

Los ciclos de la naturaleza y su efecto en el patrimonio edificado del Caribe

Nature's Cycles and their effect on the Built Heritage of the Caribbean

Beatriz del Cueto

FAIA, FAAR'12, Pantel, del Cueto & Asociados



Edificio patrimonial en el centro histórico de La Habana, Cuba, 2018 / Heritage building in the historic center of Havana, Cuba 2018

Palabras clave: Patrimonio edificado; cambio climático; tradiciones edilicias; restauración; sostenibilidad

Entre los años 2020 y 2021, el mundo se paralizó debido a la pandemia del COVID-19. Durante este periodo, se redujeron considerablemente los efectos devastadores de los gases de efecto invernadero, causantes del cambio climático que acecha. La naturaleza tuvo un merecido respiro, y el patrimonio arquitectónico se vio menos castigado al estabilizarse los cambios drásticos del clima. ¿Somos a nivel global responsables de la devastación del planeta y, como consecuencia, de la destrucción de nuestra arquitectura patrimonial? Los procesos de intervención en estas estructuras existentes deben responder, de manera compatible, a sus tecnologías edilicias particulares y su ubicación geográfica. Si el único edificio sostenible es el que ya existe, la recuperación y el reciclaje de sus componentes cobran sentido, pues emplean técnicas sostenibles que utilizaban nuestros antepasados como procesos conscientes para proteger, y no desperdiciar, los recursos naturales de nuestro planeta Tierra, necesarios para su supervivencia.

*Texto original: castellano. Traducción al inglés: autora.

Keywords: Built heritage; climate change; building traditions; restoration; sustainability

Between 2020 and 2021, the world was paralyzed due to the COVID-19 Pandemic. Concurrently, the devastating effects of Greenhouse Gases, the cause of the drastic Climate Change that threatens us, were considerably reduced. Nature had a well-deserved respite when we were locked-up and immobile, and the architectural heritage was protected by stabilizing the drastic changes in the climate. Are we the protagonists of the devastation of the planet and consequently, of the destruction of our architectural heritage? The intervention processes for existing structures must respond, in a compatible way, to their particular building technologies and their geographical location. If the only "green" building is that which already exists, the recycling of its components and recovery are sustainable techniques that our ancestors used as a conscious process to protect, and not waste, the natural resources of our planet earth necessary for their survival.

*Original text: Spanish. English translation: author.

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo trata ejemplos antillanos (fig. 1) y diversos métodos utilizados para lidiar y aumentar la protección frente al incremento de los fenómenos más recientes por la Madre Naturaleza. Sus efectos obligan a considerar maneras conciliables para mitigar el deterioro y proteger el patrimonio edificado, ya que, los usuarios desempeñan un rol central en el manejo diario de los edificios históricos. ¿Está listo nuestro patrimonio edificado para afrontar los efectos más recientes y agresivos de los ciclos de la naturaleza? ¿Existe una memoria colectiva de la que tomar buena nota, o se está condenado a repetir los errores del pasado?

Se han estudiado distintas tecnologías edilicias de nuestra región tanto a través de publicaciones históricas como recientes. Desafortunadamente, existe una cantidad limitada de casos de estudio que detallen intervenciones compatibles en el área del Caribe, prefiriendo a corto plazo la estética final del proyecto antes que la aplicabilidad de métodos sostenibles y resilientes para el patrimonio edificado. En este texto se pretende detallar algunos de los conceptos que se debaten en la actualidad y su posible efectividad en relación con el patrimonio edificado de nuestro pequeño pedazo del planeta.

1. INTRODUCTION

This article lists Antillean examples (fig.1) and methods used to confront and protect ourselves from the increase of the most recent phenomena by Mother Nature. Its effects force us to consider reconcilable ways to mitigate deterioration and protect the built heritage, since as users, we play a central role in the daily management of historic buildings. Is our built heritage ready to face the latest and most aggressive effects of nature's cycles? Is there a collective memory, or are we destined to repeat the mistakes of the past?

We have studied different building technologies in our region both through historical and recent publications. Unfortunately, there is a limited number of Case Studies that detail compatible interventions in the Caribbean, preferring, short term, the final aesthetics of a project and not the applicability of sustainable and resilient methods. This text intends to explain some of the concepts that are currently being discussed and their possible effectiveness with the built heritage of our little piece of the planet.



1

1. Representación gráfica de tormentas caribeñas. (Rafael Tufiño-artista, Colección Instituto de Cultura Puertorriqueña, 1955)

1. Graphic representation of Caribbean storms. (Rafael Tufiño-artist, Puerto Rican Institute of Culture Collection, 1955)

NOTA / NOTE

Salvo indicación contraria, todas las fotos del artículo pertenecen a la autora / Unless otherwise indicated, all images in the article belong to the author

2. OBJETIVO Y METODOLOGÍA: EL CAMBIO CLIMÁTICO

Según un estudio de la UNESCO, «el patrimonio edificado está íntimamente ligado al clima local, que en conjunto con los paisajes urbanos (fig. 2) han sido diseñados en función del lugar donde se ubican. Por ende, su estabilidad está determinada por sus interacciones con el medioambiente»¹. La historia ha demostrado que el patrimonio histórico edificado ha sobrevivido mejor a los cambios climáticos al haber sido construidos con conocimientos precisos sobre su ubicación, clima, materiales locales y tecnologías resilientes. Igualmente, poseen propiedades bioclimáticas sofisticadas (fig. 3) de las que carecen gran número de las construcciones contemporáneas.

