

EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PATRIMONIO CULTURAL INMUEBLE PREHISPÁNICO. CASO ESTUDIO: LA PIEDRA CALIZA DE LA ESCALINATA DEL EDIFICIO 216, YAXHÁ, PETÉN GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADOS
MAESTRÍA EN DISEÑO PLANIFICACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL

EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PATRIMONIO
CULTURAL INMUEBLE PREHISPÁNICO.
CASO ESTUDIO: LA PIEDRA CALIZA DE LA ESCALINATA DEL EDIFICIO
216, YAXHÁ, PETÉN GUATEMALA

Tesis presentada por:
ARQUITECTA
WENDY LISSETT ESTRADA AGUIRRE

Para optar al grado académico:
MAESTRA
EN DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL

Guatemala, abril 2023

**JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Decano	Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini
Vocal II	Lcda. Ilma Judith Prado Duque
Vocal III	Arqta. Mayra Jeanett Díaz Duque
Vocal IV	Br. Oscar Alejandro La Guardia Arriola
Vocal V	Br. Laura del Carmen Berganza Pérez
Secretario	Ma. Arq. Juan Fernando Arriola Alegría

TRIBUNAL EXAMINADOR

Decano	Msc. Arq. Edgar Armando López Pazos
Secretario	Arq. Marco Antonio de León Vilaseca
Examinador	Msc. Arq. Otoniel Barrios Toledo
Examinador	Msc. Arqta. Dafne Adriana Acevedo Quintanilla
Examinador	Dr. Arq. Danilo Ernesto Callen Álvarez

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Dr. Arq. Danilo Ernesto Callen Álvarez

ASESOR

Msc. Arq. Otoniel Barrios Toledo

El autor es responsable de las doctrinas sustentadas, originalidad y contenidos del proyecto de graduación, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala

DEDICATORIA

A DIOS

Por su infinito amor

A MIS PADRES

Gloria Isabel Aguirre y Aguirre
Carlos Rodolfo Estrada

A MIS HERMANAS

Marleny Yanira Estrada Aguirre
Helen Yohana Estrada Aguirre
Gloria Lissett Estrada Aguirre

A MIS AMIGOS

Por toda su buena amistad, gracias

A MIS DOCENTES

Por todas sus enseñanzas, gracias

A LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

Por los programas de estudios de postgrado eficientes para el desarrollo de Guatemala

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por ser la máxima casa de estudios superiores de Guatemala

“El lugar como un resultado de la naturaleza y el tiempo: este es el aspecto más importante, la arquitectura es una especie de marcos de naturaleza, con el podemos experimentar la naturaleza de una forma más profunda e íntima” KENGO KUMA

ÍNDICE GENERAL

GENERALIDADES	12
INTRODUCCIÓN.....	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
DELIMITACIÓN.....	15
Delimitación espacial.....	16
Delimitación temporal.....	17
JUSTIFICACIÓN.....	17
ANTECEDENTES	20
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	21
OBJETIVOS.....	21
Objetivo general:.....	21
Objetivos específicos.....	22
METODOLOGÍA.....	22
MARCO TEÓRICO	26
CONCEPCIÓN Y ENFOQUE.....	27
MARCO CONCEPTUAL.....	27
Gestión ambiental.....	27
Estrategias de mitigación	28
Evaluación de riesgos ambientales.....	29
Eficiencia ambiental y productiva	29
Construcción amigable al ambiente	29
Constitución Política de la República de Guatemala.....	30
Decreto número 68-86 del Congreso de la República y sus reformas.....	31
Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos – Acuerdo Gubernativo no. 164-2021:	33
Ley Forestal	34
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	34
Ley para la Protección del Patrimonio Cultural de la Nación Decreto 26-97 del Congreso reformado por el Decreto 81-98	35
Ley de Áreas Protegidas	36
Indicadores para el monitoreo.....	38
DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO	39

GENERALIDADES.....	40
CICLOS REPETITIVOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	40
CAMBIO CLIMÁTICO.....	40
SITUACIÓN ACTUAL DEL CONTEXTO.....	44
Línea de tiempo cambios ambientales 1990-2022.....	46
FACTORES AMBIENTALES.....	51
Piedra caliza.....	55
Cambio climático y la escalinata del edificio 216 del parque nacional Yaxhá Petén, Guatemala.....	59
MEDIO FÍSICO CULTURAL Y NATURAL	63
MEDIO FÍSICO CULTURAL.....	64
MEDIO FÍSICO NATURAL.....	65
SITUACIÓN AMBIENTAL ACTUAL PARQUE NACIONAL YAXHÁ, PETÉN GUATEMALA	66
MEDIO FÍSICO EQUIPAMIENTO	71
EQUIPAMIENTO.....	72
MEDIO DE CONTROL.....	79
MEDICIÓN DE LA VIALIDAD DE LOS ELEMENTOS DE CONSERVACIÓN.....	80
MEDICIÓN DE LA REDUCCIÓN DE AMENAZAS.....	80
MEDICIÓN DEL MANEJO DEL PARQUE.....	80
ANÁLISIS FODA.	82
LÓGICA DE EVALUACIÓN.....	84
PROSPECTIVA CULTURAL Y NATURAL.....	86
MEDIO DE CONTROL.....	86
MEDIO DE CONTROL.....	86
INSTRUMENTOS DE CONSERVACIÓN AMBIENTAL Y CULTURAL	87
Evaluación de impacto ambiental	87
CASOS ANÁLOGOS.....	95
Sitio Arqueológico El Mirador, Guatemala.....	97
Sitio Arqueológico Quiriguá, Guatemala.....	99
Sitio Arqueológico Copán, Honduras.....	102
PROPUESTA	105
Propuesta de mitigación de los efectos y adaptación al cambio climático	106
VISITA DE CAMPO	107

PROPUESTA ARQUITECTÓNICA.....	113
MECANISMOS DE GESTIÓN Y SEGUIMIENTO	127
MECANISMOS DE SEGUIMIENTO	128
MECANISMOS DE FINANCIAMIENTO.....	129
RESULTADOS, CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	131
RESULTADOS	132
CONCLUSIONES.....	133
RECOMENDACIONES	133
BIBLIOGRAFÍA.....	135
ANEXOS	143

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica I: Elementos de justificación.....	19
Gráfica II: Metodología.....	25
Gráfica III: Gestión ambiental.....	27
Gráfica IV: Estrategias de mitigación.....	28
Gráfica V: Evaluación de riesgo ambiental.....	29
Gráfica VI: Variación de la temperatura.....	38
Gráfica VII: Mecanismos de seguimiento.....	126

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama I: Línea de tiempo y datación edificio 216.....	40
Diagrama II: Análisis de riesgo.....	43
Diagrama III: Lógica de evaluación	80
Diagrama IV: Planteamiento metodológico.....	80
Diagrama V: Mecanismos de financiamiento.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Artículos Constitución Política de La República de Guatemala	31
Tabla 2: Artículos Decreto 68-86.....	32-33
Tabla 3: Artículos Acuerdo Gubernativo 164-2021.....	34
Tabla 4: Artículos Ley Forestal, Decreto 101-96	34-35
Tabla 5: Artículos Ley Para la Protección del Patrimonio Cultural de la Nación Decreto 26-97 del Congreso Reformado por el Decreto 81-98.....	36-38
Tabla 6: Artículos Ley de Áreas Protegidas, Decreto 4-89.....	39
Tabla 7: Indicadores de monitoreo.....	40
Tabla 8: Línea de tiempo cambios ambientales.....	48, 49
Tabla 9: Cambios ambientales.....	50-52
Tabla 10: Características del medio ambiente.....	52,53
Tabla 11: Análisis ambiental multicriterio.....	54
Tabla 12: Análisis pérdida de cobertura forestal	56
Tabla 13: Pruebas en piedra caliza.....	59
Tabla 14: Análisis de variables.....	60
Tabla 15: Análisis comparativo.....	60
Tabla 16: Registro de visitantes Parque Nacional Yaxhá.....	66
Tabla 17: Simbología factores atmosféricos.....	70
Tabla 18: Indicadores para el monitoreo, medición de la viabilidad del Patrimonio Natural del Parque Nacional Yaxhá -Nakum-Naranjo.....	82
Tabla 19: Análisis FODA.....	84
Tabla 20: Análisis INSUMOS-PROCESOS-PRODUCTOS	89
Tabla 21: Análisis factores afectados	90

Tabla 22: Cuadro de factores.....	90
Tabla 23: Componentes y acción del proyecto	91
Tabla 24: Matriz de Leopold	81-92
Tabla 25: Matriz CAUSA-AMBIENTE-RIESGO-MITIGACIÓN.....	93
Tabla 26: Rango de valoración.....	93
Tabla 27: Escala de valoración.....	93
Tabla 28: Rangos medida de mitigación.....	93
Tabla 29: Síntesis de evaluación.....	93,94
Tabla 30: Cuadro resumen mecanismos de financiamiento.....	128
Tabla 31: Resultados inmediatos, resultados intermedios.....	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa localización área de estudio.....	16
Figura 2: Localización área de estudio.....	16
Figura 3: Edificio 216, Parque Nacional Yaxhá, Petén Guatemala.....	16
Figura 4: Escalinata norte, Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala.....	54
Figura 5: Muestra piedra caliza.....	57
Figura 6: Reconstrucción idealizada del Edificio 216.....	59
Figura 7: Escalinata norte, Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala.....	62
Figura 8: Edificio 216 y entorno natural Yaxhá, Petén, Guatemala.....	63
Figura 9: Edificio 216 y entorno natural Yaxhá, Petén, Guatemala.....	65
Figura 10: Vegetación existente, vista lateral escalinata edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala.....	69
Figura 11: Mapa análisis características atmosférica reserva Parque Nacional Yaxhá, Petén Guatemala	70
Figura 12: Mapa cuencas de Yaxhá.....	71
Figura 13: Mapa de zonificación.....	74
Figura 14: Mapa de zonificación.....	74
Figura 15: Plaza C, Conjunto astronómico menor Yaxhá, Petén, Guatemala.....	75
Figura 16: Juego de pelota del Palacio Yaxhá, Petén, Guatemala	75
Figura 17: Juego de pelota del Palacio Yaxhá, Petén, Guatemala.....	76
Figura 18: Acrópolis Norte Yaxhá, Petén, Guatemala	76
Figura 19: Alto relieve Acrópolis Norte Yaxhá, Petén, Guatemala.....	76
Figura 20: Plaza B o plaza de las columnas Yaxhá, Petén, Guatemala.....	77

Figura 21: Acrópolis Este, Templo de las manos rojas Yaxhá, Petén, Guatemala.....	78
Figura 22: Acrópolis Este, Templo de las manos rojas (edificio 216) Yaxhá, Petén, Guatemala.....	78
Figura 23: Vista hacia laguna Yaxhá desde Acrópolis Este, Templo de las manos rojas (edificio 216) Yaxhá, Petén, Guatemala.....	79
Figura 24: Vista hacia laguna Yaxhá desde Acrópolis Este, Templo de las manos rojas (edificio 216) Yaxhá, Petén, Guatemala.....	79
Figura 25: Mapa de localización sitio arqueológico El Mirador, Guatemala	96
Figura 26: Localización Parque Nacional El Mirador, Izabal Guatemala	96
Figura 27-30: Estructura 34, Templo de la Garra del Jaguar, El Mirador.....	97
Figura 31: Mapa de localización sitio arqueológico Quiriguá, Guatemala	98
Figura 32: Localización Parque Nacional Quiriguá, Izabal Guatemala	98
Figura 33: Estela Parque Nacional Quiriguá, Izabal Guatemala	99
Figura 34: Vista general Parque Nacional Quiriguá, Izabal Guatemala	100
Figura 35: Estela 10, Parque Nacional Quiriguá, Izabal Guatemala	100
Figura 36: Mapa de localización sitio arqueológico Copán, Honduras.....	101
Figura 37: Localización Parque Nacional Copán, Honduras	101
Figura 38: Parque Nacional Copán, Honduras	102
Figura 39: Parque Nacional Copán, Honduras	102
Figura 40-42: Cubierta protectora Parque Nacional Copán, Honduras	103
Figura 43-62: Elementos arquitectónicos prehispánicos y entorno natural	107-110
Figura 63-65: Levantamiento de medición de áreas.....	111
Figura 66: Planta 2d Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala.....	112
Figura 67: Perfil Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala	112
Figura 68: Postes de madera de 2 usos.....	113
Figura 69: Sarán verde con grado de 70% ante la protección a los rayos Uv y los cambios de temperatura.....	113
Figura 70: Alambre galvanizado calibre 20.....	113
Figura 71: Abrazadera para cable.....	113
Figura 72: Ancla cónica.....	113
Figura 73: Cable para anclaje.....	114
Figura 74: Guardacabo galvanizado.....	114
Figura 75-81: Vegetación existente escalinata Edificio 216, Yaxhá Petén	116-115
Figura 82-98: Vistas 3D, entorno natural y Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala.....	116-122
Figura 99: Vista 3D, estructura.....	123
Figura 100-101: Anclaje estructura	123

Imágenes de portadas

Edificio 216 y su entorno natural, Parque Nacional Yaxhá Petén, Guatemala.

Fotografías: INGUAT



GENERALIDADES

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

La arquitectura es la expresión gráfica de una sociedad, representa su legado histórico y cultural, en cual con el paso de años un elemento patrimonial tangible de las sociedades. Las culturas muestran distintas formas de evolución al paso de los años, presentan variedad de arquitectura según su ubicación geográfica, materiales y clima. El principal resultado de la investigación se enfoca en la observación del paso del tiempo y el efecto que ha ocasionado el cambio climático en el patrimonio cultural inmueble prehispánico, caso estudio: piedra caliza de la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén Guatemala, de igual forma como resultado de la investigación se obtendrá el diseño de estructura para la mitigación del impacto ambiental, en la estructura mencionada.

El Cambio climático es la variación global del clima en el globo terráqueo. Esta variación se debe a causas naturales y a la acción del hombre, se produce sobre todos los parámetros climáticos; temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc., a diversas escalas de tiempo.¹

La intervención del ser humano en el entorno natural, por la búsqueda de la solución a las necesidades primarias, ha causado un impacto en el paisaje natural el cual ha contribuido al cambio climático. La presencia del ser humano en el Parque Nacional Yaxhá, tiene un impacto significativo y cada vez mayor.

...El cambio climático y la presencia humana han dañado parte de la cultura de país...²

¹ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *El Cambio Climático*, Cumbre de Cambio Climático COP21, Gobierno de España, (2014).

² Rigoberto Escobar, Plan Conserva Estructuras Mayas, Guatemala (2018).

Yaxhá, se le conoce como Yaxhá, Yax-ha y Yax-há, actualmente está catalogado como Parque Nacional,³ situado al noreste del departamento del Petén, entre los municipios de Flores y Melchor de Mencos, cuenta con distintos elementos arquitectónicos, entre ellos el edificio 216. El parque Nacional Yaxhá es un refugio que permite apreciar una combinación equilibrada de biodiversidad y patrimonio cultural prehispánico. Debido a la presencia de impresionantes lagunas y humedales que forman parte de las principales rutas de aves migratorias, el parque ha sido reconocido como humedal de importancia mundial. Cuenta con una belleza paisajística debido a la integración de la laguna de Yaxhá y la laguna de Sacnab, esta es una de las principales fuentes de abastecimiento de recurso hídrico.

... Los valores paisajísticos son numerosos, dado que es una región que reúne en un mismo lugar lo natural con lo cultural, viéndose un elemento como complemento del otro...⁴

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante los últimos 32 años (1990-2022) el Parque Nacional Yaxhá, se ha visto expuesto a las constantes variantes ambientales y atmosféricas.

Las características del clima varían de acuerdo con la región, cada región contempla condiciones climáticas propias, determinado por la cantidad de lluvia, los vientos, temperatura, humedad, entre otros. Por ello los daños ocasionados a causa del cambio climático en la escalinata del edificio 216, en el Parque Nacional Yaxhá, no serán los mismos que de alguna otra ciudad prehispánica de otra región.

Como ejemplo de otra región es el sitio prehispánico de Samabaj, Atitlán, Sololá, Guatemala. El cual, debido al cambio climático, ocasionó la modificación al nivel del agua del lago de Atitlán.

³ Un parque nacional es una categoría de área protegida que goza de un determinado estatus legal que obliga a proteger y conservar la riqueza de su flora, su fauna y su patrimonio cultural tangible. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Gobierno de España.

⁴ Danilo Callen, Gustavo Martínez, Tania Cabrera; "El Impacto de la Restauración en la Arquitectura Original de los Monumentos del Grupo Maler y Calzada Blom, Yaxhá, Petén", Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Programa Universitario de Investigación en Cultura, Pensamiento e Identidad de la Sociedad Guatemalteca, Facultad de Arquitectura, (2019).

...El descubrimiento de Samabaj demostró que el nivel del agua del lago de Atitlán era 15 metros menor que el nivel actual, demuestra que el paisaje del lago en la época prehispánica era diferente al que apreciamos en la actualidad...⁵

La arquitectura prehispánica presenta desde los inicios el uso de materiales de la región en donde se sitúa la ciudad histórica, para la construcción de las estructuras, se utilizaba: piedra, piedra caliza y madera, entre otros, estos materiales de construcción los extraían del entorno natural, entre estos cerros, ríos y árboles, ocasionado así un prematuro deterioro ambiental.

Desde el inicio del emplazamiento de la ciudad de Yaxhá, el medio ambiente fue en decadencia, esto sumado al inadecuado manejo de los recursos naturales, las construcciones desmedidas y la explotación de los recursos, provocó el inicio del deterioro ambiental en dicha región. Los edificios que conforman el conjunto de elementos arquitectónicos de Parque Nacional Yaxhá fueron construidos con los mejores materiales vírgenes de la región, esto colaboró que hasta la época actual muchos de ellos permanezcan en pie, y varios de ellos sufran intervenciones por los trabajos de restauración y el mantenimiento adecuado constante.

Debido a los cambios ambientales de los últimos 32 años (1990-2022), la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, se encuentra vulnerable a un inminente deterioro, por ello el planteamiento de la presente investigación.

DELIMITACIÓN

La delimitación del tema investigado consiste en dos desgloses; delimitación geográfica y delimitación temporal que se describen a continuación:

⁵ "Oxlajuj B'aktun, La Cuenta de los Días", Fundación G&T Continental, No. 42, pág. 22, Guatemala, (2014).

Delimitación espacial

Se delimitó la presente investigación en el efecto que el cambio climático ha ocasionado en la piedra caliza de la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén Guatemala. La adaptación de la piedra caliza ante el impacto que provoca el cambio climático en los elementos ambientales y atmosféricos alterados en los últimos 32 años (1990-2022), presenta ciertos grados de deterioro, por tales motivos se plantea la investigación del estudio de caso.

Entre enfoques más integrales para el análisis comprendemos que las principales causas que provocan el cambio climático son: alta evaporación del agua (fundamental del ciclo hidrológico), dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, ozono, todas ellas relacionadas con procesos naturales y causas vinculadas con la actividad humana.⁶

Ver figuras; 1, 2 y 3, localización.

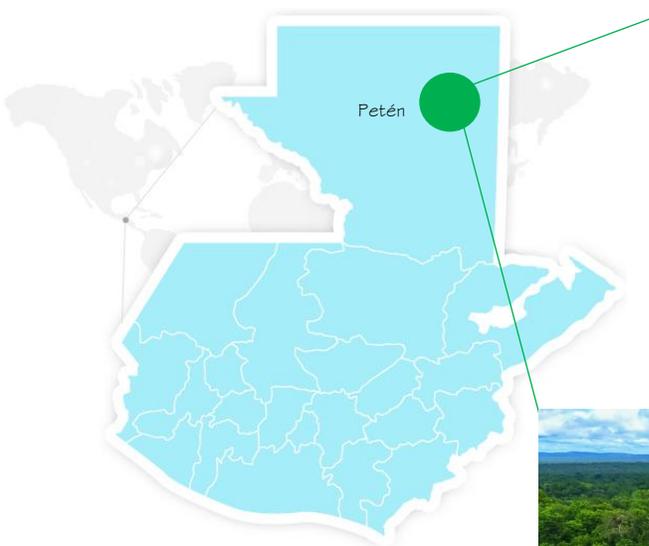


Figura 1.
Mapa de localización área de estudio
Fotografía: Google Earth 2020



Figura 2.
Parque Nacional Yaxhá, Petén Guatemala
Latitud: 17°06'54"N Longitud: 89°23'02"O
Fotografía: Google Earth 2022



Figura 3.
Edificio 216, Parque Nacional Yaxhá, Petén Guatemala
Fotografía: INGUAT

⁶ *Causas del cambio climático*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Gobierno de México, (2018).

Delimitación temporal

La delimitación temporal se enfocará en cuanto a lo sucedido en los últimos 32 años (1990-2022) en base a las modificaciones en la piedra caliza de la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén Guatemala a causa del cambio climático, todo esto representado en una línea de tiempo.

(Ver página 46: Línea de tiempo cambios ambientales 1990-2022)

JUSTIFICACIÓN

El problema del cambio climático es un tema que involucra a todos, es responsabilidad del ser humano hacia el que se deben dirigir todos con conciencia colectiva por lograr el adecuado manejo ambiental.

Según datos de ONU el principal objetivo del Acuerdo de París es reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo el aumento de la temperatura mundial en este siglo por debajo de los 2°C respecto de los niveles preindustriales y proseguir con los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5 °C.⁷ Lo anterior ha causado el deterioro del entorno natural, contaminación visual y auditiva, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

...Aprovechar el impulso, la cooperación y la ambición, ya que todavía tenemos un largo camino por recorrer. Se necesita mucho más para neutralizar las emisiones de carbono para 2050 y limitar el calentamiento global a 1,5°C para finales de siglo. Necesitamos más planes concretos, más ambición, más países y más negocios. Necesitamos que todas las instituciones financieras, públicas y privadas, elijan de una vez por todas, la economía verde...⁸

⁷ 21ª conferencia en París 2015, Acuerdo de París, Organización para las Naciones Unidas, ONU

⁸ Cumbre sobre la Acción Climática, Organización para las Naciones Unidas, ONU, (2019).

Existen hechos que los científicos inciden que son de enorme utilidad para comprender la fuente del problema, según informe del Cambio Climático de la ONU⁹ La concentración de GEI (gas de efecto invernadero) en la atmosfera terrestre está directamente relacionada con la temperatura media mundial de la Tierra, esta concentración ha ido aumentando progresivamente desde la época antigua, y con ella, la temperatura del planeta, el GEI más abundante, alrededor de dos tercios de todos los tipos de GEI, es el dióxido de carbono (CO2) que resulta de la quema de combustibles fósiles.

A medida que la población, el nivel de vida y el mal aprovechamiento de los recursos naturales van en crecimiento, crece de igual forma el nivel acumulado de emisiones de este tipo de gases.

*...Después de más de un siglo y medio de industrialización, deforestación y agricultura a gran escala, las cantidades de gases de efecto invernadero en la atmósfera se han incrementado en niveles nunca antes visto en tres millones de años...*¹⁰

Según el Informe Ambiental del Estado de Guatemala, presentado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2012), se evidencia que en el país se emiten 55 mil toneladas de Gases de Efecto Invernadero-GEI-, anualmente,¹¹ lo que provoca la contaminación ambiental y causa un deterioro en el patrimonio cultural tangible prehispánico.

Parte de la investigación se enfoca en el territorio nacional, específicamente en la piedra caliza de la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén Guatemala. Pero ¿cuáles han sido los efectos del cambio climático en la escalinata?

⁹ Cambio Climático, Medio Ambiente, Organización para las Naciones Unidas, ONU

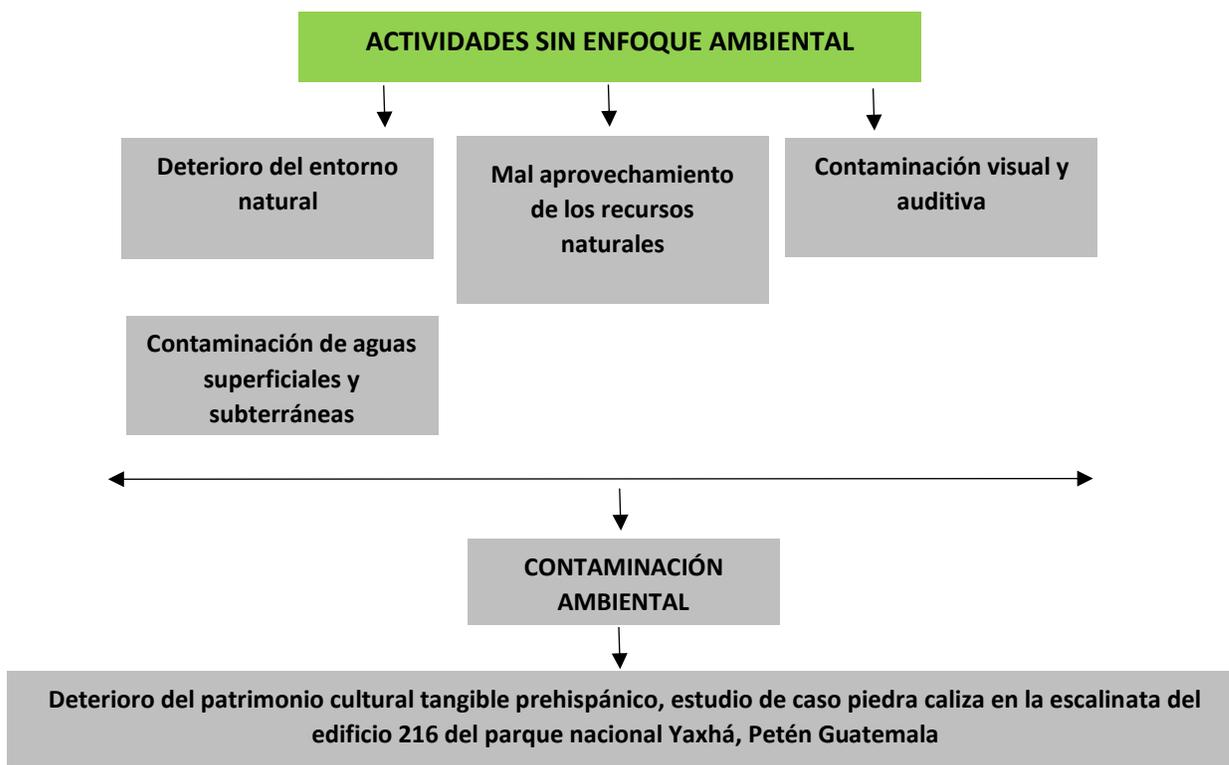
¹⁰ *La Huella Humana en los Gases de Efecto Invernadero, Cambio Climático, Medio Ambiente*, Organización para las Naciones Unidas, ONU

¹¹ "Guatemala, un País con poca conciencia ambiental". Artículo. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno de Guatemala

En base a esta interrogante se analizará el comportamiento ante el efecto del cambio ambiental del material utilizado en la escalinata del edificio 216, del parque Nacional Yaxhá, Petén.

...El análisis de escenarios climáticos, realizado para América Latina, pronostican que la región centroamericana será seriamente afectada por la intensificación de sequías en el Pacífico y huracanes en el Atlántico, así como por la alteración de los regímenes climáticos, con menos días de lluvia y lluvias más intensas...¹²

GRÁFICA I
ELEMENTOS DE LA JUSTIFICACIÓN



Gráfica I
Elementos de justificación
Gráfica elaboración propia marzo 2020

¹² Revisión. Rojas, Oscar, Viceministerio de Patrimonio Cultural y Natural de Ministerio de Cultura y Deportes y World Monument Fund, Prince Claus Fund for Culture and Development. Supervisora de la publicación "Metodología de Gestión de Riesgo Climático para Sitios y Parques Arqueológicos". Serviprensa. (2013). ISBN: 978-9929-618-32-9

ANTECEDENTES

Según el estudio de caso Cambio Climático y Patrimonio Mundial de UNESCO,¹³ Las modificaciones en el clima provocarán la desestabilización de las condiciones ambientales, éstas ponen en peligro la conservación del medio natural, lo cual promueve el cambio climático que afecta la conservación de los bienes del patrimonio mundial, natural y cultural.

Debido a la etapa de abandono las áreas donde se encuentran emplazadas las ciudades prehispánicas, pasan por la regeneración natural esto debido a que al pasar los años la vegetación florece nuevamente, el ambiente natural se regenera. Debido al cambio climático y la actividad humana estos sitios presenta impactos ambientales desfavorables para su conservación.

...El área maya es una de las más grandes de toda Mesoamérica y se caracteriza por una gran diversidad de ambientes geográficos: Las regiones montañosas de Chiapas y Guatemala, otrora cubiertas de selva, las llanuras semiáridas del norte de Yucatán.... Las llanuras del Petén, Belice y del sur de Campeche y Quintana Roo... surcadas por grandes ríos y ricas en lagunas. Aquí se desarrolló la cultura maya arqueológica, que tuvo en las diferentes regiones y periodos características peculiares...¹⁴

El daño a las estructuras prehispánicas a causa del cambio climático es inminente, por ello, en la búsqueda de una solución viable a este problema, se realiza el presente estudio.

¹³ Colette Agustín. *Estudio de caso, Cambio climático y patrimonio mundial*, Centro de Patrimonio Mundial. UNESCO, (2007).

¹⁴ Alesandra Pecci, Davide Domenici, *Arte precolombiana*, Fehmman Kolón GmbH, Italy, pág.118

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cuáles han sido los efectos del cambio climático en el patrimonio cultural inmueble tangible?
- ¿Cómo las edificaciones históricas enfrentan el cambio climático en Guatemala?
- ¿Cómo ha sido el impacto ambiental en los últimos 32 años (1990-2022) a causa del cambio climático en la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá Petén Guatemala?

OBJETIVOS

Objetivo general:

Diseñar una estrategia con las medidas por implementar la cual permita mitigar el impacto ambiental a causa del cambio climático, contribuyendo a la conservación en el patrimonio cultural inmueble prehispánico, caso estudio: de las escalinatas del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén Guatemala.

Objetivos específicos

- Investigar las características de los materiales y analizar el impacto ambiental ocasionado en la piedra caliza de la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén, Guatemala.
- Analizar recursos naturales en el sitio de Yaxhá que se ven más afectados por intervención del ser humano.
- Analizar casos análogos que presenten alto impacto ambiental debido al cambio climático.
- Aplicar estrategias para mitigar el impacto ambiental producto del cambio climático en la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén, Guatemala.

METODOLOGÍA

La metodología se desarrollará mediante el método mixto con información cuantitativa y cualitativa, que comprende los siguientes pasos:

Recolección de datos

Fase investigativa, recabando toda la información que sea útil para realizar la investigación. La recolección de datos de fuentes primarias y secundarias en cuanto a los impactos ambientales negativos a causa del cambio climático en la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén, Guatemala.

