro Sula, la unidad de análisis la comprende las pulperías de las colonias y barrios de los distritos del sector noreste, noroeste y sureste de la ciudad. En el caso de la valoración de conocimientos sobre contaminación ambiental la unidad de análisis son los niños que cursan cuarto, quinto y sexto año de la jornada de la tarde de una escuela pública de San Pedro Sula.

3.5.4 UNIDAD DE RESPUESTA

Con respecto a la variable disponibilidad de PET, la unidad de respuesta la constituye las proporciones de compra en las pulperías, de los refrescos en botellas PET de los tamaños con potencial de uso en la construcción bioclimática. Por otro lado, se utilizará una encuesta semi estructurada para medir las aptitudes de los alumnos sobre educación ambiental para descubrir niveles de aceptación y valoraciones de conocimientos de la problemática ambiental y toma de acciones para evitarla o frenarla.

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Para Hernández-Sampieri et al. (2014), “el instrumento es el recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente” (p. 199). Encuestas y simulaciones digitales son instrumentos con gran valor para la investigación.

Existe una gama muy amplia de programas computacionales que se pueden usar para determinar la factibilidad técnica de un diseño arquitectónico bioclimático. Sin embargo, para los objetivos de este proyecto y considerando la disponibilidad del software en la red, la calidad de la información que proporciona y la simplicidad de su uso, se optó por usar Sweet Home 3 D, Visual Interior Tool TM y Retscreen. Cada una de estas herramientas se describen en los próximos apartados.

3.6.1 SWEETHOME 3D

Es una aplicación fácil de manejar y que ayuda a colocar mobiliario en un plano 2 dimensiones (2 D) de una casa, con una vista previa de 3 dimensiones (3D). Diseña el interior de las edificaciones con rapidez a partir de la imagen de un plano existente (Guía de Usuario Sweet Home 3D). Para efecto de este estudio con este programa logrará crear el diseño en 3 D, al realizar en el programa las siguientes actividades:

- 1) Dibujar paredes rectas, redondeadas o inclinadas con dimensiones exactas.
- 2) Insertar puertas y ventanas en las paredes arrastrándolas en el plano, Sweet Home 3D calculará los huecos en las paredes.

- 3) Añadir muebles en el plano desde un catálogo de búsqueda y extensible, organizado por categorías tales como cocina, sala de estar, dormitorio, baño etc.
- 4) Cambiar el color, la textura, el tamaño, el grosor, la localización y la orientación del mobiliario, las paredes, el suelo y el techo.
- 5) Anotar en el plano el área de las habitaciones, las líneas de cota, textos y mostrar la dirección norte con la brújula.
- 6) Crear imágenes con realismo fotográfico y vídeos con la posibilidad de personalizar las luces y el efecto de la luz del sol acorde a la hora del día y la ubicación geográfica.
- 7) Importar planos para dibujar las paredes sobre ellos, modelos 3D para completar el catalogo predeterminado, y texturas para personalizar superficies. (Sweethome 3D, 2006-2017).

3.6.2 VISUAL INTERIOR TOOL TM

Una herramienta muy útil para calcular la cantidad de luminarias necesarias para cumplir con una iluminación promedio cumpliendo con los principios del método de la luz. También se puede usar para determinar la iluminación lograda para una cantidad de luminaria específica. La edición profesional combina una interfaz 3-D avanzada que proporciona análisis eficientes y altamente precisos de espacios simples o complejos (Visual Software, 2017).

3.6.3 PROGRAMA CLIMATOLÓGICO RETSCREEN

Es un programa muy usado a nivel mundial para valorar la producción energética, reducción de emisiones, ahorros energéticos y en costos, ventajas y riesgos de las diferentes tecnologías renovables, así como eficiencia. Es una herramienta muy útil para el estudio y análisis del recurso solar, inclusive resulta muy útil para diseñar sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red o aislados (Energy PLAN Department of Development and Planning, Aalborg University, 2017). En la presente investigación ayudará para determinar y analizar el recurso solar y las condiciones climatológicas del municipio de San Pedro Sula.

3.6.4 ENTREVISTAS Y ENCUESTAS

Consisten en una serie de preguntas bien estructuradas para recoger información significativa en la investigación. El formato incluye un cuestionario escrito auto administrado, cuya evidencia se plasma en papel.

3.6.5 MINITAB 18

Es un software estadístico muy versátil y de fácil manejo. Es una herramienta que permite un mejor análisis de la información contenida en los datos. Es un software que nos ayuda en el análisis de datos para aplicaciones estadística, mejoras de productos en cuanto a control de calidad y servicios. Es un software muy completo que ofrece métodos estadísticos como ser, estadística tanto básica como avanzada, regresión y ANOVA, SPC, diseño de experimentos, análisis de fiabilidad, tamaño de muestra y capacidad, predicciones y lenguaje macros.

3.7 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información son claves para el logro de los objetivos de la investigación, pues éstas arrojan los datos que serán objeto de análisis y sobre los que se emitirán inferencias y juicios de valor con aporte significativo a la información científica.

3.7.1 FUENTES PRIMARIAS

Son las fuentes principales de información de donde se recolectan directamente los datos para el logro de los objetivos o resultados de la investigación. Pueden ser personas u organizaciones con conocimientos o que se relacionen con la problemática a resolver. También constituyen fuentes primarias de información toda la literatura de donde se obtuvo información determinante el estudio.

A continuación, se numeran las fuentes primarias de información para el desarrollo de esta investigación:

- 1) Criterios y Normativa para la Planificación y Diseño de Centros Educativos en los Niveles de Pre-Básica, Básica y Media.

- 2) Entrevistas a personal calificado de las Empresas que generan botellas plásticas desechables (Compañías de refrescos) y las empresas colectoras de material reciclado.
- 3) Encuestas aplicadas a los encargados de las pulperías de los barrios y colonias.
- 4) Entrevista con directora y personal docente de la escuela Rafael Pineda Ponce de la ciudad de San Pedro Sula.
- 5) Encuestas aplicadas a niños (as), de cuarto a sexto grado de la escuela pública de San Pedro Sula Rafael Pineda Ponce.

3.7.2 FUENTES SECUNDARIAS

Son las fuentes de información que complementan la información sobre el tema a desarrollar pueden ser libros, artículos, revistas etc.

- 1) Metodología de la investigación de Hernández-Sampieri, et. al. 2014.
- 2) Artículos de revistas científicas y profesionales
- 3) Tesis de postgrado
- 4) Páginas Web

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se recolectan, muestran y analizan los resultados del estudio, que llevaron a determinar la viabilidad técnica del diseño del aula bioclimática. Las variables de estudio que determinaron la prefactibilidad del diseño propuesto son: factores técnicos del diseño bioclimático, tipo de tecnología de construcción con plástico, ahorro de energía en KW-h, beneficio ecológico y social. A continuación, se describen cada una de ellas.

4.1 FACTORES TÉCNICOS DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO

Este segmento comprende todo lo relacionado con el diseño del plano arquitectónico del aula, que asegure la obtención de un espacio físico con condiciones adecuadas para la enseñanza-aprendizaje de acuerdo con las necesidades funcionales. Conviene subrayar que el SEDUC reconoce 3 niveles educativos en Honduras, el nivel Pre-básico, nivel Básico (1ro. – 9no en Centros de Estudio Básicos CEB) y el nivel Medio (7mo. – 12avo), en función de los requerimientos y necesidades específicas de estos niveles, el diseño del aula bioclimática podrá ser usada por dos niveles, el Básico y Medio. Además, es importante mencionar que el diseño arquitectónico considera un clima tropical seco lluvioso (ver anexo), propio del municipio de San Pedro Sula, donde se tiene pensado a futuro construir un prototipo del aula.

El diseño propuesto toma como base la normativa y criterios de cumplimiento obligatorio para la construcción de centros educativos en Honduras dictadas por SEDUC a través de la DIGECEBI, y la incorporación de las principales estrategias de diseño bioclimático utilizadas y aplicables a las condiciones del entorno nacional, específicamente el área metropolitana de San Pedro Sula. En la tabla 7 se muestra la descripción de los factores técnicos del diseño que presenta la propuesta.

Tabla 7. Descripción de los factores técnicos del diseño del aula bioclimática.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	ANÁLISIS DEL FACTOR TÉCNICO
Forma y superficie del aula.	Rectangular, 9 m de largo y 8 m de ancho, para una superficie de 72 m ² .	Se cumple con la normativa de la DIGESEBI, en cuanto a la forma, proporción largo ancho que no excede la relación 1:1.5 y superficie del aula.
Altura del aula. Desde el nivel del piso a cielo falso.	4.36 m es la altura máxima tomada a partir del punto donde empieza el techo en pendiente. La altura desde el piso al cielo falso en el punto más alto es de 4.1 m, y el espacio entre el cielo falso y el techo es de 0.26 m.	La altura de 4 m desde el piso al cielo falso está dentro de los requerimientos de la normativa de la SEDUC. Además, mejora el confort térmico de los ocupantes, ya que permite mayor movimiento de aire que contribuye a reducir la temperatura extrema.
Cantidad de alumnos por aula.	Capacidad máxima 40 alumnos, colocados de tal forma que el alumno más alejado del pizarrón se encuentre a 8 metros de distancia. El área de superficie por alumno es de 1.8 m ² .	Se cumple con la normativa del SEDUC con respecto a la distancia máxima de 8 m entre alumno y pizarra. El área del aula permite colocar los 40 pupitres individuales, separados entre sí, a distancias de 1 m de frente y 0.83 a cada lado. Además, el área de superficie y volumen por alumno es aceptable, en las cuales no se darán condiciones de hacinamiento.
Mobiliario.	Dos pizarras colocadas en paredes opuestas, una de formica y otra de concreto, cada una ubicadas de forma central en la pared e iniciándose a una altura de 0.8 m sobre el nivel de piso terminado, y con una dimensión de 4 m de largo por 1.3 m de alto. 40 pupitres unipersonales de los cuales cuatro serán para alumnos zurdos, un escritorio para el maestro. Dos estantes hechos de madera reciclada, uno para el maestro y otro para los alumnos. Todo el mobiliario a excepción de las pizarras tendrá juntas y protectores de hule.	A excepción de las pizarras y los estantes, el mobiliario es móvil, para permitir modificar la ubicación y realizar actividades que lo requieran, como, por ejemplo, debates, juegos interactivos, etc. La utilización de juntas y protectores de hule evitará el daño del piso y posibles accidentes a la integridad física de los ocupantes del espacio.
Orientación.	Fachada principal ubicada al Noreste.	En Honduras el ángulo de inclinación de los rayos solares es de 14° y vientos predominantes del Noreste. Considerando la latitud, esta posición es ideal respecto al sol ya que se reducen los efectos de la radiación solar directa, porque ninguna de las fachadas estará completamente expuesta al sol. Se logra reducir temperatura extrema.
Vegetación.	Se tratará en lo posible de mantener los árboles en el predio. De no existir vegetación se plantará en las fachadas sureste y suroeste árboles de ramas altas para no interferir con la brisa, asimismo grama en el suelo adyacente para absorber parte de la radiación. Además, se colocarán plantas en el interior. Conviene subrayar que toda la vegetación a plantar será autóctona.	La cobertura vegetal mejorará el microclima actuando como un sistema de enfriamiento pasivo. También, la vegetación, atrapa el polvo, filtra del aire y absorbe parte de la radiación solar reduciendo la temperatura. Los árboles colocados al sureste y suroeste proporcionarán sombras alargadas en las horas de la mañana y tarde. La vegetación interior ayudará a mantener la calidad del aire interior y el confort desde la perspectiva visual.

Continuación de la Tabla 7.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	ANÁLISIS DEL FACTOR TÉCNICO
Aberturas y ventanas.	Las dos puertas con abatimiento al exterior se ubicarán frente al corredor en la fachada suroeste del aula, una en cada esquina de la pared y con una dimensión de 1.2 m de ancho por 2.1 m de alto. Se colocarán tres ventanas en las paredes de la fachadas noreste y sureste, iniciándose a una altura de 1.5 m sobre el nivel de piso. Cada pared de las fachadas sureste y noroeste tendrá una ventana de 1.5 m de largo y 0.5 m de ancho, iniciándose a 3 m sobre nivel de piso terminado. El área total de puertas y ventanas es de 16.2 m ² , en ambos casos se colocará mallas protectoras contra insectos.	El área de ventanas y puertas representa el 24.5% de la superficie de la planta, rango que se encuentra dentro de la normativa de DIGESEBE, y se relaciona con la iluminación natural y la ventilación cruzada, ya que el flujo del aire dentro del aula dependerá de las aberturas, sin importar las características geométricas al interior.
Ventilación cruzada.	La orientación del aula dejara el área de mayor abertura expuesta a los vientos alisios. Las aberturas de las fachadas noreste y suroeste permiten la ventilación cruzada. Al mismo tiempo las aberturas de las fachadas sureste y noroeste actuaran como un efecto Venturi, que succionará y sacará el aire caliente menos denso.	Los vientos predominantes en Honduras son los vientos alisios en dirección Noreste. La ubicación y el área de las aberturas actuará como un sistema de enfriamiento pasivo que ayudará a perder calor hacia el exterior, al mismo tiempo, se creará movimiento y renovación del aire interior que ayudará controlar la humedad.
Iluminación natural.	24.5% de la superficie de planta corresponde a aberturas que permitirá la penetración de luz diurna y una iluminancia de 500- 750 lux. Considerando la ubicación de los alumnos, la mayor cantidad de luz entrará del lado izquierdo.	Área de aberturas permitirá mejorar las condiciones de visibilidad en el interior, se hará menos necesario la iluminación artificial. A mayor iluminación natural, menor cantidad de calor por iluminación artificial.
Elementos de la cubierta.	Cubierta a dos aguas, con cielo falso ventilada, con pendiente entre 30%. Entre cielo falso y lámina se colocarán cartones de huevo. Presencia de aleros grandes mínimos de 1.2 m de ancho.	Permite reflejar la radiación y crea sombra, mejorando la temperatura interna. Los cartones de huevos actuarán como un aislante acústico, reduciendo el ruido y mejorando las condiciones acústicas.
Color de la envolvente.	Colores blancos o tonos pastel en paredes internas, externas y cubierta.	los colores claros reflejan el impacto del sol. Los materiales blancos pueden reflejar incluso más del 90% de la radiación solar recibida.
Elementos de captación de agua lluvia.	Red de captación de agua que incluye: canales a lo largo de las orillas de los techos, tubería y un tanque de recolección de agua.	Se obtiene ahorro del consumo hídrico, al reutilizar el agua en tareas que no necesiten calidad potable.
Emplazamiento.	Reconocimiento y análisis del terreno, observando elementos de la topografía, construcciones existentes, accesos peatonales, vegetación natural, accidentes geográficos y amenazas naturales, para identificar el lugar propicio para la ubicación del aula bioclimática dentro del predio escolar.	El análisis permitirá identificar el sitio ideal y específico para levantar la construcción, integrando el diseño bioclimático a las condiciones físicas existentes y microclimas que se puedan generar en el terreno. Por tanto, de acuerdo con el análisis se pueden incorporar obras de mitigación si fuesen necesarias.

Fuente: (Elaboración propia).

En la fig. 12 se indica la posición del aula respecto a las coordenadas geográficas. Por otra parte, las figuras 13, 14, 15 y 16 muestra las diferentes fachadas con una vista frontal (a) y otra aérea (b). Asimismo, se puede observar dentro del aula 3 contenedores de basura debidamente identificados por colores, para que los alumnos realicen la adecuada clasificación de los residuos sólidos que se generen en el interior de la misma.

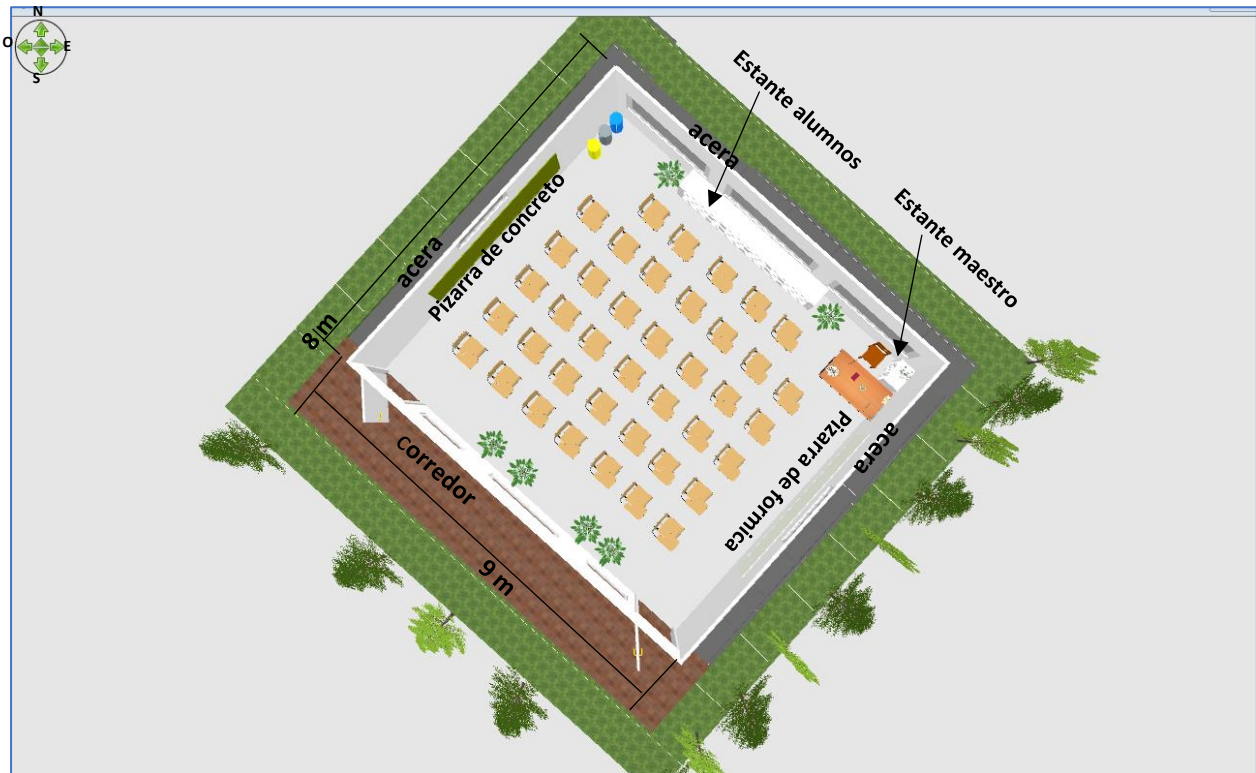


Figura 12. Vista aérea del plano general del aula Bioclimática.