El gran reto para adaptar las estructuras de valor patrimonial y que prosperen en el futuro radica en lograr una mayor eficiencia energética y el control del agua. Estas cuestiones difíciles, si se manejan mal, empeorarán las condiciones del recurso a largo plazo (i.e. empleando técnicas incompatibles que aceleren el deterioro). Al permitir la adaptación al cambio climático, no solamente se salvaguarda su relevancia social, sino que se promueve una construcción duradera (fig. 4). Para lograr esta meta, es importante fomentar las industrias y mano de obra locales, además de reaprender las técnicas tradicionales. Cuando

2. OBJECTIVE AND METHODOLOGY: CLIMATE CHANGE

According to a recent UNESCO study, “The built heritage is closely linked to the local climate, which together with urban landscapes (fig.2) have been designed according to the place where they are located. Therefore, its stability is determined by its interactions with the environment”¹. History has proven that the built heritage has better survived climate change by being erected with an intimate knowledge of its location, climate, local materials, and resilient technologies. Likewise, they possess sophisticated bioclimatic properties (fig.3) that a great number of contemporary constructions lack.

The great challenge to adapt heritage structures of value and make them prosper in the future is to achieve greater energy efficiency and their control of water. These difficult issues, if misused, will in the long term worsen the conditions of the resource (i.e., using incompatible techniques that accelerate deterioration). By allowing adaptation to climate change, we not only safeguard their social relevance, but also promote durable construction (fig.4). To achieve this goal, it is important to promote local industries and labor, in addition to re-learning traditional technologies. When

2. Una calle en Remedios, Cuba 2018

2. A street in Remedios, Cuba 2018

3. Mampostería original Colegio de Señoritas en Santurce, Puerto Rico (P.R.). Fuente: Archivo General de Puerto Rico, Proyecto de Ensanche del Colegio de Señoritas en Santurce, 1896 (OP/EP/C673)

3. Original rubble-masonry construction at Girl's School in Santurce, P.R. Source: General Archives of P.R., Building Expansion of the Girl's School in Santurce, 1896 (OP/EP/C673)

4. Enlucido de barro aplicado a muros de la antigua Hacienda Azucarera. Trinidad, Cuba 2015

4. Clay plaster applied to walls of historic Sugar Mill. Trinidad, Cuba 2015

se reutilizan y se reciclan materiales, al tiempo que se reducen los desperdicios o escombros, se aminoran las emisiones de gases de efecto invernadero. Entre las actividades que provocan estas emisiones se encuentran la generación de electricidad, la explotación agrícola, el transporte, la silvicultura, la industria y el uso de todo tipo de energía, que suman el 72 % de todas las emisiones².

«A medida que partes del mundo emergen de la pandemia, las emisiones de carbono vuelven a aumentar, lo que pone en riesgo una inesperada oportunidad para acometer la transición hacia un futuro más sostenible»³. Recientemente se publicó el último Informe del IPCC-Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, la autoridad global que estudia el estado del clima en la Tierra y la medida en que las actividades humanas le afectan⁴. Este grupo de países miembros de las Naciones Unidas publica cada 6-7 años un resumen científico sobre el tema. Los resultados difundidos recientemente han supuesto una alerta inquietante que advierte de que se está agotando el tiempo para tomar acción y protegerse de los efectos drásticos del clima. El cambio climático está ocasionando desastres mayores y más frecuentes a nivel global, tales como sequías prolongadas, que han contribuido a crear y propagar fuegos; incremento de la temperatura ambiente, que está provocando el deshielo de

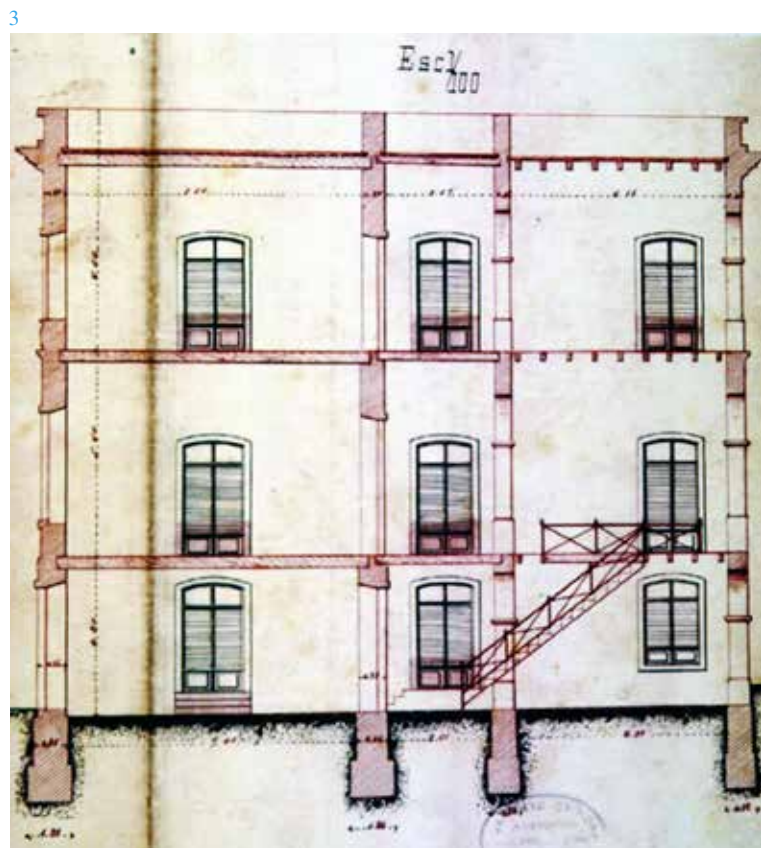
we reuse and recycle materials reducing waste or debris, greenhouse gas emissions are diminished. These emissions include electricity, agriculture, transportation, forestry, manufacturing, and the use of all types of energy, which account for 72% of all emissions².