Se procederá a implementar la recolección de datos por medio de entrevistas, análisis visual, visitas de campo, documentación y análisis de laboratorios. Para la implementación de técnicas y solución de los impactos que el cambio climático pueda ocasionar en la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén, Guatemala, por medio de diseños arquitectónicos óptimos.

Se hace el uso de mapa mental como proceso de agrupamiento de los conceptos obtenidos en la recolección de datos, enfocándose en entorno natural, contaminación de aguas, impacto en el ambiente, socialización ambiental, calidad del suelo, calidad de aire, temperatura, vulnerabilidad de las estructuras ante los efectos ambientales ocasionados por el cambio climático, entre otros.

Investigación de campo

Se llevó a cabo visita al Parque Nacional Yaxhá, Petén Guatemala en el proceso de recolección de datos, esto como análisis contextual del proceso de investigación.

El Edificio 216 es el más relevante del conjunto, es parte de la Acrópolis Este y esta ubicado en el sector más elevado de todo el sitio. Es una construcción de más de 30m de altura que consta de una pirámide de nueve plataformas escalonadas que sostienen un templo con dos cámaras.¹⁵

La pirámide escalonada tiene una altura de 23.25m y sus nueve plataformas superpuestas tienen las esquinas redondeadas. En su fachada oeste se adosa una escalinata cuyo ancho máximo es de 7.50m y pendiente de 45° aproximadamente. Por encima de la pirámide se encuentra la plataforma de sustentación del templo, la cual fue investigada por medio de una trinchera en todo su entorno, también las esquinas son redondeadas y tiene una altura de 1.45m. El templo está formado por dos cámaras, según las investigaciones de presentadas en los avances de los trabajos de restauración en edificios mayores de Nakum, Topoxte y Yaxhá, en el X Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1996, dichas cámaras se encontraron completamente llenas de escombros provenientes del derrumbe de la bóveda de la primera cámara y la crestería. El muro este poseía un portal con tres accesos y a la segunda cámara se llega por una puerta central de 2m de ancho.

¹⁵Noriega, Raúl E. *Avance en los trabajos de restauración en edificios mayores de Nakum, Topoxte y Yaxhá*. En X Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, (1997). (editado por J.P. Laporte y H. Escobedo), (pp.266-280). Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala (versión digital).

Sobre el techo del templo son visibles los restos de muros que conformaron parte de una crestería que estuvo soportada por el muro central y posterior del templo.

Matrices de análisis

Elaboración de matrices de análisis, analizando la situación actual de la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén, Guatemala, lo que ofrece un claro diagnóstico para obtener la implementación de la adecuada mitigación ambiental.

Imágenes satelitales

Análisis mediante imágenes satelitales, localización y ubicación del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén.

Datos meteorológicos

Análisis de las características atmosféricas que afectan la región del Parque Nacional Yaxhá, entre ellas: isoterma temperatura promedio anual, nivel isoceraunicos de día con descarga eléctrica o truenos promedio, isoyetas anuales, clasificación eólica, temperatura y vientos predominantes.

Depuración de la información

Se procede a seleccionar la información que se encuentre directamente relacionada con la investigación planteada porque presenta un valor agregado en cuanto a la solución de la problemática planteada, se desecha toda aquella información que pueda ser prescindible.

Prefiguración implementación elementos de mitigación en escalinata del Edificio 216 Yaxhá, Petén, vulnerables al impacto ambiental a causa del cambio climático

Se llegó a definir la morfología de la estructura estándar con características mínimas de mitigación necesarias para la disminución del impacto ambiental ocasionado por el cambio climático, en la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén.

GRÁFICA II METODOLOGÍA



Gráfica II
Metodología
Gráfica elaboración propia marzo 2020



MARCO TEÓRICO

Capítulo 2

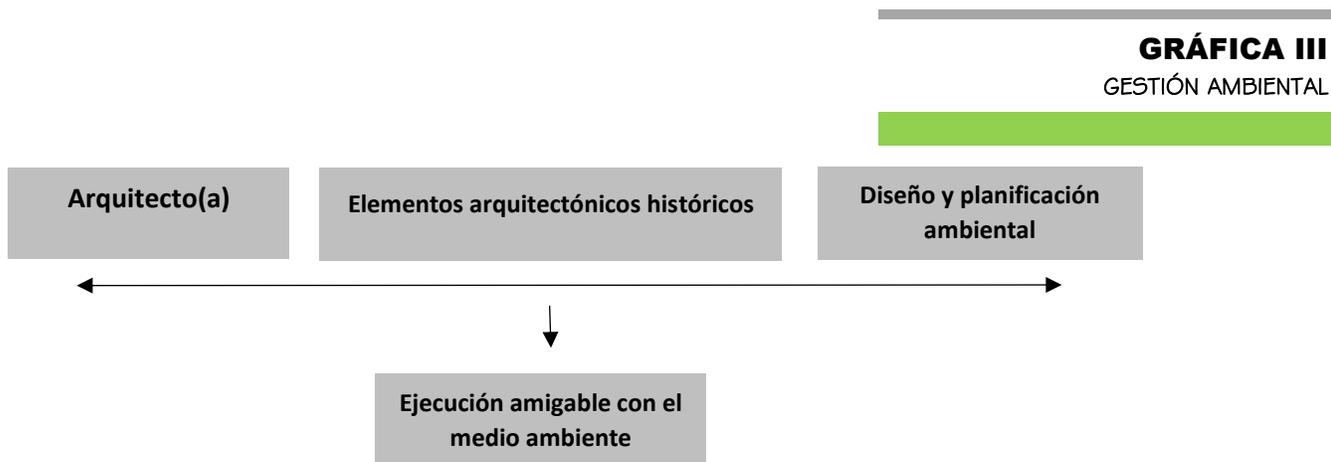
CONCEPCIÓN Y ENFOQUE

La concepción de la investigación se basa en el problema de investigación basado en los antecedentes, estos son el punto de partida para la solución a la problemática. El enfoque está dirigido a generar estructuras estándar para protección de la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, como medida de mitigación ante los impactos ocasionados por el cambio climático, contribuyendo al diseño y ejecución amigables con el medio ambiente

MARCO CONCEPTUAL

Gestión ambiental

Se tomará como concepto de gestión ambiental a las estrategias mediante las cuales se organizan las actividades humanas que afectan el medio ambiente, buscando como resultado el adecuado desarrollo de las actividades humanas amigables con el entorno natural.¹⁶



Gráfica III
Gestión ambiental
Gráfica elaboración propia marzo 2020

¹⁶ Gestión ambiental, Gestión de recursos naturales, GRN, Santiago de Chile, (2016).

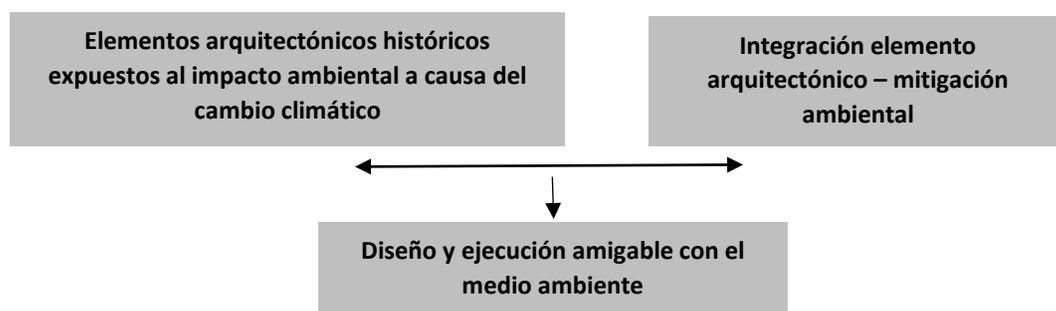
El modelo de desarrollo ambiental que se pretende implementar en la investigación será realizar el diseño, planificación arquitectónica y manejo ambiental, en la búsqueda de la mitigación del impacto ambiental a causa del cambio climático en la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén.

Estrategias de mitigación

La estrategia ambiental es un plan cuya finalidad es mitigar los daños ocasionados en la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, a causa de los efectos del cambio climático en los recursos naturales y atmosféricos.

El plan estratégico del adecuado manejo ambiental es de carácter nacional que instruya y socialice en la población en general, los conceptos de integración ambiental y líneas de acción presente y futura en materia de concebir el adecuado manejo de los recursos naturales para que mitiguen el impacto ambiental que ocasiona el cambio climático.

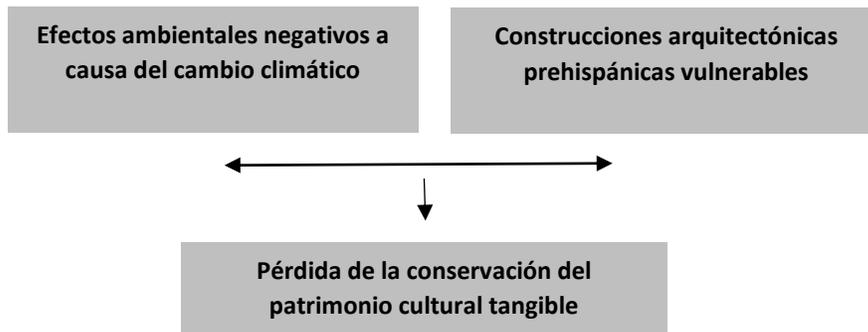
GRÁFICA IV ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN



Gráfica IV
Estrategias de mitigación
Gráfica elaboración propia marzo 2020

Evaluación de riesgos ambientales

Implementar la evaluación de riesgo ambiental para los pasos de proceso ambiental mediante la medición del daño ambiental que ocasione el cambio climático al elemento arquitectónico histórico en mención.



Gráfica V.
Evaluación de riesgo ambiental
Gráfica elaboración propia marzo 2020

GRÁFICA V EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL

Eficiencia ambiental y productiva

Al tomar en cuenta el compromiso cultural y ambiental que adquiere el estudio realizado se colabora con a la conservación de elementos arquitectónicos históricos expuestos a los impactos ambientales ocasionado por el cambio climático para el adecuado manejo ambiental de los sitios histórico.

Construcción amigable al ambiente

Con base a la estrategia del modelo estándar por implementar para la mitigación de los impactos negativos en el ambiente a causa del cambio climático y el efecto que estos impactos causan sobre la arquitectura prehistórica expuesta.

Esta metodología está basada en diagnósticos de campo del patrimonio cultural tangible y natural del Parque Nacional Yaxhá, Petén con alto grado de vulnerabilidad al impacto ambiental, con el fin de establecer los impactos generados a causa del cambio climático y las medidas de mitigación que podrán adoptarse, implementando el adecuado manejo del patrimonio cultural tangible y natural del sitio. Para facilitar la recopilación y análisis de información, se elaboraron instrumentos de trabajo para cada aspecto en particular.

El efecto del cambio climático también ha repercutido en otros sectores de los cuales demanda medidas de mitigación, razón por la cual se incluye un análisis general de las siguientes actividades: entorno natural, cambios de temperatura, evaporación del agua, dióxido de carbono, ozono, metano, óxido nitroso y causas vinculadas con la actividad humana.

Principales causas del cambio climático

Se comprenderá que las principales causas que provocan el cambio climático son: Dióxido de carbono, ozono, alta evaporación del agua, metano, óxido nitroso, todas ellas relacionadas con procesos naturales y causas vinculadas con la actividad humana.¹⁷

MARCO LEGAL Y NORMATIVO

Para conocer la normativa relacionada con el medio ambiente, los recursos naturales y la conservación de patrimonio cultural, se identificaron a nivel nacional, las normas constitucionales, los mandatos institucionales y las leyes o disposiciones relacionadas con el tema.

Constitución Política de la República de Guatemala

La Constitución de la República de Guatemala indicará todas las normas necesarias para garantizar la utilización y el aprovechamiento de la fauna, flora, tierra y agua, se realicen racionalmente, evitando así su deterioro.

¹⁷ Colette Agustín. *Estudio de Caso, Cambio Climático y Patrimonio Mundial*, Centro de Patrimonio Mundial. UNESCO, pág.15, (2007).

*El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico.*¹⁸

LEY	ARTÍCULOS	APLICACIÓN AL PROYECTO
CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA	<p>Artículo 64, que se refiere al patrimonio natural, indica: “Se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la nación. El estado fomentará la creación de parques nacionales, reservas y refugios naturales los cuales son inalienables. Una ley garantizará su protección de la fauna y la flora que en ellos exista”.</p> <p>Artículo 97, que se refiere al medio ambiente y equilibrio ecológico, establece: “El estado, las Municipalidades y los habitantes del territorio Nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente evitando su depredación”.</p>	<p>Implementación de plan de mitigación según los artículos mencionados que prevengan el deterioro del patrimonio natural y cultural, siento este en la aplicación de la prevención del deterioro a causa del cambio climático en la escalinata del Edificio 216 en Yaxhá, Petén.</p>

Tabla 1:
La tabla muestra artículos Constitución Política de La República de Guatemala
Tabla elaboración propia, marzo 2022

Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente

Decreto número 68-86 del Congreso de la República y sus reformas

La prevención, regulación y control de cualesquiera de las causas o actividades que originen deterioro del medio ambiente y contaminación de los sistemas ecológicos, y excepcionalmente, la

¹⁸ Artículo 97, Constitución Política de la República de Guatemala, (1985).

*prohibición en casos que afecten la calidad de vida y el bien común.*¹⁹

Articula las competencias de gobierno en torno a varios temas ambientales, a los cuales se les denomina componentes del sistema ambiental.

*Se emitirán reglamentos para regular "...la descarga de cualquier tipo de sustancias que puedan alterar la calidad física, química o mineralógica del suelo o del subsuelo que le sean nocivas a la salud o a la vida humana, la flora, la fauna y a los recursos o bienes.*²⁰

El estado debe promover, apoyar y acompañar los procesos que fortalezcan la administración, economía, política y fiscal de la gestión ambiental y los recursos naturales, mediante un rol de facilitado, con el fin de fortalecer la gestión amigable con el entorno natural. Así mismo debe fortalecer la gestión solidaria, y concientizada que promueva la participación de profesionales, sector privado, sectores públicos para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos, el desarrollo de construcciones amigables con el entorno natural, el manejo de aguas, y recursos naturales.

LEY	ARTÍCULOS	APLICACIÓN AL PROYECTO
LEY DE PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE (DECRETO 68-86 DEL CONGRESO DE LA REPÚBLICA Y SUS REFORMAS).	Artículo 8° "Para todo Proyecto, obra, Industria, o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, el ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario, previamente a su desarrollo, un estudio de evaluación de impacto ambiental, realizado por los técnicos en la materia y aprobado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente.	Estudio de evaluación de impacto ambiental en el área del Edificio 216, Yaxhá, previamente al iniciar el proyecto.

Tabla 2:
La tabla muestra artículos Decreto 68-86
Tabla elaboración propia, marzo 2022

¹⁹ Artículo 12, Inciso B, Decreto 68-86, Ley General de Ambiente, (1986).

²⁰ Artículo 16, Inciso B, Decreto 68-86, Ley General de Ambiente, (1986).

Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos – Acuerdo Gubernativo no. 164-2021:

Que el manejo de los desechos debe tener un tratamiento integral en el que se prevenga y reduzca la nocividad, que transforme los modelos actuales de manejo hacia un modelo sostenible, asegurando la puesta en obra de sistemas de gestión optimizada y adaptada de los residuos urbanos comunes, residuos de manejo especial y residuos peligrosos. Por lo anterior, es necesario implementar un plan nacional de coordinación y manejo de los diferentes tipos de desechos en el país, para propiciar las acciones de los distintos entes responsables de su manejo.²¹

La carencia de manejo de los desechos sólidos en Guatemala, es uno de los principales indicadores de contaminación creciente en el país, lo cual este ha generado un significativo impacto sobre el medio ambiente y los ecosistemas, se puede observar en la degradación de los ambientes cada vez mayor, lo cual es alarmante y evidente al observar los residuos dispersos en ríos, mares, lagos, bosques, y otros.

LEY	ARTÍCULOS	APLICACIÓN AL PROYECTO
ACUERDO GUBERNATIVO 164-2021 “REGLAMENTO PARA LA GESTION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SOLIDOS COMUNES”	Artículo 12. CLASIFICACIÓN. Todas aquellas personas, individuales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras que, como resultado de sus actividades produzcan residuos o desechos sólidos comunes, deberán separarlos al momento de su generación, de acuerdo con la clasificación siguiente: Orgánico e inorgánico	Implementar dentro de las medidas de mitigación la clasificación de los residuos y desechos sólidos comunes, como indica el artículo, en orgánico e inorgánico.

Tabla 3:
La tabla muestra artículos Acuerdo Gubernativo 164-2021
Tabla elaboración propia, marzo 2022

²¹ Política Nacional para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos – Acuerdo Gubernativo no. 111-2005, Guatemala, (2005).

Ante la complejidad y lo extenso del correcto manejo de los residuos y desechos sólidos surge la necesidad de promover y emprender acciones que permitan la participación de los diferentes actores de la sociedad en la solución a través de la comprensión de la problemática y el aporte de técnicas en pro del ambiente que permitan dar respuestas viables ambientalmente y brindar así la solución.

Ley Forestal Decreto 101-96

LEY	ARTÍCULOS	APLICACIÓN AL PROYECTO
LEY FORESTAL DECRETO 101-96	Artículo 67. Obligaciones de la repoblación forestal. Adquieren la obligación de repoblación forestal las personas individuales o jurídicas.	Implementar dentro de las medidas de mitigación el plan de forestación dentro de parque Nacional Yaxhá.

Tabla 4:
La tabla muestra artículos Ley Forestal, Decreto 101-96
Tabla elaboración propia, marzo 2022

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Consiente que nuestro país cuenta con un alto potencial turístico y eco turístico; y que la problemática ocasionada por el manejo inadecuado de los desechos sólidos, ya es una situación ampliamente conocida, dado los múltiples estudios y proyectos que diversos entes, organizaciones e instituciones nacionales e internacionales, han desarrollado sobre la materia; con el apoyo de la Presidencia de la República creó la Comisión Nacional para el Manejo Integrado de Desechos Sólidos –CONADES-, misma que quedo presidida por el Señor Ministro y cuya administración para la coordinación y operación quedo adscrita y dependiente directamente del MARN, con el objeto de rediseñar y modernizar la gestión en el tema.²²

²² Política Nacional para El Manejo Integral De Los Residuos Y Desechos Sólidos – Acuerdo Gubernativo no. 111-2005, (Guatemala 2005).

Ley para la Protección del Patrimonio Cultural de la Nación Decreto 26-97 del Congreso reformado por el Decreto 81-98

Tiene como objeto regular la protección, defensa, investigación, conservación y recuperación de los bienes que integran el Patrimonio Cultural de la Nación.

Creación de instrumentos

Generar una serie de instrumentos que promuevan y faciliten la participación de la iniciativa en el manejo de los recursos naturales, y patrimonio cultural, así como la disminución del peligro que esto conlleva y los impactos negativos al ambiente, en conjunto con los programas ya establecidos.

Las acciones principales de la creación de esta actividad estratégica son:

- Facilitar la creación de instrumentos para propiciar el daño que ocasionan al ambiente los desechos sólidos.
- Facilitar la creación de incentivos económicos y/o fiscales destinados a mejorar la aplicación de los estándares y las normas.
- Incentivar a las instituciones encargadas de la protección del patrimonio nacional, la socialización e implementación de planes de acción, promoviendo así la conservación de la arquitectura prehispánica, con modelos amigables con el medio ambiente y los recursos naturales.

LEY	ARTÍCULOS	APLICACIÓN AL PROYECTO
<p>LEY PARA LA PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL DE LA NACIÓN DECRETO 26-97 DEL CONGRESO REFORMADO POR EL DECRETO 81-98</p>	<p>Artículo 9.- Protección. Los bienes culturales protegidos por esta ley no podrán ser objeto de alteración alguna salvo en el caso de intervención debidamente autorizada por la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural. Cuando se trate de bienes inmuebles declarados como Patrimonio Cultural de la Nación o que conforme un Centro, conjunto o Sitio Histórico, será necesario, además, autorización de la Municipalidad bajo cuya jurisdicción se encuentre.</p> <p>Artículo 55.- Modificaciones ilícitas de bienes culturales. Quien realizare trabajos de excavación, remoción o rotura de tierras, modificación del paisaje o alteración de monumentos en sitios arqueológicos, históricos, zonas arqueológicas, centros o conjuntos históricos, sin previa autorización de la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural, se le impondrá la pena de seis a nueve años de privación de libertad, más una multa de cien mil a un millón de quetzales.</p> <p>Artículo 61.- Otorgamiento de licencias. Las municipalidades, sólo previo dictamen favorable del Instituto de Antropología e historia de Guatemala, podrán otorgar licencias de obras de construcción, reparación, remodelación demolición reconstrucción, ampliación o de cualquier índole, que afecte los centros o conjuntos históricos, o inmuebles de propiedad pública o privada, integrante</p>	<p>Para la realización del presente proyecto se deberá solicitar los permisos correspondientes, dentro de las instituciones que estipulan los artículos citados.</p>

Tabla 5:

La tabla muestra artículos Ley Para la Protección del Patrimonio Cultural de la Nación Decreto 26-97 del Congreso Reformado por el Decreto 81-98

Tabla elaboración propia, marzo 2022

Ley de Áreas Protegidas

Decreto Número 4-89

La diversidad biológica, es parte integral del patrimonio natural de los guatemaltecos y por lo tanto se declara el interés nacional para la conservación por medio de áreas protegidas debidamente declaradas y administradas.

Las áreas protegidas para su óptima administración y manejo se clasifican en: parques nacionales, biotopos, reservas de la biosfera, reservas de uso múltiple, reservas forestales, reservas biológicas, manantiales, reservas de recursos, monumentos naturales, monumentos culturales, rutas y vías escénicas, parques marinos, parques regionales, parques históricos, refugios de vida silvestre, áreas naturales recreativas, reservas naturales privadas y otras que se establezcan en el futuro con fines similares, las cuales integran el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas, creado dentro de esta misma ley, independientemente de la entidad, persona individual o jurídica que las administre.²³

LEY	ARTÍCULOS	APLICACIÓN AL PROYECTO
LEY DE ÁREAS PROTEGIDAS DECRETO NÚMERO 4-89	Artículo 47. menciona la autorización para la investigación. El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), autorizará o generará las investigaciones de todo tipo y categoría que se realicen en áreas protegidas, de acuerdo a las normas que se establezcan para tal efecto.	La investigación del presente proyecto se realiza de carácter académico, para llevar a cabo el mismo se deberá realizar la solicitud correspondiente.

Tabla 6:
 La tabla muestra artículos Ley de Áreas Protegidas, Decreto 4-89
 Tabla elaboración propia, marzo 2022

²³ Decreto Número 4-89, Ley de Áreas Protegidas. Guatemala, (1989)

Indicadores para el monitoreo

Indicadores básicos de acuerdo con los objetivos específicos:

OBJETIVO ESPECÍFICO	INDICADOR (ES)
Analizar el impacto ocasionado en el patrimonio cultural inmueble prehispánico en las tierras bajas del departamento de Petén	1. Principales daños ocasionados al patrimonio prehispánico
Analizar el impacto ambiental ocasionado en la piedra caliza de la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén, Guatemala.	2. Principales daños ocasionados al medio ambiente
Investigar y analizar las características de los materiales de la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén, Guatemala.	1. Vulnerabilidad de la escalinata 2. Resistencia de la escalinata
Analizar recursos naturales en el sitio de Yaxhá que se ven más afectados por intervención del ser humano	1. Principales daños ocasionados al entorno natural
Analizar casos análogos que presenten alto impacto ambiental debido al cambio climático	1. Cumplimiento de normas 2. Recolección de datos
Aplicar premisas conceptuales ambientales en cuanto a la mitigación del cambio climático en la escalinata del edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén, Guatemala.	1. Planes de acción 2. Gestión y manejo del entorno natural

Tabla 7:

La tabla muestra Indicadores de monitoreo
Tabla elaboración propia, enero 2020



DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO

Capítulo 3

GENERALIDADES

CICLOS REPETITIVOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático se puede determinar en dos grandes grupos, cambio climático del pasado y cambio climático de la época actual.

Cambios climáticos del pasado (periodo Clásico)

Se hace referencia de este grupo al periodo Clásico, lo cual presentó una serie de alteraciones en el clima marcadas por periodos fríos y periodos cálidos.

DIAGRAMA I

LÍNEA DE TIEMPO Y DATACIÓN EDIFICIO 216

Periodo Preclásico	1500 a.C – 250 a.C	Edificio 216 alrededor del año 800 d.C Clásico Tardío (550- 950 d.C)
Periodo Clásico	Clásico Temprano (250 – 550 d.C)	
Periodo Posclásico	900 d.C -1521 d.C	

Diagrama I.

El diagrama muestra la línea de tiempo del desarrollo de la cultura maya y dentro del mismo la datación por radiocarbono del Edificio 216 (alrededor del año 800 d.C)

Fuente de información: Mundo Maya Esplendor de una Cultura, Arqueología Mexicana. Edición especial No. 44

Diagrama elaboración propia, octubre 2022

Según distintos arqueólogos la cultura Maya presenta desde los inicios en su arquitectura el uso de materiales de la región en donde se sitúa la ciudad, se utilizaba piedra caliza y madera, estos materiales de construcción los extraían de entorno natural, sienten estos cerros, ríos y árboles.²⁴ Según investigaciones del instituto Politécnico Nacional de México, cuando sucede la etapa de abandono²⁵ de las grandes ciudades, el medio ambiente quedó totalmente dañado por el consumo de madera para la elaboración de cal y estuco.

CAMBIO CLIMÁTICO

El clima siempre ha sido variable, hoy en día la magnitud de los cambios parece no tener precedentes, aun así, existen grandes evidencias que sugieren que la actividad humana podría ser directamente responsable.

²⁴ J. Learn. *Antiguas herramientas mayas*, (2016).

²⁵ Se refiere a la decadencia y abandono de las ciudades mayas, esto por la falta de recursos naturales y plagas en el entorno de la misma. *Colapso Maya, El enigmático y lento derrumbe de un imperio clásico*, Instituto Politécnico Nacional, México D.F. (2009).

El cambio climático será uno de los grandes desafíos del siglo XXI, según el Estudio de Caso Cambio Climático y Patrimonio Mundial ²⁶ en los últimos años se han vuelto más evidentes el alcance mundial de las consecuencias de este, siendo consiente que la población de escasos recursos es la que cuenta con mayor vulnerabilidad ante esta variación ambiental en el planeta.

...En consecuencia, el cambio climático afectará de manera adversa, y de hecho ya está afectando, la conservación de los bienes del Patrimonio Mundial, tanto natural como cultural...²⁷

El planeta tierra mantiene la temperatura debido al efecto invernadero, consiste en retener la energía radiada por la tierra a la atmosfera evitando así el escape de la misma al espacio. Los gases de efecto invernadero se hallan en la atmosfera usualmente en concentraciones muy bajas. El dióxido de carbono (CO₂) nunca supera concentraciones de partes por millos (ppm) en partes de aire, sin embargo, estos gases representan un papel fundamental en el equilibrio del planeta.

Antes de la revolución industrial, la concentración de CO₂ fue de 280 ± 10 ppm durante varios milenios. Pero la concentración actual de CO₂ en la atmósfera supera los 360 ppm y tales niveles no habían sido alcanzados en los últimos 420.000 años^{1,2, 28, 29}

El acenso de la concentración de CO₂ en la atmosfera presentará impacto al sistema climático, son múltiples conjuntos de complejos implicados. De acuerdo con el IPCC, el aumento del promedio global de temperatura alcanzó 0.6±0.2°C a lo largo del siglo XX.³⁰ Fuera de las regiones polares existe una reducción de los glaciares de montaña. En el hemisferio norte durante la primavera y verano el hielo

²⁶ Colette Agustín. *Estudio de Caso, Cambio Climático y Patrimonio Mundial*, Centro de Patrimonio Mundial. UNESCO, pág.5, (2007).

²⁷ Colette Agustín. *Estudio de Caso, Cambio Climático y Patrimonio Mundial*, Centro de Patrimonio Mundial. UNESCO, pág.9, (2007).

²⁸ Cambio climático: la base científica. Contribución del Grupo de trabajo I al Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm#2> informe completo (en inglés) http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/. [En adelante referido como IPCC 2001, GT1]. Sección 3. (2001).

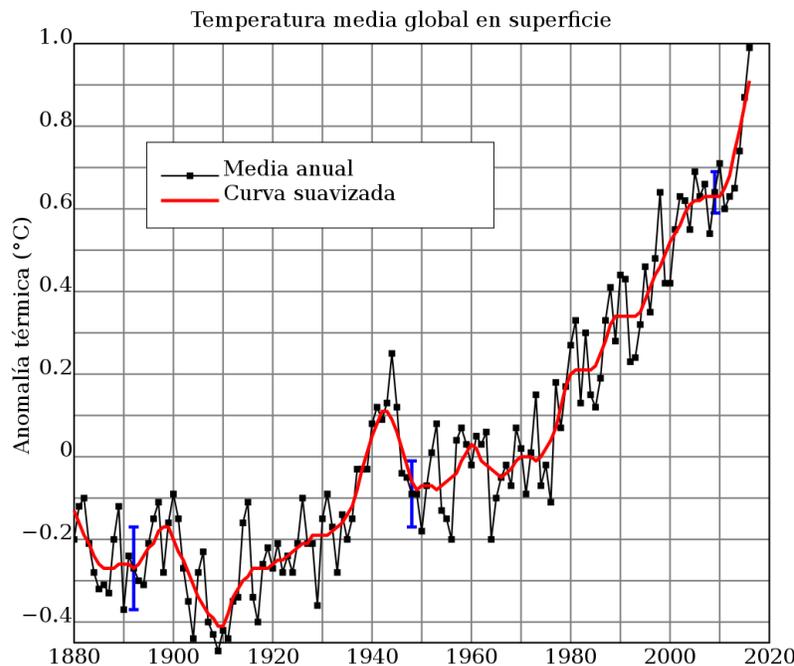
²⁹ Esta estimación ha sido actualizada por el IPCC (Resumen para responsables de políticas del Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo I del IPCC, <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.htm>), (2007).

La concentración de dióxido de carbono atmosférico alcanzó 379 ppm en 2005, superando ampliamente los valores habituales durante los últimos 650.000 años (de 180 a 300 ppm).