Fuente: (Elaboración propia, utilizando la aplicación Sweethome 3D).

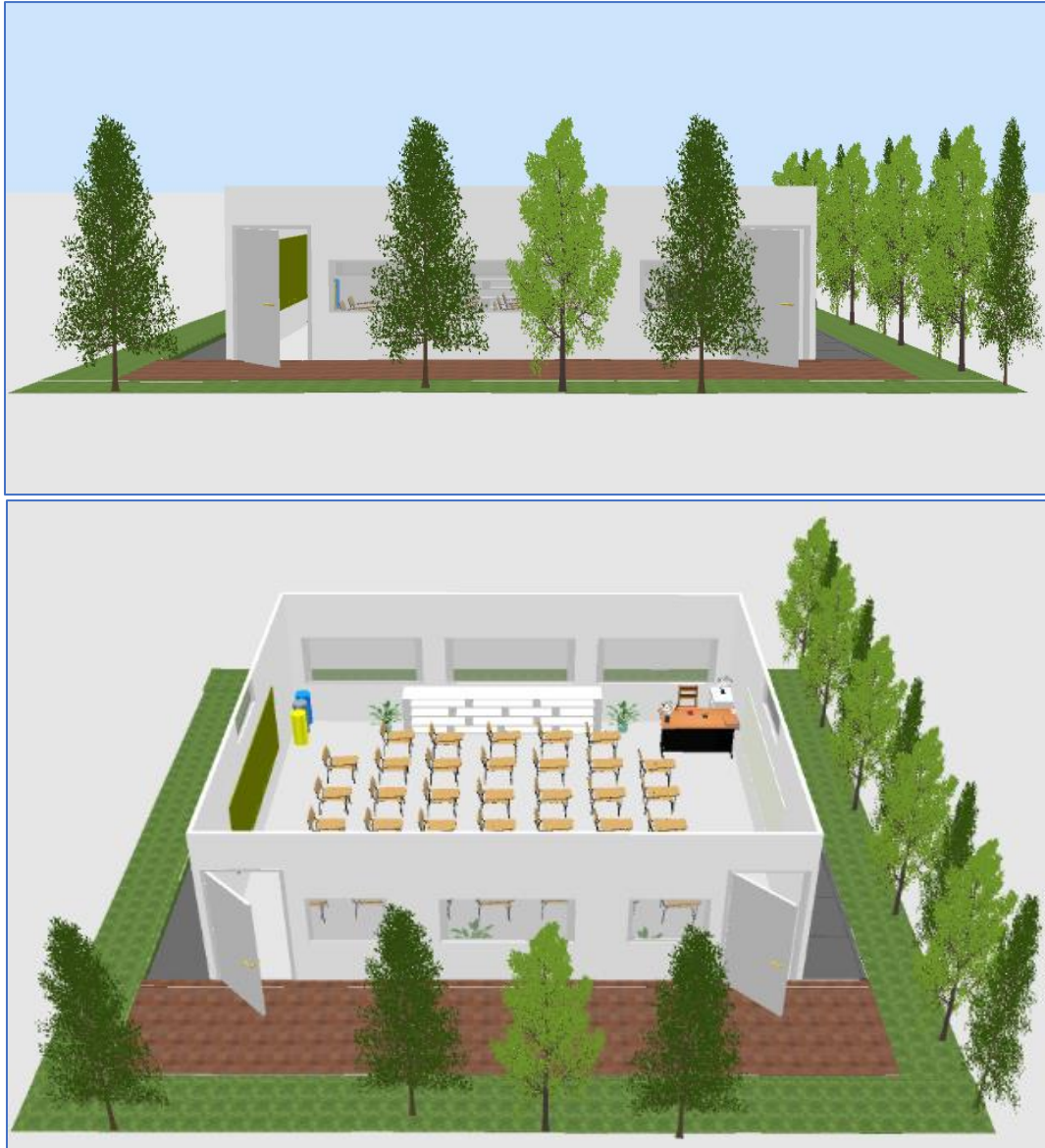


Figura 13. Fachada suroeste del aula: vista frontal y aérea.

Fuente: (Elaboración propia, utilizando la aplicación Sweethome 3D).

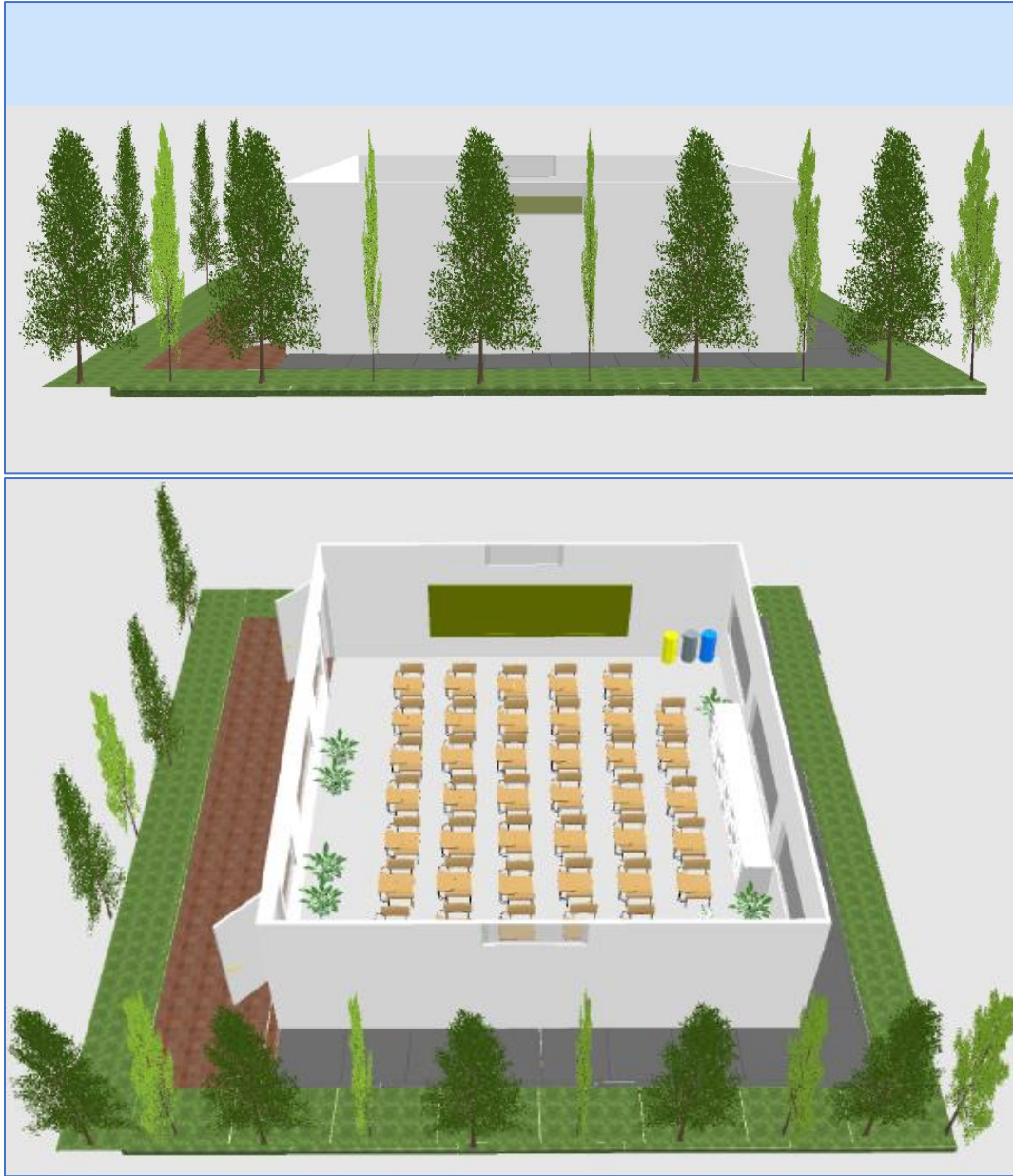


Figura 14. Fachada sureste del aula: vista frontal y aérea.

Fuente: (Elaboración propia, utilizando la aplicación Sweethome 3D).

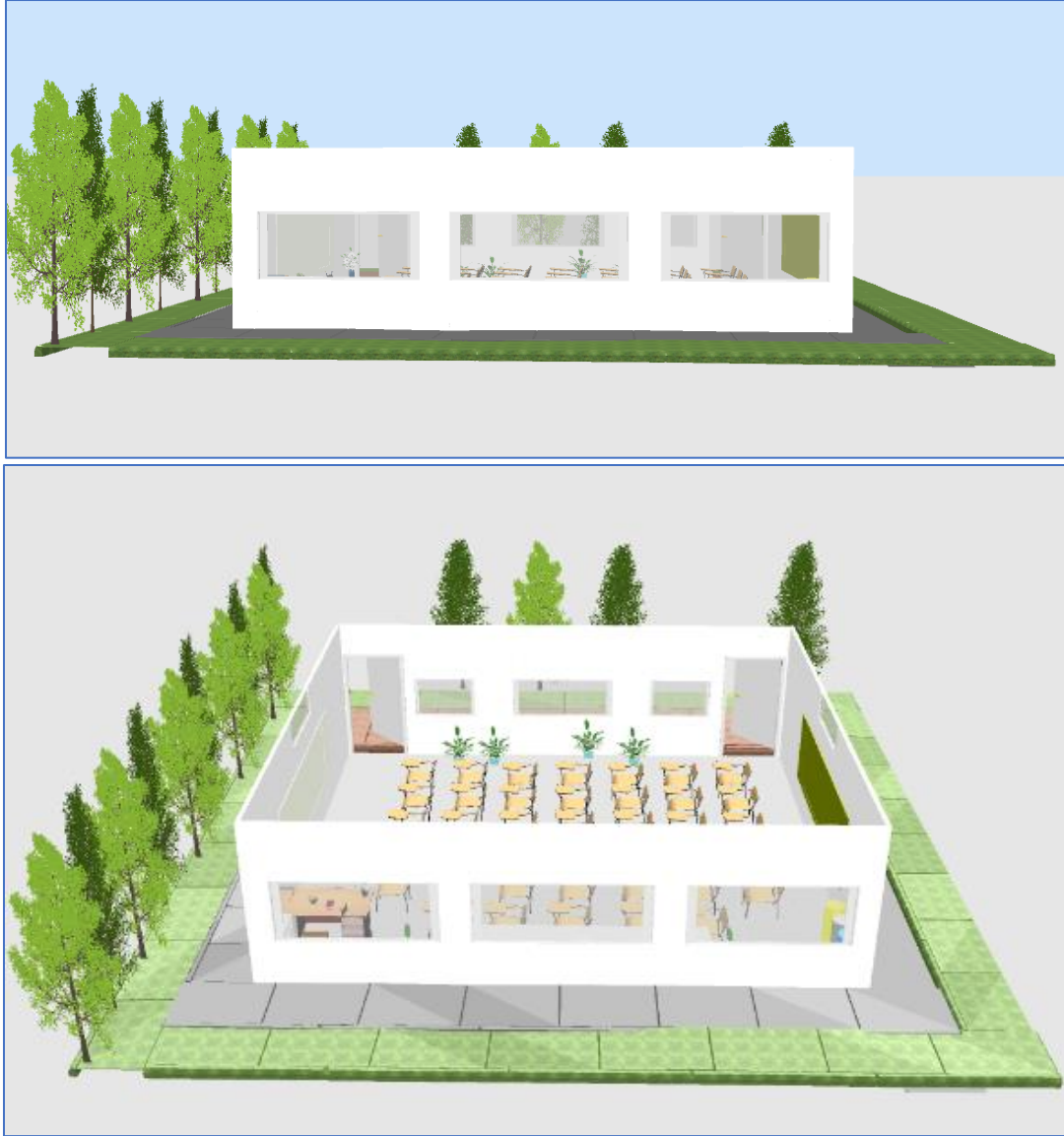


Figura 15. Fachada noreste: vista frontal y aérea.

Fuente: (Elaboración propia, utilizando la aplicación SweetHome 3D).

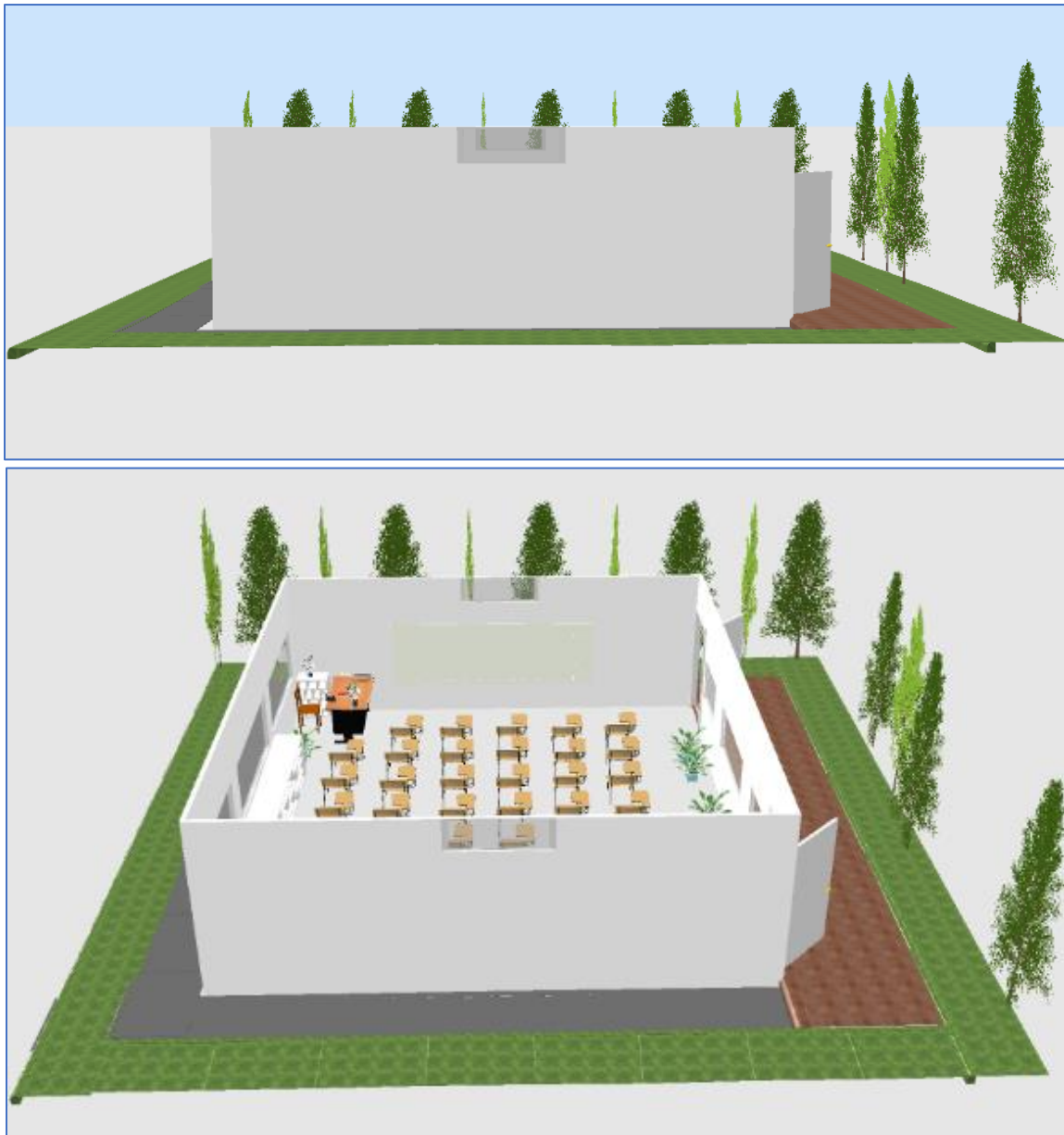


Figura 16. Fachada noroeste del aula: vista frontal y aérea.