“As parts of the world emerge from the pandemic, carbon emissions rise again, jeopardizing a rare opportunity to transition to a more sustainable future”³. The latest Report of the IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change, the global authority that studies the state of the Earth’s climate and how human activities affect it, was recently published⁴. Every 6-7 years, these member countries of the United Nations publish a scientific summary on the subject. The results recently released have been a massive alert that we are running out of time to act and protect ourselves from the drastic effects of the weather.

Global climate change is causing greater and more frequent disasters such as prolonged droughts, which have contributed to the creation and spread of fires; rising ambient temperatures have thawed the poles causing a continuous rise in sea level and coastal erosion; more intense sandstorms in the Sahara desert have caused pollutant-laden dust clouds



2



4



los polos y un continuo ascenso en el nivel del mar, así como erosión costera; tormentas de arena, más intensas en el desierto del Sahara, causando nubes de polvo repleto de contaminantes que viaja globalmente; huracanes y lluvias cuantiosas más frecuentes (fig. 5), de las que han derivado inundaciones y deslizamientos de tierra; además de la erupción de volcanes y terremotos de alta intensidad, que añaden a todo ello más capacidad destructiva.

Entonces surge la pregunta, ¿están indefensas nuestras estructuras (fig. 6) frente a los efectos adversos que lanza la Madre Naturaleza a través del cambio climático? Como profesionales en los campos de la restauración y conservación patrimonial, se hace necesario estar capacitados para entender qué estructuras han resistido el impacto de los fenómenos naturales a lo largo de la historia. Es imprescindible aprender a lidiar con los efectos del clima con estructuras que funcionen, sobrevivan, y disminuyan su impacto o huella en el medioambiente mediante prácticas sostenibles y duraderas. El cambio climático causará múltiples impactos físicos en el patrimonio edificado mundial. Por lo tanto, la evaluación de estos embates debe tener en cuenta las complejas interacciones entre los aspectos naturales, culturales y sociales:

that travel globally; hurricanes and more frequent heavy rains (fig.5) have caused floods and landslides; in addition to the increased eruption of volcanoes and high intensity earthquakes, which continue the destruction.

So, we ask ourselves, are our structures defenseless (fig.6) to the adverse effects that Mother Nature presents to us through climate change? As professionals in the fields of heritage restoration and conservation, we need to be trained to understand which structures have withstood the impact of natural phenomena throughout history and time. We must learn to deal with the effects of the climate with structures that function, survive, and reduce their impact or footprint on the environment with sustainable and lasting practices.

Climate change will cause multiple physical impacts on the world's built heritage. Therefore, the evaluation of these shocks must consider the complex interactions between natural, cultural, and social aspects:

- Historic buildings are more closely linked to the ground than contemporary ones, they are more porous, they absorb water from the ground that evaporates through their surface (fig.7), when they generate the secondary effects of erosion and corrosion. Increased soil moisture can result in increased circulation of soluble salts and instability of the ground.

- Los edificios históricos están más íntimamente ligados al suelo que los contemporáneos, son más porosos, absorben agua del suelo que se evapora a través de su superficie (fig. 7), generando efectos secundarios de erosión y corrosión. El incremento de la humedad del suelo puede redundar en una mayor circulación de sales disueltas e inestabilidad en el suelo.

- El incremento de la frecuencia de precipitaciones extremas puede causar problemas en los drenajes históricos. Variaciones extremas y repentinas y estaciones de humedad y temperatura extrema pueden causar roturas, grietas, descamación o desconchados en materiales y superficies.

- La madera y otros materiales orgánicos de construcción pueden sufrir un aumento de daños biológicos (fig. 8) como resultado de la migración de parásitos hacia áreas que no sufrían tales problemas en el pasado.

- Las inundaciones de aguas sucias y erosivas producen daños en los materiales de construcción no diseñados para soportarlos. Al retirarse las aguas, proliferan los microorganismos dañinos como los hongos.

- La erosión costera, causante del avance de la línea de costa tierra adentro, destruye las estructuras litorales.

- The increased frequency of extreme rainfall can cause problems in historic drains. Extreme and sudden variations and seasons of extreme humidity and temperature can cause breaks, cracks, flaking or chipping in materials and surfaces.

- Wood and other organic building materials can suffer increased biological damage (fig.8) due to parasite migration to areas that did not suffer from such problems in the past.

- Erosive and dirty floods damage building materials not designed to withstand them. As the waters recede, harmful microorganisms such as fungi, proliferate.

- Coastal erosion causes coastlines to evolve inland and destroys bordering structures.

- More storms and unrelenting winds cause structural damage to both entire structures and particularly to their vulnerable elements.

- Climate change causes physical risks, but at the same time, significant social and cultural consequences that can force the migration of a population, resulting in the breakdown of communities and the abandonment of their real estate, loss of rituals, and cultural memory. This desertion raises great concern in contexts where traditional (construction) knowledge and skills are essential to ensure the proper maintenance of these built assets⁵.

- Más tormentas y vientos implacables provocan daños estructurales tanto a nivel de conjunto como en elementos particularmente vulnerables.
- El cambio climático provoca riesgos físicos, pero a su vez, consecuencias sociales y culturales que pueden obligar a una población a migrar, teniendo como resultado la ruptura de comunidades y al abandono de sus propiedades inmuebles, la pérdida de rituales, y de la memoria cultural. Esta deserción provoca una gran preocupación en contextos en que los conocimientos y habilidades tradicionales (de construcción) son esenciales para asegurar el mantenimiento apropiado de estos bienes construidos⁵.