³⁰ En 2007, el Grupo de Trabajo I del IPCC hizo pública una tendencia lineal actualizada de temperatura (1996-2005) de 0,74 ± 0,18°C que es mayor que la estimación previa para 1901-2000. La tendencia lineal de calentamiento a lo largo de los últimos 50 años (0,13 ± 0,03°C por década) es casi el doble que la de los últimos 100 años.

marino se ha reducido entre 10% y 16% desde 1950, cabe mencionar que en el siglo XX el promedio global del nivel del mar se ha incrementado al menos 0.1m.

El IPCC también desarrolla posibles escenarios de emisiones antropogénicas de modo de predecir futuras tendencias climáticas. Dependiendo de estos escenarios, los modelos climáticos predicen que para 2100 las concentraciones de CO2 atmosférico alcanzarán entre 540 y 970 ppm. Se espera que el promedio global de temperatura en la superficie aumente entre 1,4°C y 5,8°C durante el período 1990 - 2104.³¹



GRÁFICA VI
VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA

Gráfica VI.
Variación de la temperatura en la superficie terrestre
Imagen: Informe registro de temperaturas, Google agosto 2021

Constantes y significativos trabajos de investigación están siendo llevados a cabo mundialmente para una mejor comprensión del cambio climático que obligará a algunas especies de flora y fauna por migrar si estas son incapaces de adaptarse al medio ambiente cambiante,³² según el Centro del patrimonio mundial de la UNESCO comenzó una evaluación de los impactos del cambio climático en el Patrimonio Mundial.

³¹ Los valores de las proyecciones publicadas en 2007 (1,8 - 4°C) no son directamente comparables (ya que los modelos numéricos han progresado sustancialmente) con los de las proyecciones de 2001. Fuente de información Estudio de Caso Cambio Climático y Patrimonio Mundial

³² UNESCO, Convención sobre la *Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural*, <http://whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf>, (1972).

...Los impactos del cambio climático están afectando muchos y es probable que afecten muchos más bienes del Patrimonio Mundial, tanto naturales como culturales, en los próximos años...³³

Según el Caso Estudio Cambio Climático y Patrimonio Mundial se trabaja en los estudios contantes para observar los impactos ambientales pudiendo plantear medidas de mitigación adecuadas. Utilizando el alto valor simbólico e histórico del patrimonio cultural inmueble prehispánico como una herramienta siendo así esta para la difusión de lo aprendido y promover las medidas de mitigación.

Es momento de desarrollar e implementar medidas de gestión apropiadas para proteger el patrimonio mundial frene al cambio climático de gestiones apropiadas para proteger el patrimonio mundial frente a los cambios ambientales y atmosféricos, causa de los efectos del cambio climático.

Matriz de análisis de riesgo

Es el principal instrumento por ser utilizado dentro del análisis de riesgo climático y se basa en los aportes del acercamiento de la reducción de desastres y la gestión de riesgo; del enfoque de adaptación ecosistémica el cambio climático y en la conservación del patrimonio cultural tangible.

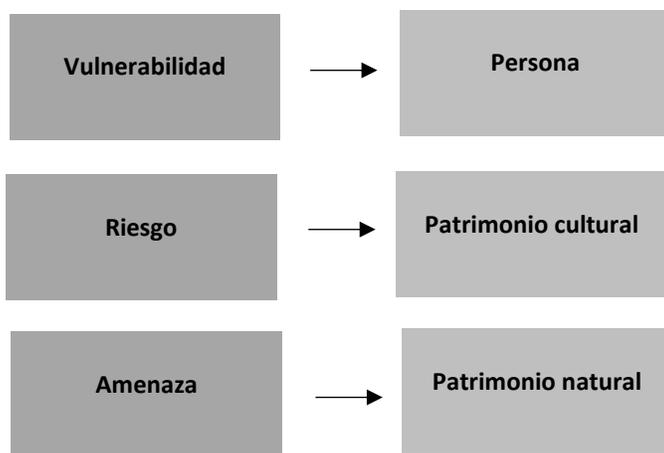


DIAGRAMA II
MATRÍZ DE ANÁLISIS DE RIESGO

Diagrama II.
Análisis de riesgo

Fuente de información: Metodología de gestión de riesgo climático para sitios y parques arqueológicos. Serviprensa. 2013
Diagrama elaboración propia, enero 2021

³³ Decisión 29 COM 7B.a.Rev. Aprobada durante la 29ª sesión del Comité del Patrimonio Mundial en Durban, Sudáfrica, (2005). <http://whc.unesco.org/archive/2005/whc05-29com-22e.pdf>

SITUACIÓN ACTUAL DEL CONTEXTO

La situación de la biodiversidad del parque nacional Yaxhá, Petén ha experimentado cambios climáticos suaves, con condiciones predominantes más húmedas y observables cambios de temperaturas contundentes, durante al menos los últimos 32 años (1990-2022). Esto ha conducido a la persistencia de muchas especies locales de distribución restringida y con capacidad de dispersarse muy limitadamente, esto también afecta a especies conservadas que son sensibles a clima, sobre todo en las zonas con mayor humedad. De acuerdo con la IUCN7, experimentos, observaciones y modelos muestran que el cambio climático podría ser el peligro más Interpolando los resultados obtenidos con modelos climáticos globales de baja resolución espacial y teniendo en cuenta el clima local, la altitud, la topografía y la situación continental, ha sido posible elaborar previsiones climáticas más finas.³⁴

Para 2050 la región flora del Parque Nacional Yaxhá, Petén enfrentará condiciones en general más secas con un incremento de temperaturas medias anuales de alrededor de $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ³⁵ significativo que la biodiversidad en a región de Guatemala enfrentará en los próximos 50 a 100 años, en un escenario de concentraciones de CO2 duplicadas.³⁶

Los aspectos más amenazantes del cambio climático para a conservación de esta área son:

- La reducción de los hábitats bioclimáticos óptimos por los cambios de temperatura. Esto provocará considerablemente el deterioro del patrimonio cultural tangible prehispánico debido a las variaciones climáticas.
- Cambios en los ecosistemas como respuesta a modificaciones en las condiciones medioambientales
- Incremento de la frecuencia de incendios, a causa de los cambios de temperatura.

³⁴ Informe sobre la previsión y la gestión del impacto del cambio climático en el patrimonio mundial, Documento WHC06-30COM7.1, disponible en inglés en <http://whc.unesco.org/archive/2006/whc06-30com-07.1e.pdf>

³⁵ Colette Agustín. *Estudio de Caso, Cambio Climático y Patrimonio Mundial*, Centro de Patrimonio Mundial. UNESCO. Pag.14, (2007).

³⁶ R.E. Schulze y L.A. Perks, Assessment of the Impact of Climate. Final Report to the South African Country Studies Climate Change Programme, School of Bioresources Engineering and Environmental Hydrology, Universidad de Natal, Pietermaritzburg, Sudáfrica, (1999).

Como resultado de los cambios ambientales en el parque, está previsto pierda el 10% al 40% de su especie de plantas para el año 2050.³⁷ Los efectos del cambio climático en el parque Yaxhá, Petén ya son visibles y se esperan muchos más.

Especies Nativas

La selva del parque nacional Yaxhá, Petén se encuentra llena de vida. Es el hogar de cientos de especies tanto vegetal como animal, que contribuyen con mantener el equilibrio del planeta.

Actualmente la vegetación del 70% de la región del parque está clasificada como natural, libre o de baja densidad de especies forestales invasivas. El 20% se encuentra en condiciones prístinas, completamente libre de plantas invasivas. El 10% restante ha sido transformado por la infraestructura del parque.

Plantas, árboles, aves y mamíferos de gran tamaño que hacen del parque nacional Yaxhá su lugar, gracias a que el alimento y agua es abundante, pese que se encuentra en una de las regiones afectas por una fuerte sequía.

El área del Parque nacional Yaxhá, Petén constituye parte del conjunto de la reserva natural más grande de Mesoamérica, solo por debajo del Amazonas, por ello esta región es preferida por las aves migratorias, por el confort y a seguridad para alimentarse y descansar. Sin embargo, la situación de los bosques es alarmante, ya que cada vez existe mayor intervención humana, en la actualidad solo queda la cuarta parte de lo que era la zona selvática de hace 30 años, se debe contribuir con la conservación del entorno natural ya que es parte del conjunto que integra el pulmón verde más grande de la región.

Amenazas

Entre las mayores amenazas que presenta la región es importante mencionar los incendios forestales, los cuales han arrasado con decenas de animales y plantas nativas.³⁸ La mayor parte de los incendios forestales producen la destrucción del ecosistema y el paisaje. Liberan a la atmósfera importantes cantidades de CO₂,

³⁷ *El Cambio Climático*, Cumbre de Cambio Climático COP21, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Gobierno de España.

³⁸ Fuente de información: Bomberos voluntarios, San Benito, Petén, Guatemala.

además de otros gases y partículas lo cual favorece en efecto invernadero y el cambio climático.

Línea de tiempo cambios ambientales 1990-2022

Sitúa y periodiza los acontecimientos medioambientales que han influido en la historia del planeta en los últimos treinta años (1990-2022)

...Por lo que se refiere al periodo pre-instrumental, hay mucha actividad ... para la generación de bases de datos históricas. Para ello, deben definir una metodología de captura de datos, validando con datos instrumentales y, seguidamente, extrapolar hacia el pasado. Las líneas actualmente activas incluyen la dendrocronología (estudio de los anillos de los árboles), la antracología (conchas de moluscos), limnología (sedimentos) y otras investigaciones en paleoclima (estudio de huesos [paleontología], de cuevas kársticas, [del polen —palinología—, de los glaciares —glaciología—], etc.) ...³⁹

AÑO	PRINCIPALES EVENTOS
1989	Derrame de petróleo del petrolero Exxon Valdez en las costas de Alaska, una zona especialmente sensible (el segundo de la historia en costes de limpieza). ⁴⁰
1991	<ul style="list-style-type: none"> Erupción del Pinatubo (Filipinas), la segunda mayor del siglo XX. Se estima que la presencia de sus cenizas en la alta atmósfera hizo disminuir la temperatura global en 0,6° en los siguientes tres años, y afectó significativamente a la capa de ozono. Incendios petroleros de Kuwait.
1992	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. La detección del aumento de los niveles de CO2 y su posible relación con un calentamiento global se venía señalando desde 1958 (curva de Keeling). Las sucesivas conferencias y acuerdos internacionales (Protocolo de Kioto de 1997, Cumbre de París de 2015) no parecen haber tenido una efectividad sustancial en la resolución de los problemas ambientales derivados de la emisión de gases de efecto invernadero (cambio climático antropogénico).
1999	<ul style="list-style-type: none"> La población mundial alcanza los 6000 millones de habitantes. Se observa por primera vez desde el espacio la nube marrón de Asia —en: Asian Brown cloud— causada principalmente por la polución atmosférica generada por los nuevos países industrializados ("tigres asiáticos", además de India y China). También está vinculada a fenómenos naturales: el monzón estacional, el "polvo asiático" y la "calima del Sureste Asiático" —en: 1997 Southeast Asian haze, fenómeno repetido en 2006, 2009 y 2013-. Los efectos en la salud son cada vez más graves (contaminación atmosférica en India —en: Air pollution in India—, contaminación en China —en: Pollution in China—).
2003	<ul style="list-style-type: none"> Ola de calor en Europa en 2003, a la que se atribuyen miles de muertos, particularmente en Francia. Ola de calor en Europa en 2003, a la que se atribuyen miles de muertos, particularmente en Francia. Ola de calor en Europa en 2003, a la que se atribuyen miles de muertos, particularmente en Francia.
2004	<ul style="list-style-type: none"> El terremoto del océano Índico de 2004 provoca tsunamis en las costas del Océano Índico, con cerca de un cuarto de millón de muertos. Plaga de langosta de 2004 en África -en: 2004 Africa locust infestation— (Schistocerca gregaria).

³⁹ Línea de tiempo cambios ambientales (1990-2021). INSIUVHME, (enero 2021).

⁴⁰ <https://ecoosfera.com/2010/06/top-5-peores-derrames-de-petroleo-en-la-historia/>

2005	Los huracanes Katrina, Rita, y Wilma causan destrozos y daños ambientales en la costa del Golfo de México, especialmente en el área de Nueva Orleans.
2007	Un robot submarino soviético coloca su bandera nacional en el fondo marino correspondiente al Polo Norte. La fusión de los hielos del Océano Ártico permite cada vez más la navegación polar (paso del Noroeste, paso del Noreste) y la explotación de recursos como los del petróleo ártico. Se prevé que para el 2030 no habrá ninguna zona cubierta de hielo en verano. ⁴¹ Los efectos para los ecosistemas árticos ⁴² son graves, además de los posibles accidentes (Exxon Valdez, 1989).
2008	Ciclón Nargis en Myanmar, con más de 130.000 muertos.
2010	<ul style="list-style-type: none"> • La erupción del Eyjafjallajökull (Islandia) afecta gravemente al tráfico aéreo. • Terremoto de Haití de 2010 con 100.000 muertos y destrucción de las principales infraestructuras. • Vertido de petróleo del <u>Deepwater Horizon</u> en el Golfo de México (el mayor de la historia en costes de limpieza y segundo en volumen). • Accidente del oleoducto de Dailan (norte de China), que afectó al río Huang He y a una zona indeterminada de litoral.
2011	<ul style="list-style-type: none"> • La población mundial alcanza los 7000 millones de habitantes. • Terremoto y tsunami de Japón de 2011, del 11 de marzo, que causa un grave accidente nuclear (desastre de Fukushima). • Tornados de 2011,⁴³ una serie récord de tornados destructivos en el centro de Estados Unidos, con cientos de muertos y miles de millones de dólares en daños.⁴⁴
2012	<ul style="list-style-type: none"> • Ola de calor de 2012 en Norteamérica —en:Summer 2012 North American heat wave—67 • Huracán Sandy devasta el tercio oriental de Norteamérica, de Florida a Quebec y de Michigan a Nueva Escocia, convirtiéndose en el mayor ciclón tropical del Atlántico Norte de la historia.⁴⁵ • Terminan las obras de la Presa de las Tres Gargantas en el río Yangtsé, una de las obras hidráulicas de mayor impacto ambiental y humano en la historia. • Oleoducto Siberia-Pacífico.⁴⁶
2013	<ul style="list-style-type: none"> • Tifón Haiyan (Filipinas), un "supertifón" que generó un récord de velocidad del viento de 315 km/h • Tornado de El Reno de 2013 (Estados Unidos), un tornado multivórtice que generó un récord de velocidad del viento de 476 km/h
2014	Los movimientos sísmicos en torno al litoral de Tarragona asociados al relleno de gas obligan al cierre del Proyecto Castor con un coste económico de miles de millones de euros.
2015	<ul style="list-style-type: none"> • El año más cálido (hasta entonces) del registro histórico global (que comenzó en 1880 —todos los años del siglo XXI, junto con el año 1998, están entre los 17 años más cálidos-). Se supera la media del siglo XX (13,9°) en 0,9°, y la del año anterior (2014) en 0,16°. Diez de los meses del año marcan temperaturas récord. Las zonas con récords más significativos fueron América Central, el Norte de América del Sur y el Norte, Sur y Este de Europa (con mayores temperaturas), mientras que la Antártida y el Sur de Groenlandia, junto con las aguas del Atlántico Norte registraron temperaturas menores, posiblemente por efecto del agua de fusión de los glaciares de Groenlandia y su influencia en la circulación termohalina. Las previsiones para 2016 son de temperaturas incluso superiores (ya que se sumarán los efectos de un episodio de "El Niño").⁴⁷ • Terremoto de Nepal de abril de 2015, de magnitud 7,8 u 8,1. Cerca de 10.000 muertos. • Catástrofe de las represas de Bento Rodrigues (Río Doce, Brasil).⁴⁸
2016	<ul style="list-style-type: none"> • Supera al año anterior como el más cálido del registro histórico (datos de la NASA y la NOAA: 1,1° por encima de la era preindustrial); mínimo histórico de hielo en el Ártico; 54° registrados el 21 de julio en Kuwait (registro histórico más alto en el hemisferio oriental).⁴⁹ • Ola de frío en Asia Oriental de enero de 2016 • Tormenta de invierno en Estados Unidos de enero de 2016 • Plaga de langosta en Argentina de 2016 —en:January 2016 Argentinean locust swarm— • Ciclón Winston (Fiyi) • Tornado de Dolores de 2016 (Uruguay)
2017	<ul style="list-style-type: none"> • Huracán María, particularmente destructivo en Puerto Rico; fue el tercer gran huracán consecutivo de la temporada en el Caribe. • Incendios forestales en California de octubre de 2007; posteriormente se produjeron graves inundaciones de lodo que arrastraron el suelo desnudo de las zonas quemadas.⁵⁰ • Las agencias meteorológicas deciden poner nombre a las sucesivas borrascas atlánticas, igual que se venía haciendo con los ciclones tropicales, entre otras razones para aumentar la concienciación de la población sobre el riesgo de fenómenos atmosféricos más frecuentes y peligrosos.⁵¹
2020	<ul style="list-style-type: none"> • Pandemia mundial Covid-19 • Temporada de ciclones en el Pacífico Sur

⁴¹ Cristian Gálvez, La apertura de las rutas del Ártico, en Revismar, (2012).

⁴² Ecología del Ártico —en:Arctic ecology—

⁴³ en:April 14–16, 2011 tornado outbreak sequence en:April 19–24, 2011 tornado outbreak sequence en:April 25–28, 2011 tornado outbreak—en:May 21–26, 2011 tornado outbreak sequence en:tornado outbreak en:tornado outbreak sequence)

⁴⁴ El en:2011 St. Louis tornado y el en:2011 Joplin tornado en Missouri, Tuscaloosa y Birmingham (Alabama).

⁴⁵ North Atlantic tropical cyclone, Enlace: https://en.wikipedia.org/wiki/Atlantic_hurricane

⁴⁶ Eastern Siberia–Pacific Ocean oil Enlace: pipelinehttps://en.wikipedia.org/wiki/Eastern_Siberia%E2%80%93Pacific_Ocean_oil_pipeline

⁴⁷ Datos publicados por la NASA y la Administración para el Océano y la Atmósfera de EEUU (NOAA) en enero de 2016.

⁴⁸ Barro, lágrimas y muerte en el peor desastre ecológico de América Latina, noticia con imágenes en BBC, 30 de noviembre de 2015.

Enlace: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/11/151130_ciencia_derrame_brasil_rio_doce_gtg

⁴⁹ Carlos Frensedá, artículo en El Mundo, (18 de enero de 2017).

⁵⁰ 2018 Southern California mudflows

⁵¹ Noticia en El País, Enlace:https://elpais.com/politica/2017/12/08/actualidad/1512733734_708401html

	<ul style="list-style-type: none"> • Temporada de ciclones en el suroeste del Índico • Temporada de huracanes en el Atlántico de 2020 • Incendios forestales en: Bolivia, Argentina, Rio, Córdoba, Kyushu, Mexico, Sudán • Huracán Isaías • Avalancha de Gjerdrum • Avalancha de Van
2021	<ul style="list-style-type: none"> • Plaga de langostas de 2019-2021 • Temporada de ciclones en la región australiana • Los glaciares de Groenlandia se reducen por 25º año consecutivo. • En 2021 la capa de hielo de Groenlandia perdió más masa durante la temporada de deshielo que la que ganó durante el invierno. El año marcó un cuarto de siglo de ese derretimiento constante, revela un nuevo estudio respaldado por la agencia meteorológica de la ONU.
2022	<ul style="list-style-type: none"> • Deforestación • Calidad de aire • El agua, más escaso. • Pérdida de la biodiversidad está causando una extinción masiva de especies. • La contaminación ambiental provoca cientos de miles de muertes prematuras. • Inundaciones, fuertes lluvias

Tabla 8.

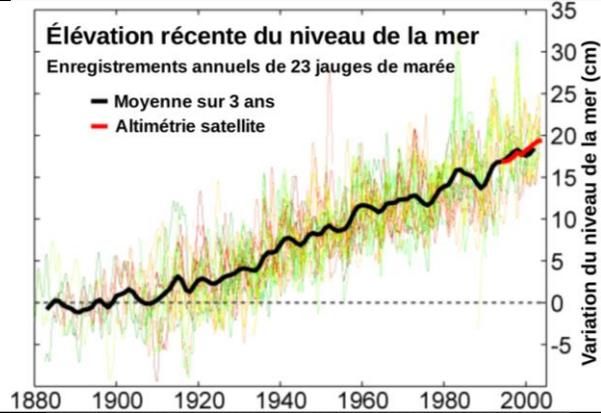
La tabla muestra línea de tiempo cambios ambientales (1990-2021)

Fuente de información: INSIVUHME

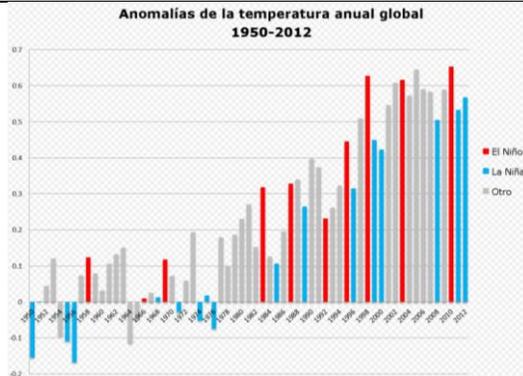
Tabla elaboración propia, noviembre 2022

FACTOR	GRÁFICA
Variación de temperaturas entre 1850 y 2005	
Índice invernal de la Oscilación del Atlántico Norte (<i>North Atlantic oscillation —NAO-</i>) basado en la diferencia de presión normalizada a nivel del mar (<i>normalized sea level pressure —SLP-</i>) entre Lisboa y Reykjavik, desde 1864	<p>Índice de invierno de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) Gibraltar - SW de Islandia, de diciembre a marzo</p> <p><small>https://w.wiki/4b8m Data : Climatic Research Unit, University of East Anglia, Jones, P.D., Jónsson, T. y Wheeler, D. (1997) Actualizado regularmente. Accedido a 2021-12-27</small></p>

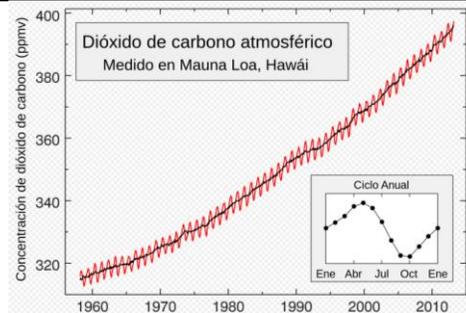
Variación del nivel del mar entre 1880 y 2003



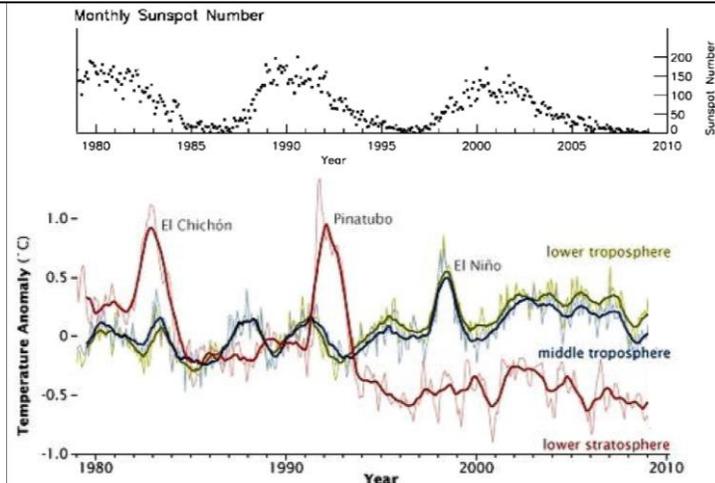
Variación de temperatura global entre 1950 y 2012. Se marcan los años de los eventos denominados "El Niño" y "La Niña"



Variación de niveles de CO2 en el observatorio de Mauna Loa entre 1958 y 2012



Manchas solares y variaciones de temperatura entre 1979 y 2009



FACTORES AMBIENTALES

FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS A CAUSA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ÚLTIMOS 30 AÑOS (1990-2021) QUE HAN INCIDIDO EN LA CONSERVACIÓN DE LA PIEDRA CALIZA DE LA ESCALINATA DEL EDIFICIO 216 DEL PARQUE NACIONAL YAXHÁ, PETÉN, GUATEMALA		
FACTOR	CARACTERÍSTICAS	EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
Biodiversidad vegetal	Gran variedad de tipos de vegetación, entre ellos; ceiba, caoba, zapote, vegetación silvestre, arbustos, raíces, entre otras. 185 especies arbóreas, 6 tipos de bosque, 65 especies de hongos. ⁵²	Entre las afecciones de la biodiversidad vegetal a causa del cambio climático: disminución de la cobertura vegetal, escasa plasticidad ecológica (amplitud en la que puede soportar variaciones de los factores que definen la tolerancia ambiental), pobre estrategia reproductiva. ⁵³
Temperatura	La región presenta temperaturas mínimas de 24°C y máxima de 41°C.	Entre las afecciones a la temperatura a causa del cambio climático: aumento de la temperatura media, variación de presión, cambios de resistencia eléctrica, niveles elevados de calor, incendios. ⁵⁴
Ozono	Se encuentra en la estratosfera, a una altura comprendida entre 12 y 40 km. En su zona media se concentra formando la denominada ozonósfera o capa de ozono, que protege de la radiación ultravioleta. ⁵⁵	Las emisiones de gases con efecto invernadero atrapan más calor en las capas inferiores de la atmósfera, lo que conduce a un enfriamiento de las capas superiores. Debido a que el ozono se agota a temperaturas más bajas, parece que este enfriamiento en la parte superior de la atmósfera está ralentizando la recuperación de la capa de ozono. ⁵⁶
Polución producida por aerosoles	Los aerosoles cuentan con COV (amplia familia de virus) en sus sustancias. Los COV son compuestos orgánicos volátiles, es decir son contaminantes que, cuando entran en contacto con la luz del sol producen el conocido gas de ozono en la capa más baja de la atmósfera terrestre. Esto permite la formación esmog. ⁵⁷	La contaminación por aerosoles puede afectar de muchas maneras, cambiando radicalmente el clima, aumentando la temperatura de la tierra. ⁵⁸
Gases de efecto invernadero (CO ₂)	Gas atmosférico que absorbe y emite radiación. Las emisiones de CO ₂ producidas por la actividad humana provienen de la combustión de combustible fósil, principalmente carbón, petróleo y gas natural, además de la deforestación, la erosión del suelo y la crianza animal. ⁵⁹	Principal responsable del calentamiento. Su emisión procede de todo tipo de procesos de combustión. La función de la fotosíntesis de los vegetales y la absorción de CO ₂ por parte de los océanos son las principales vías de fijación del gas. ⁶⁰
Cantidad de luz solar	Consiste en un espectro de rayos de diferentes longitudes de onda. La luz visible tiene una longitud de onda de 400 a 700 nm, mientras que la luz ultravioleta (UV) invisible tiene una longitud de onda más corta (280 a 400 nm) y la luz infrarroja invisible tiene una longitud de onda más larga (700 nm a 1 mm). Las longitudes de onda más largas, la luz visible e infrarroja, son capaces de penetrar más profundamente en la piel, aunque son menos propensas a causar daños. ⁶¹	El cambio climático conseguirá que las placas que nos dan energía solar sean menos eficientes. El estudio que lo afirma se centra en los cambios en la cantidad de luz solar que incidirá sobre ciertas zonas. El factor principal que hará que nuestra energía solar sea menos eficiente está en la temperatura. ⁶²
Fauna	Abundante especie de fauna, entre ellos; pavo ocelado, tucanes, loro, perico, mono aullador, jaguares, pecaríes, corzos, comadrejas, pumas, ocelotes, armadillos, mono araña, entre otros.	Muchos de ellos en peligro de extinción, a causa de los cambios de temperatura. 352 especies aves, 535 especies mariposas, 5 especies felinos, 50 especies serpientes, 105 especies mamíferos, 25 especies anfibios. ⁶³
Recurso hídrico	Potencialidad de agua por aguadas en el territorio, por ellos se deberá manejar de la mejor manera el recurso. Por lo tanto, se recomienda reducir el exceso de plantas invasoras	Los efectos del cambio climático se hacen visibles, sobre todo, en el agua: en forma de sequías, inundaciones o tormentas. ⁶⁵

⁵² Informe Parque Nacional Tikal, (2019).

⁵³ Federico Fernández-González, Javier Loidi y Juan Carlos Moreno Saiz. *Impactos sobre la Biodiversidad Vegetal*. Impactos del cambio Climático en España.

⁵⁴ Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología - INSIVUMEH

⁵⁵ *Ozono y sus características*, Ayuntamiento de Pamplona enlace: <https://www.pamplona.es/ayuntamiento/varios/ozono-caracteristicas>

⁵⁶ González Victoria, "El agujero de la capa de ozono influye en el cambio climático, y viceversa". Informe científico. Revista Muy Interesante (2016)

⁵⁷ *Contaminación por aerosoles*, Gestión Ambiental. Incinerex, (2019).

⁵⁸ *Contaminación por aerosoles...*

⁵⁹ "Características del Gas de Efecto Invernadero, Información, Discusión y análisis para el desarrollo sustentable". Revista digital, (2019).

⁶⁰ *Gases causantes del efecto invernadero*. Cambio Climático y sus Efectos Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, (2018).

⁶¹ *Efecto de la Luz solar*, Revista digital Encolombia enlace: <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/energia-solar/>

⁶² *El Cambio Climático afecta gravemente la producción de emisiones solares*. Omicron. Revista digital El español, (2019).

⁶³ *Informe Parque Nacional Tikal*, MARN, Guatemala, (2019).

⁶⁵ Lysaght Philippa. "5 realidades sobre el agua y el cambio climático", Artículo digital. UNICEF, (2016).

	de tipo emergente y flotante para evitar la pérdida de agua y avance de vegetación dentro del perímetro de la laguna. ⁶⁴	
Suelo	El suelo del Parque Nacional Yaxhá Petén presenta materia orgánica poco profunda, con un subsuelo de textura arcillosa, que descansa sobre roca caliza. De acuerdo con los datos de la estación meteorológica de Yaxhá, el clima predominante en el área es cálido húmedo sin una estación seca bien definida. ⁶⁶	El cambio climático podría provocar un mayor almacenamiento de carbono en las plantas y en el suelo debido al crecimiento de vegetación o mayores emisiones de carbono a la atmósfera. ⁶⁷
Aire	Dos de los principales problemas ambientales del planeta, el cambio climático y la contaminación del aire, tienen una estrechísima relación entre sí. la contaminación del aire es la presencia en el aire de sustancias o partículas que implican riesgo, daño o molestia para el ser humano, la flora o la fauna.	La principal fuente de contaminación atmosférica son los gases ozono troposférico (O3), óxidos de azufre (SO2 y SO3), óxidos de nitrógeno (NO y NO2), benzopireno (BaP) y las partículas en suspensión (PM). Estos gases se derivan principalmente de las emisiones provocadas por la quema de combustibles fósiles (incluidas las emisiones generadas por el transporte), los procesos industriales, la quema de bosques, el empleo de aerosoles y la radiación. ⁶⁸
Actividad humana	Visitantes promedio anual en Parque Nacional Yaxhá, Petén Guatemala, año 2017= 40,126 visitantes, Aumento anual de 7%. CONAP 2018. ⁶⁹	Impacto que tienen los eventos meteorológicos en la tierra, o cuáles son producto de las actividades humanas desarrolladas durante los últimos siglos. 70

Tabla 10.