Fuente: (Elaboración propia, utilizando la aplicación SweetHome 3D).

Para asegurar una edificación sólida, fuerte y resistente, los elementos del conjunto estructural (cimentación, columnas, vigas soleras y estructura del techo) se construirán siguiendo los lineamientos primordiales de la construcción. Los muros también forman parte del conjunto estructural, no obstante, este elemento presenta como novedad el uso de botellas PET como principal material de construcción.

Los principales materiales a utilizar en la construcción se listan en la tabla 8, es importante hacer notar que se buscará que todos provengan preferiblemente del mercado local o nacional, y se use materiales reciclables, sin poner en riesgo la fortaleza y estética de la obra.

Tabla 8. Principales materiales por utilizar en el aula bioclimática.

Espacio/elemento	Tipo de material
Estructura del techo	Canaletas, varillas de hierro, Pintura anticorrosiva color claro, diluyente.
Techo	Láminas lisas de aluzinc prepintadas.
Cielo falso	Láminas de estereofon, ángulos de aluminio, cartones de huevo.
Cimentación, columnas y vigas soleras	Cemento portland, Varillas de hierro corrugadas y lisas, arena, grava, alambre de amarre, madera rústica nueva y usada.
Piso	Arena, arenilla para pulir, grava, cemento portland, madera rústica nueva y usada, cemento de pulir, ladrillo rojo.
Puertas	Hierro, pintura blanca anticorrosiva.
Ventanas	Angulo, varillas de hierro y tela metálica.
Sistema de captación de agua	Canaletas y tubería de PVC, cemento portland, botellas PET.
Pizarras	Formica, cemento portland, botes plásticos reciclados para colocar los marcadores y borrador.
Mobiliario	Madera o metal reciclado.
Paredes	PET, bolsas de plástico, cemento portland, arena, varillas de hierro, cartones de huevo.

Fuente: (Elaboración propia).

Desde la perspectiva energética, el diseño de aula que se propone tiende a ser eficiente. Sin embargo, siempre existirá un consumo de energía que se pretende compensar con la implementación de un sistema solar fotovoltaico aislado, elemento importante del diseño bioclimático. El sistema propuesto está diseñado para cubrir las cargas de consumo básicas para un aula de clases del sistema educativo público nacional del municipio de San Pedro Sula.

Un factor de consumo energético en el aula lo constituye la iluminación. A pesar de que durante los horarios de actividad diurna esta será natural, el aula tendrá un sistema de iluminación artificial para desarrollar adecuadamente actividades que puedan ejecutarse en condiciones de ausencia de luz natural, poniendo por caso los días nublados y horarios nocturnos. La estimación de la cantidad de luminarias para el interior del aula se indica en la fig. 17., conviene subrayar que,

para esta estimación se considera el uso de luminarias LED, color de luz blanca de 500 K y niveles de iluminancia recomendados por la normativa internacional y la normativa del gobierno que rige la construcción de escuelas, con valores entre 300 – 1000 lux. Además de las 12 luminarias internas, se colocarán 4 lamparas para iluminar las aceras y el pasillo.

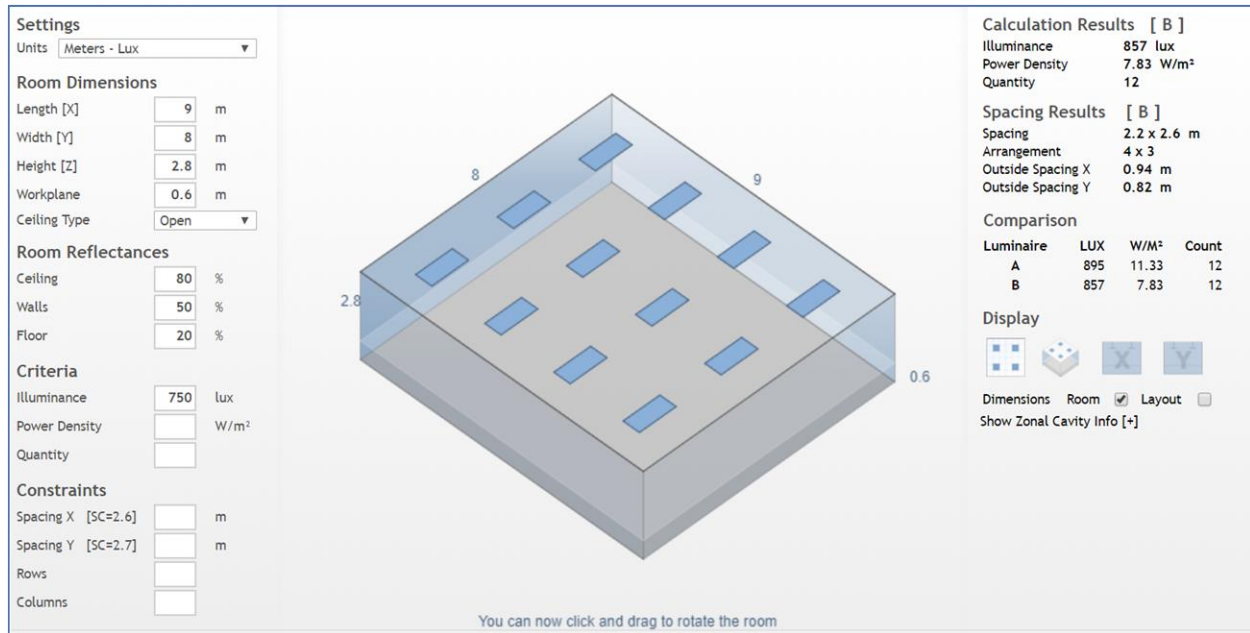


Figura 17. Iluminación artificial.

Fuente: (Elaboración propia, utilizando la aplicación Visual Interior Tool™).

La distribución de las 12 luminarias en el interior del aula es uniforme y pretende que ninguna fila de lamparas coincida con una fila de alumnos, por consiguiente, no se creen deslumbramientos ni proyección de sombras sobre las áreas de trabajo. El color utilizado se aproxima a la luz diurna, y el nivel de iluminancia obtenido es adecuado para el esfuerzo visual que se requiere para realizar las actividades en un aula de clases. En cuanto al uso de lamparas LED, es importante destacar que el ahorro energético se logra por la disminución de la potencia, consumo y también en la vida útil de las luminarias, por ende, se disminuye el costo por mantenimiento.

Otras fuentes de consumo energético en un aula de clases son las computadoras, proyectores audiovisuales y equipo de climatización. En el aula bioclimática el confort térmico se logra mediante sistemas pasivos de climatización, no obstante, para optimizarlo se puede utilizar un sistema activo mediante ventilación mecánica por ventiladores. Totalizando las fuentes de

consumo energético en el diseño propuesto, la estimación del consumo es de 10.5 KW-h (tabla 9). El mayor consumo de energía en el aula se da por el uso de ventiladores (42.6%) y la iluminación artificial (26.7 %), juntos representan el 69 % de consumo energético del aula.

Tabla 9. Consumo diario de energía del aula bioclimática.

Equipo	Potencia (W)	Cantidad	Horas trabajo/día	Energía (KW-h)
Luminarias LED interior	47	12	5	2.82
Luminarias LED exterior	30	4	4	0.48
Ventiladores de techo	125	6	6	4.5
Laptop	160	1	2	0.32
Data Show	500	1	2	1
Toma corriente	180	4	2	1.44
Potencia total en KW		2.814	Energía total en KW-h 10.56	

Fuente: (Elaboración propia).

Para dimensionar el sistema solar fotovoltaico aislado, además del consumo, es necesario conocer el recurso solar de la zona, por lo cual, se utilizó el programa climatológico Retscreen para analizar el recurso solar en San Pedro Sula. Los datos se revelan en la tabla 10, estos valores indican que el recurso solar es significativo, dentro del espectro que se hace interesante la implementación de la tecnología solar fotovoltaica para la generación de energía eléctrica. Es importante destacar que las horas solar pico (HSP), y no las horas de luz, son relevantes para el diseño del sistema fotovoltaico. Específicamente para San Pedro Sula en promedio es de 5.07 HSP y un total de irradiancia de 1,872 horas al año.

Tabla 10. Análisis del recurso solar en San Pedro Sula.

Mes	Temp. de aire (C°)	Humedad relativa (%)	Radiación Solar diaria - Horizontal (kWh/m ² /d)	Presión atmosférica (kPa)	Velocidad del viento (m/s)	Temp. del suelo (C°)	Días	K	Horas de irradiación
Enero	23.8	84.1%	3.96	96.7	2.0	23.7	31	1.09	133.81
Febrero	24.9	81.8%	4.87	96.6	2.3	24.6	28	1.06	144.54
Marzo	26.1	76.7%	5.68	96.5	2.8	26.0	31	1.02	179.60
Abril	27.7	75.2%	6.12	96.4	2.7	27.5	30	0.98	179.93
Mayo	28.4	74.7%	5.81	96.3	2.9	27.4	31	0.94	169.30
Junio	28.5	75.8%	5.74	96.4	2.7	26.6	30	0.93	160.15
Julio	27.5	79.6%	5.61	96.5	2.4	26.3	31	0.94	163.48
Agosto	27.8	79.4%	5.72	96.5	2.3	26.5	31	0.98	173.77
Septiembre	28.0	79.0%	5.45	96.3	2.4	26.6	30	1.03	168.41
Octubre	26.7	82.4%	4.46	96.4	2.1	25.9	31	1.07	147.94
Noviembre	25.1	85.1%	3.84	96.5	1.9	24.9	30	1.11	127.87
Diciembre	23.9	86.3%	3.60	96.6	1.9	24.1	31	1.11	123.88
Anual	26.5	80.0%	5.07	96.5	2.4	25.9	365		1,872.67

Fuente: (Elaboración propia, utilizando el programa Retscreen).

Con relación a la potencia instalada (PI) del sistema, ésta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$PI = \frac{GR}{(HSP)(E)}$$

Donde:

GR = Generación real o consumo diario (10.56 KW-h)

HSP = Número de horas en que se dispone de una hipotética irradiancia solar constante de 1,000 W/m² (5.07 h)

E= Eficiencia del sistema (75%)

Al sustituir esos valores en la fórmula, se obtiene una potencia instalada del sistema de 2.77 KW

$$PI = \frac{10.56 \text{ KW} - h}{(5.07 \text{ h})(0.75)} = 2.77 \text{ KW}$$

En cuanto a los paneles solares, se pretende utilizar aquellos que tengan características de calidad como ser; alto rendimiento, mayor potencia, peso comparativamente pequeño, alta resistencia a fenómenos climatológicos y que se encuentren disponibles en el mercado local. En base a estas características se propone el uso de módulos fotovoltaicos marca Yingli solar de 270 W (ver características técnicas en anexos). El total de módulos fotovoltaicos del sistema se calculó en base a las necesidades energéticas del aula en condiciones de máxima potencia, considerando la relación de la potencia instalada y la potencia de los paneles, se determinó que el total de paneles solares necesarios para el sistema son 10. Los módulos solares se ubicarán sobre el techo, específicamente del lado que está orientado al sur, para aprovechar el máximo posible de iluminación solar.

Por otro lado, para dimensionar el sistema de acumulación en primer se determinó la capacidad de las baterías (CB) mediante la fórmula:

$$CB = \frac{(\text{días de autonomía})(\text{Consumo})}{(\text{Voltaje})(\text{Max profundidad de descarga})}$$

Se considera que el sistema tendrá 1.5 días de autonomía, baterías de ciclo profundo, con 50% de máxima profundidad de descarga y de 24 V (proyectos de 1,000W < PI < 5,000W = 24V). Al sustituir esos valores en la fórmula se obtiene una intensidad de 1,320 Amperios (Ah)

$$CB = \frac{(1.5 \text{ días})(10,560 \text{ W} - h)}{(24 \text{ V})(0.5)} = 1,320 \text{ W} - h/V$$

La PI del proyecto es de 2.77 KW, y de acuerdo con normativa (1,000W < PI < 5,000W = 180 Ah) la capacidad de las baterías es de 180 Ah.

Por último, el número de baterías que necesita el sistema se dedujo por la relación entre la intensidad del sistema y la intensidad de las baterías, determinando que el sistema tendrá 7 baterías. El controlador de carga de acuerdo con el tamaño del sistema será de 24 V. Con relación al inversor se utilizará uno de 3.1 KW, monofásico, con una salida de 120/220 V de la marca Fronius cuyas especificaciones técnicas se muestran en los anexos.

4.2. AHORRO DE ENERGÍA EN KW-H

Para estudiar esta variable, se hizo un comparativo de consumo diario de energía entre el aula bioclimática y un aula convencional. Como se mostró anteriormente en la tabla 9, los datos de potencia y energía del aula bioclimática son 2.814 KW y 10.56 KW-h/día respectivamente. Para determinar la potencia y energía del aula convencional, se tomó como modelo un aula de la escuela pública Rafael Pineda Ponce de la ciudad de San Pedro Sula que presenta dimensiones similares a la del aula bioclimática, el levantamiento del equipo de consumo y las horas de trabajo se determinaron mediante inspección visual y consultas al profesor del grado y la directora de la escuela. Los datos de potencia y consumo que presenta el aula convencional se muestran a continuación en la tabla 11. Al igual que en el aula bioclimática los mayores consumos vienen dados por la climatización 7 KW-h e iluminación 4.86 KW-h, representando ambos el 81% del consumo total del aula.

Tabla 11. Consumo diario de energía del aula convencional.

Equipo	Potencia (W)	Cantidad	Horas Trabajo	Energía (KW-h)
Luminarias fluorescente Interior	64	8	8	4.096
Luminarias fluorescentes exterior	64	3	4	0.768
Ventiladores de techo y pedestal	125	7	8	7
Laptop	160	1	2	0.32
Data Show	500	1	2	1
Toma corriente	180	4	2	1.44
Potencia total en KW	2.959			Energía 14.624 KW-h

Fuente: (Elaboración propia).

En ambas aulas el mayor consumo se debe principalmente a la climatización por el uso de ventiladores, y a la iluminación artificial. Aunque estos consumos varían entre ellas, siendo mayor en el aula convencional y menor en al aula bioclimática. En lo que respecta a las luminarias, la tecnología difiere, el aula convencional usa tecnología fluorescente, de mayor potencia y menos eficientes que las lamparas LED propuestas para el diseño bioclimático.

Es importante destacar que, en el aula bioclimática, la estimación de energía se determinó, asumiendo que se utilizará en todas las jornadas, matutina, vespertina y nocturna. No obstante, el aula convencional solamente se utiliza en dos jornadas mañana y tarde. Estas diferencias de uso/horario, repercute en las horas de trabajo del equipo y por ende afecta los consumos energéticos de las mismas. La diferencia en potencia y consumo entre las aulas se aprecia en la tabla 12.

Tabla 12. Comparativo de energía entre aula bioclimática y aula convencional.

	Aula bioclimática	Aula convencional	Ahorro
Potencia total (KW)	2. 814	2. 959	
Consumo diario (KW-h)	10.56	14.624	4.06
Consumo mensual (KW-h)	316.8	438.72	121.92
Consumo anual (KW-h)	3,854	5,337	1,483

Fuente: (Elaboración propia).

El aula bioclimática mensualmente presenta un consumo de 122 KW-h menos que el aula convencional, y al año este valor es de 1,483 KW-h, lo que representa el 28% del consumo del aula convencional. Estos valores muy probablemente serían mayores si se igualaran las cantidades de horas de uso de los espacios. Otro aspecto para considerar es que, el diseño bioclimático por sí mismo busca encontrar el confort térmico y los ventiladores únicamente se encuentran para optimizar la climatización en ciertos momentos críticos, en cambio, el aula convencional el confort térmico deseado no se logra a cabalidad y el sistema de ventiladores eléctricos trabaja durante casi la totalidad de la jornada, lo que se traduce en mayor consumo, sin obtener condiciones óptimas de confort térmico.

4.3 TIPO DE TECNOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN CON PLÁSTICO

La tecnología de construcción con plástico que se eligió para trabajar el proyecto es la de los ecoladrillos. Es una tecnología se considera sustentable, de bajo impacto ecológico y ambiental porque reutiliza botellas PET no biodegradables, bolsas plásticas y empaques. Además, emplea mano de obra local y el uso de materiales considerados desechos, por lo que es posible bajar los costos de construcción, proporcionando soluciones económicas, acordes con las necesidades de las comunidades pobres, y menor presión sobre los recursos naturales que se utilizan en las construcciones.

En este tipo de tecnología se utilizan las botellas PET a modo de ladrillos a los que se les llama ecoladrillos por el beneficio ecológico que se obtiene con su uso. En el proceso de elaboración de los ecoladrillos, en primer lugar, se verifica que la botella cumpla con ciertos criterios de calidad, posteriormente se rellena con bolsas y empaques plásticos limpios, secos, debidamente picados y compactados en el interior. Estas acciones de rellenar y compactar pueden tardar hasta una hora o más dependiendo del picado del plástico, entre más picado mucho más fácil el rellenado y compactado. La técnica de construcción indica que los ecoladrillos se colocan en forma horizontal respecto al suelo, con la boquilla hacia el lado del interior de la edificación, uno sobre otra de forma traslapada, el espacio entre botella y botella se rellena con mezcla de arena y cemento como se aprecia en la fig. 18.