3. LA ZONA DE ESTUDIO: LAS ANTILLAS

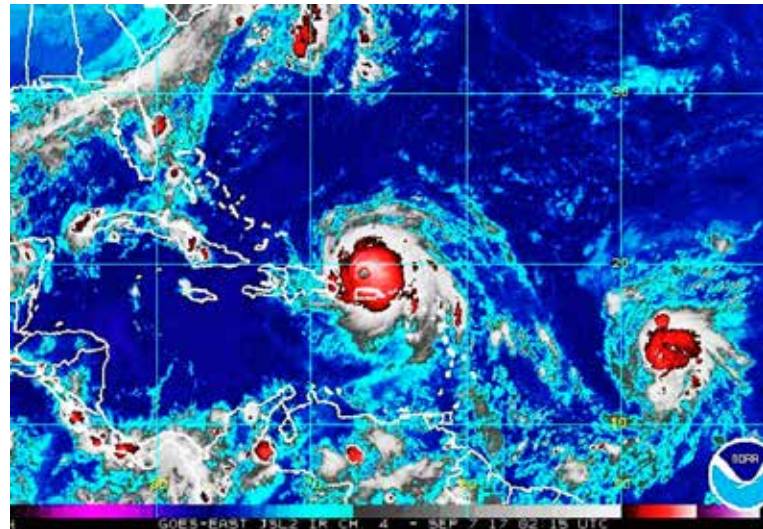
El momento exacto de la irrupción de un terremoto no se puede predecir ni evitar. Por el contrario, los huracanes, tormentas tropicales, sequías, y hasta las nubes de polvo del Sahara son cíclicas, y su trayectoria puede proyectarse con antelación. Aunque las Antillas Mayores están ubicadas en una zona sísmica activa, los terremotos severos son poco frecuentes. Distintas generaciones han preferido ignorar los desastres naturales y construyen de forma precaria utilizando

3. STUDY AREA: THE ANTILLES

The exact moment of an earthquake cannot be predicted or avoided. In contrast, hurricanes, tropical storms, droughts, and even Sahara dust clouds are cyclical, and their trajectory can be projected in advance. Although the Greater Antilles are located in an active seismic zone, strong earthquakes are rare. Different generations have preferred to forget natural disasters and build poorly using faulty technologies in poor and unsuitable locations. In open confrontation with Mother Nature, we build where not appropriate, believing that human beings can dominate nature through engineering, when in reality, nature has the advantage of time and physics that forces us to give into its strength (fig.9). Both, the proposed construction method and the quality and condition of the site where it is going to be built, are of the utmost importance⁶.

4. BUILDING TECHNOLOGIES IN THE CARIBBEAN

From a technical point of view, it is of the utmost importance to understand how buildings from the past were erected in the regions where we live. Technical drawings and photographs in historical archives, as well as texts in documents from the past, provide an important wealth of information. However,



5

6



5. Las Antillas están ubicadas en el corredor de huracanes del Caribe, vista satélite huracanes Irma y María, septiembre 17, 2021

5. The Antilles are in the hurricane corridor or the Caribbean, satellite view of hurricanes Irma and María, September 17, 2021

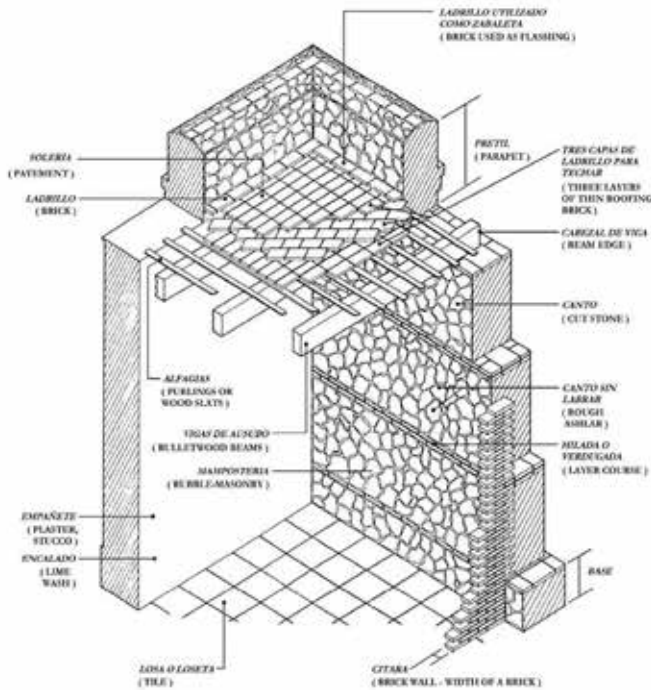
Fuente / Source: National Oceanic and Atmospheric Administration of the Government of the United States (NOAA) images: www.noaa.gov/

6. Los edificios privados de mampostería sufrieron daños considerables al perder amarre lateral provisto por vigas de madera cuyos cabezales estaban podridos antes de los terremotos

6. Private rubble-masonry buildings suffered considerable destruction when they lost lateral ties provided by the wooden roof beams whose ends had rotted before the earthquakes

Fuente / Source: Anónimo. Puerto Rico Ilustrado IX, no. 451 (19 de octubre, 1918)

TECHO PLANO DE AZOTEA SOBRE MUROS TRADICIONALES DE MAMPOSTERÍA
TRADITIONAL FLAT ROOF "AZOTEA" WITH RUBBLE-MASONRY WALLS



7

7. Documentación detalles construcción de mampostería tradicional. Fuente: Cursos Tecnología Edilicia Tradicional, Laboratorio de Conservación Arquitectónica de Universidad Politécnica de Puerto Rico (1998)