La tabla muestra elemento y características del medio ambiente, del Parque Nacional Tikal, Petén

Fuente de información: Indicada en tabla

Tabla elaboración propia, agosto 2020

ANÁLISIS AMBIENTAL MULTICRITERIO							
Petén Guatemala							
FACTORES		1950 (Hipotético)	1980	1990	2000	2010	2022
BIÓTICO	FLORA	80% densidad	70% densidad	67%	60%	50%	40%
	FAUNA	80% densidad	70% densidad	65%	55%	50%	40%
ABIÓTICO	TEMPERATURA MÍNIMA EN °C	22°C	23°C	23°C	23°C	23°C	23°C
	TEMPERATURA MÁXIMA EN °C	30°C	31°C	32°C	33°C	33°C	41°C
	PRECIPITACIÓN EN MM	50-210mm	55-220mm	55-217	50-227mm	55-250 mm	92-255 mm
	VIENTOS EN KM/H	6km/h - 8km/h	7km/h - 8km/h	7km/h - 8km/h	7km/h - 8km/h	7km/h - 9km/h	7km/h - 9km/h
	HUMEDAD DEL SUELO	63%-75%	63%-80%	63%- 80%	63%- 80%	70%- 92%	75%- 96%
	TORRENTAS ELÉCTRICAS EN %	12.5	4	4	4	4	4
	PRESIÓN EN Omb	1027	1027	1025	1026	1026	1025
	SUELO	Ganadería /agricultura	Ganadería /agricultura	Ganadería/a gricultura	Ganadería/a gricultura	Ganadería/agricultura	Ganadería/agricultura
	CALIDAD DE AIRE	Buena	Moderada	Moderada	Dañina	Muy dañina	Muy dañina (para el año 2035 se proyecta una calidad de aire peligrosa, a causa de los

⁶⁴ Cano Alfaro, Mirtha Yolanda, *Monitoreo de la calidad de Agua en el Parque Nacional Tikal*, Unidad de Biología, (2011)

⁶⁶ *Características del suelo en Tikal*, Fortaleciendo los Parques para Proteger la biodiversidad, Parks Watch, Duke University, (1999).

⁶⁷ El suelo y el cambio climático. Artículo. Publicación 2015, modificación 2020. Agencia Europea de Medio Ambiente

⁶⁸ "Relación entre el cambio climático y la contaminación del aire". Revista digital Sostenibilidad para todos, Acciona, (2019).

⁶⁹ Consejo Nacional de Áreas Protegidas, CONAP, (2018).

⁷⁰ *Análisis y plan de Gestión de Riesgo adaptación ante el impacto del cambio climático del Parque Arqueológico Quiriguá*. Ministerio de Cultura y Deportes. Guatemala, (2013).

							incendios forestales)
	CANTIDAD DE LUZ SOLAR	12 h/día					
	RIO - CUENCA	No aplica					
SISTEMA ATMOSFÉRICO	SISMOS	Sin actividad					
	AMENAZA DE INCENDIOS EN % (adimensional)	35%	45%	48%	50%	55%	60%

Tabla 11.

Tabla análisis ambiental multicriterio, reserva Parque Nacional Yaxhá, Petén Guatemala
Fuente de información: Registros SEGEPLAN, CONAP, CEMEC, RIC, SINIT Guatemala 2020
Tabla elaboración propia, mayo 2020

En el análisis de los últimos 30 años (1990-2021) se observa el declive de los factores ambientales a causa del inadecuado manejo de los recursos naturales. La contaminación del aire⁷¹ y las altas temperaturas son las principales señales del inadecuado manejo ambiental, la temperatura ambiente se mantiene entre mínima de 23°C y máxima de 41°C, a causa del cambio climático conlleva a la modificación de las características de adaptación y vulnerabilidad tanto de la piedra caliza antigua como de la piedra caliza nueva de cantera en las escalinatas del Edificio 216, del parque Nacional Yaxhá, Petén.

Las características del clima varían de acuerdo con la región, tal es el caso del parque nacional Yaxhá, que contempla condiciones climáticas propias, determinado por la cantidad de lluvia, los vientos, temperatura, humedad, entre otros. Por ellos los daños ocasionados por el cambio climático tanto a las estructuras como al medio ambiente no serán los mismos que alguna otra región prehispánica.

Según registros de SEGEPLAN, CONAP, CEMEC, RIC y SINIT, la cobertura forestal reportada para Petén entre 1991-2010 representa una disminución del 17% lo cual aporta una disminución en la calidad de aire de moderada a muy dañina, y aporta un aumento a la temperatura de 1-3°C.⁷²

⁷¹ "Relación entre el cambio climático y la contaminación del aire". Revista digital Sostenibilidad para todos, Acciona, (2019).

⁷² Registros SEGEPLAN, CONAP, CEMEC, RIC, SINIT Guatemala, (2020).



Figura 4.
Escalinata norte, Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021

Cobertura Forestal Petén, Guatemala					
Superficie Km2	1991/93	1993	2001	2006	2010
Petén	22,646.40	23,940.60	21,920.90	19,272.20	18,026.00
% de superficie boscosa de Petén en comparación a nivel nacional				49.82%	48.42%

Tabla 12.

Cuadro análisis pérdida cobertura forestal, Petén Guatemala

Fuente de información: Registros CONAP, INAB. IARNA, UVG, 2006-2010

Tabla elaboración propia, mayo 2020

Piedra caliza

La piedra caliza es una roca sedimentaria de forma irregular, de aspecto poroso, en su estructura se puede apreciar fragmentos de fósiles o diferentes rangos de color, cuenta con un alto rango de resistencia, esta piedra fue utilizada tanto en la antigüedad para la fabricación como en los trabajos de restauración de la escalinata del Edificio 216, gracias a su impermeabilidad y eficiencia.

Estudios de laboratorio

Entre los hallazgos a partir de los estudios de laboratorio está el comportamiento en los grados de resistencia y vulnerabilidad de la piedra caliza nueva de cantera ante los efectos del cambio climático.

Análisis físicos

La inspección visual con el objetivo de verificar color, textura porosidad y homogeneidad de la pieza, pruebas de porcentaje de humedad y densidad, características petrográficas= micrita/ esparita (temperatura máxima alcanzada)

Análisis químico

Enfocado en evaluar la composición química de la materia los cuales comprenden la determinación de los porcentajes de los elementos presentes y la verificación de fases dentro del mineral, los análisis químicos que se realizan son complejometría, determinaciones por absorción atómica y fluorescencia de rayos X.

Muestra

Las muestras que se utilizaron para datos en la investigación son: antigua piedra caliza (muestra recobrada del relleno alrededor de la cantera y probablemente vino de una cantera maya antigua) y fracciones de piedra caliza nueva de cantera, extraídas de las canteras para la obtención de los materiales de obra fueron seleccionadas por los maestros restauradores desde comienzos de los trabajos de intervención en el Edificio 216.



Figura 5.
Muestra piedra caliza
Fuente de información: Google imágenes 2022

Trabajos de restauración

Según las investigaciones de presentadas en los avances de los trabajos de restauración en edificios mayores de Nakum, Topoxte y Yaxhá, en el X Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1996,⁷³ En 1988, al iniciarse los primeros trabajos el Edificio 216 se encontraba completamente convertido en una colina llena de vegetación. Desde mucho tiempo atrás era escalado para disfrutar de la vista panorámica de la laguna y el ambiente natural que lo rodea. El difícil

⁷³ Noriega, Raúl E. "Avance en los trabajos de restauración en edificios mayores de Nakum, Topoxte y Yaxhá". En X Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, (1997). (editado por J.P. Laporte y H. Escobedo), (pp.266-280). Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala (versión digital).

acceso en ese entonces se realizaba por la porción menos empinada de la fachada oeste que corresponde a los restos de la escalinata principal, la primera cámara se encontró completamente llena de escombros y la segunda se ingresaba a nivel del techo hacia los extremos norte y sur donde aún se conserva la bóveda en saledizo. Otro acceso a la segunda cámara era un enorme saqueo de más de 1.50 m de diámetro realizado en la parte media de la pared posterior del templo. La pared posterior del templo y las dos fachadas laterales han permanecido hasta la fecha con sus muros expuestos. Del portal del templo solamente quedan definidos los tres vanos de acceso con muros a una altura que varía entre 0.40 m y 1.80 m. En los cuatro lados de la pirámide se aprecian claramente restos de muros de fachada, estos restos consistentes en porciones aisladas de muros con piedra tallada en su posición original están con riesgo de derrumbarse.

Los criterios de intervención fueron conservar, consolidar todos los muros originales y restituir los volúmenes faltantes en donde fuese necesario para recuperar la estabilidad de elementos constructivos y retardar el progresivo desgaste al que están sometidos los diferentes elementos constructivos de todos los monumentos de la región. El criterio de la intervención ha sido dar atención prioritaria a los elementos arquitectónicos expuestos que presentan peligro de colapso. Actualmente el monumento se encuentra completamente estable y prácticamente están terminados los trabajos de restauración en el templo del edificio, en el que estarían pendientes únicamente trabajos de forma.⁷⁴

⁷⁴ Noriega, Raúl E. Avance en los trabajos de restauración en edificios mayores de Nakum, Topoxte y Yaxhá. En X Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, (1997). (editado por J.P. Laporte y H. Escobedo), (pp.266-280). Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala (versión digital).

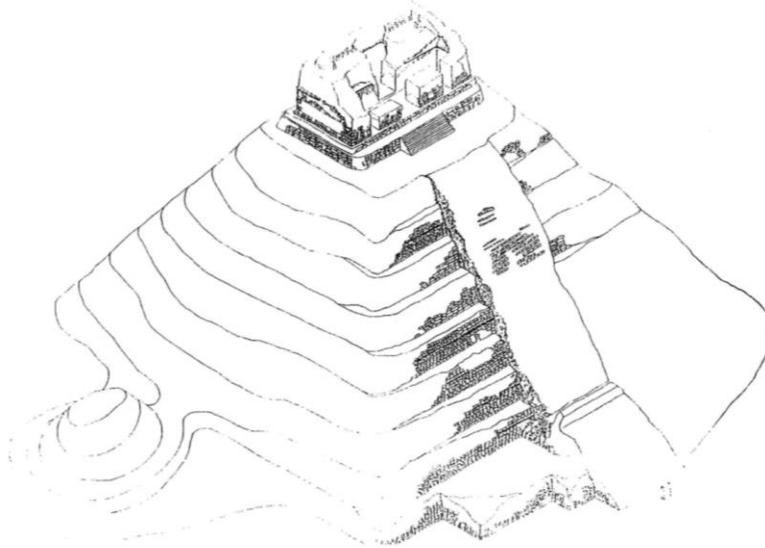


Figura 6.
Reconstrucción idealizada del Edificio 216
Fuente de información: PRONAT-TRIANGULO 1996

PRUEBAS EN PIEDRA CALIZA NUEVA DE CANTERA											
INSPECCIÓN VISUAL											
FECHA	COLOR										
27.03.2015	Variado entre blanco, anaranjado y blanco										
PRUEBAS FÍSICAS											
FECHA	DENSIDAD (LITROS)						% HUMEDAD				
27.03.2015	1505						0.16%				
PRUEBA QUÍMICA Y QUEMABILIDAD											
FECHA	PF CONTROL	PF 200 g	% DE CALCINACIÓN	% SiO ₂	% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	% CaO	% MgO	% SO ₃	% K ₂ O	% Na ₂ O
27.03.2015	42.50	43.86	96.66%	0.11	0.16	0.27	54.82	2.09	#	0.10	0.04
PORCENTAJE DE CARBONO (%) Y PORCENTAJE DE CO ₂ (%)											
FECHA	% AZUFRE		% SO ₃		% CARBONO			% CO ₂			
27.03.2015	0.03359		0.08		10.20			37.20			
TEST DE SLAKING											
FECHA	TEMPERATURA INICIAL	TEMPERATURA FINAL 30 SEGUNDOS	TEMPERATURA TOTAL DE INCREMENTO (°C)	TIEMPO TOTAL DE ACTIVACIÓN SLAKING (SEGUNDOS)	DT 30 SEGUNDOS (°C)	DT TOTAL (°C)					
27.03.2015	23.40	62.66	79.56	5.50	39.26	56.16					
QUEMABILIDAD / TIEMPO											
FECHA	% DE CALCINACION CALIZA BLANCA 3 MIN	% DE CALCINACION CALIZA NEGRA 3 MIN	% DE CALCINACION CALIZA BLANCA 5 MIN	% DE CALCINACION CALIZA NEGRA 5 MIN	% DE CALCINACION CALIZA BLANCA 10 MIN	% DE CALCINACION CALIZA NEGRA 10 MIN					
27.03.2015	27.66	32.48	57.97	53.76	97.36	99.61					

Tabla 13.
Cuadro pruebas en piedra caliza
Fuente de información: Datos experimentales, laboratorio químico SM
Tabla elaboración propia, junio 2020

Técnicas de correlación del análisis realizado

Se analizaron dos variables y sus sub variables, obteniendo como resultado un índice en cuanto a resistencia y vulnerabilidad de la piedra caliza nueva de cantera ante el cambio climático.

PIEDRA CALIZA ESCALINATA EDIFICIO 216, YAXHÁ, PETÉN, GUATEMALA - CAMBIO CLIMÁTICO		
Estudios de laboratorio:	Investigaciones publicadas:	Documentos:
Se analiza estudios de laboratorio en cuanto al comportamiento en los grados de resistencia y vulnerabilidad de la piedra caliza de la escalinata del Edificio 216, Yaxhá Petén, ante los efectos del cambio climático.	Recolección de información en publicaciones; artículos de revistas, libros, informes, ensayos, entre otros. Que presentan los efectos del cambio climático en la piedra caliza de la arquitectura prehispánica.	investigaciones, artículos de revistas, libros, informes, entre otros. Análisis en cuanto a los factores ambientales y atmosféricos de la región del Parque Nacional Yaxhá, Petén Guatemala, afectados por el cambio climático
Se reduce el 3.471% promedio de la densidad aparente de la piedra caliza a causa de los cambios de temperatura.		
Relación con la densidad aparente y el comportamiento de la densidad conforme a la exposición a cambios de temperatura de la piedra caliza, grados de vulnerabilidad 22%.		
Grado de resistencia 8% del comportamiento de piedra caliza conforme a la exposición a los rayos solares. ⁷⁵		
La consecuencia del cambio climático en la atmosfera representa el 70% de todos los factores alterados, provoca la disminución de resistencia de la piedra caliza de la escalinata del Edificio 216, Yaxhá Petén Guatemala, ante la exposición a lluvia.		
El 2019 fue la temporada más calurosa registrada en el Parque Nacional Yaxhá, Petén, por niveles encima del promedio, la piedra caliza de la escalinata del Edificio 216, se encuentra expuesta antes esta variable. ⁷⁶		

ANÁLISIS COMPARATIVO DE DAÑOS OCASIONADOS POR EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ESCALINATA DEL EDIFICIO 216 DEL PARQUE NACIONAL YAXHÁ, PETÉN GUATEMALA			
MUESTRA	DAÑOS OCASIONADOS	DENSIDAD	OBSERVACIONES
ANTIGUA PIEDRA CALIZA DE CANTERA (Muestra recobrada del relleno alrededor de la cantera y probablemente vino de una cantera maya antigua)	Mayor resequeadad y blandura, pierde peso durante la deshidratación, la dureza de la piedra caliza disminuye con el aumento de la profundidad bajo la superficie. ⁷⁷	Un metro cúbico de piedra caliza vieja pesa cerca de 903 kilos (1989 libras). ⁷⁸	Los trabajadores de la cantera sugirieron que la presencia de inclusiones o fracturas pudo haber sido la razón principal por la cual las canteras antiguas fueron también abandonadas; posiblemente esto explica por qué hay tantas canteras pequeñas sin estar agotadas en Tikal (Carr y Hazard 1961). ⁷⁹
NUEVA PIEDRA CALIZA DE CANTERA (Muestra cortada de la parte de abajo de donde se acababa de remover un bloque nuevo de cantera)	Menor resequeadad y blandura. ⁸⁰ 3.417% reducción densidad a causa de cambios de temperatura. 8% resistencia exposición a los rayos solares . 22% densidad aparente y comportamiento de la densidad. ⁸¹	Un metro cúbico de piedra caliza recién cortada pesa alrededor de 1236 kilos (2723 libras). ⁸²	Los trabajadores de piedra de Tikal observaron una capa de 5-10 cm cerca de la cima del manto del lecho de roca que es más duro que la piedra inferior. Después de extraer el bloque, la porción blanda inferior es removida formándose el bloque. Después el bloque es puesto durante la reconstrucción para que la capa dura sea la superficie exterior de la estructura. Los trabajadores de la cantera de Tikal también observaron este acontecimiento, así como inclusiones esféricas en la piedra caliza. Por esto y otros defectos tales como fracturas han sido abandonadas varias canteras modernas. La cantera que ahora está en uso fue localizada después de haber buscado mucho y probado la calidad de la piedra. ⁸³

Tabla 15.
Cuadro de análisis comparativo
Fuente de información: indicada en esquema
Tabla elaboración propia, agosto 2021

Cambio climático y la escalinata del edificio 216 del parque nacional Yaxhá Petén, Guatemala

...El comité del Patrimonio Mundial en su 29ª sesión en 2005 reconoció que los impactos del cambio climático están afectando a muchos

⁷⁵ Gálvez Barrera, Hugo Alejandro. *Promedio de análisis realizados para densidad aparente (ASTM 188-95) para la piedra caliza*. Evaluación del comportamiento de la piedra caliza. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos, (2003).

⁷⁶ Ibarcena Escubedo, Mariana. Sheelje Bravo, José Mauricio. "El Cambio Climático principales Causantes, Consecuencias y Compromisos de los Países Involucrados". XII Congreso Forestal Mundial, Québec City, Canadá.

⁷⁷ Woods, James C. y Gene L. Titmus. Piedra en piedras: "Perspectivas de la civilización Maya a través de los estudios líticos". En VII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1993 (editado por J.P. Laporte y H. Escobedo), (pp.295-310). Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala, (1994).

⁷⁸ Woods, James C. y Gene L. Titmus 1994 Piedra en piedras: "Perspectivas de la civilización Maya a través de los estudios líticos"...

⁷⁹ Woods, James C. y Gene L. Titmus 1994 Piedra en piedras: "Perspectivas de la civilización Maya a través de los estudios líticos"...

⁸⁰ Woods, James C. y Gene L. Titmus 1994 Piedra en piedras: "Perspectivas de la civilización Maya a través de los estudios líticos"...

⁸¹ Gálvez Barrera, Hugo Alejandro. *Promedio de análisis realizados para densidad aparente (ASTM 188-95) para la piedra caliza*. Evaluación del comportamiento de la piedra caliza. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos, (2003).

⁸² Woods, James C. y Gene L. Titmus. Piedra en piedras: "Perspectivas de la civilización Maya a través de los estudios líticos". En VII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1993 (editado por J.P. Laporte y H. Escobedo), (pp.295-310). Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala, (1994).

⁸³ Woods, James C. y Gene L. Titmus 1994 Piedra en piedras: "Perspectivas de la civilización Maya a través de los estudios líticos"...

*bienes del Patrimonio Mundial, tanto naturales como culturales, y que probablemente afecten a muchos más en los próximos años...*⁸⁴

Debido a la característica de fragilidad de la escalinata del Edificio 216 en Yaxhá justifica la puesta en práctica de métodos de gestión específicos para proteger este patrimonio cultural tangible prehispánico irremplazable.

*...La Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural fue adoptada por la UNESCO en 1972, buscando proteger a los sitios del Patrimonio Mundial de toda clase de peligros, pero el siglo XXI ha visto la emergencia de una nueva clase de peligros, asociada al cambio climático...*⁸⁵

El patrimonio natural y cultural inmueble prehispánico es una irremplazable fuente de enriquecimiento natural e inspiración, se tiene la obligación de la conservación adecuada proveyendo medidas de mitigación, para el legado de las generaciones futuras.

Muchas de las características que dan valor al entorno natural único e irremplazable del Edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén son el resultado de la variabilidad climática del pasado de igual forma la ubicación del parque ha permitido el aislamiento permitiendo la conservación de flora y fauna.

Los cambios de temperatura de la atmósfera y en los regímenes de lluvia afectan el equilibrio entre las precipitaciones acumuladas en invierno y los cambios de temperatura en el verano, el parque pierde gradualmente su capacidad de los recursos para flora y fauna.

⁸⁴ Colette Agustín. *Estudio de Caso, Cambio Climático y Patrimonio Mundial*. Centro de Patrimonio Mundial. UNESCO, pág.7, (2009).

⁸⁵ Colette Agustín. *Estudio de Caso, Cambio Climático y Patrimonio Mundial*. Centro de Patrimonio Mundial. UNESCO, pág.11, (2009).



Figura 7.
Escalinata norte, Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021

El sitio de Yaxhá, exhibe delicados equilibrios, aunque el cambio climático es una significativa amenaza externa para la conservación del patrimonio natural y cultura inmueble prehispánico del mismo, debe ser considerado como uno más entre otros problemas.

El parque también recibe una serie efectos de carácter administrativo que requiere acciones de gestión interna:

- Número de visitantes: afecta en cuanto a la contaminación auditiva y residuos sólidos dispuestos en el suelo continuamente, se deberá proponer un plan de control de visitantes y un plan de manejo de desechos sólidos.
- Infraestructura: debido que el parque atrae alta cantidad de visitantes, demanda necesidad de desarrollo de infraestructura para el turista cada vez mayor.

La solución del problema del cambio climático se encuentra más allá del parque, sin embargo, el parque es ideal para actividades de investigación en cuanto a las medidas de mitigación que podrían ser incluidas en los planes de gestión ambiental de otros parques de patrimonio natural y cultura inmueble prehispánico.

La conservación del parque se ve amenazada por varios factores externos, el cambio climático es considerablemente uno de los más presentes, se puede mencionar el aumento global de los cambios de temperatura, el aumento del nivel del mar (45cm), la destrucción de los manglares de la laguna Yaxhá, entre otros. El daño en los manglares en la laguna Yaxhá podría disminuir su capacidad de protección natural contra los vientos y tormentas. Se deberá implementar medidas de mitigación para contrarrestar los daños ocasionados al patrimonio natural y cultural.



Figura 8.
Edificio 216 y entorno natural Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021



MEDIO FÍSICO CULTURAL Y NATURAL

Capítulo 4

MEDIO FÍSICO CULTURAL

El Parque Nacional Yaxhá–Nakum–Naranjo, posee cuatro ciudades mayas importantes (Yaxhá, Nakum, Naranjo y Topoxté) y más de 335 sitios arqueológicos a sus alrededores, alberga una riqueza natural invaluable, que incluye especies de flora y fauna de ecosistemas de humedales, bosques húmedos, ríos y lagunas. Debido a su destacada diversidad biológica, el parque ha sido reconocido como un sitio RAMSAR desde 1990 y fue declarado parte de la Reserva de Biósfera Maya. El parque, además, se encuentra inmerso en un mosaico de diferentes usos del suelo y comunidades locales que tienen importante influencia e injerencia sobre los recursos del área.

Con el inicio de la repoblación en el área, la demanda de alimentos y búsqueda de formas y medios de vida para los nuevos habitantes aumentó, con lo cual también se aceleró el cambio de uso de suelo, debido principalmente a la expansión de las actividades agrícolas en el área. El crecimiento demográfico en el área causó también un aumento en las actividades extractivas de xate, chicozapote, pimienta y otros productos, y se intensificó la cacería, la pesca y la recolección de frutos como medios de vida.



Figura 9.
Edificio 216 y entorno natural Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021

Según los registros, en 1970 el Instituto de Antropología e Historia (IDAEH) de Guatemala inició sus actividades de vigilancia y mantenimiento en los sitios de Yaxhá, Nakum y el Naranjo, pero fue hasta finales de la década de los 1980 cuando se iniciaron las actividades de investigación y restauración arqueológica en Yaxhá y Nakum. Los hallazgos arqueológicos de estas investigaciones dieron al área un atractivo turístico importante.

MEDIO FÍSICO NATURAL

Además de la importancia arqueológica que posee el área, el parque presenta una riqueza natural invaluable; por el territorio pasan tres ríos (Yaxhá, Ixtinto, Holmul) y hay cinco lagunas (Yaxhá, Sacnab, Juleque, Lancajá, Champoxté, y la Poza Maya) que lo constituyen como un sitio RAMSAR. El parque alberga una gran diversidad de vida silvestre, con más de 338 especies de plantas nativas y gran número de especies animales, entre los que se encuentran 40 especies de mamíferos, 346 especies de aves, 45 especies de reptiles y 22 especies de peces. Estas características permitieron que en el año de 1990 el área fuera declarado como parte de la Reserva de la Biósfera Maya (RBM) y se incluyó dentro de los planes de conservación como Monumento Natural Yaxhá-Nakum-Naranjo (CONAP, 2006).

En los años siguientes, con el apoyo de diferentes proyectos y programas, continuó la restauración de los monumentos arqueológicos del parque, se invirtió en el desarrollo de infraestructura turística y en su promoción, lo que favoreció el incremento de turistas al área.

AÑO	VISITANTES
2005	18,170
2006	16,557
2007	15,943
2008	25,307
2009	16,100
2010	29,644
2011	25,363

AÑO	VISITANTES
2012	33,077
2013	30,532
2014	44,312
2015	30,532
2016	44,312
2017	40,126
2018- 2022	44,100 (Promedio)

Tabla 16. Cuadro Registro de visitantes al Parque Nacional Yaxhá- Nakum-Naranjo, Petén, Guatemala. Esquema elaboración propia, enero 2022
Fuente de información: CONAP 2018

SITUACIÓN AMBIENTAL ACTUAL PARQUE NACIONAL YAXHÁ, PETÉN GUATEMALA

La situación ambiental actual sufre escasez de información debido que se ha venido enfocando en aspectos analíticos y políticos, con capacidades técnicas limitadas, debilidad institucional y falta de coordinación de las instituciones nacionales.

Actualmente se cuenta con un Plan maestro del Parque Nacional Yaxhá, desarrollado por medio del Consejo Nacional de Áreas Protegidas, CONAP. Que tiene como fin velar por las acciones de registro, restauración, protección, mantenimiento, investigación u monitoreo del patrimonio cultural.

...En Yaxhá, por aparte, desde 2003 los vecinos garantizan que cada comunitario conserve el patrimonio natural y cultural, y se dedican a prestar servicios de turismo local y a la elaboración de artesanías, para proteger cada hectárea de la reserva natural...⁸⁶

El parque nacional Yaxhá, cuenta con la colaboración de las comunidades de la región y gracias a Plan Maestro se ha mantenido una constante conservación del mismo. Sin embargo, el sitio presenta modificaciones en sus variantes ambientales, ya que no se encuentra exento de los efectos del cambio climático regional y global.

Se presenta un análisis se sitio de las variantes atmosféricas del parque nacional Yaxhá: isoterma temperatura promedio anual, nivel isoceraunicos de días con descarga eléctricas o truenos promedio, isoyetas promedio anual, clasificación energía eólica, temperatura y vientos predominantes.

Estado de abandono total en el que permanecieron, luego de más de 1000 año, lo que favoreció al crecimiento de vegetación, lo que provoca empuje, perforación y penetración por la acción mecánica ejercida por el engrosamiento de las raíces, presencia de vegetación no controlada, desprendimiento de materiales, presión de

⁸⁶ "Modelo de conservación ambiental", Diario de Centro América, (2019).

toneladas de tierra sobre el edificio provocándole aplastamiento, desplome y deformación de sus elementos arquitectónicos, así como fracturas por el peso de la masa del montículo y la vegetación sobre el mismo, originando a la vez filtración de humedad en las fisuras y grietas. ⁸⁷

⁸⁷ Noriega, Raúl, Breitner González y Erwin Franciné Valiente. "Procesos y resultados de las intervenciones de conservación en Nakum y el Edificio 218 de Yaxhá". En XXI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, (2007) (editado por J. P. Laporte, B. Arroyo y H. Mejía), (pp.373-390). Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala (versión digital), (2008).