Figura 18: Ecoladrillos y su organización estructural al construir.

Fuente: (Aguirre, 2016).

Para pegar los ecoladrillos se utilizará una mezcla de arena-cemento. Para levantar las paredes primero se coloca una capa de mezcla, se posicionan las botellas una a una, espaciadas sutilmente para permitir la inserción de mezcla entre ellas, una vez se ubica una primera hilera de botellas a lo largo del borde de la placa base desde el extremo de una columna a otra, se agrega la mezcla encima (Fig. 19) de las botellas llenando los espacios entre ellas y generando una capa plana para ubicar la siguiente hilera y de esta manera hasta completar toda la pared. Se tiene especial atención en las paredes donde hay ventanas.



Figura 19. Pegado de ecoladrillos.

Fuente: (Aguirre, 2016).

La cimentación debe garantizar la resistencia requerida para el peso de los muros hechos con botellas, para ello se usa una placa de base de concreto. Asimismo, la construcción de sobrecimientos de ladrillo que aisle la construcción de la humedad por capilaridad. luego se continúa con el pegado de los ecoladrillos una hilada sobre otra hasta llegar a la altura total de la pared (Fig. 20). Al llegar a la altura de puertas y ventanas proyectadas, se deben dejar dinteles de madera y continuar con el muro hasta obtener la altura deseada. A medida que se van construyendo los muros, se realiza la construcción de una base sobre la superficie de las vigas para la ubicación del techo, proporcionando una inclinación de 10° y dirigida hacia el sur para aprovechar la radiación solar en los módulos solares.



Figura 20. Levantamiento de muros.

Fuente: (Aguirre, 2016).

4.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA TÉCNICA

El plástico presenta propiedades físicas favorables para ser utilizados como elemento constructivo en la industria de la construcción. Estas propiedades físicas se describen en la tabla 13, así como los beneficios y ventajas de su uso, elementos determinantes al momento de la elección de la técnica de construcción.

Tabla 13. Propiedades técnicas del plástico y su análisis en la construcción.

Propiedad	Valores	Beneficios en la construcción
Resistencia al calor (°C)	80-120	<p>Al estar expuesto en la construcción en ambientes como el trópico es necesario que el material sea resistente a las temperaturas que se presentan en estas áreas, además de ser un excelente aislante térmico es superior a la de otros componentes constructivos tradicionales por lo que el calor no se transfiere al interior de la edificación, lo que permite que las edificaciones no consuman tanta electricidad para mantener el confort térmico necesario.</p> <p>Al comparar el coeficiente de conductividad térmica del ladrillo con PET y cemento es de 0,15 W/mk, mientras que el del ladrillo común es de 0,75 W/mk. Se puede observar el beneficio que ofrece construir con PET en cuanto al ahorro económico por consumo eléctrico en sitios donde las temperaturas son altas.</p>
Resistencia al impacto (J/mm)	0.01-0.04	<p>Presenta alta resistencia al desgaste y capacidad de absorber golpes y energía sin romperse al impacto, siempre que este no sobrepase su capacidad, al encontrarse rellenos de bolsas plásticas por dentro le confiere mayor resistencia al impacto. Así como el tiempo de durabilidad está por arriba de 150 años por lo que puede estar a la intemperie y resistir las adversidades del mismo, lo que garantiza durabilidad de tiempo de la construcción.</p>
Densidad (g/cm ³)	1.34-1.39	<p>La relación entre resistencia y densidad los hace excelentes aislantes térmicos y eléctricos superior a la de otros cerramientos tradicionales, lo que favorece la construcción en sitios de altas temperaturas, ya que son malos conductores del calor.</p>
Resistencia a la compresión (MPa)	76-128	<p>La resistencia mecánica incluye compresión y tensión. En general el plástico presenta aceptable compresión, es menor que la de otros componentes constructivos tradicionales, pero es suficiente para que puedan ser utilizados en cerramientos fijos no en cerramientos de construcciones portantes.</p> <p>Al comparar la resistencia característica a la compresión del ladrillo con PET y cemento es de 2,00 Mpa, mientras que la del ladrillo común es de 4 Mpa lo que hace con menos compresión al ecoladrillo, pero aceptable para construcciones fijas.</p>
Absorción de agua (24h) (%)	0.02	<p>Los elementos constructivos con plásticos reciclados tienen una absorción de agua similar a la de otros cerramientos tradicionales por lo que su uso en la construcción está hoy en día permitido. Además de presentar buena resistencia química y térmica.</p>
Peso (Ladrillo con PET) (kg)	1.44	<p>El peso es mucho menor al de otros componentes constructivos tradicionales que se usan para la misma función, esto permite bajar los costos que se utilizan en traslado y cimientos. Si se compara el peso de un ladrillo elaborado de PET es de 1.44 kg mientras que de un ladrillo común es de 2.50 kg. Lo que beneficia al disminuir los costos de construcción grandemente.</p>

Fuente: (Elaboración propia, utilizando datos de la Industria del Plástico; Plástico Industria Richardson & Lokensgard).

4.3.2 DISPONIBILIDAD DE MATERIALES

Un factor muy importante para la elección y viabilidad de la técnica de construcción es sin lugar a duda, la disponibilidad de los materiales plásticos. Los desechos plásticos se generan en gran cantidad, a pesar de ello no todos se pueden utilizar en la construcción del aula, eso dependerá de la forma en que se encuentre el plástico (botellas, bloques, tubos etc.) y el cumplimiento de ciertos criterios de calidad. En el ámbito nacional, el uso directo de botellas PET como ladrillos, es posiblemente una de las técnicas más realizable sobre otras técnicas de construcción con plástico, ya que no requiere importar el material plástico, como el caso de los bloques plástico-prefabricados. Para el proyecto se analizan tres aspectos que influyen en la disponibilidad de botellas PET, la calidad, la abundancia y el precio.

4.3.2.1 CALIDAD

El material plástico debe presentar ciertos criterios de calidad para que se pueda usar en la construcción del aula bioclimática. En primer lugar, no deben de ser tóxicos, ni presentar residuos que puedan comprometer la estructura a futuro, todo el material plástico que llegue con fines constructivos se debe revisar y mediante una inspección visual se debe asegurar que cumpla con las características de calidad que se indican en la tabla 14.

Tabla 14. Calidad de la botella PET y desechos plásticos al construir.

Material de desecho	Características de calidad
Botellas plásticas	Limpia Seca Sin golpes ni rajaduras Con la tapa
Bolsas plásticas, bolsas de empaque, aluminio.	Limpios Secos No presentar desechos orgánicos

Fuente: (Elaboración propia).

Para mantener la calidad del material plástico y por ende la de los ecoladrillos, se designará dentro de la escuela un área cercada y techada para almacenar los ecoladrillos, así como otros materiales y herramientas que se utilizaran en la construcción.

4.3.2.2 ABUNDANCIA

Los residuos plásticos que se generan en las ciudades constituyen un verdadero problema de difícil solución tanto económico como ambiental, ya que una gran parte de los residuos comunes en los hogares (como el PET y las bolsas plásticas) son no biodegradables, el proceso de descomposición es sumamente lento, provocando acumulación en los vertederos y fuentes de agua con terribles consecuencias ecológicas.

Para efecto del estudio es importante determinar la abundancia del material PET que se genera en la ciudad de San Pedro Sula y, que eventualmente estaría disponible para su uso en la construcción. Por lo cual, la abundancia se estableció en base a 3 criterios:

- 1) Información bibliográfica sobre la generación de residuos sólidos plásticos.
- 2) Cuantificación de botellas PET que compran las empresas recicladoras que operan en la ciudad de San Pedro Sula.
- 3) Tamaños de los refrescos en botella plástica PET que más se vende en las pulperías de la ciudad.

En relación con el primer criterio, el Centro Nacional de producción más limpia en Honduras en el 2007 realizó un estudio sobre residuos industriales en el cual reveló que se exportaron 898,716.80 kg de residuos de PET para reciclar, sugiriendo que el uso de ese material tendría un aumento no solo a nivel industrial sino a nivel de uso poblacional. Posteriormente en el 2012, Minelli realizó un diagnóstico de la cadena productiva de desechos Sólidos en Honduras principalmente en Tegucigalpa y San Pedro Sula encontrando que el plástico ocupa el segundo lugar de desecho sólido que se produce en la ciudad de San Pedro sula (Fig. 21). Estos datos proporcionan evidencia que en Honduras y específicamente en las ciudades, el plástico es un desecho muy abundante que puede perfectamente utilizarse en proyectos para la construcción.

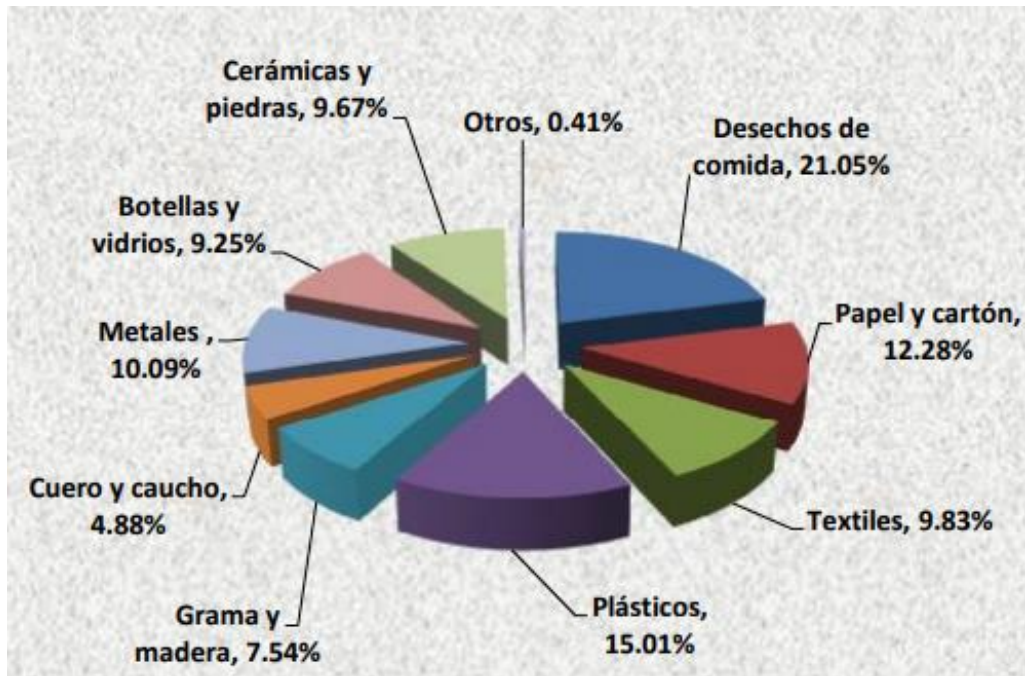


Figura 21. Composición de desechos sólidos en el sector de San Pedro Sula.

Fuente: (Minelli, 2012)

En cuanto al segundo criterio, de las recicladoras que operan en la ciudad, solo fue posible obtener información de Reciproco, cuyo gerente indico que para el área de San Pedro Sula actualmente están manejando una compra promedio de 2,100 lb de PET por día, y que por cada libra en promedio se encuentran 13 botellas plásticas indistintamente del tamaño. Es decir, solamente esta recicladora a diario recibe aproximadamente 27,300 botellas PET, que es una cantidad muy significativa de plástico y sugiere un indicativo de abundancia y disponibilidad de ese material en la ciudad.

Con respecto al tercer criterio, no todas las presentaciones de las botellas de refrescos que se venden en el mercado local son elegibles para el proyecto, las botellas grandes como la de 3 litros formarían paredes muy gruesas algo complicadas de manejar, y, por otro lado, la botella de 500 ml daría lugar a paredes muy delgadas. De ahí que, considerando las experiencias de construcción con plástico en otros países y los tamaños de venta que hay en el mercado local, se determinó que las botellas que tienen potencial de uso directo en la construcción son las presentaciones de 1.25, 1.5, 2 y 2.5 litros. Es importante entonces, cuantificar la cantidad y proporciones de compra de las diferentes presentaciones de refrescos que tiene lugar en las pulperías de la ciudad, como un indicador de

disponibilidad de las mismas. En las figuras 22 y 23 se muestran los datos obtenidos en las encuestas e indican que los refrescos de 1.25 y 2 litros son las presentaciones que más compran las pulperías de la ciudad.

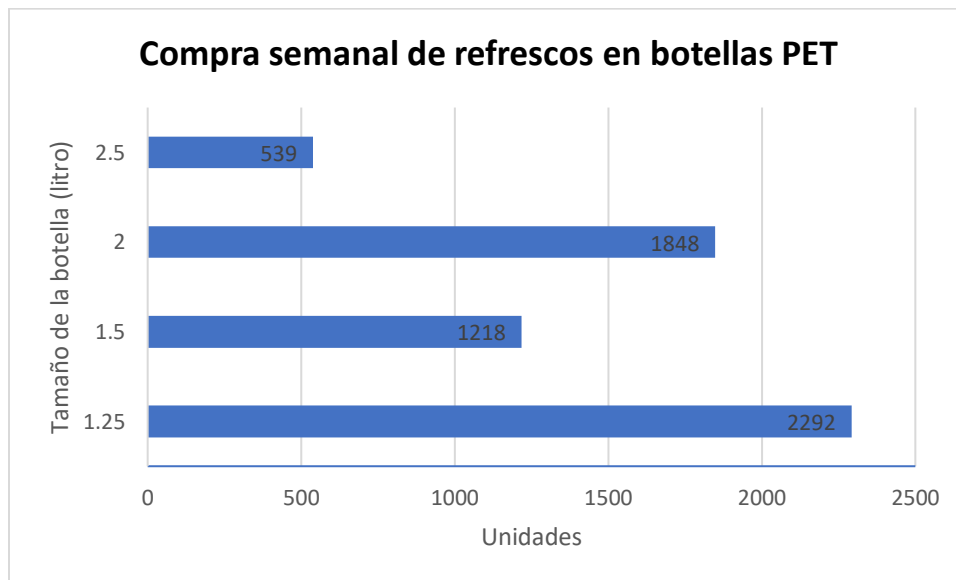


Figura 22. Cantidad de refrescos en botella PET que compran las pulperías.

Fuente: (elaboración propia).

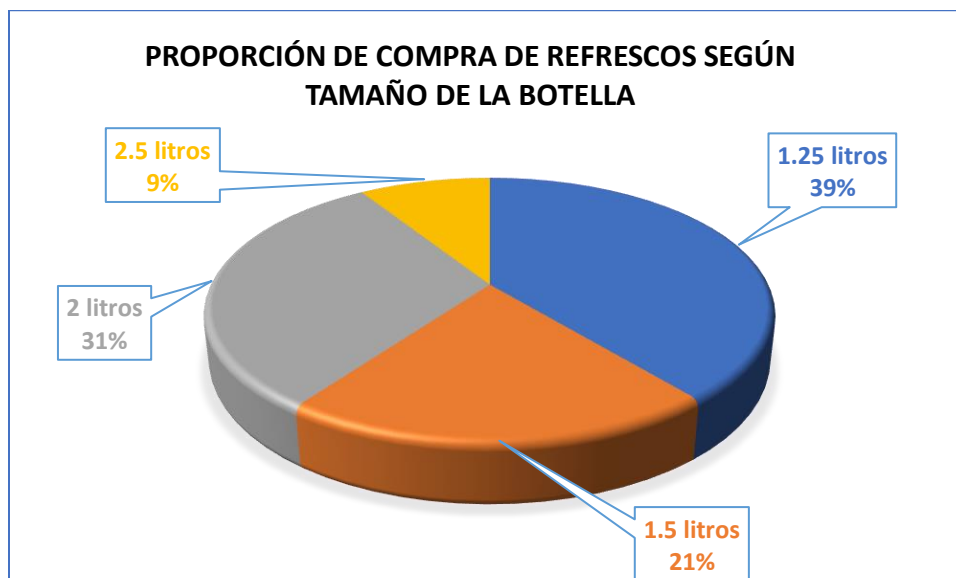


Figura 23. Porcentajes de compra de refrescos según el tamaño del envase PET.

Fuente: (elaboración propia).

4.3.2.3 PRECIO

Se concibe que las botellas PET se obtendrán por el apoyo de las personas que forman parte de la comunidad escolar (alumnos, padres de familia, maestros, personal de apoyo y autoridades del centro educativo). No obstante, se considera y se deja como una opción última de recolección, la compra de botellas PET a personas que se dedican a recoger y vender botellas plásticas pagándoles un precio similar o ligeramente por encima del valor que manejan las empresas recicladoras de la ciudad. Según los precios que manejan las recicladoras en San Pedro Sula el precio de los materiales plásticos varía de acuerdo con el tipo, para el caso de las botellas PET transparentes y verdes se compra a 1.5 lps/lb y 1 lps/lb respectivamente, en el caso del plástico HD que incluye las bolsas plásticas se compra a 1 lps/lb.