7. Documentation of traditional rubble-masonry construction. Source: Traditional Building Technology courses, Architectural Conservation Laboratory, Polytechnic University Puerto Rico (1998)

8. Viga de madera histórica distorsionada, restauración del Conservatorio Música de P.R., 1998

8. Distorted historic wooden beam, Conservatory of Music of P.R. restoration, 1998

9. Destrucciones por huracán San Felipe en Humacao, P.R., 1928. Fuente: Archivo General de P.R., Archivo Fotográfico, CP-2224

9. Destruction by Hurricane San Felipe in Humacao, P.R. 1928. Source: General Archives of P.R., Photography Archive, CP-2224

10. Inventario de Condiciones Actuales: ventanas, sede del Colegio de Arquitectos de Puerto Rico, 2021

10. Current Conditions Assessment of window Colegio Arquitectos P.R. 2021

Fuente / Source: del Cueto, Beatriz y Roberto García Soto - Pantel del Cueto & Asociados LLC. "Inventario de Condiciones Existentes Casa González Cuyar ca. 1913", June 2021. Existing Conditions Assessment Casa González Cuyar ca. 1913. June 2021

tecnologías defectuosas en lugares pobres e inadecuados. En abierta confrontación con la Madre Naturaleza, se construye donde no se debe, creyendo que el ser humano puede dominar la naturaleza gracias a las obras de ingeniería, cuando, en realidad, la naturaleza tiene de su parte el tiempo y la física, lo que obliga a ceder modestamente ante su ímpetu (fig. 9). Tanto el sistema constructivo propuesto como la calidad y condición del terreno donde se va a construir son de suma importancia⁶.

4. TECNOLOGÍAS EDILICIAS EN EL CARIBE

Desde un punto de vista técnico, es fundamental entender cómo fueron construidos los edificios del pasado en nuestras regiones respectivas. Dibujos técnicos y fotografías en expedientes históricos, además de textos en documentos del pasado, proveen un caudal importantísimo de información. Sin embargo, el mejor de todos los documentos es la fábrica del edificio en sí. En ese sentido, han resultado de suma importancia las inspecciones e informes que fueron generados entre los años 1918-1919 sobre los terremotos devastadores ocurridos en Puerto Rico, ya que han facilitado la comprensión de sus dramáticos efectos en las estructuras históricas de esta isla y su patrimonio construido⁷.

the best document is the building fabric itself. As an example, inspections and reports that were generated between the years 1918-19 regarding the devastating earthquakes that occurred in Puerto Rico have been of the utmost importance, since they have facilitated the understanding of their effects on the historical structures of this island and its built heritage⁷. The causes of structural defects or failures, as well as understanding the state of the building at the time of a disaster, must be clarified. All this is achieved through a rigorous process of documentation and detailed field inspection that results in a Current Conditions Assessment, where, both graphically and textually, a particular condition is detailed (fig.10) in a specific location. Likewise, it is important to verify the quality of the design work, the appropriate use of construction materials, and the workmanship employed; all factors that affect the reaction of buildings to natural phenomena. Buildings in tropical areas are especially subject to deterioration by water, wind, and vegetation.

4.1. Wood

Wooden buildings, without referring to the balloon frame, survived earthquakes exceptionally well, as occurred during the intense earthquakes in Haiti in 2010 and 2021. Some

Las causas de defectos o fallos estructurales, al igual que comprender el estado del edificio en el momento en que acontece una catástrofe, deben esclarecerse. Todo esto se logra a través de un proceso riguroso de documentación e inspección detallada que resulta en un Inventario de Condiciones Actuales, donde, tanto de forma gráfica como escrita, se puntualiza una condición particular en un lugar específico (fig. 10). Del mismo modo, es importante constatar la calidad del diseño de la obra, el uso apropiado de los materiales y la mano de obra empleada; todos ellos factores que afectan a la reacción de los edificios frente a los fenómenos naturales. Se debe recordar que las construcciones en las zonas tropicales están sometidas al deterioro por agua, viento y vegetación, principalmente.

4.1. Madera

Los edificios de madera, más allá del *balloon frame*, subsistieron excepcionalmente bien a los terremotos, como ocurrió durante los intensos seísmos que asolaron Haití en 2010 y 2021. Algunas casas fueron arrancadas de sus cimientos como consecuencia del *tsunami* posterior, pero no se desarmaron⁸. Por tanto, no se deberían subestimar los grandes

houses were uprooted from their foundations as a result of the post-earthquake tsunami, but they did not dismantle⁸. Likewise, let us not underestimate the great knowledge and relationship to nature that we inherited from pre-Columbian communities that built with materials in their environment and repaired with the same materials from their surroundings (true sustainability).

Mother Nature also attacks through xylophagous insects. Stagnant water infiltrates the walls and ceilings of historic buildings and causes excessive destruction, especially of wooden structures. As long as wood is kept completely dry or completely submerged in water, it does not deteriorate easily, however once the wood rots, it is quickly attacked and destroyed by these insects. Buildings and architectural elements infested by these pests, are weakened (fig.11), and therefore are more likely to collapse during a natural disaster.