Figura 10.
Vegetación existente, vista lateral escalinata edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021

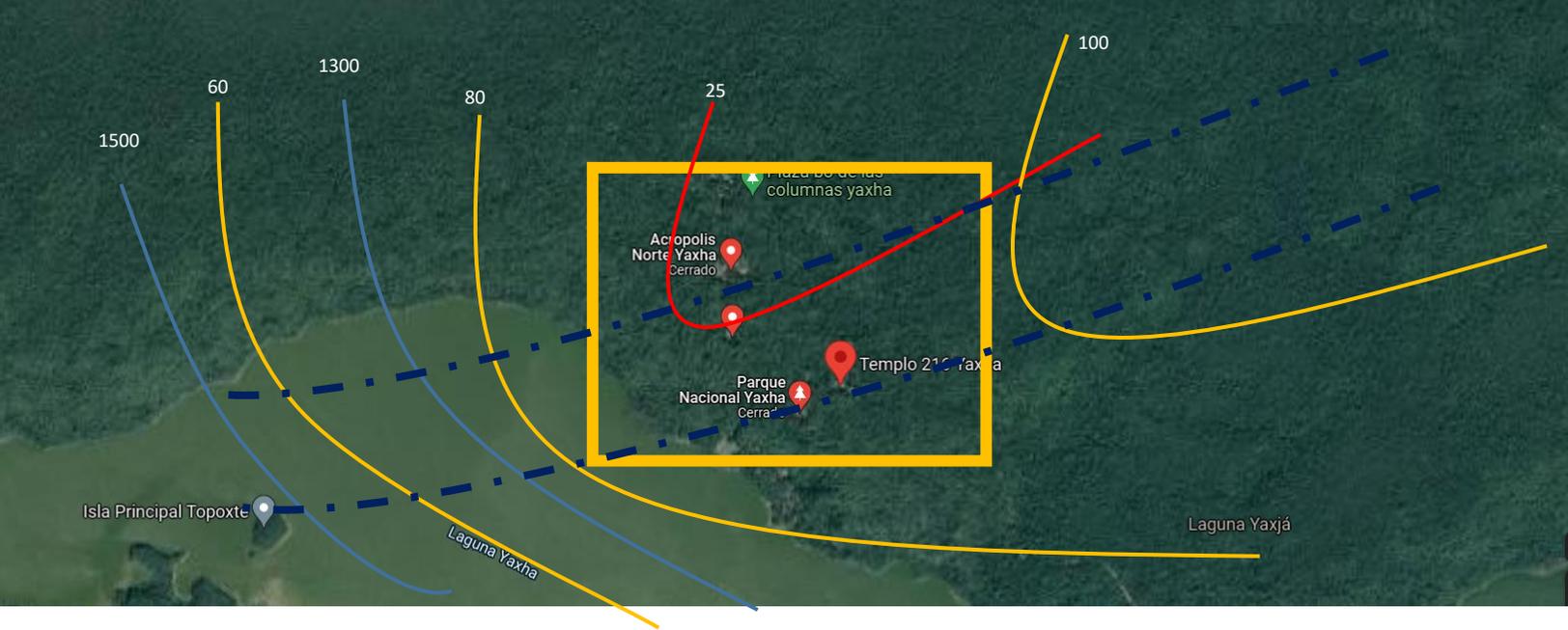


Figura 11. Mapa análisis características atmosférica reserva Parque Nacional Yaxhá, Petén Guatemala
 Fuente de información: INSIVUMEH, Guatemala 2020
 Cuadro elaboración propia, enero 2022
 Fotografía: Google imágenes, mayo 2010

SIMBOLOGÍA	
Ubicación Edificio 216 Yaxhá Petén, Guatemala	Vientos predominantes Enero: 8.8 km/h Febrero: 7.9 km/h Marzo: 8.6 km/h Abril: 7.1 km/h Mayo: 5.5 km/h Junio: 5.0 km/h Julio: 5.0 km/h Agosto: 5.7 km/h Septiembre: 11.7 km/h Octubre: 15.9 km/h Noviembre: 22.7 km/h Diciembre: 19.2 km/h Promedio anual: 10.2 km/h
Isoterma temperatura Promedio anual Grados Celsius	
Nivel isoceraunicos de días con descarga eléctricas o truenos promedio anual días	
Isoyetas promedio anual mm de lluvia	
Clasificación energía eólica Pobre 0-200 v/m2 0-5.6 m/s	
Temperatura Min: 23°C - Max: 38°C	

Tabla 17. Simbología factores atmosféricos de la región Parque Nacional Tikal, Petén Guatemala
 Fuente de información: INSIVUMEH, Guatemala 2020

El índice del riesgo climático para Guatemala es de 31.17, sitúa al país en las primeras 10 posiciones⁸⁸ de los países más vulnerables al cambio climático.⁸⁹

⁸⁸ Índem

⁸⁹ Índice de riesgo climático global 2015. Disponible en: www.germanwatch.org

El manejo de la vegetación en el Parque Nacional Yaxhá, permite comprender la distribución espacial de las mismas, identificando plazas, calzadas, pirámides, templos y todos los elementos urbanos que le dan forma.

El Parque Nacional Yaxhá se caracteriza por la amplitud de sus espacios públicos, cuentan con cinco calzadas y más de 500 edificios, en ella el manejo de vegetación es constante, integrando plataforma, cambios de nivel, edificios en su mayoría en forma de montículos.

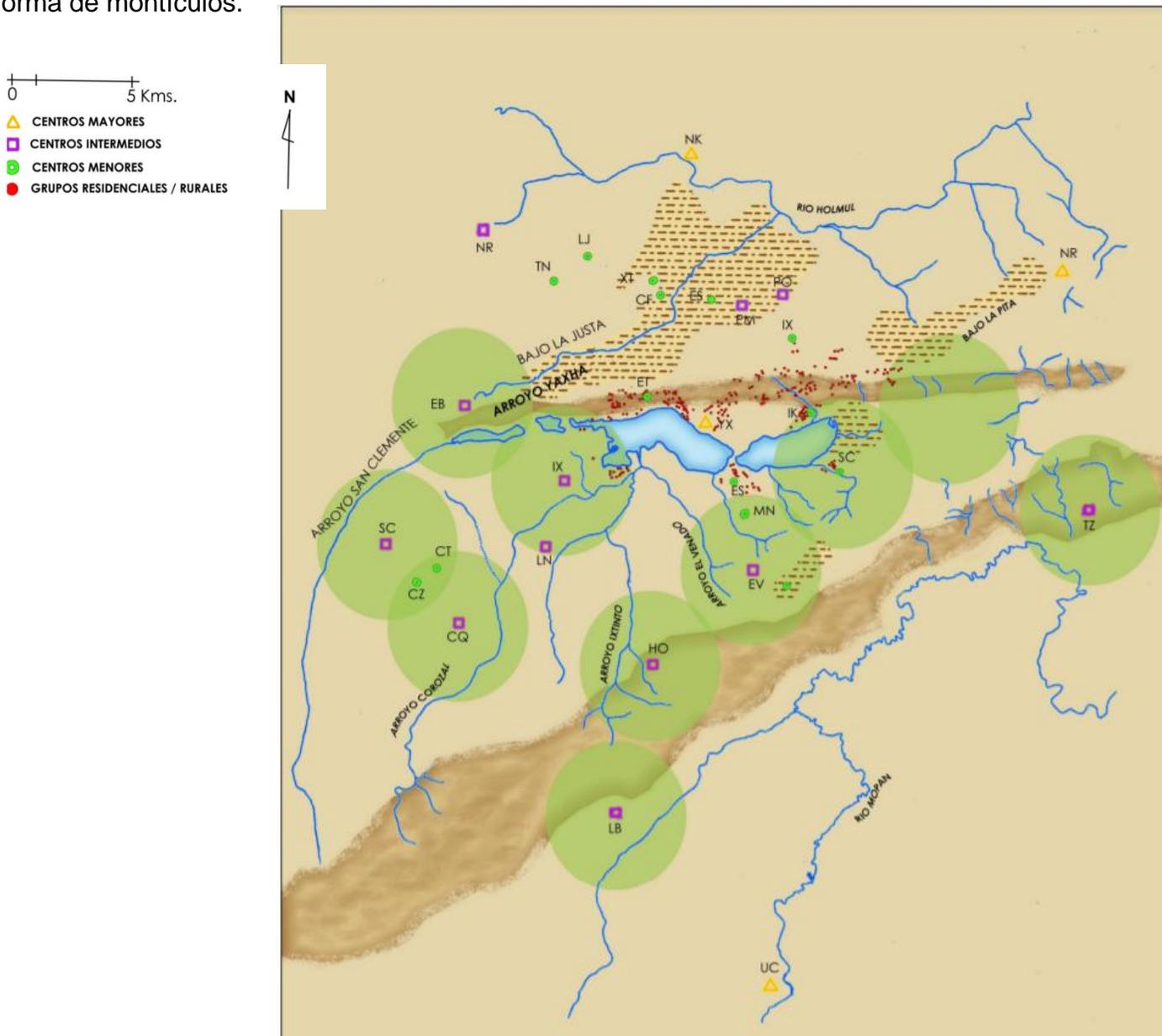


Figura 12.
 Mapa Cuencas de Yaxhá
 Fuente de información: DECORSIAP-IDAETH
 Fotografía: Google imágenes, enero 2022



MEDIO FÍSICO EQUIPAMIENTO

Capítulo 5

EQUIPAMIENTO

Se comprenderá como equipamiento al conjunto de edificios o espacios predominantes de uso público, privado y social. En el cual se realiza todo tipo de actividades complementarias, de apoyo cultural y recreativas dentro del Parque Nacional Yaxhá.

Dentro del equipamiento del Parque Nacional Yaxhá se puede encontrar:

1. Plaza C, Conjunto astronómico menor
2. Calzada de los Peregrinos
3. Plaza B o plaza de las columnas
4. Acrópolis Este, templo de las manos rojas (edificio 216)
5. Plaza A, complejo pirámides gemelas
6. Calzada Este
7. Plaza M
8. Juego de pelota del Palacio
9. Acrópolis Noreste o de los Tucanes
10. Plaza E, o de los Pájaros
11. Acrópolis Norte
12. Grupo Maler, Plaza de las Sombras
13. Calzada Blom o de las aguadas
14. Plaza R y grupo residencial
15. Plaza G
16. Plaza F, complejo astronómico mayor
17. Grupo suroeste
18. Acrópolis Sur, Plaza IV (grafitos)
19. Calzada del Lago
20. Calzada Lincoln
21. Estacionamiento
22. Centro de interpretación
23. Garita de Ingreso
24. Centro de visitantes
25. Servicios sanitarios
26. Museo
27. Restaurante
28. Campamento ecológico

Ubicación

Ubicación del equipamiento del Parque nacional Yaxhá, según la distribución del mismo dentro del área que contempla el sitio arqueológico prehispánico.

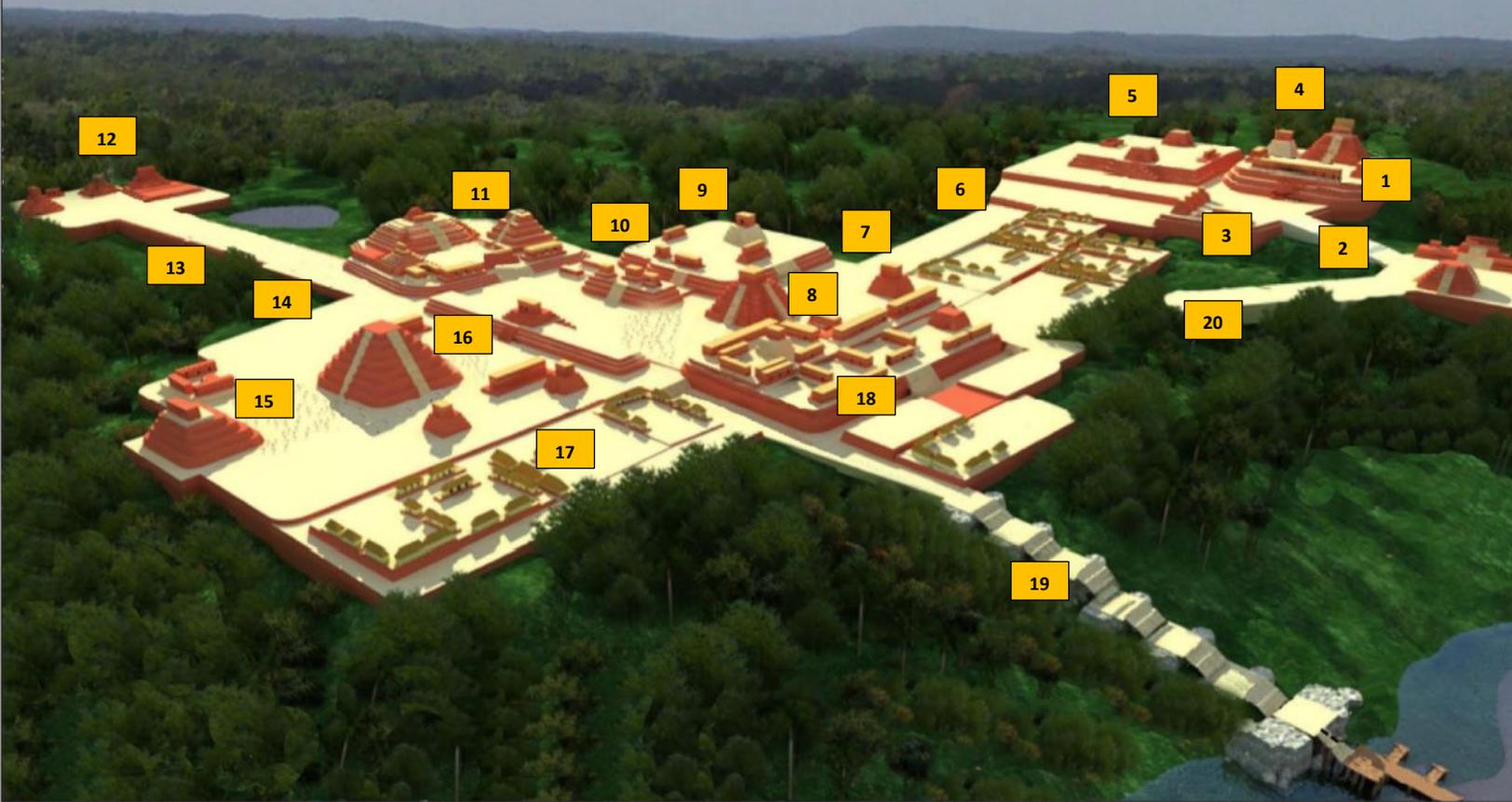


Figura 13.
 Mapa de zonificación
 Fuente de información: DECORSIAP-IDAHE
 Elementos de zonificación elaboración propia, enero 2022
 Fotografía: Google imágenes, enero 2022

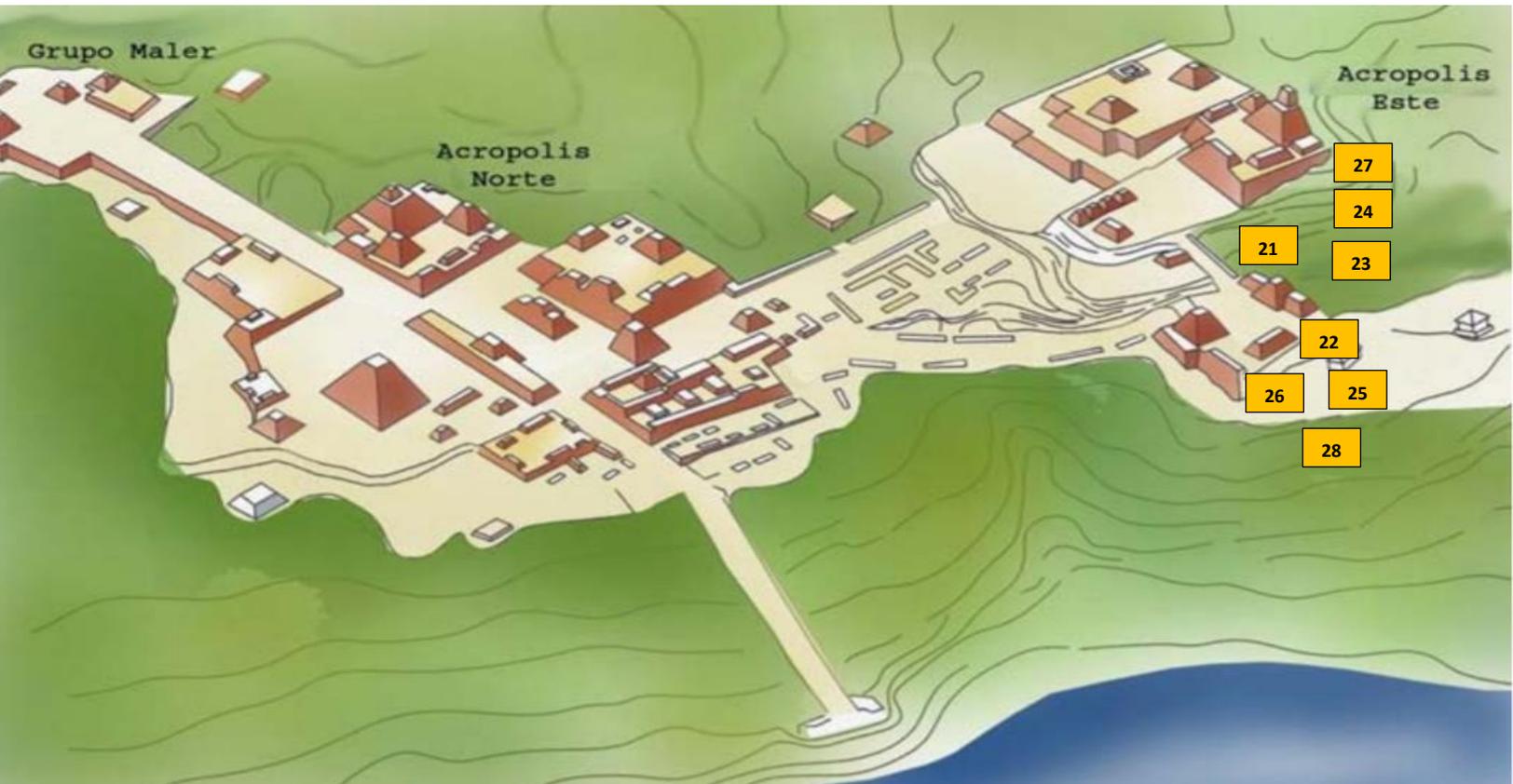


Figura 14.
 Mapa de zonificación
 Fuente de información: Noriega, Raúl, Breitner González y Erwin Franciné Valiente
 Elementos de zonificación elaboración propia, enero 2022
 Fotografía: Google imágenes, enero 2022



Figura 15.
Plaza C, Conjunto astronómico menor Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021



Figura 16.
Juego de pelota del Palacio Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021



Figura 17.
Juego de pelota del Palacio Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021



Figura 18.
Acrópolis Norte Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021



Figura 19.
Alto relieve Acrópolis Norte Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021



Figura 20.
Plaza B o plaza de las columnas Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021



Figura 21.
Acrópolis Este, Templo de las manos rojas Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021



Figura 22.
Acrópolis Este, Templo de las manos rojas (edificio 216) Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021



Figura 23.
Vista hacia laguna Yaxhá desde Acrópolis Este, Templo de las manos rojas (edificio 216) Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021



Figura 24.
Vista hacia laguna Yaxhá desde Acrópolis Este, Templo de las manos rojas (edificio 216) Yaxhá, Petén, Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada, septiembre 2021



MEDIO DE CONTROL

Capítulo 6

MEDICIÓN DE LA VIALIDAD DE LOS ELEMENTOS DE CONSERVACIÓN

La metodología establece los pasos para la medición de la vialidad de los elementos de conservación, donde se parte de la selección de los indicadores para cada elemento en función de los atributos e integridad o vialidad:

- Elementos culturales: el contenido conceptual, condición física y contexto natural y social
- Elementos naturales: tamaño, condición y contexto paisajístico

MEDICIÓN DE LA REDUCCIÓN DE AMENAZAS

La medición de la reducción de amenazas se realiza con el fin de monitorear si están teniendo éxito las estrategias que se están utilizando para la reducción de dichas amenazas a los elementos de conservación naturales y culturales del parque.

MEDICIÓN DEL MANEJO DEL PARQUE

La medición de la efectividad del manejo debe realizarse en forma paralela a la medición del plan de monitoreo, esto con el propósito de evaluar los avances en el cumplimiento de las directrices contempladas en el Plan Maestro y en los diferentes ámbitos de manejo del Parque, estos son: administrativo, legal, social, manejo de recursos naturales y cultura, y el ámbito financiero. Se debe utilizar la herramienta desarrollada por el CONAP: estrategia de Monitoreo del Manejo de la Áreas Protegidas del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas.⁹⁰

A continuación, se listan los indicadores para el monitoreo de conservación del Patrimonio natural y cultural del Parque Nacional Yaxhá, Petén.

⁹⁰ Consejo Nacional de Áreas Protegidas. CONAP, (2001).

INDICADORES PARA EL MONITOREO				
INDICADOR	MÉTODOS	FRECUENCIA Y TIEMPO	LOCALIZACIÓN	ACTORES Y/O RESPONSABLES
Frontera agrícola	Análisis de imágenes satelitales y verificación de campo de cambio de cobertura	Anualmente	Consistencia El parque área del parque nacional Yaxhá - Nakum - Naranjo	CONAP
Incendios	Análisis de imágenes satelitales y verificación de campo de áreas afectadas por incendios	Anualmente	Toda el área del parque	CONAP
Porcentaje de cobertura forestal	Análisis de imágenes satelitales, verificación de campo	Anualmente	Toda el área del parque	Administración
Porcentaje cobertura forestar en periferia del parque	Análisis de imágenes satelitales, verificación de campo	Anualmente	Zonas periféricas del parque	Administración
Árboles extraídos anualmente del parque	Se llevarán los registros del número de árboles, basados en el conteo de tocones	Anualmente	Vías de acceso y sectores sur oeste y sur este, y áreas donde se han detectado frecuencias de ilícitos	Administración
cazadores y pescadores reportados en el parque	reportados en el parque Registro actualizado de cazadores y pescadores identificados, basados en los informes de los patrullajes	Semestralmente	comunidades del sur del parque	Administración; custodios del parque
adultos de tortuga blanca	Censos para la determinación de poblaciones	Anualmente	sistema lagunar (lagunas de Yaxhá - Sacnab - Champoxté)	Administración; custodios del parque
decomisos de carne silvestre en el parque	Analizar el número de decomisos de carne silvestre reportados en los informes de patrullajes	Mensualmente	vías de acceso y en los patrullajes del parque	Administración; custodios del parque
individuos de especies cinegéticas capturadas	Registro de número de individuos de especies cinegéticas reportadas en los informes de patrullajes	Mensualmente	vías de acceso y en los patrullajes del parque	Administración; custodios del parque
jaguars de la meta población	Muestreos poblacionales	Anualmente	área del parque y colindancias	Administración del parque
jaguars dentro del parque	Muestreos de poblaciones dentro del parque	Anualmente	Área del parque	Administración del parque
propiedades privadas con mecanismo formales de conservación	Registro de propiedades con mecanismos formales de conservación (reservas naturales privadas, servidumbres ecológicas, PINFOR de conservación, y otros).	Anualmente	Propiedades privadas del sur y oeste del parque	CONAP
investigaciones realizadas en el parque, basadas en el programa de investigación	Registro de investigaciones e investigadores del patrimonio natural de parque y verificación de campo, informes de monitoreo de la investigación	Mensualmente	Área del parque	Programa Universitario de investigación. USAC
Índice de calidad del agua	Análisis de calidad de agua (parámetros fisicoquímicos)	Semestralmente	cuerpos de agua, laguna Yaxhá, Sacnab, sistema hídrico Holmul	CONAP
Índice de densidad y presencia de especies indicadoras de plancton	muestreos de calidad del agua	Semestralmente	sistema lagunar	CONAP

Nivel de agua del sistema lagunar	Mediciones del nivel del agua	Semanalmente	sistema hídrico lagunar	Administración del parque
Toneladas de basura colectadas en los cuerpos de agua	Cuantificar la cantidad de basura colectada en los cuerpos de agua	Mensualmente	cuerpos de agua	Administración del parque
edificaciones afectadas por intervenciones de restauración, sobre el total del sitio	intervenciones inadecuadas de restauración, sobre el total del sitio Evaluación de acuerdo al Reglamento y Lineamientos Generales de Conservación y Restauración del Parque	Anual y según necesidad	Sitio arqueológico Yaxhá	Ministerio de Cultura y Deportes, Dirección del Patrimonio Cultural y Natural
edificaciones expuestas del total de edificaciones del elemento	Conteo de las edificaciones expuestas en relación del total de edificaciones del elemento	Anual	Sitio arqueológico Yaxhá	Administración del parque
edificaciones que presentan riesgos estructurales	Monitoreo de las edificaciones expuestas	Periódico, con síntesis anual	Sitio arqueológico Yaxhá	Administración del parque
grafiti en estucos originales y esculturas con glifos	Reportes de recorridos periódicos realizados por vigilantes y evaluación por técnicos-operativos	Constante y síntesis anua	Sitio arqueológico Yaxhá	Administración; custodios del parque
total de edificios expuestos que presentan deterioro por intemperismo	Monitoreo de las edificaciones expuestas	Periódico, con síntesis anua	Sitio arqueológico Yaxhá	Administración; custodios del parque
Cantidad de basura en senderos, caminos y cuerpos de agua	Monitoreo de la cantidad de basura recogida en los senderos, caminos y cuerpos de agua	Diario, con síntesis mensual	Sitio arqueológico Yaxhá	Administración; custodios del parque

Tabla 18.

Cuadro Indicadores para el monitoreo, Medición de la Viabilidad del Patrimonio Natural del Parque Nacional Yaxhá-Nakum-Naranjo
Esquema elaboración propia, enero 2022
Fuente de información: CONAP 2018

ANÁLISIS FODA

El análisis FODA se refiere a: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, herramienta de estudio de la situación del Parque Nacional Yaxhá, analizando las características internas (debilidades y fortalezas) y sus características externas (amenazas y oportunidades), desglosándolas en un cuadro matriz. Con el objetivo de determinar ventajas competitivas del parque y las estrategias que más le convengan al mismo.

De la combinación de las fortalezas con las oportunidades surgirán las potencialidades, las cuales señalan las líneas de acción para el Parque. Las limitaciones, determinadas por una combinación de debilidades y amenazas, que determinarán las advertencias por tomar en cuenta. mientras que los riesgos y los desafíos, determinados por la combinación de factores, exigirán una cuidadosa consideración a la hora de marcar el rumbo que el Parque deberá asumir en el futuro deseable.

CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE NACIONAL YAXHÁ				
EJE	POTENCIALIDADES		LIMITANTES	
	FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
MEDIO NATURAL	- Vegetación abundante - Diversidad de la vida silvestre	- Mayor calidad de aire - Protección solar	- Suelos húmedos - Cambios en los niveles de temperatura - Menos calidad de aire - Menos calidad del agua - Soleamiento	-Frondosidad de vegetación dañina para el patrimonio tangible - Soleamiento directo en las estructuras del patrimonio tangible - Daño a las estructuras a causa de los cambios de temperatura
MEDIO CULTURAL	Patrimonio histórico tangible	Investigaciones históricas	Edificaciones expuestas al medio natural	Degradación de las edificaciones del patrimonio histórico tangible
MOVILIDAD	- Transporte de turismo - Vehículos automotores privados	-Mayor ingreso de turistas - Mayor ingreso económico para el mantenimiento del parque - Implementación de un plan de ingreso vehicular en el parque	- Contaminación en el parque a causa del turismo - Problemas de movilidad vial debido al estado actual de las carreteras de terracería en condiciones no óptimas	Aumento de la contaminación del aire por el uso de vehículos automotores que ingresan a la reserva natural del Parque
TURISMO	Territorio con potencial turístico	-Disponibilidad de recursos públicos para la actividad turística	-Falta de organización - carencia de habilidades turísticas - Falta de presencia institucional	Afecciones ambientales
RIESGOS NATURALES		Programas de mitigación	-Deforestación, tala ilegal de árboles - Mal aprovechamiento del sistema hídrico - índices de contaminación	- Incremento de tormentas y lluvias provocan riesgo del crecimiento de la zona y posibles inundaciones en la zona - Afecciones en las estaciones del año a causa del cambio climático
RIESGOS CULTURALES		Programas de conservación cultural	Abandono en ciertas estructuras de menor valor histórico, brindándole prioridad a las de mayor volumen o importancia histórica	-Daño a las estructuras a causa del cambio climático - Daño a las estructuras a causa del turismo

Tabla 19.
Cuadro análisis FODA
Tabla elaboración propia, enero 2022

LÓGICA DE EVALUACIÓN

Sistema de evaluación el cual analiza los resultados, efectos e impactos, la metodología se basa en el Plan estratégico de conservación y mitigación, el cual determina estrategias, metas y resultados, conforma la evaluación basada en sistema de indicadores que determinan los cambios obtenidos en el comportamiento de la piedra caliza en la escalinata del edificio 216 debido a la implementación de la estructura de protección y los procedimientos de conservación de la misma.

La lógica de evaluación cumple con la cadena de resultados, como se muestra en la siguiente gráfica:

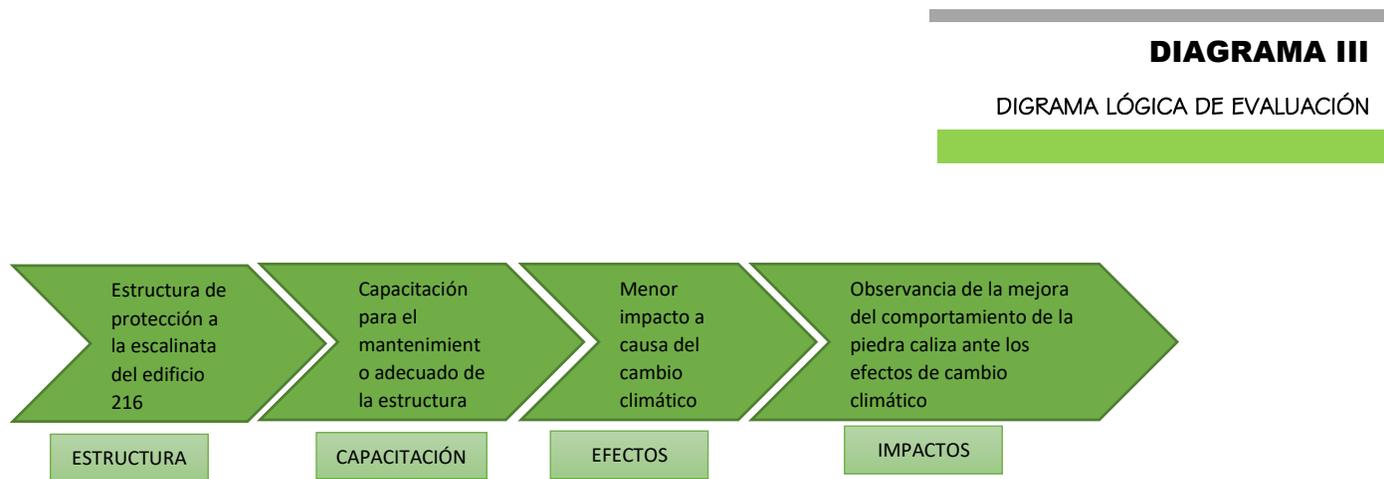


DIAGRAMA III.
Diagrama lógica de evaluación
Diagrama elaboración propia, enero 2022

Dentro de los procesos de evaluación, se hace indispensable contar con un proceso base para cada uno de los informes de observación, con el propósito de medir los cambios cualitativos y cuantitativos en la estructura y así verificar los efectos e impactos. La vulnerabilidad puede incluir vulnerabilidad arqueológica en el campo del Patrimonio Cultural Tangible.



Diagrama IV.

Gráfica, planteamiento metodológico del World Heritage. UNESCOO 2010

Fuente de información: Metodología de gestión de riesgo climático para sitios y parques arqueológicos. Serviprensa. 2013



PROSPECTIVA CULTURAL Y NATURAL

Capítulo 7

INSTRUMENTOS DE CONSERVACIÓN AMBIENTAL Y CULTURAL

Ante la necesidad de hacer frente a la degradación ambiental y preservar los recursos naturales y los servicios ambientales que estos ofrecen, se han desarrollado diversos instrumentos de política pública ambiental en distintos niveles gubernamentales. Esta situación conlleva, en muchas ocasiones, una instrumentación simultánea a los programas que se implementan en el mismo territorio. Por lo tanto, en este trabajo se propone un instrumento de evaluación y conservación ambiental para ser aplicados en el suelo del territorio del parque, para su conservación y restauración.