4.4 BENEFICIO ECOLÓGICO Y SOCIAL.

Reciclar plástico y utilizarlo como elemento constructivo en las paredes del aula bioclimática aporta muchos beneficios al ambiente y, por ende, beneficios a la calidad de vida de las personas. Es conocido que este material muy popular y útil, es uno de los principales desechos sólidos que se generan en la actualidad, no es biodegradable y es muy persistente en el ambiente, características que lo identifican como un elemento muy contaminante y lo convierte en un verdadero problema ambiental de gran magnitud.

El reciclaje de botellas y bolsas plásticas, en términos generales conserva la energía, los recursos naturales, y reduce la emisión de gases de efecto invernadero. Particularmente en el desarrollo de este proyecto, los beneficios ecológicos y sociales que se esperan son:

En primer lugar, que la extracción del ambiente de grandes cantidades de plástico reduzca la contaminación por desechos sólidos, puesto que ya no acumularán en el ambiente dañando el suelo, ni llegaran a fuentes de agua afectando la calidad y la vida que en ella se desarrolla, al mismo tiempo se reduzca la emisión de gases de efecto invernadero puesto que estos residuos no se quemarán. En segundo lugar, se espera que en la población que participe activamente en la ejecución del proyecto (alumnos, profesores, padres de familia y otros miembros de la comunidad que se involucren) se cree una conciencia ambiental al reciclar y reutilizar material desechable, y se promueva el uso racional de los recursos disponibles. Asimismo, este proyecto al considerar la

participación de la comunidad por medio de la autoconstrucción, genera un sentido de pertenencia que lleva a la población a cuidar la obra y además los empodera al aprender una técnica de construcción que posteriormente pueden ofrecer como un servicio con remuneración económica.

4.4.1 RECICLAJE

Para cuantificar el número de botellas PET requeridas para levantar los muros del aula, además del área de construcción, es necesario determinar el tamaño específico de las botellas que se utilizará. La disponibilidad y diámetro de la botella son parámetros requeridos a la hora de establecer dicho tamaño.

Las compras que realizan las pulperías de la ciudad indican que las botellas con mayor disponibilidad son las de 1.25 y 2 litros. No obstante, y según lo requiere la técnica, es preciso medir el diámetro a cada una para conocer a cantidad que se ocupara en un metro lineal de construcción para posteriormente extrapolar ese valor al total de m² del área de construcción, los cálculos se muestran a continuación en la tabla 15.

Tabla 15. Estimación de la cantidad de botellas plásticas.

Descripción	Valores	
Área de construcción de paredes		
Pared fachada noreste	9m largo x 2.8m de alto = 25.2 m ² - 7.4 m ² de abertura = 17.8 m ²	
Pared fachada Suroeste	9m largo x 2.8m de alto = 25.2 m ² - 8.8 m ² de abertura = 16.4 m ²	
Pared fachada Noroeste	8m largo x 3.58m de alto = 28.64 m ² - 0.75m ² de abertura = 27.89 m ²	
Pared fachada Sureste	8m largo x 3.58m de alto = 28.64 m ² - 0.75m ² de abertura = 27.89 m ²	
Total	89.98 m²	
Especificaciones y cantidad de Botellas requeridas		
Tipo (volumen)	1.25 litros	2 litros
Diámetro	8 cm	10 cm
Botellas por m ² de construcción	121	81
Botellas por área total de construcción	10,888	7,289

Fuente: (Elaboración propia).

Analizando los datos de proporción de compra de los tamaños de refrescos en las pulperías y la cantidad de botellas requeridas en la construcción, se decide que para el proyecto el tipo de botella apropiada es la de 2 litros. Porque, a pesar de que el refresco de 1.25 presenta la mayor

proporción de compra (39%), se necesitan 3,599 botellas más que las que se requieren al trabajar con la de 2 litros, cuya proporción de compra anda en un valor alto 31% (similar a la presentación de 1.25 l).

No obstante, aun trabajando con la botella de 2 l, ese requiere un número grande de unidades (7,289 botellas PET), cantidad significativa que sugiere emplear diversos mecanismos de recolección. Se propone como primera instancia, buscar la colaboración del cuerpo docente, alumnos y padres de familia de la escuela donde se ejecute la obra, en el sentido que cada maestro de grado asigne puntos de evaluación para que los alumnos lleven el material, y que a cada alumno se le pida llevar un número determinado de botellas PET y bolsas plásticas. Ese número dependerá de la cantidad de alumnos del centro escolar. Otra opción de recolección consiste en desarrollar un sistema de promoción del proyecto en las diferentes colonias y barrios de la ciudad. Además, con el apoyo y patrocinio de instituciones o empresas organizar una especie de reciclación para recoger botellas PET según especificaciones de calidad.

Juntamente con las botellas PET de 2 l, se requieren bolsas plásticas para rellenarlas y fabricar los ecoladrillos. Se cuantificó el total de plástico que se reciclará y retirará del ambiente. Para ello, primero se construyó un ecoladrillo, después se pesó en una balanza digital, y luego el peso se multiplicó por el número total de ecoladrillos a utilizar en el área de construcción de paredes, los datos obtenidos se muestran a continuación en la tabla 16.

Tabla 16. Cuantificación del material plástico retirado del ambiente.

Descripción	Valores
Peso del ecoladrillo	0.659 kg
Total de ecoladrillos	7,289 unidades
Peso Total de plástico	4,803.45 kg
4.8 toneladas de plástico retiradas del ambiente para utilizar en la construcción del aula	

Fuente: (Elaboración propia).

4.4.2 EDUCACIÓN AMBIENTAL

La educación ambiental es un eje transversal en el currículo básico de la educación en todos los niveles de enseñanza en el país, de ahí que las escuelas públicas deben instruir a los niños en esta temática. Así pues, con el objetivo de valorar la importancia del medio ambiente, nivel de conocimiento sobre educación ambiental y la disposición para colaborar y participar en proyecto de reciclaje de los alumnos que asisten a escuelas públicas de la ciudad de San Pedro Sula, se aplicaron 109 encuestas a los niños de cuarto, quinto y sexto grado de la jornada vespertina de la escuela pública Rafael Pineda Ponce de esta ciudad. Los resultados y el análisis de los datos obtenidos se describen a continuación.

Respecto a la importancia de cuidar el medio ambiente, una gran mayoría de los alumnos opinan que es una acción sumamente importante, frente a una minoría que es indiferente (Fig.24). Estos valores son favorables desde la perspectiva del conocimiento sobre educación ambiental, mas no sugiere realmente que el alumno tenga una conciencia ambiental. En cuanto al reciclaje, un porcentaje sumamente alto de los alumnos de la escuela Rafael Pineda Ponce considera que es una buena práctica para ayudar al planeta (Fig. 25). En ambas figuras se puede inferir una valoración muy significativa respecto a la importancia del cuidado del ambiente y la actividad del reciclaje.



Figura 24. Valoración de la Importancia sobre el cuidado del ambiente.

Fuente: (Elaboración propia).



Figura 25. Valoración de la Importancia del reciclaje.

Fuente: (Elaboración propia).

Se estudio en un nivel básico de conocimiento, si los alumnos son capaces de comprender y distinguir entre los conceptos de contaminación, protección del ambiente y reciclaje. Se les presentaron imágenes para que ellos pudiesen identificar la acción y relacionarla con el concepto que describen. Los resultados encontrados indican que arriba del 95 % de los estudiantes, son capaces de discernir entre contaminación, protección del ambiente y reciclaje, lo que refleja un nivel muy favorable de conocimientos básicos sobre educación ambiental (Fig. 26 y 27).

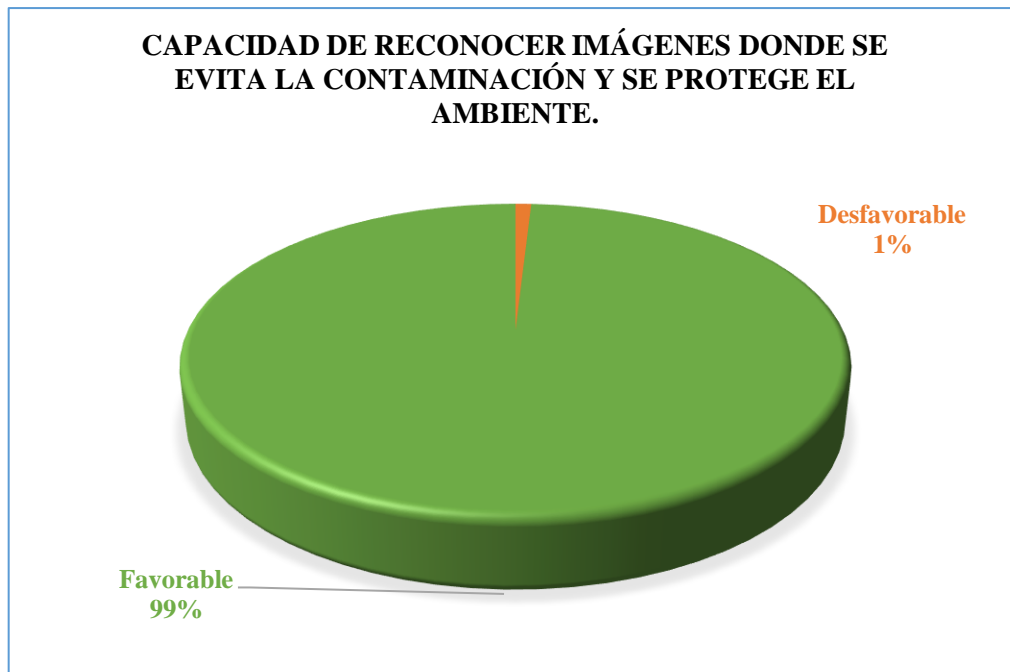


Figura 26. Valoración sobre conocimientos de buenas prácticas ambientales.

Fuente: (Elaboración propia).

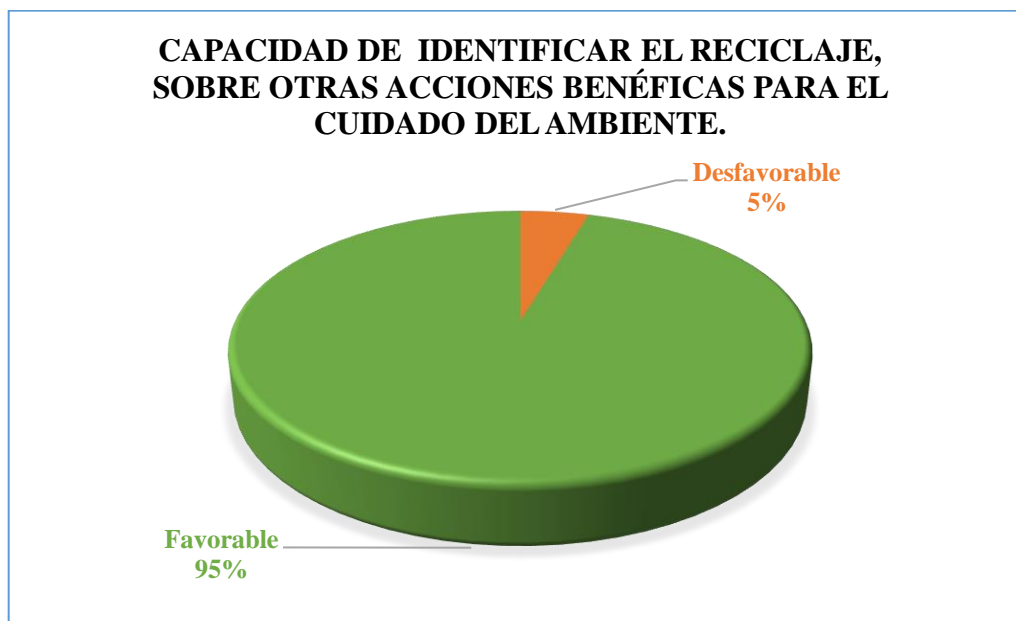


Figura 27. Valoración sobre conocimientos de reciclaje.

Fuente: (Elaboración propia).

Utilizando el código de colores para la segregación de desechos sólidos, se indagó si los alumnos con ese grado de escolaridad poseen conocimientos sobre la clasificación correcta de desechos sólidos que se generan en el centro escolar. Los resultados obtenidos se muestran en las figuras 28, 29 y 30 e indican una tendencia negativa, puesto que, solamente un porcentaje muy bajo de alumnos fue capaz de clasificar correctamente los plástico y latas (22%), el papel (14%) y el vidrio (18%) y la mayoría no lo logró, obteniendo altos porcentajes de fallo, como ser 78%, 86% y 82% respectivamente.

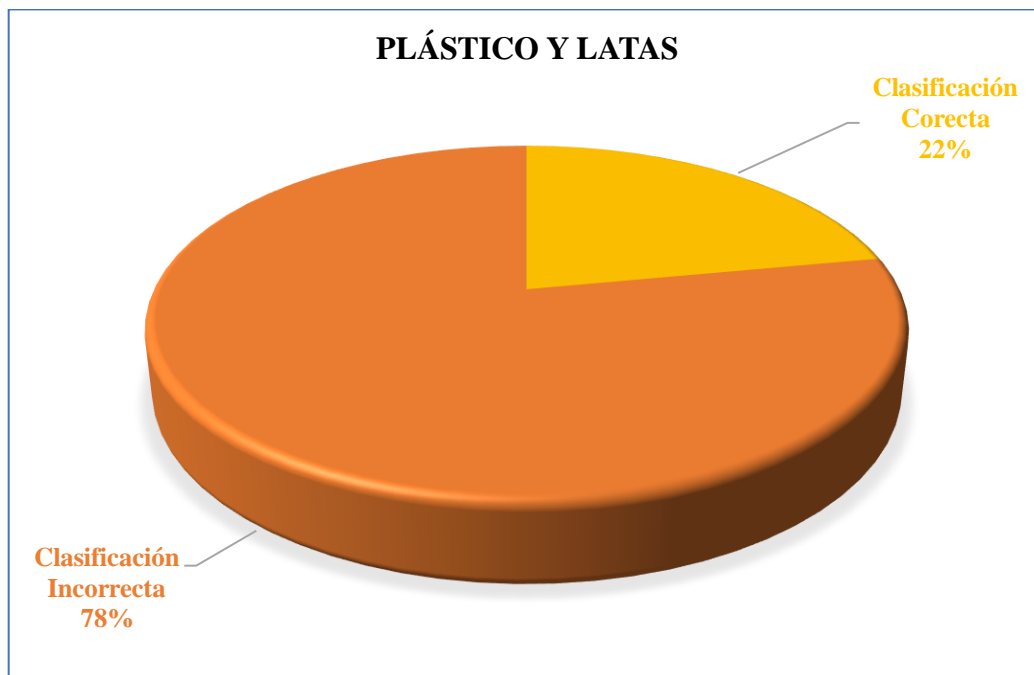


Figura 28. Clasificación del plástico y latas según el código de colores.

Fuente: (Elaboración propia).

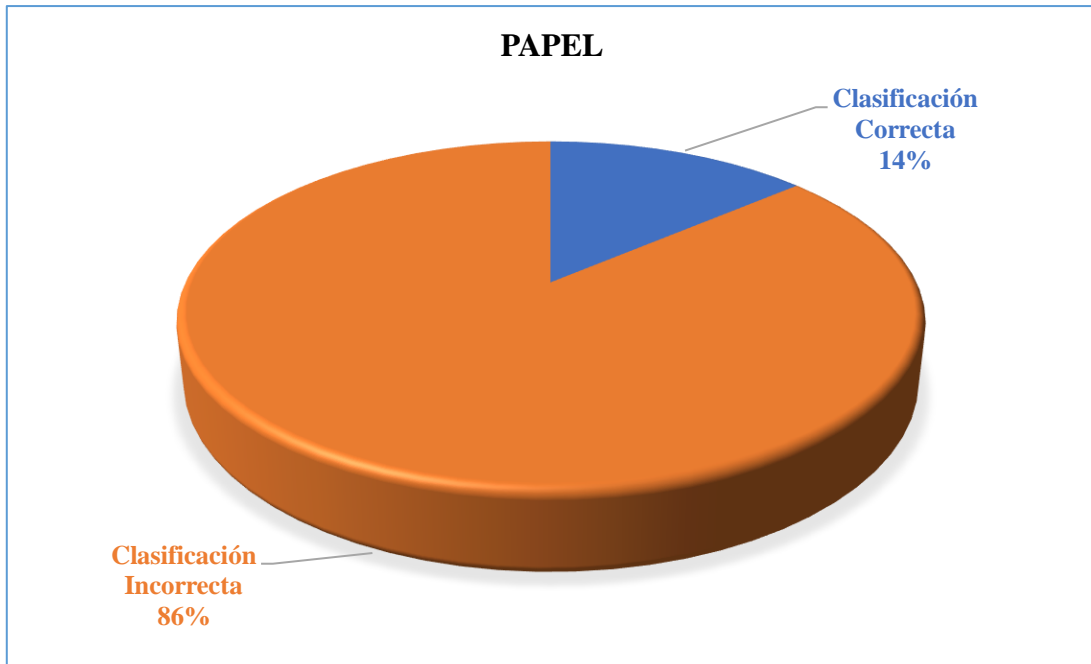


Figura 29. Clasificación del papel según el código de colores.

Fuente: (Elaboración propia).