4.2. Rubble-masonry and Brick

The institutional buildings of the Government of Spain in its colonies in the Caribbean, such as barracks, lighthouses, city halls, and roadside houses, were largely built of rubble-masonry (fig.12), simulating continental Spanish technologies. These buildings have survived earthquakes



8
9

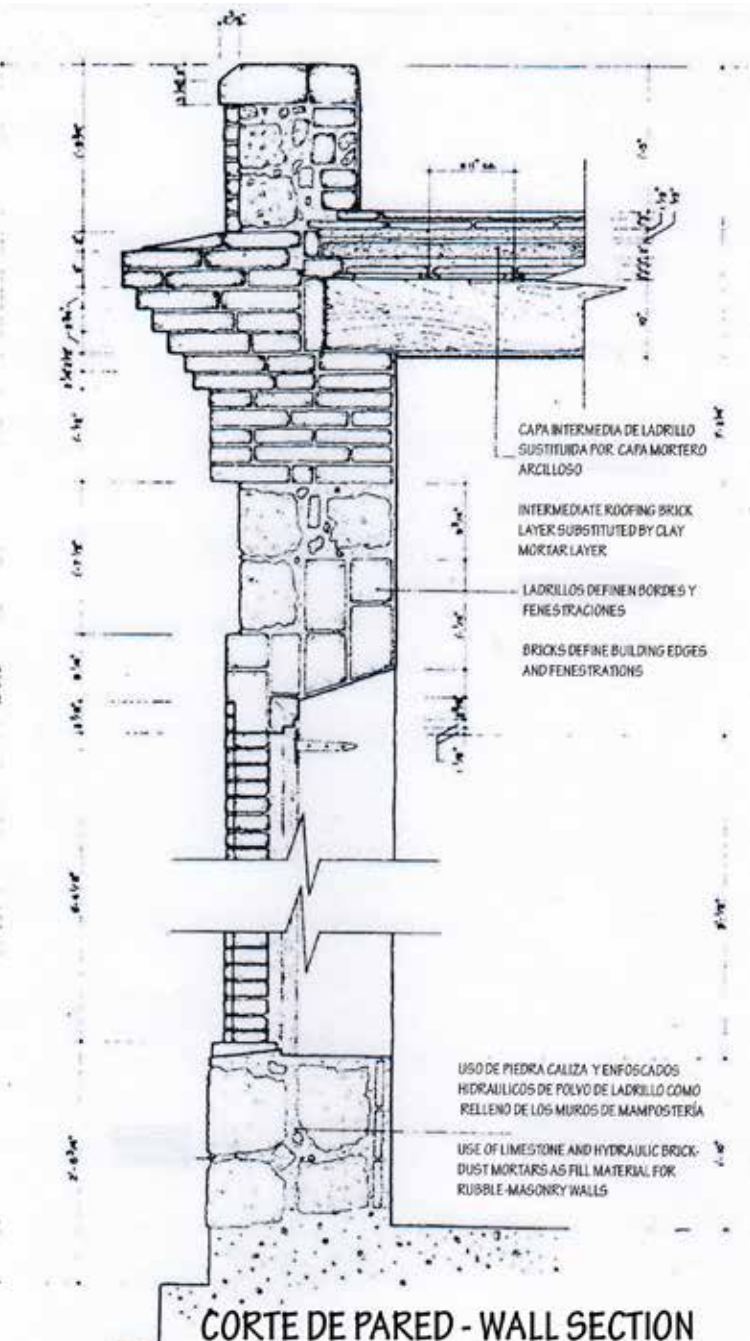


10





11
12



conocimientos y se debería valorar el apego a la naturaleza heredado de las comunidades precolombinas, que construían con lo que hubiese en su entorno y reparaban con el mismo material que estaba disponible en su medioambiente (verdadera sostenibilidad).

La Naturaleza igualmente ataca a través de plagas de insectos xilófagos. El agua estancada se infiltra en los muros y techos de los edificios y provoca destrucción desmedida, en especial a las estructuras de madera. Siempre que la madera se mantenga completamente seca o sumergida en agua, no se deteriora fácilmente. Una vez que la madera se pudre, los insectos la atacan y destruyen rápidamente. Edificios y elementos arquitectónicos infestados por estas plagas, ya debilitados (fig. 11), tienen más probabilidad de colapsar durante un desastre natural.

4.2. Mampostería y ladrillo

En las colonias del Caribe hispano, los edificios institucionales, tales como cuarteles, faros, alcaldías y casas de camineros, fueron en gran parte construidos de mampostería (fig. 12), emulando técnicas españolas continentales. Estas edificaciones han superado terremotos y huracanes sin sufrir daños mayores. Tanto por el buen diseño y manejo eficiente de los proyectos, como por el empleo de técnicas apropiadas y materia prima de la mejor calidad, se dio como resultado un edificio bien construido⁹.

and hurricanes without major damage, due to good design, efficient project management, and the appropriate technical use of the best quality raw materials, which resulted in a well-constructed building⁹.

Bricks, as an important integral component of rubble-masonry walls, served as structural ties for horizontal building layers, and provided the straight surfaces necessary to define architectural elements such as cornices and door and window openings.

4.3. Cement Blocks

The first cement blocks in the Caribbean were built one by one in metal molds that were brought to the project site where they were to be used. The fine aggregate or available sand was mixed with imported portland cement and water to prepare a relatively dry mortar that was compacted by hand within the molds.

During the first uses of this unitary material, no vertical or lateral tie beams or columns were provided, nor were the hollow blocks filled with steel rods and cement to reinforce

Los ladrillos, como importante componente integrado a los muros de mampostería, servían como amarre estructural mediante verdugadas horizontales, y proporcionaban las superficies rectas necesarias para definir y perfilar elementos arquitectónicos como cornisas, vanos de puertas y ventanas.