Evaluación de impacto ambiental

La elaboración de matrices como instrumento de evaluación de proyecto en cuanto a su impacto ambiental, la implementación de nuevas matrices que analicen los impactos al ambiente de la época actual. Los procesos para determinar la elaboración de matrices que evalúen los impactos, tomaron en cuenta las matrices elaboradas en otros casos. Se incluyó la matriz de doble entrada así como los factores y valores tomando como base la metodología de UICN. Se toma en cuenta las matrices previamente analizadas y se abstrae de ella los elementos ambientales que conformaran la nueva matriz, se hace un análisis y se determina que es necesario implementar niveles de riesgo y medidas de mitigación en la matriz adaptada.

El proyecto consiste en la implementación de una estructura de mitigación ante los cambios de temperatura que se encuentra expuesta la piedra caliza de la escalinata del Edificio 216, del parque Nacional Yaxhá.

Proceso

1. El proyecto se propone hipotéticamente por parte de la estudiante con cierre de pensum de la maestría en Diseño, planificación y manejo ambiental.
2. Las autoridades académicas aprueban el protocolo de tesis

3. Aprobado el protocolo de tesis, se inicia el proceso de investigación para su elaboración.
4. Se programan asesorías por parte del asesor y consultores de la tesis.
5. Finaliza el proceso de investigación y diseño.

Entre los procesos utilizados se debe iniciar por lo básico que es el análisis de INSUMOS-PROCESOS-PRODUCTOS, lo cual dará como resultado los productos que causan impacto al medio ambiente.

INSUMOS	PROCESOS	PRODUCTOS
Maquinaria Mano de obra	Perforación del suelo	Tierra
Mano de obra madera	Instalación de bases	Madera
Mano de obra sarán	Instalación de sarán	Sarán
Mano de obra Madera Clavos Alambre de amarre	Ensamble sarán con la madera	Madera

Tabla 20.
Cuadro análisis INSUMOS-PROCESOS-PRODUCTOS
Tabla elaboración propia, enero 2022

Se elabora como segundo proceso una matriz que muestra los componentes del proyecto y los del medio ambiente, se observó que los componentes del proyecto son los que ocasionarán el impacto en los componentes del medio ambiente, para ello se elabora la matriz donde se muestra la relación causa – ambiente donde se determina por medio de una “X” qué causante dañarán a cual componente ambiental.

Los factores que se pueden verse afectados por las actividades del proyecto:

COMPONENTES Y ACCIONES DEL PROYECTO	COMPONENTES DEL AMBIENTE													
	ABIÓTICO							BIOTICO			ANTRÓPICO			
	CLIMA	GEOLOGIA	GEOGRAFIA	SUELOS	AGUA	AIRE	PAISAJE	VEG.TERRESTE	FAUNA TERRESTRE	BIOTA ACUATICA	DEMOGRAFICO	ECONOMICO	CULTURAL	POLITICO
Perforación del suelo				X		X	X	X	X			X	X	
Corte de la estructura				X		X	X		X			X	X	
Armado de la estructura				X		X	X	X	X			X	X	
Instalación de la estructura			X	X		X	X	X	X			X	X	
Acabado final							X	X	X			X	X	

Tabla 21.
Tabla análisis factores afectados
Tabla elaboración propia, enero 2022

Los factores ambientales que son afectados por la ejecución del proyecto son principalmente el suelo y la vegetación, por el impacto de la perforación del suelo.

CUADRO DE FACTORES		
ABIÓTICO	Geografía	Uso de suelo
	Suelo	Movimiento del suelo
	Paisaje	Contraste entorno / vistas
	Aire	Nivel de ruido
BIOTICO	Veg. terrestre	Cobertura vegetal
	Fauna terrestre	Fauna existente
ANTRÓPICO	Cultural	Relaciones sociales/protección al patrimonio
	Económico	Generación de empleos

Tabla 22.
Tabla Cuadro de factores
Tabla elaboración propia, enero 2022

COMPONENTES Y ACCIONES DEL PROYECTO	COMPONENTES DEL AMBIENTE													
	ABIÓTICO						BIÓTICO			ANTRÓPICO				
	CLIMA	GEOLOGÍA	GEOGRAFÍA	SUELOS	AGUA	AIRE	PAISAJE	VEG. TERRESTRE	FAUNA TERRESTRE	BIOTA ACUÁTICA	DEMOGRÁFICO	ECONÓMICO	CULTURAL	POLÍTICO
			USO DE SUELO	MOVIMIENTO DEL SUELO		NIVEL DE RUIDO	CONTRASTE ENTORNO/ VISTAS	COBERTURA VEGETAL	FAUNA EXISTENTE			GENERACIÓN DE EMPLEO	RELACIONES SOCIALES, PROTECCIÓN DE PATRIMONIO	
Perforación del suelo			X		X	X	X	X			X	X		
Corte de la estructura			X		X	X		X			X	X		
Armado de la estructura			X		X	X	X	X			X	X		
Instalación de la estructura			X	X	X	X	X	X			X	X		
Acabado final						X	X	X			X	X		

Tabla 23.
Componentes y acción del proyecto
Tabla elaboración propia, enero 2022

Para determinar el impacto en el medio ambiente por los componentes del proyecto, se le dará el valor en lo que es la matriz de Leopold, se determinara un rango del 1 al 10 donde 1 es de mejor impacto y 10 de mayor impacto.

MATRIZ DE LEOPOLD										
ELEMENTOS Y CARACTERISTICAS AMBIENTALES			ACTUACIONES PROPUESTAS / CAUSANTES DE POSIBLE IMPACTO AMBIENTAL	Perforación del suelo	Corte de la estructura	Armado de la estructura	Instalación de la estructura	Acabando final		
IMPACTOS AMBIENTALES	FÍSICO	Geografía	Uso de suelo	8/8					8/8	
		Suelos	Movimiento del suelo	8/8					8/8	
		Paisaje	Contraste con el entorno	2/2	1/1	1/1	8/8	8/8	20/20	
			Vistas	1/1	1/1	1/1	8/8	8/8	19/19	
		Aire	Nivel de ruido	4/4	4/4	7/7	7/7	5/5	27/27	
	BIÓTICO	Veg. terrestre	cubre suelo	8/8		5/5	8/8	5/5	26/26	
			Comunidades vegetales	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	10/10	
		Fauna terrestre	Especies terrestres	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	20/20	
	ATÓPICO	Económico	Generación de empleo	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	20/20	
			Niveles de ingreso	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	20/20	
		Cultural	Relaciones sociales	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	16/17	
			Protección del patrimonio	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	5/5	
					45/46	22/23	29/30	46/46	41/42	

Rango 1	1-3	Menor impacto
Rango 2	4-6	Medio Impacto
Rango 3	7-10	Mayor Impacto

Tabla 24.
Matriz de Leopold
Tabla elaboración propia, enero 2022

Metodología adaptada

Como proceso de adaptar una metodología en esta investigación se tomará en cuenta el análisis efectuado en el proceso estándar con las matrices ya existentes para ello se implementará el concepto CAUSA-AMBIENTE-RIESGO-MITIGACIÓN, en el cual se evaluarán de la siguiente manera:

CAUSA = objeto de impacto del proyecto

AMBIENTE = factor ambiental que absorberá el impacto

RIESGO = impacto

MITIGACIÓN = solución para disminuir el riesgo

MATRIZ CAUSA-AMBIENTE-RIESGO-MITIGACIÓN								
CAUSA	AMBIENTE						RIESGO	MITIGACIÓN
	AGUA	FLORA	FAUNA	SUELO	AIRE	PAISAJE		
Perforación del suelo		7	11	14	3	14	49	
Corte de la estructura		7	3	19	4	14	48	
Armado de la estructura		3	3	7	3	11	27	
Instalación de la estructura		3	3	7	3	11	27	
Acabado final		3	3	3	3	14	26	

Tabla 25.
MATRIZ CAUSA-AMBIENTE-RIESGO-MITIGACIÓN
Tabla elaboración propia, enero 2022

ESCALA DE VALORACIÓN Y RANGOS DE VALORACIÓN

RANGOS DE VALORACIÓN	
Impacto no Significativo	0
Impacto moderado	1-3
Impacto intermedio	4-6
Impacto negativo	7-10
Impacto moderado significativo	11-13
Impacto altamente significativo	14-16
Impacto severo	17-20

Tabla 26
Rangos de valoración
Tabla elaboración propia, enero 2022

ESCALA DE VALORACIÓN	
1-16	MENOR IMPACTO
17-27	IMPACTO INTERMEDIO
28-38	IMPACTO ALTAMENTE DE RIESGO
39-49	IMPACTO DE RIESGO

Tabla 27
Escala de valoración
Tabla elaboración propia, enero 2022

RANGOS MEDIDA DE MITIGACIÓN			
1-16	MENOR IMPACTO		Actividades constructivas
17-27	IMPACTO INTERMEDIO		Análisis y aplicación
28-38	IMPACTO ALTAMENTE DE RIESGO		Mecanismos e instrumentos
39-49	IMPACTO DE RIESGO		Plan de contingencia

Tabla 28.
Rangos medidas de mitigación
Tabla elaboración propia, enero 2022

Ventajas

La ventataja de esta matriz adaptada de CAUSA-AMBIENTE-RIESGO-MITIGACIÓN presenta el riesgo y los niveles de mitigación por implementar en cuanto a las escalas de riesgo.

Sistensis de evaluación

SINTESIS DE EVALUACIÓN	
AGUA	El agua es un recurso natural no renovable, por lo tanto, se deberá cuantificar para la ejecución del proyecto el recurso hidráulico lo menos que este requiera. Para ello se deberá elaborar un plan de uso-proporción del recurso para cuantificar las cantidades que sean únicamente las necesarias.
FLORA	La flora en todo aquello que es vegetación natural. En el proyecto se presenta flora silvestre siendo estos arbustos
FAUNA	La fauna en el conjunto de seres animales, desde: aves, mamíferos, anfibios, reptiles, peces) e invertebrados: artrópodos (insectos, arácnidos, miriápodos, crustáceos), anélidos (lombrices, sanguijuelas), moluscos (bivalvos, gasterópodos, cefalópodos), poríferos (esponjas), y otros. Por ello todo proyecto tiene un impacto en la fauna. Por ello se deberá realizar un estudio de los seres vivos que existen en el área por intervenir y así proveer una medida de mitigación para estos seres vivientes.
SUELO	El suelo es un recurso no renovable el cual se puede dispersar y modificar las cuanto no se puede establecer su situación como naturalmente procede. Al momento de realizar el movimiento de tierras de deberá tomar en cuenta el movimiento que sea únicamente el necesario para evitar el impacto ambiental de gran escala.
PAISAJE	Todo proyecto que se planifique deberá tomar en cuenta el paisaje de sector, deberá integrarse y adaptarse al mismo y su entorno, evitando así impactos negativos.
RIESGO	Conociendo los componentes ambientales y los renglones de trabajo del proyecto, se conocerá el tipo de riesgo que su ejecución ocasionará al medio ambiente. Conociendo esto se podrá determinar las escalas de riesgo.
MITIGACIÓN	Conociendo las escalas de riesgo se podrá determinar las medidas de mitigación por implementar en el proyecto. Esto para retribuir al ambiente el causado por su ejecución.
TERRENO	El terreno puede ser modificable, sin embargo, deberá realizarse una planificación adecuada para realizar el menor movimiento de suelos. El proyecto debe acoplar e integrar al terreno no el terreno al proyecto.
PERFORACIÓN DEL SUELO	Al momento de realizar la actividad de perforación se deberá tomar en cuenta el cuidado de las raíces de los árboles, para evitar que sufran daño, también se deberá tomar en cuenta el cuidado del cubre suelo del área por intervenir.
INSTALACIÓN DE LA ESTRUCTURA	Para la instalación de la estructura se deberá utilizar madera de hasta dos usos, no es necesario utilizar barras de madera nuevas, se debe emplear madera reciclada, para contribuir a disminuir la tala de árboles.

Tabla 29.
Síntesis de Evaluación
Tabla elaboración propia, enero 2022

- La evaluación de impacto ambiental deberá conocer las etapas de ejecución del proyecto, para determinar los procesos por implementar en la evaluación de impacto ambiental.
- Las matrices se aplican según el proyecto por evaluar, esta ayuda a conocer el impacto ocasionado al ambiente.
- Las matrices deberán seguir una línea de análisis.
- De deberá contemplar un rango y escala de valoración para determinar la escala del impacto ocasionado.
- Se deberá tomar en cuenta que todo tipo de proyecto causa impacto al medio ambiente, por lo tanto, se deberán establecer medidas de mitigación para todo tipo de proyecto
- Debido que todo proyecto causa impacto al ambiente, se recomienda que en cada uno se realice la evaluación de impacto ambiental.
- Se recomienda simplificar el proceso de matrices, esto para obtener resultados más visibles, entendibles, pero sobre todo puntuales.
- Cuando exista un proyecto categoría tipo “A” se deberá implementar procesos paso a paso con el cuidado de no pasar por alto ningún factor, por lo que si esto llegara a pasar se estaría pasando por alto un posible impacto de gran envergadura al ambiente.



CASOS ANÁLOGOS

Capítulo 8

CASOS ANÁLOGOS

Como proceso de investigación se analizan dos casos análogos que consisten en la revisión y análisis de aquellos proyectos que cuenten con características semejantes a la presente investigación, esto para entender mejor su origen, formación o funcionamiento, serán los modelos construidos los que permitan precisar los aspectos del material que generen un significado arquitectónico.

Esta situación ha puesto en riesgo el patrimonio tangible y ha provocado daños y pérdida de algunos elementos del Patrimonio Cultural y Natural, atentando también contra la sostenibilidad de sitios y parques arqueológicos. Es por esta razón, que el Ministerio de Cultura y Deportes, a través del Viceministerio del Patrimonio Cultural y Natural, basados en la Agenda Estratégica y Líneas Orientadoras para el período 2012-2015 de la institución, se propuso adaptar una metodología de gestión de riesgo ante los efectos e impactos del cambio climático para utilizar en sitios y parques arqueológicos, con el objetivo de contribuir en la mejora del manejo del Patrimonio. De esta forma se instituye una herramienta de trabajo que pueda aplicarse no solo en los sitios de Guatemala, sino en otros países con similares problemas y condiciones.

El proceso de adaptación metodológica y de validación en uno de los parques más amenazados en el territorio nacional, Quiriguá, el que además es un sitio de Patrimonio Mundial, fue muy interesante, pues permitió que se iniciara y reforzarán las discusiones de la situación de contexto y los mecanismos para adaptarse a las nuevas condiciones que se van dando con el paso del tiempo se concluyó, concluyéndose en que es necesario incluir en los procesos de planificación estratégica de los sitios y parques, a través de los planes maestros, el análisis de riesgo y la planificación para la gestión de riesgo, a fin que se realice un proceso de acuerdo con una visión integrada.⁹¹

⁹¹ Rojas, Oscar, Viceministerio de Patrimonio Cultural y Natural de Ministerio de Cultura y Deportes y World Monument Fund, Prince Claus Fund for Culture and Development. Supervisor de la publicación "Metodología de Gestión de Riesgo Climático para Sitios y Parques Arqueológicos". Serviprensa, (2013).

Dicho de otra manera, la mitigación del cambio climático se refiere a todas aquellas actividades, procesos y mecanismos que extraen de la atmósfera un gas de efecto invernadero, que son los causantes del cambio climático.

Sitio Arqueológico El Mirador, Guatemala

Sitio Arqueológico el Mirador, situado en la cuenta del Mirador en el municipio de San Andrés del Departamento de Petén. Cuenta con una serie de estructuras (alrededor de 35), en el caso particular de este estudio de caso análogo de determino que existe la intervención en la estructura 34, Templo de la Garra de Jaguar, en la cual se implementó una cubierta. La cual se llevó a cabo con estructura metálica y cubierta con carbonato traslucido. A continuación, se gráfica:

Localización

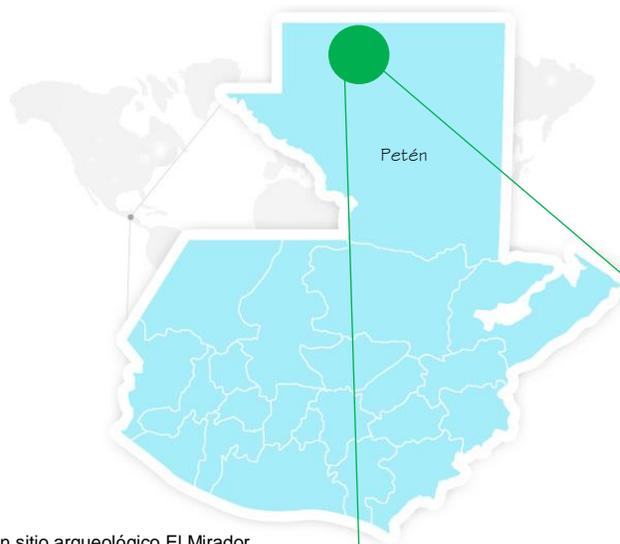


Figura 25.
Mapa de localización sitio arqueológico El Mirador,
Guatemala
Fotografía: Google imágenes. 2021

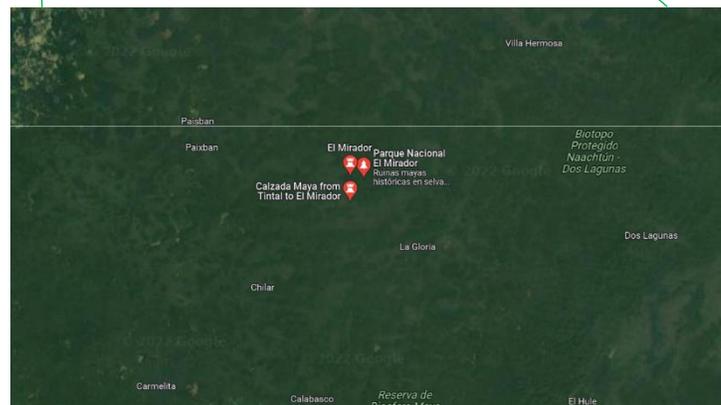


Figura 26.
Parque Nacional El Mirador, Guatemala
Latitud: 15°25'00"S Longitud: 90°30'30"N
Fotografía: Google Earth. 2022



Figura 27, 28, 29, 30.
Estructura 34, Templo de la Garra del Jaguar
Fotografía: Google imágenes. 2022

Sitio Arqueológico Quiriguá, Guatemala

La administración del Sitio Arqueológico Quiriguá determinó que era necesario la implementación de estructura de protección para el patrimonio cultural tangible. La cual se llevó a cabo con materiales propios de la región: Hoja de palma y madera. A continuación, se grafica:

Localización

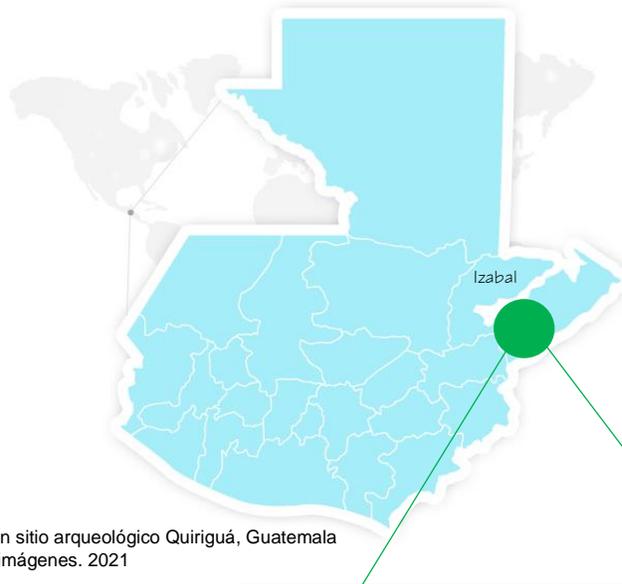


Figura 31.
Mapa de localización sitio arqueológico Quiriguá, Guatemala
Fotografía: Google imágenes. 2021



Figura 32.
Parque Nacional Quiriguá, Izabal Guatemala
Latitud: 15°28'33"N Longitud: 89°06'67"O
Fotografía: Google Earth. 2021



Figura 33.
Estela Parque Nacional Quiriguá, Izabal Guatemala
Fotografía: Wendy Estrada. 2013



Figura 34.
 Vista general Parque Nacional Quiriguá, Izabal Guatemala
 Fotografía: Wendy Estrada. 2013



Figura 35.
 Estela 10, Parque Nacional Quiriguá, Izabal Guatemala
 Fotografía: Wendy Estrada. 2013

Sitio Arqueológico Copán, Honduras

Copán Ruinas está localizada en el occidente de Honduras, en el Departamento de Copán, a sólo 14 kilómetros de la frontera El Florido con Guatemala. Por muchos años, Copán Ruinas ha tenido fama por sus magníficas ruinas mayas, declaradas por la UNESCO Patrimonio Arqueológico de la Humanidad en 1980. Hoy en día Copán Ruinas es considerada como el París del mundo maya en Centroamérica.⁹²

La Escalinata Jeroglífica, ubicada en la fachada de la Estructura 10L-26, posee la inscripción en jeroglíficos mayas más larga conocida, está asociada con acontecimientos y creencias de los mayas, sumando a que se constituye en una obra artística que tiene un significado universal excepcional. Todos los años se presenta a la UNESCO un informe de estado de conservación del sitio maya de Copán y en especial de la Escalinata Jeroglífica.

Recientemente se realizó el cambio de cubierta sobre la escalinata. Se está coordinando con los encargados correspondientes, una nueva cubierta de techo acrílico y reemplazar la lona para una mayor protección y cuidado de Escalinata Jeroglífica.

Localización



Figura 36.
Mapa de localización sitio arqueológico Copán, Honduras
Fotografía: Google imágenes. 2021



Figura 37.
Parque Nacional Copán, Honduras
Latitud: 14°49'60"N Longitud: 89°9'0"O
Fotografía: Google Earth. 2021

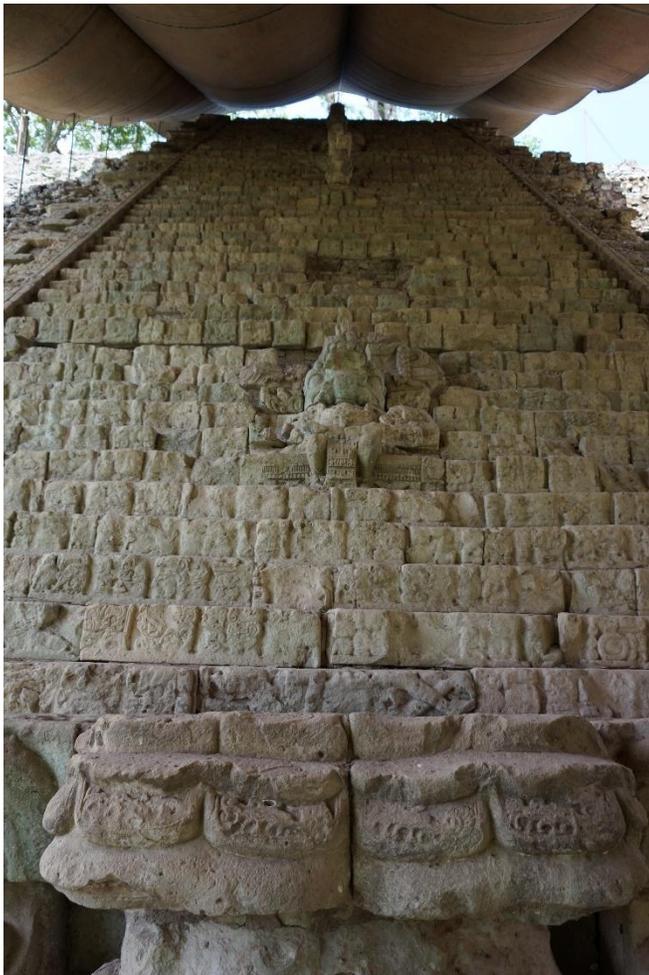
⁹² Revista digital Centroamérica. <https://www.visitcentroamerica.com/visitar/ruinas-de-copan/-/2021>

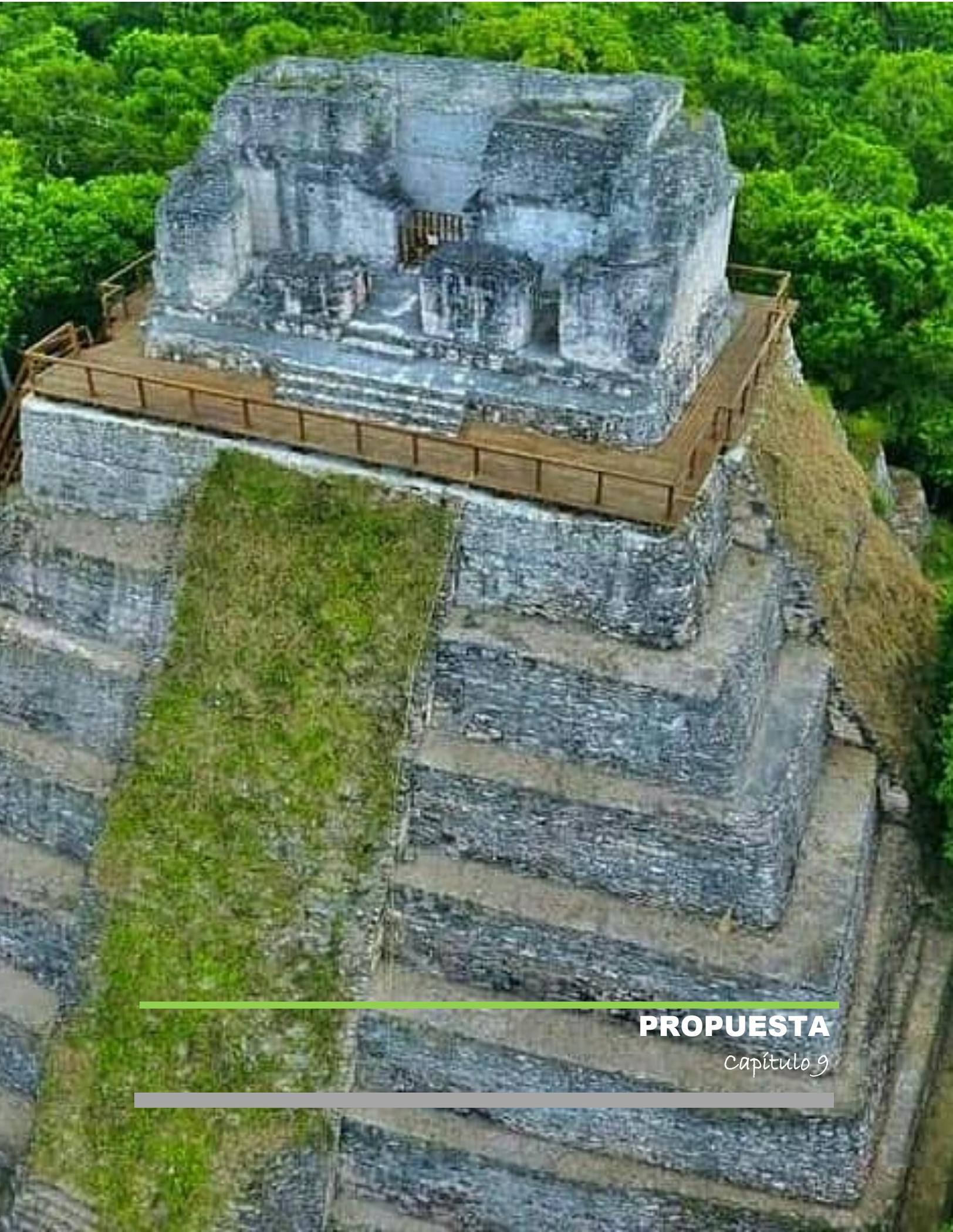


Figuras 38, 39.
Parque Nacional Copán, Honduras
Fotografía: Wendy Estrada. 2019



Figuras 40, 41, 42.
Parque Nacional Copán, Honduras
Fotografía: Wendy Estrada. 2019





PROPUESTA

Capítulo 9

Propuesta de mitigación de los efectos y adaptación al cambio climático

Debido a la lucha contra el cambio climático, para prevenir los impactos que causan las variaciones atmosféricas, cambios de temperatura, entre otros. Se aplican dos tipos de medidas: mitigación y adaptación.

Las medidas de mitigación son todas las acciones que están encaminadas a reducir y limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, en cuanto a las medidas de adaptación se basa en reducir la vulnerabilidad ante los efectos derivados del cambio climático.

Medidas de mitigación

Entre las medidas de mitigación que se pueden poner en marcha para evitar el aumento de contaminantes en el Parque Nacional Yaxhá, se encuentran las siguientes:

- Promover el ingreso a la reserva natural en vehículos de transporte eléctrico, bicicletas, vehículos compartidos, carretas.
- Trayectos de recorrido vehicular más corto.
- Trayectos de caminata más extensos.
- Prohibir el ingreso y consumo de alimentos dentro de la reserva natural.
- Prohibir el uso de aparatos de difusión sonora, evitando la contaminación auditiva.

Medidas de adaptación:

En cuanto a las medidas de adaptación, son varias las acciones que ayudan a reducir la vulnerabilidad del patrimonio cultural tangible ante las consecuencias del cambio climático.

- Restauración paisajística, paisaje natural y reforestación de área del sitio arqueológico Yaxhá.
- Investigaciones profundas sobre el comportamiento en los cambios de temperatura.

- Observación constante en el comportamiento de la piedra caliza de la escalinata del Edificio 216 ante los efectos del cambio climático.
- Implementar sistema de protección ante los efectos del cambio climático en la escalinata del Edificio 216, Yaxhá, Petén.
- Impacto visual por la implementación de la cubierta con sarán:
El impacto visual será menor que el de cualquier otra cubierta, debido que el sarán es un material flexible, traslucido y móvil.
- Limpieza constante de la escalinata, esto debido al microclima a causa de la implementación de la cubierta.

VISITA DE CAMPO

Debido a la necesidad de la documentación tanto de datos como fotográfica, se realizó la visita de campo al Parque Nacional Yaxhá, Petén, en septiembre de 2021, para realizar el estudio con contacto directo con el objeto de estudio.

Se procede a analizar el elemento arquitectónico prehispánico y el entorno natural para determinar las características y elementos de impacto directo al objeto de estudio.