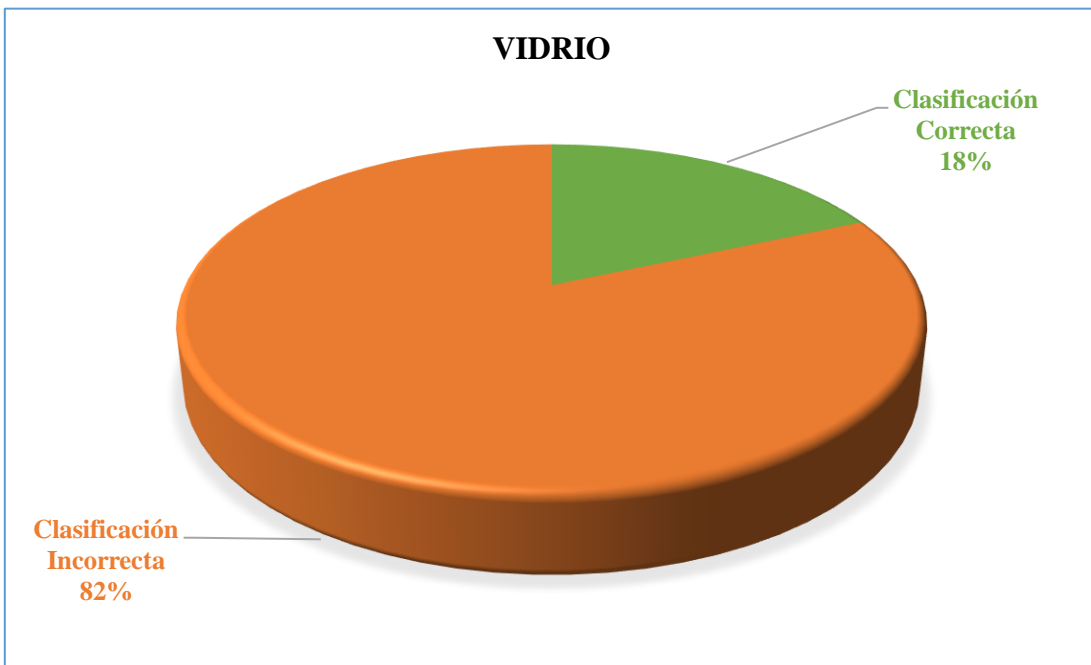


Figura 30. Clasificación del vidrio según el código de colores.

Fuente: (Elaboración propia).

Para concretar la ejecución de este tipo de proyectos, como se mencionó anteriormente en otros apartados del documento, es muy necesario contar con la participación de los alumnos. Es por ello que se les preguntó si estarían dispuestos a colaborar en una campaña de reciclaje en la escuela, como se observa en la fig. 31, el mayor porcentaje de alumnos muestra disposición para colaborar con material de reciclaje para la campaña, un porcentaje mínimo no tiene una postura definida y un porcentaje insignificante no estaría dispuesto a participar.



Figura 31. Disposición para colaborar en un proyecto de reciclaje.

Fuente: (Elaboración propia).

También se indagó sobre el tipo de material reciclable que los estudiantes pueden llevar a la escuela, las opciones de respuesta se orientaron hacia los materiales que se utilizarán en la construcción del aula bioclimática como ser botellas plásticas PET, botellas de vidrio y cartones de huevo. Las figuras 32, 33 y 34 revelan que los tres materiales pueden ser aportados por los estudiantes, de ellos el que más se les facilita corresponde a las botellas PET, seguido de cartones de huevo y en último lugar botellas de vidrio. Estos resultados son satisfactorios puesto que, de las tres opciones de materiales el que se necesita en mayor abundancia corresponde a las botellas plásticas.

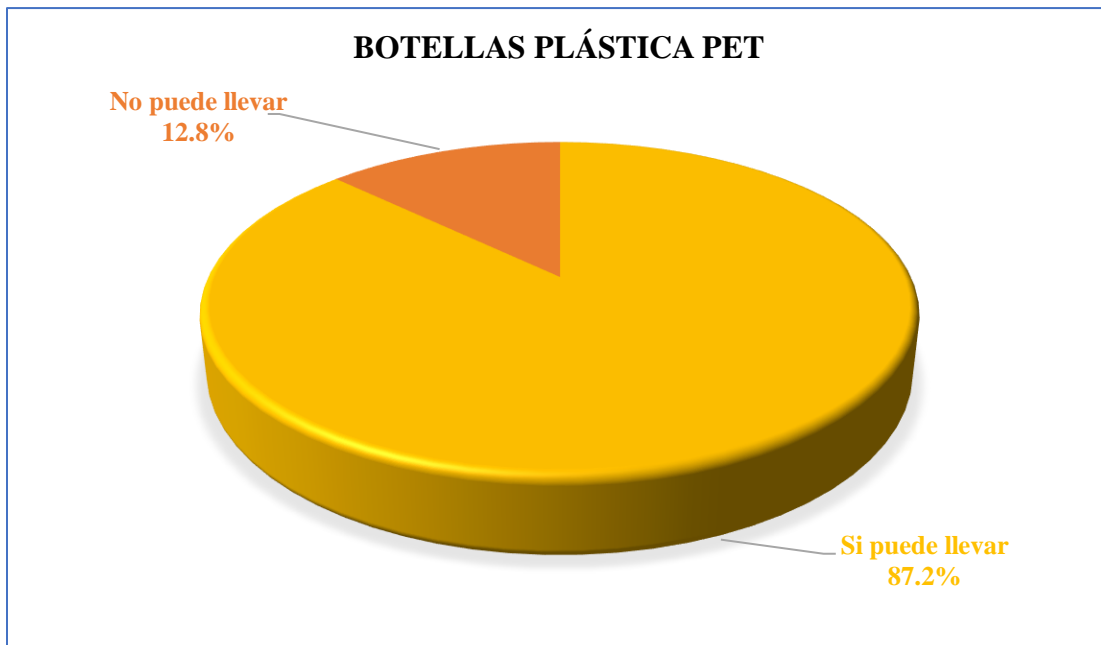


Figura 32. Disposición para llevar botellas plásticas PET a la escuela.

Fuente: (Elaboración propia).

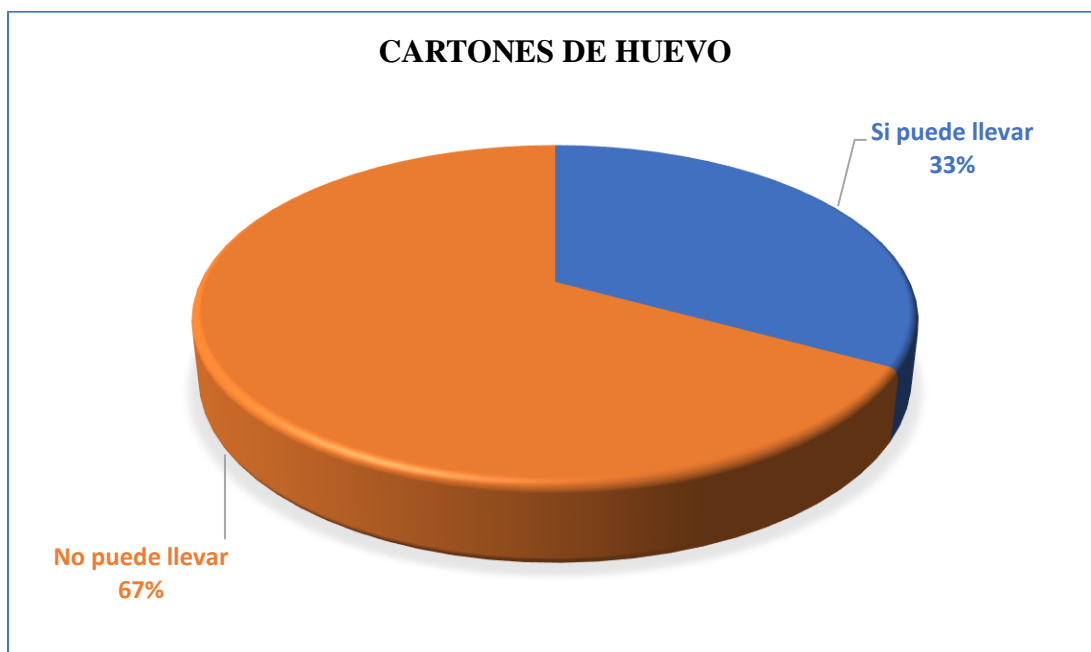


Figura 33. Disposición para llevar cartones de huevo a la escuela.

Fuente: (Elaboración propia).

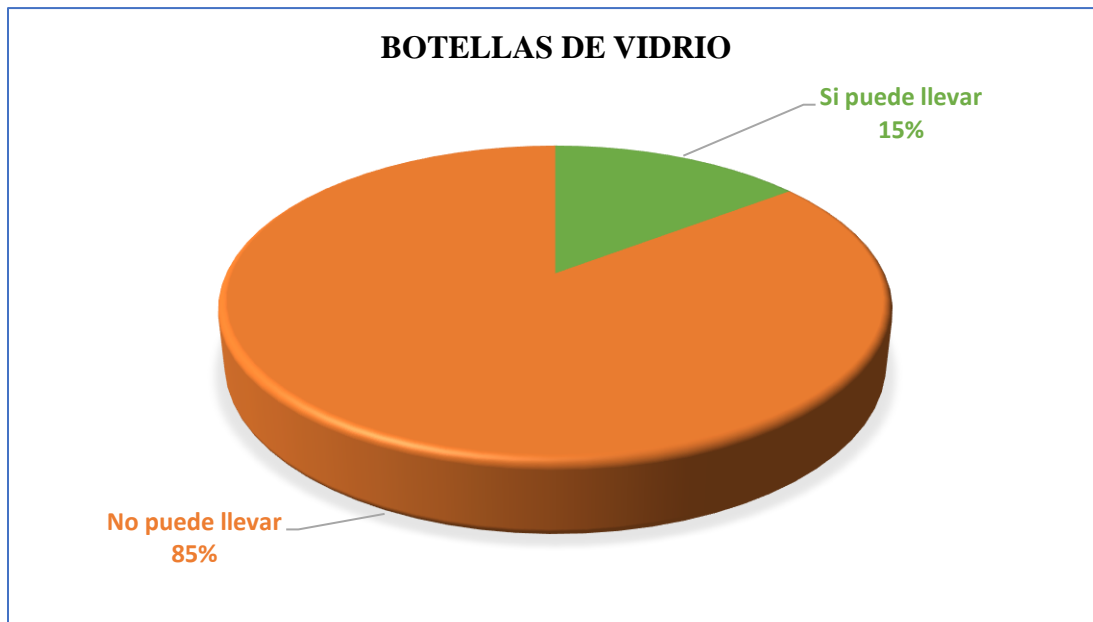


Figura 34. Disposición para llevar botellas de vidrio a la escuela.

Fuente: (Elaboración propia).

4.4.3 SANEAMIENTO

Según datos de la estación meteorológica de la Mesa, en San Pedro Sula durante los últimos 6 años, la precipitación anual promedio fue de 783 mm, y en promedio llueve un total de 119 días al año. Por ende, sobre la ciudad cae una cantidad aprovechable de agua. No obstante, la precipitación en vez captarse y aprovecharse en diferentes usos (según criterios de calidad), se convierte en un problema, puesto que por el deficiente sistema de drenajes de aguas negras y pluviales de la ciudad muchos sectores se inundan y el problema que se agudiza por la basura que los ciudadanos tiran en las calles y que por escorrentía llegan a los drenajes obstruyéndolos.

El agua es un recurso de gran importancia, ya que es indispensable para la vida y para el desarrollo de las actividades humanas. Las escuelas deben tener un abastecimiento continuo de este líquido valioso para asegurar las condiciones de saneamiento del recinto educativo. Sin embargo, muchas escuelas y por diferentes motivos, ya sea de forma temporal o en algunos casos de forma permanente se les priva del suministro de agua, llevándolas a condiciones de insalubridad que impiden el desarrollo de las actividades educativas.

Para no contribuir a acrecentar el problema de las inundaciones que se suscitan en la ciudad por el rebose de las alcantarillas durante las lluvias, y al mismo tiempo, aprovechar la precipitación que cae sobre la ciudad, asegurando de cierta manera la disponibilidad de agua en el recinto educativo, el diseño del aula bioclimática incluye un sistema de captación de aguas lluvias que dará acceso al agua para que la escuela disponga de ese líquido preciado para usarlo en diferentes actividades donde no se requiera parámetros de potabilidad como por ejemplo en el uso en inodoros, urinarios, lavado de pisos, lavado de manos. Es importante destacar que, si se tiene una fuente alternativa de suministro de agua, se disminuirá la presión sobre las fuentes de agua superficiales y subterráneas de la zona y sus alrededores.

4.5 PRUEBA DE HIPÓTESIS

En la investigación se postularon las siguientes hipótesis:

H₀: La proporción de refrescos en botella plástica PET de 2 L para utilizar en la construcción del aula bioclimática es menor o igual al 30%.

H₁: La proporción de refrescos en botellas plásticas PET de 2 L para utilizar en la construcción del aula bioclimática es superior al 30%.

Con la ayuda del programa estadístico Minitab 18, se aplicó una prueba de proporciones de una muestra cuyos resultados se indican a continuación en la tabla 17.

Tabla 17. Prueba e IC para una proporción.

Método			
p: proporción de eventos Para este análisis se utiliza el método exacto.			
Estadísticas descriptivas			
			Límite inferior de
			de
			95% para p
N	Evento	Muestra p	
5897	1848	0.313380	0.303429
Prueba			
Hipótesis nula	H ₀ : p = 0.3		
Hipótesis alterna	H ₁ : p > 0.3		
<u>Valor p</u>			
0.013			

Fuente: (Elaboración propia, utilizando el programa Minitab 18).

Decisión: Se rechaza H₀ porque $P(0.013) < \alpha(0.05)$.

Se concluye que a un nivel de significancia de 0.05 la proporción de refrescos en botellas plásticas PET de 2 litros para utilizar en la construcción del aula bioclimática es superior al 30%.

Dentro de los diferentes tipos de botellas PET que se generarán como desecho por la compraventa de refrescos en las pulperías, esta proporción mayor del 30% asegura disponibilidad del tipo de 2 litros, que fue la que se eligió para construir el aula bioclimática.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este apartado se presentan una serie de proposiciones resultado del estudio de las variables del proyecto y se plantean recomendaciones al respecto. Se inicia con una conclusión general y finalmente se enfoca en cada uno de los objetivos específicos dando respuestas a las preguntas de la investigación.

5.1 CONCLUSIONES

La propuesta del diseño del aula bioclimática es una buena alternativa para solucionar la necesidad de mejora en la infraestructura escolar, y la falta de implementación de medidas de eficiencia energética que se maneja en el ámbito de la construcción a nivel nacional. Representa una opción con potencial para la creación de centros educativos con administración gubernamental o municipal en el país. También tiene una implicancia en la solución de problemas ambientales como lo es, la generación de basura plástica (ya que se retiran del ambiente 4.8 ton de plástico por aula construida) y el alto consumo energético procedente de fuentes no renovables (el aula bioclimática consume un 28% menos de energía que la convencional y además genera su propia energía usando la fuente solar). Este proyecto se diseñó para ejecutarse en el municipio de San Pedro Sula, sin embargo, puede desarrollarse a nivel nacional, siempre y cuando se hagan los ajustes pertinentes de acuerdo con las condiciones de clima de cada localidad, es efecto, puede ser una herramienta de gestión para los actores implicados en el desarrollo de infraestructura de los centros educativos públicos.

En cuanto a los objetivos específico se plantean las siguientes conclusiones:

- 1) El diseño de aula bioclimática que se propone respeta la normativa del ministerio de educación que rige la construcción de los centros educativos, incluyendo en el mismo, los criterios obligatorios de construcción. Asimismo, se diseña en favor de las características climáticas de la zona, aprovechándolas para obtener un espacio energéticamente eficiente y condiciones internas de confort, sin tener que recurrir en exceso a mecanismos activos de climatización e iluminación. Se concluye entonces que desde el enfoque de los factores técnicos que conlleva el diseño, la creación del aula es factible.

2) Las tecnologías de construcción con plástico son variadas y su uso está tomando impulso en la industria de la construcción, ya sea utilizando bloques o placas preformadas (con un proceso de fabricación implícito) hasta el uso directo de botellas PET rellenas de material de desecho (ecoladrillos). Para la ejecución del proyecto y consecuente construcción de infraestructura escolar, probablemente en el contexto nacional, el uso de ecoladrillos es la opción más viable, pues no implica la exportación de material plástico prefabricado, se utiliza directamente materiales que se consideran desechos y mano de obra local, a la vez que se obtiene una estructura liviana pero resistente, de gran durabilidad, larga vida útil y requerimientos de reparación y reemplazo casi nulos. Por lo que, la utilización de este tipo de tecnología está de acorde a las necesidades tanto económicas como ambientales del país.