4.3. Bloques de cemento

Los primeros bloques de cemento en el Caribe se construían uno a uno en moldes de metal que se traían al sitio de la obra donde iban a ser utilizados. El agregado fino o arena disponible se mezclaba con cemento de Pórtland importado y agua para preparar un mortero relativamente seco que se compactaba a mano dentro de los moldes.

Durante los primeros usos de este material unitario, no se proveían vigas ni columnas de amarre, vertical o lateral. Tampoco se rellenaban los bloques huecos con varillas de acero y cemento para reforzar las esquinas ni las vigas que sostenían el techo. El uso de mortero de cemento Pórtland defectuoso o la aplicación de insuficiente cantidad de mortero causaba que las piezas se desplazaran y colapsaran (fig. 13) debido a las oscilaciones sísmicas o al azote de fuertes vientos huracanados. Frecuentemente, la instalación inadecuada y el mal uso de la materia prima fueron las razones para el colapso de los edificios de bloque.

the corners or the beams that supported the roof. The use of defective portland cement mortar or too little mortar also caused the independent units to shift and collapse (fig.13) during seismic oscillations or lashings by strong hurricane winds. In many cases, improper installation and misuse of raw materials were contributing reasons for the collapse of block buildings.

4.4. Unreinforced and reinforced concrete

In 1919, well-built reinforced concrete was determined as the building technology that could better resist the onslaught of Mother Nature in several Caribbean countries. Concrete buildings, properly reinforced, would be waterproof, fireproof, unaffected by insects, and could withstand rains, hurricane force winds, and earthquakes. Unreinforced concrete or without appropriate steel reinforcement, collapsed and failed in all reported historical cases (fig.14) after earthquakes and hurricanes. A similar situation occurred in Haiti when the 1920 Presidential Palace, built of concrete, collapsed on itself in



13

11. Cabezas de vigas centenarias podridas y destruidas por plagas de xilófagos, P.R., 1939. Fuente: Archivo General de Puerto Rico, Archivo Fotográfico, CP-BRBD- 27.s. Reyes Casanova, Otto. "Estudio Histórico Cuartel de Ballajá"

11. Rotten centennial beam ends destroyed by xylophagous pests P.R. 1939. Source: General Archives of Puerto Rico, Photographic Archives CP-BRBD- 27.s. Reyes Casanova, Otto. "Historic Research of Ballajá Barracks"

12. Sección constructiva de una fábrica de mampostería tradicional, P.R., 1982. Fuente: Cursos Tecnología Edilicia Tradicional, Laboratorio de Conservación Arquitectónica Universidad Politécnica Puerto Rico

12. Traditional rubble-masonry section P.R. 1982. Source: Traditional Building Technology courses, Architectural Conservation Laboratory, Polytechnic University Puerto Rico

13. Templo Metodista, fabricado de bloques, destruido por huracán en Aibonito, P.R., 1928. Fuente: Anónimo. "Metodistas y Presbiterianos unidos en la Fe y también en la calamidad." "Puerto Rico Evangélico XVII, No. 18 (10 de noviembre, 1928)

13. Methodist block temple destroyed by hurricane in Aibonito, P.R. 1928. Source: "Methodists and Presbyterians united in Faith and also in calamity".

4.4. Hormigón sin armar y armado

En 1919, el hormigón armado bien construido fue considerada la tecnología edilicia que mejor podría resistir los embates de la naturaleza en varios países del Caribe. Los edificios de hormigón, debidamente reforzados, serían impermeables, a prueba de fuego, no les afectarían las plagas de insectos, y podrían resistir lluvias, vientos huracanados y movimientos telúricos. Por el contrario, el hormigón sin armar o sin refuerzos apropiados de acero colapsó y falló en todos los casos históricos reportados (fig. 14) tras verse sometidos a la acción de terremotos y huracanes.

Una situación similar ocurrió en Haití cuando el Palacio Presidencial, construido de hormigón en 1920, colapsó sobre sí mismo en 2010 (fig. 15). Un año más tarde, otro terremoto devastador al suroeste de Haití repitió la historia de pérdida de vidas y ruina de edificios históricos. Una tormenta tropical concurrente, dos días después, empeoró los desplomes de las estructuras y la cantidad de fallecidos, riesgos anticipados por los estudios de cambio climático más recientes. En realidad, cabría preguntarse: ¿no son suficiente evidencia las muertes y el caos causados por estas catástrofes agravadas por el cambio climático para que se enfatice la importancia de realizar evaluaciones periódicas de nuestro patrimonio construido?

2010 (fig.15). In 2021, another devastating earthquake in southwestern Haiti repeated the tragedy of loss of life and historic buildings. A concurrent tropical storm, two days later, worsened the structural collapses and the number of deaths; issues warned by the most recent studies of climate change. Are the deaths and chaos caused by these climate change catastrophes not enough evidence to emphasize the importance of conducting regular assessments of our built heritage?

4.5. Wrought-iron and steel

Frames made of these materials, such as those used to build bridges, markets, and port warehouses throughout the Caribbean, have survived relatively well, although sometimes affected by rust. When the land in the vicinity of these structures has opened seismically, some joints have disconnected due to land settlement or collapse. In the 2010 earthquakes in Haiti, some of the iconic structures such as the colorful wrought iron Public Market, in addition to partially collapsing from the strong oscillations caused by the earthquake, caught fire.