Para realizar el análisis de campo se contó con el siguiente equipo:

- Cámara fotográfica profesional
- Cinta métrica
- Hojas de papel bond
- Lápiz
- Libreta de apuntes

Documentación fotográfica:

Para realizar el análisis ambiental y de conservación del elemento arquitectónico prehispánico, se procedió a realizar la documentación fotográfica del Edificio 216, abarcando el entorno natural. Dichas fotografías se utilizaron para el trabajo de gabinete en el desarrollo de la elaboración del presente documento.



Figura 43, 44, 45, 46, 47
Elementos arquitectónicos prehispánicos y entorno natural
Fuente de información: visita de campo, Wendy Estrada

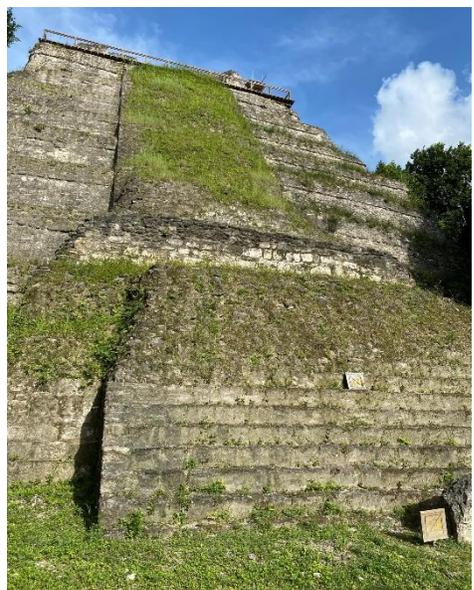


Figura 48, 49, 50, 51, 52.
Elementos arquitectónicos prehispánicos y entorno natural
Fuente de información: visita de campo, Wendy Estrada
septiembre 2021



Figura 53, 54, 55, 56, 57
Elementos arquitectónicos prehispánicos y entorno natural
Fuente de información: visita de campo, Wendy Estrada
septiembre 2021





Figura 58, 59, 60, 61, 62
Elementos arquitectónicos prehispánicos y entorno natural
Fuente de información: visita de campo, Werdy Estrada septiembre 2021



Levantamiento de medición de áreas:

Para determinar el área por intervenir es necesario en la visita de campo realizar el levantamiento de medición de áreas, para ello se utilizó cinta métrica y hojas para apuntes, los datos obtenidos se utilizan de apoyo para indicar los requerimientos mínimos a implementar.

El libro *Arte prehispánico en Mesoamérica*⁹³ especifica las dimensiones de la escalinata del Edificio 216, como una rampa de 30m de largo, con una pendiente de 45°. Dichas referencias son tomadas en cuenta para el cálculo del área de estudio.

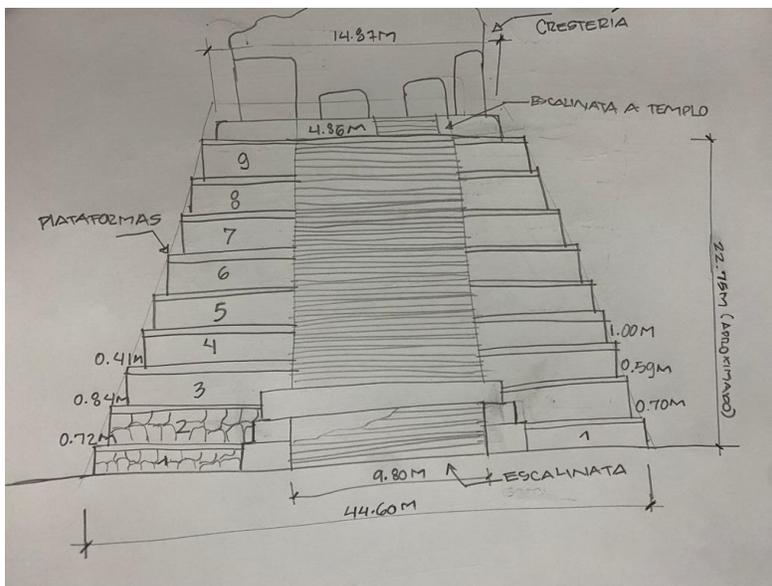
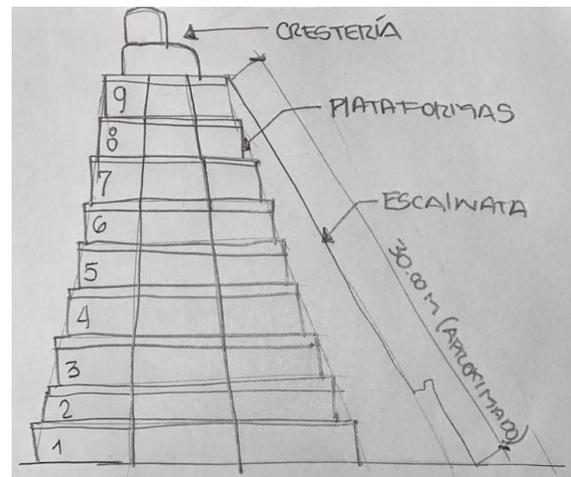
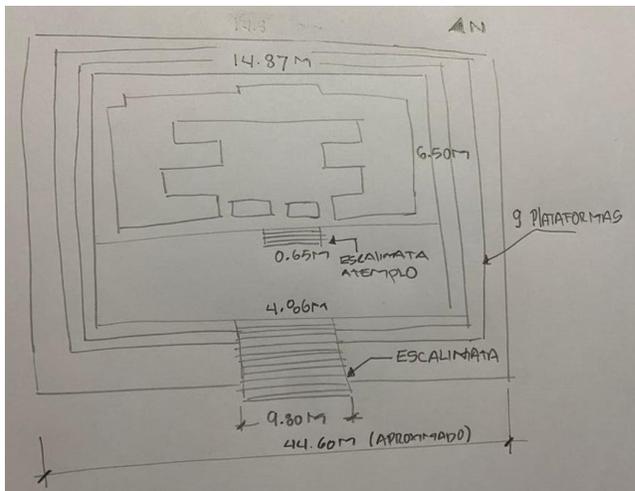


Figura 63, 64, 65

Levantamiento de medición de áreas

Fuente de información: visita de campo, Wendy Estrada septiembre 2021

⁹³ Gendrop Paul, *Arte prehispánico en Mesoamérica*, Universidad Autónoma de Querétaro, México, (2018).

PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

De acuerdo con las medidas de adaptación en cuanto a la necesidad de implementar un sistema de protección ante los efectos del cambio climático en las escalinatas del Edificio 216 del sitio arqueológico Yaxhá, Petén, se presenta la siguiente propuesta arquitectónica.

Zonificación

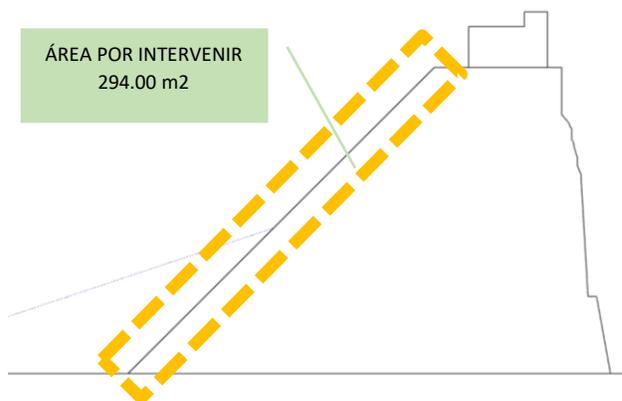
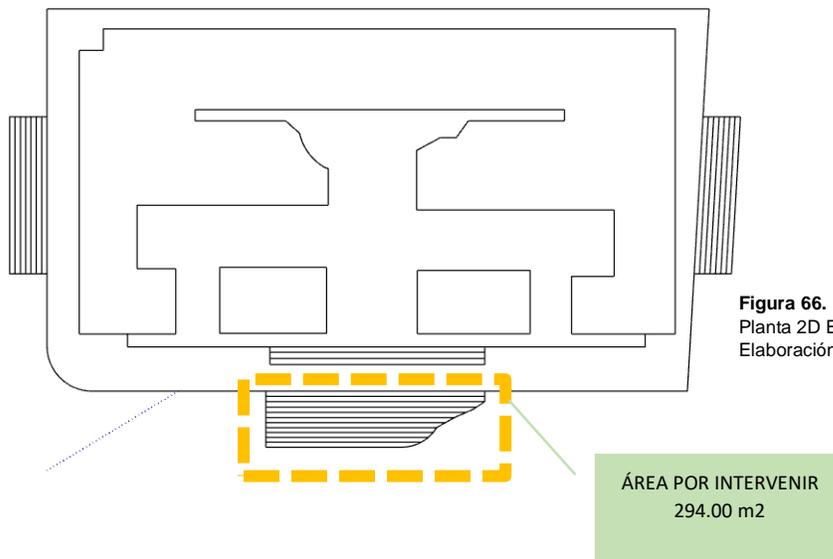


Figura 67.
Perfil 2D Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala
Elaboración propia, enero 2022

MATERIALES POR UTILIZAR

Madera



Para la instalación de la estructura se deberá utilizar madera de hasta dos usos, no es necesario utilizar barras de madera nuevas, se debe utilizar madera reciclada, contribuyendo a disminuir la tala de árboles.

Figura 68.
Postes de madera de 2 usos
Fuente de información: Google fotos, enero 2021

Sarán



También conocida como mallasombra de polipropileno, protege contra los rayos UV, la intemperie, y los cambios de temperatura.

Figura 69.
Sarán verde con grado de 70% ante la protección a los rayos Uv y los cambios de temperatura.
Fuente de información: Google fotos, enero 2021

Alambre galvanizado calibre 20



En alambre galvanizado calibre 20 es de acero cuya resistencia la obtiene gracias al proceso de fabricación que se realiza por inmersión en caliente en el que se recubre al alambre completamente en zinc, por lo cual este material tiene la capacidad de resistir cambios de temperatura que pueden afectar la estructura.

Figura 70.
Alambre galvanizado calibre 20.
Fuente de información: Google fotos, marzo 2021

Abrazadera para cable



Tipo U acero forjado para mayor resistencia, galvanizado en zinc para una resistencia superior al óxido y la corrosión. Doble tuerca apretar la abrazadera para un agarre firme.

Figura 71.
Abrazadera para cable
Fuente de información: Google fotos, abril 2022

Ancla cónica



Ancla cónica de 0.20mx0.40mx0.20m con función de mantener la tensión de la estructura, de concreto con una resistencia de $FC=250 \text{ kg/cm}^2$

Figura 72.
Ancla cónica
Fuente de información: Google fotos, mayo 2022

Cable para anclaje



Cable para anclaje de acero galvanizado recubierto de vinilo ¼" de alta resistencia, impermeable a corte y abrasión, permite una fácil instalación especialmente en entornos hostiles, es económico ya que se puede utilizar repetidamente, cumple con los requisitos de OSHA 1926 y ANSI Z Z359

Figura 73.
Cable para anclaje
Fuente de información: Google fotos, mayo 2022

Guardacabo galvanizado



El guardacabo galvanizado evita que la carga entre directo con el cable para anclaje.

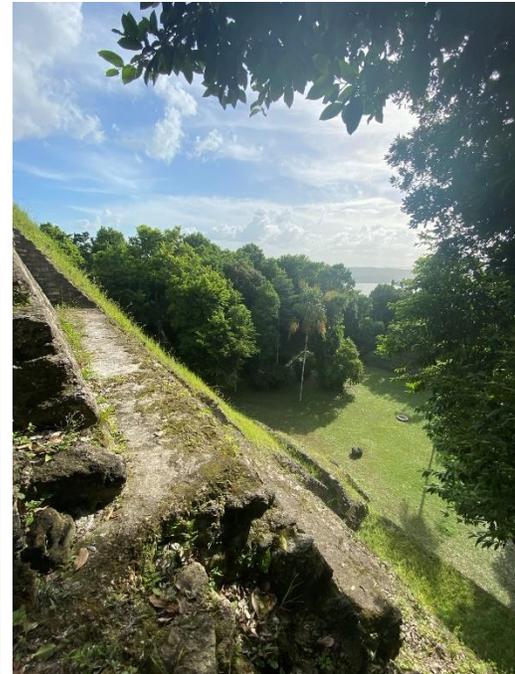
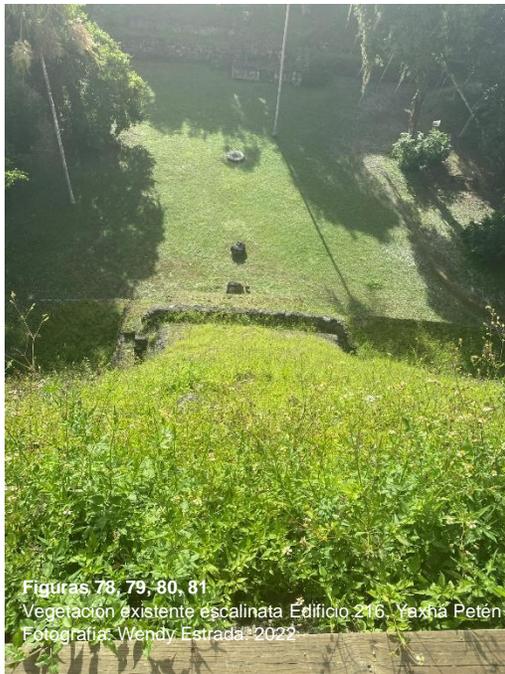
Figura 74.
Guardacabo galvanizado
Fuente de información: Google fotos, mayo 2022

Limpieza

Se deberá realizar la debida limpieza en la escalinata del Edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, quitando todo cubresuelo que se encuentra actualmente en la superficie de la escalinata.



Figuras 75, 76, 77
Vegetación existente escalinata Edificio 216, Yaxhá Petén
Fotografía: Wendy Estrada. 2022



Figuras 78, 79, 80, 81
Vegetación existente escalinata Edificio 216, Yaxhá Petén
Fotografía: Wendy Estrada, 2022

DISEÑO

Con el fin de proyectar un diseño útil, estético, económico, eficiente, señalización y delimitación de áreas para la mitigación, del efecto del cambio climático en el patrimonio cultural tangible, siendo el caso; escalinata Edificio 216 del Parque Nacional Yaxhá, Petén.

Se propone diseño de ritmo de colores de sarán (malla sombra) en tono de grises, con forma triangular (1.65m*1.65m*2.10m).



Figura 82.
Vistas 3D, entorno natural y Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala
Render: Wendy Estrada, enero 2022

Microclima

Debdo a la intervención propuesta con la implementación del sarán se tendrá el control puntual del clima influido por factores ecológicos y medioambientales en el área determinada.

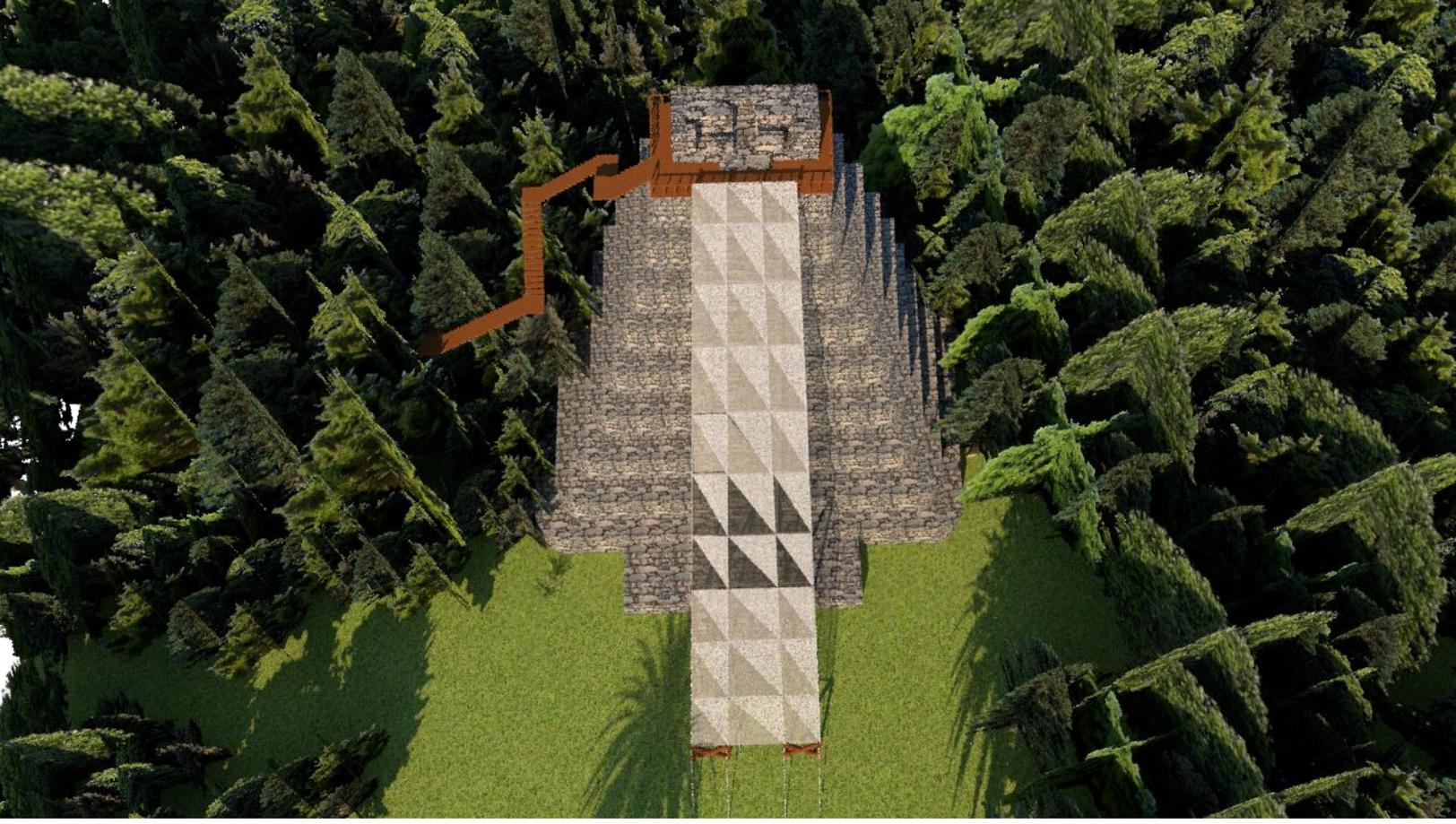


Figura 83, 84, 85, 86.
 Vistas 3D, entorno natural y Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala
 Render: Wendy Estrada, enero 2022

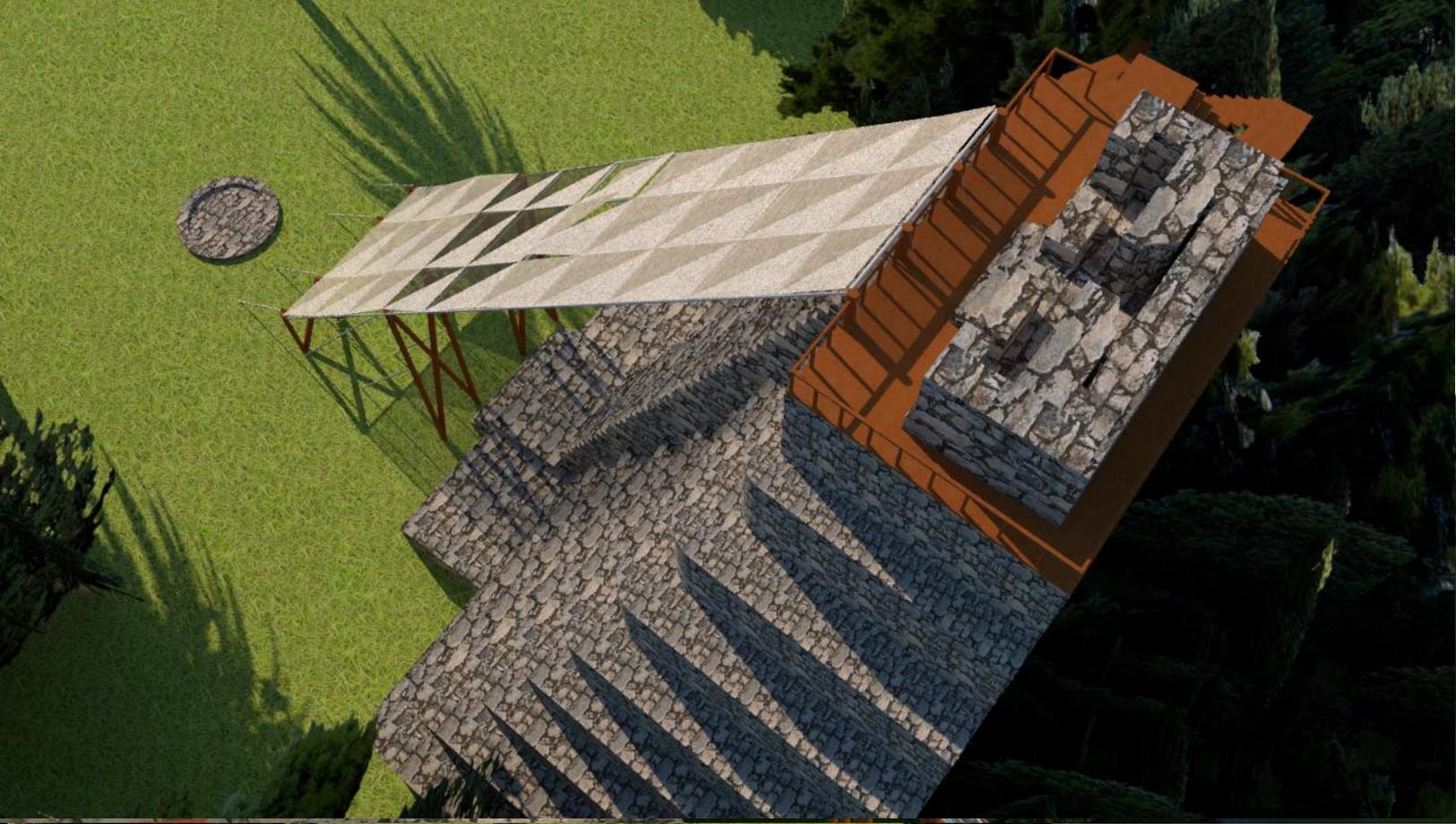


Figura 87, 88, 89.
Vistas 3D, entorno natural y Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala
Render: Wendy Estrada, enero 2022



Figura 90, 91.
Vistas 3D, entorno natural y Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala
Render: Wendy Estrada, enero 2022



Figura 92, 93, 94.
Vistas 3D, entorno natural y Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala
Render: Wendy Estrada, enero 2022



Figura 95, 96.
Vistas 3D, entorno natural y Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala
Render: Wendy Estrada, enero 2022



Figura 97.
 Vista 3D, estructura
 Render: Wendy Estrada,
 marzo 2022



Figura 98.
 Vistas 3D, propuesta cubierta tonos gris- verde
 Render: Wendy Estrada, marzo 2022



Figura 99.
Vistas 3D, estructura
Render: Wendy Estrada, marzo 2022

ESTRUCTURA

Estructura a tensión, aplicando fuerzas a cada extremo que se estira en direcciones opuestas, tensionando el alambre y sarán.

En cada extremo se colocará soporte a la estructura tensionada por medio de ancla cónica, lo cual permite resistir el anclaje de los postes evitando que estos fallen.

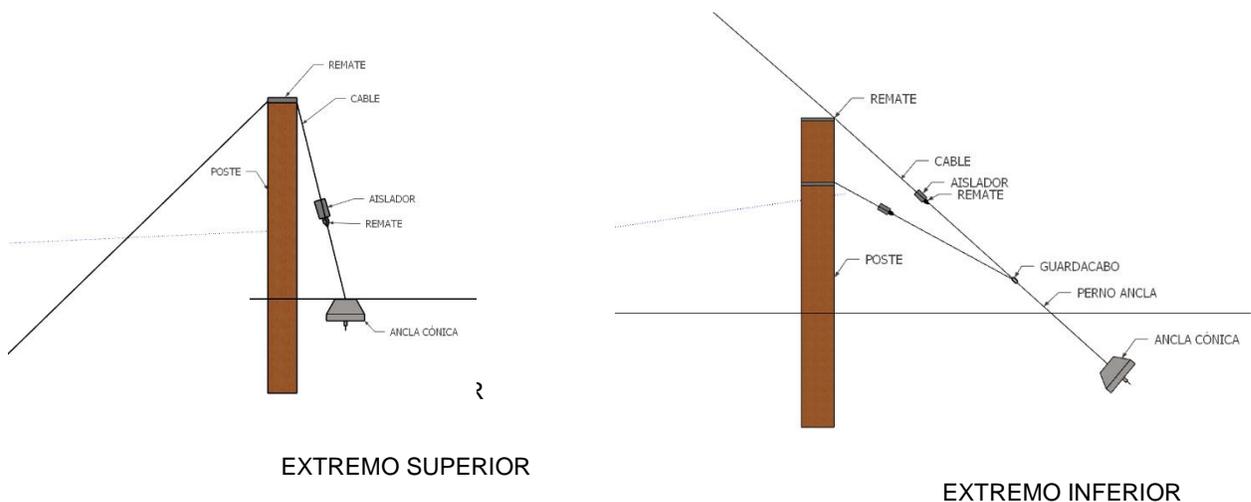


Figura 100, 101.
Anclaje estructura
Render: Wendy Estrada, abril 2022

PRESUPUESTO

INTEGRACIÓN RENGLONES PRESUPUESTO DE PLANIFICACIÓN

PROYECTO: ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN ESCALINATA EDIFICIO 216, YAXHÁ

MUNICIPIO: FLORES Y MELCHOR DE MENCOS

DEPARTAMENTO: PETÉN

No.	NOMBRE DE RENGLÓN DE TRABAJO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1.00	LIMPIEZA	294	M2	Q 220.00	Q 64,680.00
2.00	PERFORACIÓN DEL SUELO	12	PERFORACIÓN	Q 500.00	Q 6,000.00
3.00	ARMADO DE LA ESTRUCTURA	294	M2	Q 200.00	Q 58,800.00
4.00	INSTALACIÓN SARÁN (malla sombra)	294	M2	Q 20.00	Q 5,880.00
COSTO					Q 135,360.00
IMPREVISTOS (5%)					Q 6,768.00
IVA (12%)					Q 16,243.20
TOTAL DEL PROYECTO					Q 158,371.20

CRONOGRAMA DE INVERSION

PROYECTO: ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN ESCALINATA EDIFICIO 216, YAXHÁ

MUNICIPIO: FLORES Y MELCHOR DE MENCOS

DEPARTAMENTO: PETÉN

No.	NOMBRE DE RENGLÓN DE TRABAJO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	MES 1				MES 2	
						SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2
1	LIMPIEZA	294	M2	Q220.00	Q 64,680.00	Q 16,170.00	Q 16,170.00	Q 16,170.00	Q 16,170.00		
2	PERFORACIÓN DEL SUELO	12.00	PERFORACIÓN	Q500.00	Q 6,000.00			Q 2,000.00	Q 2,000.00	Q 2,000.00	
3	ARMADO DE LA ESTRUCTURA	294	M2	Q 200.00	Q 58,800.00			Q 19,600.00	Q 19,600.00	Q 19,600.00	
4	INSTALACIÓN SARÁN	294	M2	Q 20.00	Q 5,880.00						Q 5,880.00
COSTO					Q 135,360.00	Q 16,170.00	Q 16,170.00	Q 37,770.00	Q 37,770.00	Q 21,600.00	Q 5,880.00
IMPREVISTOS (5%)					Q 6,768.00	10.21%	20.42%	44.23%	68.07%	81.71%	100%
IVA (12%)					Q 16,243.20						
TOTAL DEL PROYECTO					Q 158,371.20						

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

PROYECTO: ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN ESCALINATA EDIFICIO 216, YAXHÁ
MUNICIPIO: FLORES Y MELCHOR DE MENCOS
DEPARTAMENTO: PETÉN

No.	NOMBRE DE RENGLÓN DE TRABAJO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	MES 1				MES 2	
						SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2
1	LIMPIEZA	294	M2	Q220.00	Q 64,680.00						
2	PERFORACIÓN DEL SUELO	12.00	PERFORACIÓN	Q500.00	Q 6,000.00						
3	ARMADO DE LA ESTRUCTURA	294	M2	Q 200.00	Q 58,800.00						
4	INSTALACIÓN DE LA ESTRUCTURA + SARÁN	294	M2	Q 20.00	Q 5,880.00						
COSTO					Q 135,360.00						
IMPREVISTOS (5%)					Q 6,768.00						
IVA (12%)					Q 16,243.20						
TOTAL DEL PROYECTO					Q 158,371.20						



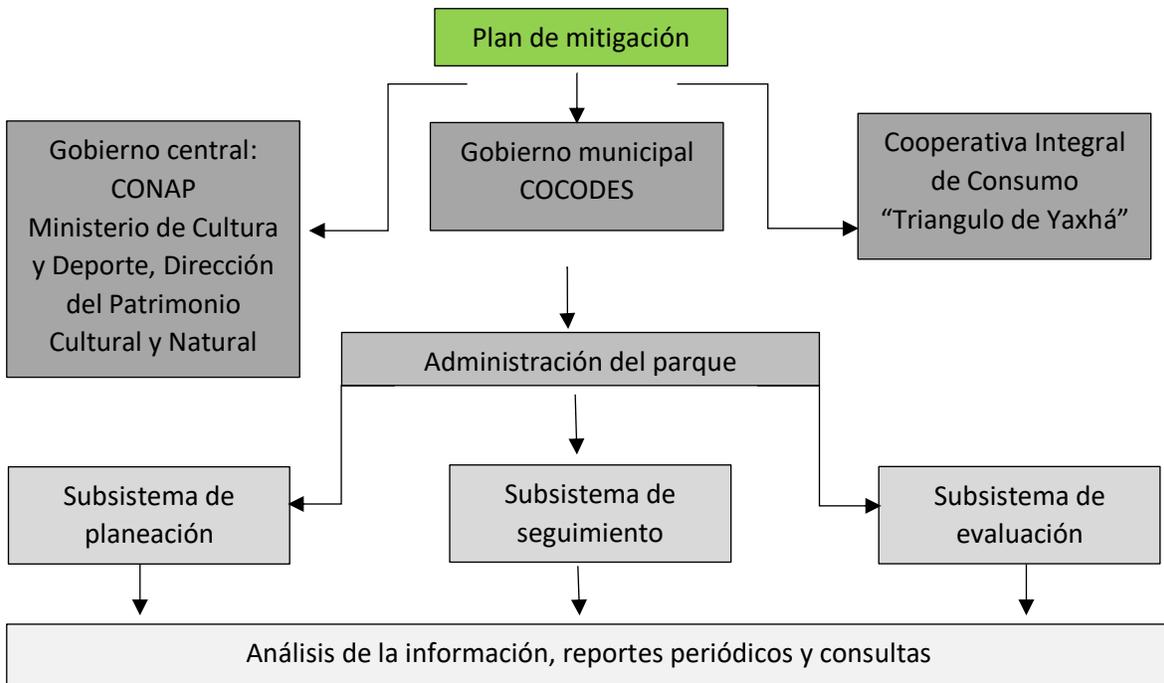
MECANISMOS DE GESTIÓN Y SEGUIMIENTO

Capítulo 10

MECANISMOS DE SEGUIMIENTO

Seguimiento y evaluación constante, específicamente en el plan de mitigación que se debe realizar a través del personal administrativo del Parque, el cual se diseña para la conservación y mantenimiento de las escalinatas del edificio 216. Se debe presentar un informe mensual de observación del comportamiento de la estructura, en donde se indiquen las mejoras para su adecuado funcionamiento, del mismo, en las distintas variaciones climáticas del año.