3) Existe un ahorro energético en el aula bioclimática respecto a la convencional, este es significativo cuando se analiza en un lapso de un año (1,854 KW-h). Pero si se considera no solamente un aula, si no una serie de aulas bioclimáticas dentro de un centro escolar, los ahorros energéticos adquieren muchísima mayor relevancia, bajando significativamente los costos de energía en la institución. Por otro lado, la eficiencia energética y el uso de fuentes de energías renovables como la solar en las edificaciones educativas, poniendo por caso el sistema educativo público del nivel básico, posibilita la reducción del consumo de energía del sistema eléctrico nacional y consumo de fuentes de energía no renovables aprovechando los recursos disponibles y al mismo tiempo contribuye a bajar el porcentaje de centros educativos del país sin servicios de energía eléctrica.

4) Los beneficios ecológicos que derivan de la ejecución de este tipo de proyectos son variados, desde la eficiencia energética, reducción de uso de fuentes de energía no renovable, menos emisiones de gases de efecto invernadero, menor presión sobre los recursos naturales, educación ambiental, pero sin lugar a dudas el principal beneficio ecológico es la extracción de residuos sólidos plásticos del ambiente, contribuyendo de una manera significativa a evitar la contaminación ambiental, puesto que, debido a la popularidad del material plástico en casi toda actividad humana, los plásticos son un verdadero problema ambiental que afecta al suelo (por acumulación sobre la superficie, generando focos de contaminación biológica, química y física), el agua (con afectación directa a la calidad de la misma y la vida acuática), y el aire , al utilizar residuos plástico se consumen menos recursos naturales, se minimiza la contaminación por desechos sólidos al extraer residuos plásticos del ambiente (4 ton/aula).

5) El beneficio de los plásticos en la construcción confiere muchas ventajas desde aminorar los costos económicos hasta utilizar mínimos recursos naturales, al construir con PET es menor la proporción de residuos liberados por la misma, así como disminuye la contaminación del ambiente al extraerlo y reutilizarlo en vez de depositarlo sin uso alguno y causar daño tanto a flora como a la fauna. Brinda a la construcción una larga vida útil con requerimientos de reparación y reemplazo casi nulos. Por otra parte, la utilización de plásticos en la construcción y equipamiento en comunidades o escuelas contribuye a la participación e integración de los grupos y a crear conciencia ambiental en estos ya que son ellos parte del proceso de construcción. Construir con plásticos no solo ayuda a la protección del medio ambiente, sino que además es una alternativa que se ofrece para las comunidades de escasos recursos en la construcción de cualquier tipo de modulo ya sea para escuelas o viviendas y de esta forma mejorar su calidad de vida creando un beneficio social agregado.

6) En cuanto a conocimiento sobre el ambiente a través de las encuestas se determinó que la mayoría de los estudiantes encuestados está consciente de la importancia sobre la protección del mismo, así como reconoce que actitudes que son en pro y cuales dañan nuestro entorno, por consiguiente, el mayor porcentaje está dispuesto a colaborar con material de reciclaje para proyectos que beneficien nuestro planeta. No obstante, en cuanto al reconocimiento sobre la clasificación de los desechos según el código de colores en donde deberían ser depositados se denota un claro desconocimiento ya que el mayor porcentaje no pudo identificar ni clasificar correctamente los desechos y verterlos en el depósito de basura correspondiente, que puede ser una consecuencia del hecho en que la escuela encuesta no cuenta con depósitos de basura utilizando dicho código de colores, que a su vez se refleja en el resto de la ciudad en donde los desechos no son separados como correspondería.

5.2 RECOMENDACIONES

Realizar más estudios sobre las técnicas de construcción con plástico que fundamenten las técnicas actuales para brindar mayor confianza e incentivar a la construcción con este tipo de materiales.

Realizar campañas para promover las técnicas de construcción con plástico en zonas de necesidad económica para mejorar la calidad de vida en cuanto a módulos de vivienda y escuelas.

Es necesario crear y fortalecer programas aplicados a las instituciones a nivel educativo que integren y creen conciencia en los participantes, con capacidad de enfrentar y solucionar problemas que afectan actualmente nuestra calidad de vida debido al creciente deterioro del medio ambiente.

Es importante impulsar programa de recolección y clasificación de desechos en las escuelas desde los niveles inferiores para crear actitud sobre la importancia de la clasificación el reciclaje y la reutilización de los desechos.

Se recomienda realizar un estudio financiero para validar la prefactibilidad del aula bioclimática desde el punto de vista económico, que es un factor determinante al momento de la aprobación y ejecución de un proyecto con proyección social.

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación de Empresas de Energía Renovable [APPA]. (2009-2017). ¿Qué es la energía solar fotovoltaica?. Recuperado de http://appa.es/09fotovoltaica/09que_es.php
- Carta, J., Calero, R., Colmenar, A., y Castro, M. (2009). Central de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables. Madrid, España. PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras, CNP+LH. (2008). Inventario de 16 residuos industriales para honduras. Honduras. Recuperado de <http://www.heshn.com/archivos/inv-residuos-ind-hn.pdf>
- Conceptos plásticos. (2017). Conceptos plásticos. Recuperado de <https://conceptosplasticos.com/>
- Coronel, D., y Lituma, M. (2015). Ecoladrillos, estudio y propuesta de tabiques para el medio local. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21065>
- Decreto No 262-2011. (2012). Ley Fundamental de Educación. Diario Oficial la Gaceta. República de Honduras.
- Dirección General De Construcciones Escolares Y Bienes Inmuebles, DIGECEBI. (2013). Criterios y normativas para la planificación y diseño de centros educativos pre-básica, básica y media. Tegucigalpa, Honduras.
- Duarte, J., Jaureguiberry, F. y Racimo, M. (2017). Suficiencia, equidad y efectividad de la infraestructura escolar en América Latina según el TERCE. Chile. Recuperado de <http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Santiago/pdf/Terce-infraestructura-ESP.pdf>
- D-maps.com. (2007-2017). Mapas gratuitos. Honduras. Recuperado de http://d-maps.com/carte.php?num_car=5278&lang=es
- Energy PLAN, Department of Development and Planning, Aalborg University. (2017). RETScreen. Recuperado de <http://www.energyplan.eu/othertools/allscales/retscreen/>

- Flores, S. (2016). Edificios Bioclimáticos. *Energía Solar*, 10, 68-76. Recuperado de <http://docplayer.es/34446199-Energia-solar-editores-miguel-a-laborde-roberto-j-j-williams.html>
- Froese, A. (2012). Nueva alternativa de construcción: Botellas PET con relleno de tierra. Colombia. Recuperado de <http://eco-tecnologia.com/>
- Gaggino, R. (2008). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. *Revistainvi* 23(63). Recuperado de <http://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/446/955>
- García, M., Morazán, L., Cerrato K., Escalón O. (2013). MANUAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES PARA HONDURAS Diseño, Implementación y Evaluación Económica. Recuperado de <http://www.andi.hn/wp-content/uploads/2016/08/MANUAL-DE-EFICIENCIA-ENERGETICA-EN-LA-CONSTRUCCION-DE-EDIFICACIONES-EN-HONDURAS.pdf>
- Hernández, R. sin año. Estudio sobre la educación para la población rural en Honduras. Recuperado de https://www.unicef.org/honduras/Educacion_rural_honduras.pdf
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. México D.F. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Instituto Nacional de Estadística [INE]. (2016-2017). Cifras País 2010-2016. Honduras. Recuperado de <http://www.ine.gob.hn/>
- López, M. (2003). Diplomado: Acercamiento criterios arquitectónicos ambientales para comunidades aisladas en áreas naturales protegidas de Chiapas. Recuperado de http://www.academia.edu/16895403/ESTRATEGIAS_BIOCLIMATICAS_EN_ARQUITECTURA
- Martín, A. (2010). Estudio y simulación de un edificio con Energy Plus. España. INEFC Lleida. Recuperado de <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1626pub.pdf>

- Minelli, M. (2012). Diagnóstico de la Cadena Productiva de Desechos Sólidos en Honduras (Tegucigalpa y San Pedro Sula). Honduras. Recuperado de <http://www.pasocierto.com.br/assets/dd3-p3-diagnostico-cadena-de-valores-honduras-2008.pdf>
- Minitab Statistical Software 18. (1994-2017). Minitab 18. Recuperado de <https://www.addlink.es/productos/minitab-statistical-software>
- Oquelí, L., Barahona, N., Rodríguez, m. (2009). Compendio normativo procedimental de la arquitectura bioclimática en San Pedro Sula (Tesis de maestría inédita). Unitec. Honduras.
- Organización de Estados Iberoamericanos [OEI]. (2016). OEI Honduras inaugura el proyecto luces para aprender en otros 3 centros educativos. Recuperado de <http://oei.hn/Educacion/Noticia/oei-honduras-inaugura-el-proyecto-luces-para-aprender-en-otros-3-centros-educativos>
- Padilla, A y Elvir, C. (2012). Informe sobre la Situación Actual de la Gestión Integral de Residuos Sólidos en Honduras. Honduras. Recuperado de http://www.miambiente.gob.hn/sites/pdf/dga/residuos_solidos/informe_sobre_la_situacion_actual_de_la_gestion_integral_de_residuos_solidos_en_honduras.pdf
- Renewable Energy Policy Network for the 21st century [REN21]. (2017, agosto 10). Renewables 2017 Global Status Report. Recuperado de <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>
- Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico, REVE. (2017). Energía solar. Chile. Recuperado de <https://www.evwind.com/2017/07/>
- Román R. (2012-2017). Retscreen: Un programa para Sistemas Energéticos. Recuperado de <http://eventos.cmm.uchile.cl/metrosolar2014/wpcontent/uploads/sites/11/2014/01/Retscreen-Mayo2012.pdf>
- Salieri, G. y Ramos, A. (2015). Aprendizaje en las Escuelas del siglo XXI: Análisis comparativo de los modelos de planificación y gestión de infraestructura escolar de 12 países de América

Latina y el Caribe. Recuperado de http://fundacionidea.org/assets/files/Analisis_Infraestructura_Escolar_AL.pdf

Schools for the Children of the World [SCW]. (2004). Plan Maestro para el Desarrollo de la Infraestructura Educativa en Honduras, Informe Nacional abril 2004. 1 edición. Honduras. Recuperado de http://www.fao.org/uploads/media/NationalReport_est.pdf

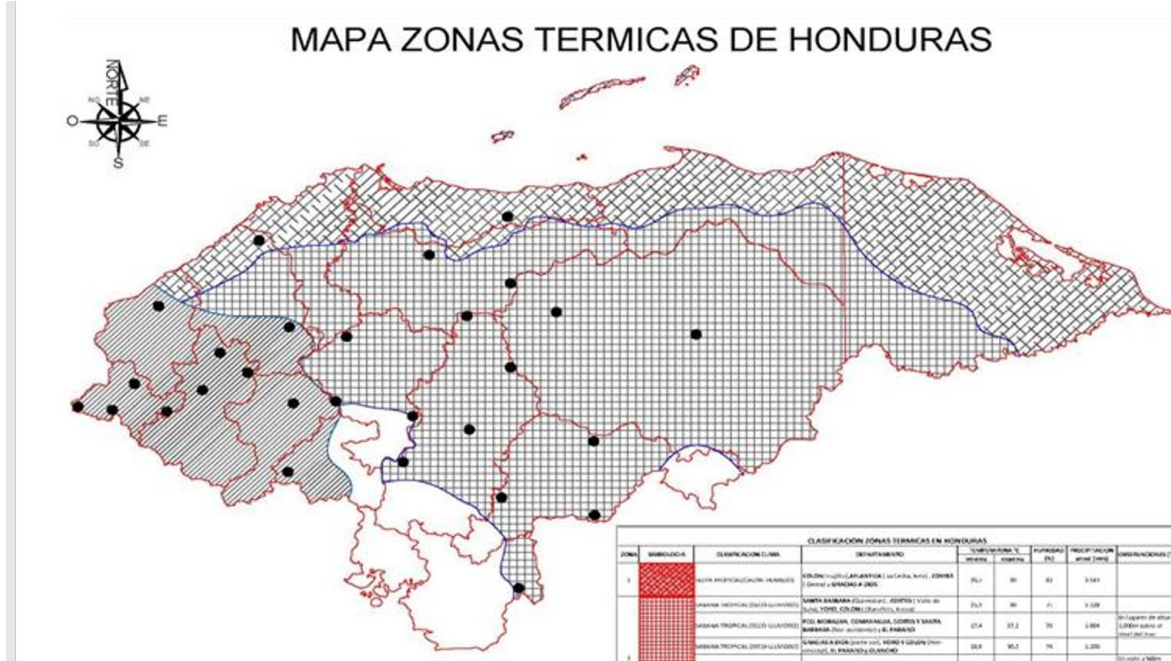
Sistema de Planificación de Infraestructura Educativo, SIPLIE. (2015-2017). Plan maestro. Honduras. Recuperado de <http://planmaestro.se.gob.hn/>

Sweet Home 3D. (2006-2017). Sweet Home 3D. Recuperado de <http://www.sweethome3d.com/es/>

Tolozano, M. (2016). Uso de bloques de plástico reciclado para vivienda de interés social para mejoramiento de su microclima, plan “socio vivienda”, del cantón guayaquil, provincia del guayas, zona 8. Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11464/1/PDF%20TESIS%20DE%20MARTHA%20TOLOZANO%20-%20copia%20%282%29.pdf>

Visual Software. (2017). Interior tool. Recuperado de <http://www.visual-3d.com/software/interiortool.aspx>

ANEXOS



Fuente: (DIGESEBÍ, 2013).

CLASIFICACION ZONAS TERMICAS EN HONDURAS								
ZONA	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION CLIMA	DEPARTAMENTO	TEMPERATURA °C		HUMEDAD (%)	PRECIPITACION anual (mm)	OBSERVACIONES (*)
				minima	maxima			
1	[Red cross-hatch pattern]	SELVA TROPICAL (CALOR- HUMEDO)	COLON (Trujillo), ATLANTIDA (La Ceiba, Tela) , CORTES (Omoa) y GRACIAS A DIOS	20,7	30	82	2.643	
2	[Red diagonal lines pattern]	SABANA TROPICAL (SECO-LLUVIOSO)	SANTA BARBARA (Quimistan) , CORTES (Valle de Sulá), YORO, COLON (Olanchito, Tocoa)	21,9	30	75	1.128	
		SABANA TROPICAL (SECO-LLUVIOSO)	FCO. MORAZAN, COMAYAGUA, CORTES Y SANTA BARBARA (Nor-occidente) y EL PARAISO	17,4	27,2	70	1.004	En lugares de altura 1,000m sobre el nivel del mar
		SABANA TROPICAL (SECO-LLUVIOSO)	GRACIAS A DIOS (parte sur), YORO Y COLON (Nor-oriental), EL PARAISO y OLANCHO	18,6	30,2	74	1.200	
		SABANA TROPICAL (SECO-LLUVIOSO) <1,400 m de altura	OCOTEPEQUE, COPAN, SANTA BARBARA(parte Sur), INTIBUCA y LEMPIRA	19	28,9	76	1.395	En valle a 500m sobre el nivel del mar
		15,3	25,1	En zonas montañosas a 1,000m de altura sobre el nivel del mar.				
3	[Red vertical lines pattern]	LLUVIOSO TROPICAL CON INVIERNO MUY SECO > 1,400 m de altura		12,5	22,4	76	1.290	En lugares mayor o igual de altura 1,400m sobre el nivel del mar
4	[White box]	CALOR-SECO	CHOLUTECA, VALLE, FCO.MORAZAN (parte Sur), EL PARAISO (Sur- oriental).	23,4	35	66	1.680	
5	[Red circle]	ZONA FRIA						

Fuente: (DIGESEBÍ, 2013).

Especificaciones técnicas de los paneles solares propuestos.

YINGLI SOLAR

**YGE
60 CELL
SERIES 2**





RENDIMIENTO Y VERSATILIDAD DEMOSTRADOS

Sometida a pruebas independientes que demuestran la calidad de los productos y la fiabilidad a largo plazo. Millones de sistemas fotovoltaicos instalados por todo el mundo demuestran el liderazgo de Yingli en el sector.

EFICIENCIA DE LA CÉLULA
18.5%

GARANTÍA DE PRODUCTO
10 AÑOS

TOLERANCIA DE POTENCIA
0 - 5W

Garantía lineal a 25 años



■ Garantía lineal de potencia Yingli
■ Garantía estándar del sector

YINGLISOLAR.COM

Durabilidad
Módulos Fotovoltaicos duraderos, probados independientemente en condiciones ambientales adversas tales como la exposición al ambiente salino, amoníaco y factores de riesgo del PID conocidos.

Vidrio avanzado
Nuestro vidrio de alto nivel de transmisión incorpora un exclusivo revestimiento antirreflectante que dirige más luz hacia las células solares y genera un mayor rendimiento energético.

El tamaño de módulo más vendido
Este tamaño es el más demandado por millones de bancos e inversores y el más indicado para la práctica totalidad de aplicaciones fotovoltaicas.

Resistente al PID
Probados conforme al borrador de la norma IEC 62804, nuestros Módulos Fotovoltaicos han demostrado ser resistentes al PID (Degradación por Potencia Inducida), que se traduce en seguridad para su inversión.