GRÁFICA VII
MECANISMOS DE SEGUIMIENTO



Gráfica VII.
Mecanismo de seguimiento
Gráfica elaboración propia, enero 2022

El plan de mitigación consiste en el trabajo en equipo de las instituciones de gobierno central, gobierno local y organizaciones comunitarias, todos ellos en conjunto con la administración del parque, la cual deberá entregar a las instituciones informes periódicos de la situación ambiental del parque.

El proceso se desarrolla mediante una serie de pasos de la manera siguiente:

- Capacitación a enlaces de planificación y seguimiento, sobre el manejo adecuado de la estructura, socialización del formato de seguimiento y evaluación, así como el cronograma de entrega de informes mensuales de observación en cuanto al comportamiento de la estructura.
- Las unidades ejecutoras registran los avances mensuales del comportamiento de la piedra caliza, ante la protección implementada.
- Consolidación de la ejecución física y financiera, para medir el avance en la conservación y el nuevo comportamiento de la piedra caliza en las escalinatas del edificio 216. El informe es enviado al despacho superior para la toma de decisiones

MECANISMOS DE FINANCIAMIENTO

El objetivo del mecanismo de financiamiento es mitigar diversos riesgos financieros asociados con las inversiones en el fomento de conservación del patrimonio cultural tangible prehispánico. El mecanismo de financiamiento amplía las plataformas de funcionamiento combinado con las que cuenta, como los programas de financiamiento combinado para actividades relacionadas con el clima y la conservación.



DIAGRAMA V
MECANISMOS DE FINANCIAMIENTO

DIAGRAMA V.
Diagrama mecanismo financiamiento
Diagrama elaboración propia, enero 2022

CUADRO RESUMEN MECANISMOS DE FINANCIAMIENTO			
FINANCIAMIENTO COMBINADO			
INDICADOR	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PERIODICIDAD	ACTORES Y/O RESPONSABLES
Ministerio de Cultura y Deportes	Presupuesto para el mantenimiento del parque, estipulando un renglón específico para el mantenimiento de la estructura propuesta para la mitigación ambiental	Mensual	Dirección del Patrimonio Cultural y Natural
Apoyo extranjero	Presentación de nuevas propuestas, buscando la actualización para la constante mejora de la conservación natural y cultural del área analizada. Publicando nueva documentación y socializándola en el extranjero para promover el apoyo de financiamiento económico.	Semestral	Programa Universitario de investigación. USAC
MITIGACIÓN DE RIESGO			
INDICADOR	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PERIODICIDAD	ACTORES Y/O RESPONSABLES
Financiamiento nacional	Renglón presupuestario permanente	Anual	Ministerio de Cultura y Deportes
Financiamiento extranjero	Programa constante y permanente de publicación de documentos actualizados	Semestral	Programa Universitario de investigación. USAC

Tabla 30.
Cuadro resumen Mecanismos de Financiamiento
Tabla elaboración propia, marzo 2022



RESULTADOS, CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

Capítulo 11

RESULTADOS

Los resultados en específico pretenden que en un corto tiempo (1 año), la estructura soporte de mitigación, evite la incidencia de los cambios de temperatura en la escalinata, obteniendo mejoras en el comportamiento de la piedra caliza y así favorecer su conservación y recuperación.

El impacto debido a las variaciones ambientales a causa del cambio climático en la piedra caliza de las escalinatas del Edificio 216, Yaxhá, Petén, Guatemala se concluye: en la disminución en un 8% al grado de resistencia a la exposición de los rayos solares, en un 22% disminuye la resistencia de la piedra caliza a los cambios de temperatura y un 3.417% reducción de la densidad a causa de variante de los grados temperatura.

Existen diferencias entra la resistencia de una piedra caliza antigua y una piedra caliza nueva de cantera, ya que la piedra caliza antigua presenta mayor resequedad y blandura que la piedra caliza nueva, también la piedra caliza antigua pierde peso durante la deshidratación estando está expuesta a los cambios de temperatura por mayor tiempo que la piedra caliza nueva de cantera.

Se implementa el diseño de estructura que brinde soporte de mitigación a la escalinata del edificio 216 ante los efectos que ocasiona las variaciones de temperatura debido al cambio climático.

RESULTADO INMEDIATO	RESULTADO INTERMEDIO
Mitigación inmediata ante la incidencia solar	Menor resequedad de la piedra caliza
Mitigación inmediata ante los cambios de temperatura	Mayor resistencia de la piedra caliza ante la exposición de los rayos solares
Promoción del conocimiento de la problemática de la conservación del patrimonio cultural y natural	Aumento de la densidad de la piedra caliza ante los cambios de temperatura
Evaluaciones de impacto ambiental en la incidencia de acciones que pudieran deteriorar el patrimonio cultural	Menor desprendimiento de piedra caliza de la escalinata del edificio 216
Integración de la conservación del patrimonio cultural y natural en las nuevas estrategias de mantenimiento de los parques nacionales	Menores cambios de color y textura en la piedra caliza

Tabla 31.
Tabla resultados inmediatos y resultados intermedios
Tabla elaboración propia, enero 2022

CONCLUSIONES

La estructura y el origen de la piedra caliza influye directamente en su capacidad de perder CO₂ en el proceso de la exposición a los cambios de temperatura.

Se deberá contar con un diseño ambiental apropiado de indicadores de desempeño e impacto, así como un proceso constante de investigación aplicada para ajustar indicadores, medidas de mitigación y manejo del cambio climático, implementando un plan maestro que incluya aporte soporte de conservación de las escalinatas del Edificio 216 Yaxhá, Petén, Guatemala y un adecuado manejo del entorno natural.

Verificar que la calidad de la piedra caliza nueva de cantera que se utilice para restauraciones del patrimonio cultural tangible prehispánico, sea de calidad equivalente a la piedra original que se sustituya. Una calidad inferior implicaría acelerar el deterioro y una piedra caliza nueva de cantera con calidad superior a la piedra caliza original provocara estrés mecánico a la piedra original.

Se visualiza ausencia de conocimientos técnicos o poco accesibles para atender los requerimientos de una eficiente gestión ambiental local.

Escasa consideración por los organismos de financiamiento nacional, internacional y regional, en cuanto a la gestión ambiental local y la gestión de conservación de la piedra caliza del patrimonio cultural tangible prehispánico.

RECOMENDACIONES

Contar con un sistema efectivo de vigilancia y alerta temprana adecuadamente integrado con una estrategia apropiada de anticipación de riesgo puede reducir significativamente el deterioro de la piedra caliza de la escalinata del Edificio 216 de parque nacional Yaxhá, Petén.

Priorizar por parte del gobierno local la acción ambiental en los diferentes tipos de gestión: político, social y económico.

Establecer plazos y mecanismos participativos concretos, para definir una agenda para cada uno de los involucrados en la búsqueda de la restauración del patrimonio cultural tangible prehispánico.

Promover una definición e identificación clara de las actividades responsables de cada uno de los involucrados: su papel, funciones, competencias y gestión.

Promover a nivel nacional y regional la socialización de la conservación, para la institucionalización de mecanismos estructuras que impulsen una efectiva gestión ambiental y conservación del patrimonio cultural tangible prehispánico.

Promover una articulación orgánica de estructuras, programas y proyectos de los diferentes niveles de gobierno, instituciones o sectores en sistemas nacionales de gestión ambiental y conservación del patrimonio cultural tangible prehispánico.

Desarrollar programas nacionales de formación ambiental para municipios, en sus diferentes planos y ámbitos de acción local pública.

Crear o fortalecer redes nacionales y regionales de información que den soporte a los procesos de mejoramiento de la gestión ambiental local.

Crear o fortalecer los entes técnicos que faciliten la participación ciudadana.

Promover y diseñar, por parte de los organismos regionales e internacionales, programas de capacitación para agentes y actores de los municipios y de grupos organizados para mejorar su capacidad de gestión ambiental, entre los que se pueden mencionar:

- Talleres regionales y nacionales sobre gestión ambiental, conservación del patrimonio cultural tangible y participación ciudadana.
- Difusión de las mejoras naturales y culturales.

Bibliografía general

Actividad humana y efecto invernadero, Las causas del cambio climático. Red ambiental de Asturias. Gobierno del Principado de Asturias, (2018).

Enlace:<http://movil.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnnextoid=b40d0e84caa91210VgnVCM10000097030a0aRCRD&vgnnextchannel=1e1c1cc03aa1a110VgnVCM1000006a01a8c0RCRD&i18n.http.lang=es#:~:text=Aunque%20son%20muy%20variadas%20las,en%20mayor%20medida%20en%20la>

Análisis y Plan de Gestión de Riesgo adaptación ante el impacto del cambio climático del Parque Arqueológico Quiriguá. Ministerio de Cultura y Deportes. Guatemala, (2013).

AVANCE, Revista Científica del Sistema de Investigación de la Facultad de Arquitectura – SIFA- Año_9 Vol 14_2019 No. 1

AVANCE, Revista Científica del Sistema de Investigación de la Facultad de Arquitectura – SIFA- Año_9 Vol 15_2019 No. 2

Alesandra Pecci, Davide Domenici, *Arte Precolombiana'*, Fechmann Kolón GmbH. Italy, pág.118

Bertazzo, Silvia. “El patrimonio cultural y el sistema de evaluación de impacto ambiental”. Revista de Derecho Administrativo Económico, No. 23, (2016).

Causas del cambio climático. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Gobierno de México. (2018).

Enlace: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/causas-del-cambio-climatico>

Calakmul, Arqueología Mexicana. No. 128, (agosto 2014).

Chirinos A., Guarenas A.M, Sánchez Díaz M. *Oxígeno disuelto.* Laboratorio de Análisis de agua. Departamento de Química. Instituto Universitario de Tecnología Alonso Gamero. Coro-Falcón Venezuela, (2000).

- Colapso Maya, *El enigmático y lento derrumbe de un imperio clásico*, Instituto Politécnico Nacional, México D.F. (2009).
- Colette Agustín. *Estudio de Caso, Cambio Climático y Patrimonio Mundial*. Centro de Patrimonio Mundial. UNESCO, (pág.15) (2009).
- Consecuencias del cambio climático*. Comisión Europea – Energía, Cambio Climático, Medio Ambiente. Unión Europea. Enlace: https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_es
- Contaminación por aerosoles*. Gestión Ambiental. Incinerox, (2019).
- Culbert, T. Patrick, Laura Levy, Brian Mckee Y Julie Kunen.
 “Investigaciones arqueológicas en el Bajo La Justa, entre Yaxhá y Nakum”, en IX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala (J.P. Laporte, H. Escobedo eds.), (pp. 51-57), Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala. (1996).
- Culbert, T. Patrick, Vilma Fialko, Brian Mckee, Liwy Gracioso, Julie Kunen.
 “Investigaciones arqueológicas en el Bajo La Justa, Petén, en X Simposio” (pp. 367-372), Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala, (1997).
- Danilo Callen, Gustavo Martínez, Tania Cabrera; “El Impacto de la Restauración en la Arquitectura Original de los Monumentos del Grupo Maler y Calzada Blom, Yaxhá, Petén, Guatemala”, Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Programa Universitario de Investigación en Cultura, Pensamiento e Identidad de la Sociedad Guatemalteca, Facultad de Arquitectura, (2019).
- Diagnóstico Territorial de Petén, Petén 2032 Plan de Desarrollo Integral*, Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia – Segeplan, (2013).
- Dirección General Del Patrimonio Cultural Y Natural. Plan de Uso Público y Manejo Ecoturístico, (pp. 54), (2003).
- Dug, Kennett. “El cambio climático acabó con los mayas”. Revista digital ABC-Cultura, (2012).
- Enlace: https://www.abc.es/cultura/rc-cambio-climatico-acabo-mayas-201211090000_noticia.html

Eduardo Rene Mendoza Castellanos, *Determinación de la composición química y la quemabilidad de piedra caliza y su relación con la reactividad final de la cal viva (CaO)*, en la caldera de la planta San Miguel, Cementos Progreso S.A. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, (2015).

El Cambio Climático, Cumbre de Cambio Climático COP21, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Gobierno de España, (2018).
Enlace: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/el-cambioclimatico/#:~:text=Se%20llama%20cambio%20clim%C3%A1tico%20a,muy%20diversas%20escalas%20de%20tiempo.>

“El suelo y el cambio climático”. Artículo. Publicación (2015), modificación (2020). Agencia Europea de Medio Ambiente.

Enlace: <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2015/articulos/el-suelo-y-el-cambioclimatico#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20regi%C3%B3n%2C%20el%20cambio,de%20carbono%20a%20la%20atm%C3%B3sfera.&text=Por%20tanto%2C%20un%20suelo%20sano,a%20mitigar%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico>

Fialko, Vilma, Laura Gámez Y Daniel Aquino. Investigaciones arqueológicas y rescate en Naranjo. Temporada (2003), Reporte en archivo PROSIAPETEN-PRONAT, (2003).

Fialko, Vilma. Yaxhá y Nakum: *Jerarquías y patrones de asentamiento en sus espacios Inter sitios*, en Mayab 10, (pp. 15-24), Sociedad Española de Estudios Mayas, Madrid. (1996).

Gámez, Laura L. “El complejo de la pirámide de la escalinata jeroglífica de Naranjo”, en XVII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala (J.P. Laporte, B. Arroyo, H. Escobedo y H. Mejía, eds.), (pp. 587-594), Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala, (2003).

García, Edgar Vinicio. “Investigaciones en la parte norte de Yaxhá”, en XIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala (J.P. Laporte, H.

Escobedo, C. Suasnavar eds.), (pp. 137-155), Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala, (2001).

Gases causantes del efecto invernadero, cambio climático y sus efectos. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud. (2018).

Enlace: <https://istas.net/istas/guias-interactivas/cambio-climatico-y-sus-efectos/cambio-climatico/clima-y-sistema-0#:~:text=Los%20m%C3%A1s%20importantes%20est%C3%A1n%20regulados,%2C%20PFC%2C%20SF6>).

Gendrop, Paul. *Diccionario de Arquitectura Mesoamericana*. México (1997).

Gendrop Paul, *Arte prehispánico en Mesoamérica*, Universidad Autónoma de Querétaro, México, (2018).

Guerrero Hernández Cirilo Joaquín. *Ensayos: Rocas Calizas*, Universidad Tecnológica de la Mixteca. México, (2001).

Guillermo Espinosa, *Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental*, Santiago, Chile, (2002).

Hellmuth, Nicholas. *Report on first season explorations and excavations at Yaxhá, El Petén, Guatemala*, en Katunob, vol. 7, No. 4, (pp. 24-38), Greeley, (1970).

Hermes, Bernard, Paulino Morales Y Sebastián Mollers. “Investigación arqueológica en Yaxhá, Petén: La Calzada del Lago y la Vía 5”, en XII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, (J.P. Laporte, H. Escobedo y A. Suasnavar), (pp. 115-124), Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala, (1999).

Ibarcena Escubedo, Mariana. Sheelje Bravo, José Mauricio. “El cambio climático principales causantes, consecuencias y compromisos de los países Involucrados”. XII Congreso Forestal Mundial, Québec City, Canadá, (2001).

Enlace: <http://www.fao.org/3/XII/0523-B2.htm>

Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos, Organización de las Naciones Unidas para la educación, la Ciencia y la Cultura, (2019).

INGUAT. *Plan Maestro de Turismo Sostenible de Guatemala 2015-2025*. Un compromiso de nación para el desarrollo competitivo, (2015).

- Jorge A. Arboleda G, *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades*, Medellín Colombia, (2008).
- La arquitectura maya*, p. 16: Andrews, A.M. Núm. 11,1995. (2008).
- La gestión ambiental en Guatemala*, Informe Ambiental del Estado de Guatemala GEO Guatemala, (2009).
- Laura Martín Murillo, Julio Rivera Alejo y Rosa Castizo Robles. *Cambio climático y desarrollo sostenible en Iberoamérica*, (2018).
- “Los Mayas y las Lecciones Ambientales del Pasado”. Ciencia. Revista El Mundo, (2018).
- Enlace:
<https://www.elmundo.es/elmundo/2010/12/17/ciencia/1292603367.html>
- “Los Mayas”, Arqueología Mexicana. 21, (2003).
- Maldonado M. *Evaluación de calidad de agua*, Sistema hídricos del Parque Nacional Yaxhá-Nakum-Naranjo. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala, (2005).
- Mangino Tazzer, Alejandro. *Arquitectura mesoamericana*; Relaciones Espaciales. México, (2006).
- Miguel Ángel Díaz Camacho, *La Arquitectura como activo ambiental*, Arquitectura y cambio climático, Barcelona, España, (2008).
- Enlace:<https://www.incinerox.com.ec/contaminacion-por-aerosoles-lo-que-debes-saber/Contaminación>
- Ministerio De Agricultura Ganadería Y Alimentación Maga. *Perfil Ambiental de Petén*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Flores. (2002).
- Morley, Sylvanus G. y George W. Brainerd (revisado por Robert J. Sharer) *Los antiguos mayas*, (1983).
- “Mundo Maya Esplendor de una Cultura”, Arqueología Mexicana. Edición especial No. 44, (2016).
- Noriega, Raúl E. “Avance en los trabajos de restauración en edificios mayores de Nakum, Topoxte y Yaxhá”. En X Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, (1996). (editado por J.P. Laporte y H. Escobedo), (pp.266-280). Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala (versión digital).

Tercer Milenio A3K, FONACON. CONAP, (2020).

“Oxlajuj B’aktun, La Cuenta de los Días”, Fundación G&T Continental, Guatemala. Año 14, No. 42, pág. 22, (2012).

Prácticas eficientes de conservación del suelo y el agua, claves del misterio de la ciudad maya de Tikal, (2018).

Enlace: <https://www.iagua.es/noticias/agencia-sinc/14/12/16/practicas-eficientes-conservacion-suelo-y-agua-claves-misterio-ciudad>

“Relación entre el cambio climático y la contaminación del aire”. Revista digital Sostenibilidad para todos. Acciona, (2022).

Enlace: <https://www.sostenibilidad.com/cambio-climatico/relacion-cambio-climatico-contaminacion>

Ramírez de Alba, Horacio; Pérez Campos, Ramiro; Díaz Coutiño, Heriberto. *El cemento y el concreto de los mayas*. Ciencia Ergo Sum. vol. 6, núm. 3. noviembre, Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, México, (1999).

Rayén Quiroga Martínez, *Indicadores del Cambio Climático en América Latina y el Caribe*, Reunión de Expertos Regionales Estadísticas e Indicadores Ambientales, Sesión 5. OIC, Unidad de Estadística Económicas Ambientales. CEPAL, (2018).

Rigoberto Escobar, *Plan conservación estructuras mayas*. Guatemala, (2018).

UNESCO, World Heritage Centre. UNESCO World Heritage State of Conservation Information System (SOC), (2013).

Reyes Fátima., Morales J., “Los Cuerpos de Agua de la Región Maya-Tikal-Yaxhá”. Importancia de la Vegetación Acuática Asociada, Calidad de Agua y conservación. Centro de Estudios Conservacionistas –CECON-. Laboratorio de Investigaciones Químicas y Ambientales –LIQA-, Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas. Guatemala, (2009).

Rojas, Oscar, Viceministerio de Patrimonio Cultural y Natural de Ministerio de Cultura y Deportes y World Monument Fund, Prince Claus Fund for Culture and Development. Supervisora de la publicación: “Análisis y Plan de Gestión de Riesgo-Adaptación ante el Impacto del Cambio Climático del Parque Arqueológico Quiriguá”. Serviprensa, (2013). ISBN: 978-9929-618-30-5

Enlace:<https://www.wmf.org/sites/default/files/article/pdfs/WMF%20Micude%20Analisis%20y%20plan%20de%20gestion%20de%20riesgo-adptacion%20an%20el%20impacto%20del%20cambio%20climatico.pdf>

Rojas, Oscar, Viceministerio de Patrimonio Cultural y Natural de Ministerio de Cultura y Deportes y World Monument Fund, Prince Claus Fund for Culture and Development. Supervisora de la publicación “Metodología de Gestión de Riesgo Climático para Sitios y Parques Arqueológicos”. Serviprensa, (2013). ISBN: 978-9929-618-32-9

Enlace:<https://www.wmf.org/sites/default/files/article/pdfs/WMF%20Micude%20Metodologia%20de%20gestion%20de%20riesgo%20climatico%20para%20sitios%20y%20parques%20arqueologicos.pdf>

RuizA., María Elena. “Las canteras de Chinkultic”, Chiapas, México. En VI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, (1992). (editado por J. P. Laporte y H. L. Escobedo, S. V. de Brady). Museo Nacional de Arqueología y Etnología.

Siller, Juan Antonio Y Oscar Quintana. *Patrimonio natural, cultural y ecodesarrollo Yaxhá-Nakum-Naranjo, Petén, Guatemala*, en Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana, No. 16, pp. 55-70, UNAM, México D.F. (1992).

Stuart, David, The Yaxhá Emblem Glyph as Yax-ha. Research Reports on Ancient Maya Writing 1: 1-6, Center for Maya Research, Washington, D.C, (2012).

Titmus, Gene L. y James C. Woods. *Operacion Q206: una cantera caliza*. Informe de las Investigaciones realizadas en la temporada de 1991 en el sitio arqueológico Nakbe, Petén. Editado por R.D. Hansen, University of California, Los Angeles, USA, (1992).

Tozzer, Alfred M. *Estudio preliminar de las ruinas prehistóricas de Tikal, Guatemala*. Memorias del Museo Peabody de Arqueología y Etnología, Vol.4, No.2. Universidad de Harvard, Cambridge, (1911).

UNESCO, World Heritage Centre. UNESCO World Heritage State of Conservation Information System (SOC), (2013).

Valdés Juan Antonio. Valladares Marco Antonio. Méndez Luis Alberto. *Historia de la Arquitectura Prehispánica de las Tierras Bajas Mayas de Guatemala: El Clásico, Fase II*. Programa Universitario de Investigación de Cultura,

Pensamiento e Identidad de la Sociedad Guatemalteca. Dirección General de Investigación – DIGI. Guatemala, (2009).

Vaughan, Hague. *Prehistoric Disturbance of Vegetation in the Area of Lake Yaxhá, Petén, Guatemala*, Tesis doctoral, department of Anthropology, University of Florida, Gainesville, USA, (1979).

Vicente Conesa Fernández – Victoria, *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, Segunda edición, Madrid, España, (1993).

“Vulnerabilidad de la piedra caliza”. Revista El País, (1985).

Enlace: https://elpais.com/diario/1985/01/08/cultura/473986801_850215.html

Woods, James C. y Gene L. Titmus. “Piedra en piedras: Perspectivas de la civilización Maya a través de los estudios líticos”. En VII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1993 (editado por J.P. Laporte y H. Escobedo), pp.295-310. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala, (1994).

Documentos legales

Constitución de la República de Guatemala, Gobierno de Guatemala, (1985).

Decreto 68-86, Ley General de Ambiente, (1986).

Ley General de Ambiente.

Ley para la Protección del Patrimonio Cultural de la Nación, Decreto No. 26-97

Manual De Legislación Ambiental De Guatemala, Programa De Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente.

Ministerio de Ambiente y Recursos Natural, Acuerdo Gubernativo número 60-2015

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Acuerdo Gubernativo Número 431- (2007).

Ministerio para la Transición Ecológica, (2007).

Política Nacional para El manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos – Acuerdo Gubernativo no. 111-200 z5, Guatemala, (2005).

Reglamento de Construcción de la Ciudad de Guatemala.

RG-1, Plan Regulado Reglamento de Construcción de la Ciudad de Guatemala.

Sitios web

- Cambio Climático: Las más recientes noticias y obras de arquitectura, España Enlace: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/tag/cambio-climatico> Marzo 2020
- Cambio Climático, Organización para las Naciones Unidas, ONU Enlace: <https://www.un.org/>
- Cómo respondió la arquitectura al cambio climático en 2019, España, Enlace: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/931387/como-respondio-la-arquitectura-al-cambio-climatico-en-2018> marzo Estudio de casos de manejo ambiental, Perú, (2018). Enlace: <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea27s/ch05.htm> (noviembre 2020)
- Google, Enlace: https://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_productiva noviembre (2022).
- Google, Enlace: https://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_productiva noviembre (2022).
- Prensa Libre, Guatemala, Economía, Enlace: <https://www.prensalibre.com/economia/hay-13-proyectos-con-certificacion/> (noviembre 2022).
- Unicef, Guatemala, Enlace: <https://www.unicef.org/guatemala/informes/cambio-lim%C3%A1tico-en-guatemala> marzo 2022)

ANEXOS

Ministerio para la Transición Ecológica, 2007

El cambio climático es la variación global del clima en el globo terráqueo. Esta variación se debe a causas naturales y a la acción del hombre, se produce sobre todos los parámetros climáticos; temperatura, precipitaciones, nubosidad, y otros., a diversas escalas de tiempo.

Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos, Organización de las Naciones Unidas para la educación, la Ciencia y la Cultura, 2019

Para el año 2050, se estima que la población mundial superó los 10 mil millones de habitantes, convirtiendo a todas las mega ciudades con alto número de habitantes en uno de los problemas más urgentes de la época presente

Política Nacional para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos – Acuerdo Gubernativo no. 111-2005:

Que el manejo de los desechos debe tener un tratamiento integral en el que se prevenga y reduzca la nocividad, que transforme los modelos actuales de manejo hacia un modelo sostenible, asegurando la puesta en obra de sistemas de gestión optimizada y adaptada de los residuos urbanos comunes, residuos de manejo especial y residuos peligrosos. Por lo anterior, es necesario implementar un plan nacional de coordinación y manejo de los diferentes tipos de desechos en el país, para propiciar las acciones de los distintos entes responsables de su manejo

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Consiente de que el país cuenta con un alto potencial turístico y ecoturístico; y que la problemática ocasionada por el manejo inadecuado de los desechos sólidos, ya es una situación ampliamente conocida, dado los múltiples estudios y proyectos que diversos entes, organizaciones e instituciones nacionales e internacionales, han desarrollado sobre la materia; con el apoyo de la Presidencia de la República creó la Comisión Nacional para el Manejo Integrado de Desechos Sólidos –CONADES-, misma que quedo presidida por el Señor Ministro y cuya administración para la coordinación y operación quedo adscrita y dependiente directamente del MARN, con el objeto de rediseñar y modernizar la gestión en el tema.

Constitución política de la República de Guatemala

Artículo 97, Constitución Política de la República de Guatemala,1985

El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico.

Ley General de Ambiente

Artículo 12, Inciso B, Decreto 68-86, Ley General de Ambiente, 1986

La prevención, regulación y control de cualesquiera de las causas o actividades que originen deterioro del medio ambiente y contaminación de los sistemas ecológicos, y excepcionalmente, la prohibición en casos que afecten la calidad de vida y el bien común.

Artículo 16, Inciso B, Decreto 68-86, Ley General de Ambiente, 1986

Se emitirán reglamentos para regular "...la descarga de cualquier tipo de substancias que puedan alterar la calidad física, química o mineralógica del suelo o del subsuelo que le sean nocivas a la salud o a la vida humana, la flora, la fauna y a los recursos o bienes

Ley para la Protección del Patrimonio Cultural de la Nación, Decreto No. 26-97

Las normas para salvaguardia del Patrimonio Cultural de la Nación son de orden público, de interés social y su contravención dará lugar a las sanciones contempladas en la presente.

Artículo 3. Clasificación. Para los efectos de la presente ley se consideran vienen que conforman el patrimonio cultural de la Nación, los siguientes:

Patrimonio Cultural Tangible

3. Los centros y conjuntos históricos, incluyendo las áreas que le sirven de entorno y su paisaje natural
5. Los sitios paleontológicos y arqueológicos.
6. Los sitios históricos

7. Las áreas o conjuntos singulares, obras del ser humano o combinaciones de éstas con paisaje natural, reconocidos o identificados por su carácter o paisaje excepcional.
8. Las inscripciones y las representaciones prehistóricas y prehispánicas.



**DEDICADO A:
DRA. KARIM CHEW**

**POR TODAS SUS BUENAS ENSEÑANZAS EN LAS ASESORÍAS DE ESTE PROCESO DE
INVESTIGACIÓN.
QUE EN PAZ DESCANSE**

Nueva Guatemala de la Asunción, 3 de mayo de 2023

Dr. Danilo Ernesto Callen Álvarez
Director de la Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor director:

Atentamente, hago de su conocimiento he realizado la revisión de estilo del proyecto: **El Efecto del Cambio Climático en el Patrimonio Cultural Inmueble Prehispánico. Caso Estudio: La Piedra Caliza de la Escalinata del Edificio 2016, Yaxhá, Petén Guatemala**, presentado por **Wendy Lissett Estrada Aguirre**, carné universitario **200612074**, estudiante de la Maestría en Planificación, Diseño y Manejo Ambiental.

Luego de las adecuaciones y correcciones que se consideraron pertinentes en el campo lingüístico, considero que el proyecto de graduación que se presenta sí cumple con la calidad técnica y científica requerida.

Al agradecer la atención que se sirva brindar a la presente, suscribo respetuosamente,



Dra. Virsa Valenzuela Morales
No. de colegiada 6,237

Virsa Valenzuela Morales
Licenciada en Letras
Colegiada No. 6237

El Efecto del Cambio Climático en el Patrimonio Cultural Inmueble Prehispánico. Caso Estudio: La Piedra Caliza de la Escalinata del Edificio 2016, Yaxhá, Petén Guatemala, de la Maestría en Planificación, Diseño y Manejo Ambiental

Diseño, Planificación y Manejo Ambiental



Arq. Wendy Lisset Estrada Aguirre
Sustentante



Msc. Arq. Otoniel Barrios
Asesor



Dr. Arq. Danilo Callén
Examinador



Msc. Arq. Dafne Acevedo
Examinador

IMPRÍMASE

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini
Decano