Yingli Green Energy
Yingli Green Energy Holding Company Limited (NYSE:YGE), conocida como "Yingli Solar", es uno de los fabricantes líderes de paneles solares con la misión de ofrecer energía verde asequible para todos. Con más de 60 millones de paneles solares en todo el mundo, Yingli Solar hace posible la energía solar en comunidades en todo el mundo gracias a su experiencia global en fabricación y logística para abordar retos locales específicos.

YGE 60 CELL SERIES 2

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Parámetros eléctricos en condiciones de prueba estándar (STC)		YxxxxP-29b (xxxx=P _{max})						
Tipo de módulo								
Potencia de salida	P _{max}	W	275	270	265	260	255	250
Tolerancias de potencia de salida	ΔP _{max}	W	0 / + 5					
Eficiencia del módulo	η _m	%	16.8	16.5	16.2	15.9	15.6	15.3
Tensión en P _{max}	V _{MPP}	V	31.0	30.7	30.5	30.3	30.0	29.8
Intensidad en P _{max}	I _{MPP}	A	8.90	8.80	8.70	8.59	8.49	8.39
Tensión en circuito abierto	V _{oc}	V	37.9	37.9	37.8	37.7	37.7	37.6
Intensidad en cortocircuito	I _{sc}	A	9.35	9.27	9.18	9.09	9.01	8.92

STC: 1000 W/m² de irradiación, 25°C de temperatura de célula, espectro AM 1.5g conforme a la EN 60904-3. Reducción media de la eficiencia relativa de 3,3% a 200 W/m² según la EN 60904-1.

Parámetros eléctricos a temperatura operativa nominal de la célula (TONC)								
Potencia de salida	P _{max}	W	200.6	196.9	193.3	189.7	186.0	182.4
Tensión en P _{max}	V _{MPP}	V	28.2	28.0	27.8	27.6	27.4	27.2
Intensidad en P _{max}	I _{MPP}	A	7.12	7.04	6.96	6.87	6.79	6.71
Tensión en circuito abierto	V _{oc}	V	35.0	35.0	34.9	34.8	34.8	34.7
Intensidad en cortocircuito	I _{sc}	A	7.56	7.49	7.42	7.35	7.28	7.21

TONC: temperatura operativa del módulo en circuito abierto a 800 W/m² de irradiación, 20°C de temperatura ambiente y 1m/s de velocidad del viento.

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Temperatura operativa nominal de la célula	TONC	°C	46 +/- 2
Temperatura coeficiente de P _{max}	γ	%/°C	-0.42
Temperatura coeficiente de V _{oc}	β _{oc}	%/°C	-0.32
Temperatura coeficiente de I _{sc}	α _{sc}	%/°C	0.05

CONDICIONES OPERATIVAS

Tensión máxima del sistema	1000V _{DC}
----------------------------	---------------------

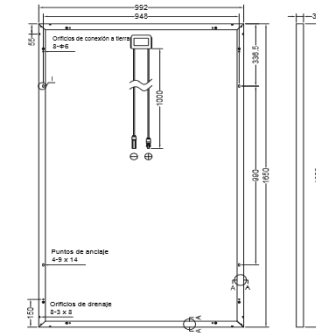
CARACTERÍSTICAS GENERALES

Dimensiones (Longitud/Ancho/Alto)	1650mm / 992mm / 35mm
Peso	18.5kg

ESPECIFICACIONES DE EMBALAJE

Número de módulos por palé	30
Número de palés por contenedor de 40'	28
Dimensiones de la caja de embalaje (L/A/A)	1700mm / 1135mm / 1165mm
Peso de la caja	588kg

Unidad: mm



CONDICIONES OPERATIVAS

Tensión máxima del sistema	1000V _{DC}
Valor máximo del fusible en serie	15A
Limitación de corriente inversa	15A
Rango de temperatura de funcionamiento	-40°C to 85°C
Máxima carga estática frontal (ej. nieve)	5400Pa
Máxima carga estática posterior (ej. viento)	2400Pa
Max. impacto por granizo (diámetro/velocidad)	25mm / 23m/s

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Cubierta frontal (material / espesor)	Vidrio templado de bajo contenido en hierro / 3,2 mm
Célula solar (cantidad / tipo / dimensiones/ número de busbar)	60/ silicio multicristalino / 156.75 mm x 156.75 mm/ 4 o 5
Marcos (material/color/color de anodizado/sellado de bordes)	Aluminio anodizado
Caja de conexiones (grado de protección)	≥ IP67
Cable (longitud / sección transversal)	1000mm / 4mm ²
Conector (tipo / grado de protección)	MC4 / IP68 o YTO8-1/ IP67 o Amphenol H4 / IP68 o Forsol SIKE4 / IP68 o Renhe RH05-6 / IP67

- Debido a la continua innovación, investigación y mejora del producto, la información y las especificaciones citadas en esta hoja de características están sujetas a cambios sin previo aviso. Las especificaciones pueden variar ligeramente y no están garantizadas.
- Los datos no están referidos a un único módulo y no forman parte de la oferta, sirven solo para su comprobación entre diferentes tipos de módulos.

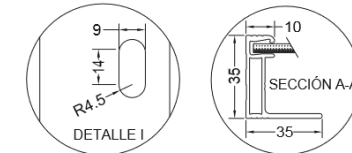
CUALIFICACIONES Y CERTIFICADOS

IEC 61215, IEC 61730, CE, MCS, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, PV Cycle, SA 8000



© Yingli Green Energy Holding Co. Ltd.

DS_YGE60Cell-29b_35mm_EU_EN_20160121_V04



Advertencia: Lea el Manual de Instalación y Uso en su totalidad antes de manejar, instalar u operar módulos de Yingli Solar.

Partners de Yingli:

Yingli Green Energy Holding Co., Ltd.

service@yingli.com

Tel: +86-312-2188055

YINGLISOLAR.COM



Especificaciones técnicas del inversor que se propone para sistema solar fotovoltaico.


/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

FRONIUS

SHIFTING THE LIMITS

FRONIUS GALVO

/ The future of residential solar has arrived - The revolutionary new Fronius Galvo



/ East PC board replacement / SnapINverter Mounting system / Wi-Fi** on board / AFCI & NEC 2014 Ready / Smart Grid Ready

PLUS X AWARD
High Quality
Functionality
Ecology

/ Fronius introduces the brand new Fronius Galvo! The Fronius Galvo is the first and only Wi-Fi** enabled, super lightweight residential inverter that disrupts the residential solar market by providing a list of features never before seen in the solar industry. With the revolutionary Fronius SnapINverter hinge mounting system, which allows for a single person installation in record time, it is no wonder that installers are demanding the Fronius Galvo more than any other string inverter currently available. The Fronius Galvo provides an extra wide voltage window allowing for utmost flexibility in string design. The industry leading Fronius Service Provider program allows full service in less than 15 minutes by one installer with one truck roll.

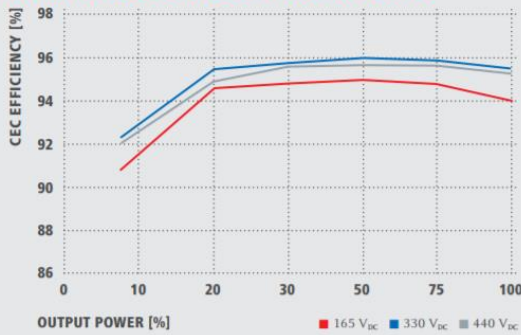
/ System owners are amazed by the attractive new low-profile design, integrated Wi-Fi** with included Fronius Solar.web monitoring portal and Fronius smart phone app, the touch sensitive display, and quiet high-performance. The new Fronius Galvo creates convenience and sets the industry standard in installation, service and overall ownership.

TECHNICAL DATA FRONIUS GALVO

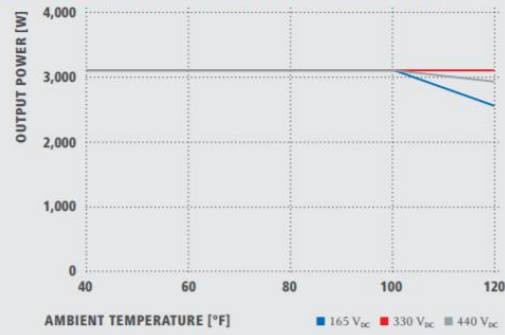
INPUT DATA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.1-1
Recommended PV Power (kWp)	1.2 - 2.4	1.6 - 3.2	2.0 - 3.8	2.5 - 4.5
Max. usable input current	240 V 13.4 A	17.9 A	16.1 A	20.0 A
	208 V 13.4 A	17.0 A	16.1 A	18.7 A
Max. array short circuit current	16.7 A	22.4 A	20.1 A	25.0 A
Nominal input voltage		260 V		330 V
Min./Max. input voltage		120 V / 420 V		165 V / 550 V
DC startup voltage		140 V		185 V
MPP Voltage Range		120 V - 335 V		165 V - 440 V
Admissible conductor size (DC)		AWG 14 to AWG 6 - CU / AWG 6 - AL - solid		
Number of DC input terminals		3x DC+ and 3x DC- screw terminals for solid copper or aluminium and stranded / fine stranded copper		
OUTPUT DATA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.1-1
AC nominal output power	1,500 VA	2,000 VA	2,500 VA	3,100 VA
Max. output power	1,500 VA	2,000 VA	2,500 VA	3,100 VA
Max. continuous output current	240 V 6.3 A	8.3 A	10.4 A	12.9 A
	208 V 7.2 A	9.1 A	12.0 A	14.1 A
Recommended OCPD/AC breaker size	240 V 10.0 A	15.0 A	15.0 A	20.0 A
	208 V 10.0 A	15.0 A	15.0 A	20.0 A
Admissible conductor size (AC)		AWG 14 to AWG 6 - CU / AWG 6 - AL - solid		
Max. output overcurrent protection		20 A		
Grid connection		208 / 240 V		
Frequency		60 Hz		
Frequency range		45 - 65 Hz		
Total harmonic distortion		< 4 %		
Power factor range		0.85 - 1 ind./cap		

*The term Wi-Fi is a registered trademark of the Wi-Fi Alliance.

FRONIUS GALVO 3.1-1 CEC EFFICIENCY CURVE



FRONIUS GALVO 3.1-1 TEMPERATURE DERATING



TECHNICAL DATA FRONIUS GALVO

GENERAL DATA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.1-1	
Dimensions (height x width x depth)		24.7 x 16.9 x 8.1 in.			
Weight		36.05 lbs.		36.93 lbs.	
Protection Class			NEMA 4X		
Night time consumption			< 1 W		
Inverter technology			HF transformer		
Cooling			Variable speed fan		
Installation			Indoor and outdoor installation		
Ambient operating temperature range			-40 - 122°F (-40 - 50°C)		
Permitted relative humidity			0 to 100% (non-condensing)		
Elevation			11483 ft (3500m) with a max. input voltage of 430 V DC		
Certificates and compliance with standards	UL 1741-2010, UL1998 (for functions: AFCI, GFDI and isolation monitoring), IEEE 1547-2003, IEEE 1547.1-2003, ANSI/IEEE C62.41, FCC Part 15 A & B, NEC Article 690, C22. 2 No. 107.1-01 (September 2001), UL1699B Issue 2-2013, CSA TIL M-07 Issue 1-2013				
EFFICIENCY	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.1-1	
Max. efficiency		95.8 %		96.0 %	
CEC efficiency	208 V	94.0 %	94.5 %	95.0 %	95.0 %
	240 V	94.5 %	94.5 %	95.0 %	95.5 %
PROTECTION DEVICES	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.1-1	
Overload behavior			Operating point shift, power limitation		
2014 NEC Ready			Included		
DC Arc Fault Circuit Protection		Internal AFCI Type 1 (Arc Fault Circuit Interrupter); in accordance with UL1699B Issue 2-2013 and CSA TIL M-07 Issue 1-2013			
DC operation modes		ungrounded / neg. grounding in accordance with NEC 2014. Positive grounding in accordance with NEC 2011			
DC Ground fault detector / interrupter		Internal GFDI (Ground Fault Detector/Interruptor); in accordance with UL 1741-2010 and NEC 2014 (negative grounding)			
DC disconnect			Included		
INTERFACES	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.1-1	
Wi-Fi* / Ethernet LAN		Wireless standard 802.11 b/g/n / Fronius Solar.web, SunSpec Modbus TCP, JSON			
Digital inputs/outputs		6 digital configurable I/O + 4 digital inputs + 1 relay contact			
USB (A socket)		For USB sticks- updates, logging			
2x RS422 (R)45 socket		Fronius Solar Net			
Datalogger and Webserver		Included			
RS485		SunSpec Modbus RTU, SunSpec Modbus TCP and Fronius Solar API (JSON, for actual values) or meter connection (Available Fall 2014)			

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

WE HAVE THREE DIVISIONS AND ONE PASSION: SHIFTING THE LIMITS OF POSSIBILITY.

/ Whether welding technology, photovoltaics or battery charging technology – our goal is clearly defined: to be the innovation leader. With around 3,000 employees worldwide, we shift the limits of what's possible - our record of over 1,000 granted patents is testimony to this. While others progress step by step, we innovate in leaps and bounds. Just as we've always done. The responsible use of our resources forms the basis of our corporate policy.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
FACULTAD DE POSTGRADO
ENCUESTA SOBRE RECICLAJE



ESCUELA: RAFAEL PINEDA PONCE CIUDAD: SPS, 10/10/17

Buen día:

La presente encuesta forma parte de un estudio para elaborar la tesis profesional sobre la prefactibilidad de un diseño de aula bioclimática, utilizando plástico como elemento constructivo. Consiste en una escala de valoración y actitudes para medir disposición, participación, importancia y nivel de conocimiento sobre reciclaje.

En esta oportunidad pedimos su ayuda para contestar algunas preguntas. Los alumnos encuestados no fueron elegidos por sus nombres, sino por el grado de escolaridad. Los resultados obtenidos serán sumados y agregados en el documento final de la tesis profesional, por lo que le solicitamos que contestes con la mayor sinceridad posible. Lee muy bien las instrucciones que se presentan al inicio de la encuesta, para responder a cada una de las preguntas.

¡Gracias por su colaboración!

ENCUESTA SOBRE RECICLAJE

NOMBRE: _____ GRADO: _____

INSTRUCCIONES

A continuación, se le presentan una serie de preguntas emplee un lápiz tinta para contestarlas. De la pregunta 1-5 marque con una cruz en el cuadro que aparece bajo la imagen que representa su respuesta. Recuerde: NO se deben marcar dos opciones.

Ejemplo

De acuerdo

Neutral

En desacuerdo



1. Para ti, cuidar el medio ambiente es importante:



2. Consideras que el reciclaje es una buena práctica para ayudar al Planeta Tierra:



3. Estarías dispuesto a colaborar con material de reciclaje para una campaña en la escuela:



4. En cuál de las siguientes imágenes los niños ayudan a evitar la contaminación y proteger el ambiente:



5. En cuál de las siguientes imágenes consideras que se está realizando reciclaje:



6. Cuales de los siguientes materiales puedes traer facilmente a la escuela para se reciclados
(Puedes marcar más de una opción)



Botellas de plástico



Cartón de huevos



Botellas de vidrio

7. A continuación, se le presenta una serie de imágenes, papel, plástico, vidrio, latas y botes de basura. Se le pide que mediante líneas una el material con el bote de basura correspondiente según la clasificación.

Papel



Plástico



Vidrio



Latas



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
FACULTAD DE POSTGRADO

ENCUESTA SOBRE DISPONIBILIDAD DE BOTELLAS PET EN LA CIUDAD DE SAN PEDRO SULA.



CIUDAD: S. P. S. 06/02/18

Buen día:

La presente encuesta forma parte de un estudio de tesis profesional sobre la prefactibilidad de un diseño de aula bioclimática, utilizando plástico como elemento constructivo. Consiste en medir la disponibilidad de botellas PET de diferentes tamaños en pulperías de la ciudad de San Pedro Sula. En esta oportunidad pedimos su ayuda para contestar algunas preguntas. Los resultados obtenidos serán analizados y agregados en el documento final de la tesis profesional, por lo que le solicitamos que conteste con la mayor sinceridad posible. Lea muy bien las preguntas a responder.

¡Gracias por su colaboración!



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

ENCUESTA SOBRE DISPONIBILIDAD DE BOTELLAS PET EN LA CIUDAD DE SAN PEDRO SULA.

NOMBRE DEL ENCUESTADO: _____

NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO: _____

UBICACIÓN: _____

1. ¿Vende productos de bebidas gaseosas en envases plásticos (Botellas PET) en su establecimiento?
- a. Si
 - b. No
- (si su respuesta es no, ha terminado la encuesta)

2. Que cantidad de bebidas gaseosas en envases plásticos (Botellas PET) compra semanalmente según los diferentes tamaños que se le presentan a continuación.

Presentaciones Cantidad comprada

- a. 1.25 L _____
- b. 1.5 L _____
- c. 2 L _____
- d. 2.5 L _____

3. De las opciones de bebidas gaseosas en envase plástico que se presentan a continuación indique en un orden ascendente cual es el tamaño más vendido en su establecimiento. (4 más vendido, 1 el menos vendido).

Tamaño	venta
a. 1.25 litros	_____
b. 1.5 litros	_____
c. 2 litros	_____
d. 2.5 litros	_____

¡Gracias por su colaboración!