4.5. Hierro forjado y acero

Los armazones de estos materiales como los utilizadas para construir puentes, mercados y tinglados o almacenes de los puertos a través del Caribe han sobrevivido relativamente bien a estos fenómenos, aunque a veces, afectados por el óxido. Cuando se ha abierto la tierra en las inmediaciones de estas estructuras, se desconectan algunas juntas debido al asentamiento o desplome del terreno. En los terremotos de 2010 en Haití, algunas de las estructuras emblemáticas como la colorida Plaza del Mercado, de hierro forjado, además de colapsar parcialmente con las fuertes sacudidas causadas por el terremoto, sufrieron incendios.

5. EL FUTURO

A través del tiempo, se ha logrado proporcionar usos alternativos a las edificaciones históricas conservadas para reutilizarlas de manera compatible. Y así continuará en el futuro. La misma resiliencia de estas estructuras, que han perdurado a pesar del paso del tiempo y el cambio climático, presagia su evolución, igual que la del planeta Tierra. Para poder subsistir exitosamente, los usos e intervenciones en estas estructuras deben ser compatibles, empleando soluciones holísticas a través de colaboraciones interdisciplinarias (fig. 16). El patrimonio arquitectónico

5. THE FUTURE

Over time, we have managed to grant existing historic buildings different uses to reuse them in a compatible way, and that will continue. The very resilience of these structures, which have endured despite time and climate change, heralds their evolution, just like that of planet earth. To survive successfully, the uses and interventions in these structures must be compatible, employing holistic solutions through interdisciplinary collaborations (Fig.16). The architectural heritage must be: "... sustainable, flexible, sensitive, and adaptable to the changes in the lives of the human beings who use and inhabit them... Let us not forget that architecture is about the air, our rights, and about equitable access"¹⁰.

6. CASE STUDY

As a Case Study that represents sustainable processes and methodologies, we will use our own project intervened between 1988-91, the Faro (lighthouse) de las Cabezas de San Juan (fig.17) located in Fajardo, Puerto Rico. It was built between 1880-82 of rubble-masonry, brick, and limestone with slaked lime and brick-dust finishes (fig.18). To restore it

debe ser: «...sostenible, flexible, sensible, y adaptable a los cambios en las vidas de los seres humanos que lo usan y habitan... No se debe olvidar que la arquitectura tiene que ver con el aire, nuestros derechos, y sobre accesos equitativos»¹⁰.

6. CASO DE ESTUDIO

Como caso de estudio que represente procesos y metodologías sostenibles, se utilizará un proyecto propio en el que se intervino, el Faro de las Cabezas de San Juan (fig. 17), ubicado en Fajardo, Puerto Rico. Fue edificado entre 1880-82 con mampostería concertada, ladrillo y piedra caliza, con terminaciones en cal y polvo de ladrillo (fig. 18). Para devolverle su forma original y las técnicas edilicias resilientes que le habían provisto, se realizaron diversos tipos de análisis, investigaciones e intervenciones especializadas. Su nuevo uso como Centro de Visitantes e Investigaciones Científicas permitió devolverle su integridad perdida. Previamente a la elaboración de los documentos de restauración, se comenzó con la investigación histórica, la documentación de las condiciones actuales (fig. 19)¹¹, la investigación científica y microscópica de las terminaciones y colores originales del inmueble¹², además de la Arqueología¹³ en las inmediaciones

to its original configuration and maintain the resilient building technologies that its 106 years existence had provided, various types of analysis, research, and specialized interventions were carried out. Its new use as a Visitor and Scientific Research Center allowed the restitution of its spatial integrity. Prior to the restoration documents, we began historical research, a Current Conditions Assessment (fig.19)¹¹, scientific and microscopic investigation of the finishes and original colors of the building¹², in addition to archeology¹³ of the lighthouse site. Using its original plans and historical documents, it was possible to reconstruct its original spatial distribution (fig.20), complying with the owner's new Use Program.

Of utmost importance was restoring the original water collection and drainage system of the roof, to recover their leading role as rainwater collectors. The rescue and restoration of the brick drains within the walls that also bordered the building and emptied into the underground cistern, was an important goal. The archaeological excavations discovered and documented the complete pluvial system, including the prominence of the cistern with a 29 cubic meter storage capacity, which facilitated its restoration and current reuse for the irrigation of the property and sanitary purposes.



14

15



14. Hormigón mal reforzado arruinado por terremoto en Fábrica La Habanera Mayagüez, P.R., 1918

14. Poorly reinforced concrete demolished by earthquake, La Habanera Mayagüez Factory, P.R. 1918

Fuente / Source: Archivo General de Puerto Rico, Archivo Fotográfico, CP-BRBD- 27

15. Colapso del Palacio Presidencial durante terremoto en Puerto Príncipe, Haití, 2010. Fuente: EERI Fotos del terremoto de Haití y daños al edificio.

15. Collapse of the Presidential Palace during earthquake Port-au-Prince, Haiti 2010. Source: EERI Haiti Earthquake photos of building damage.



16

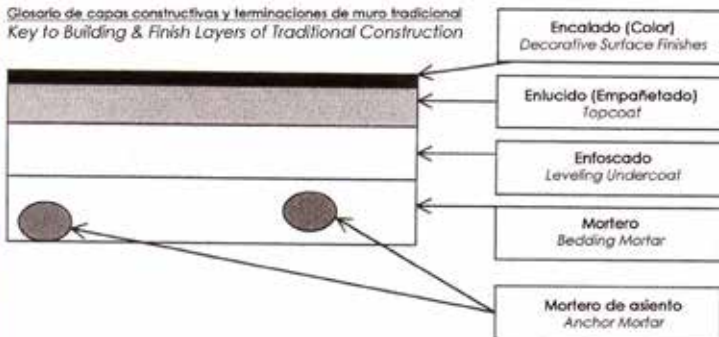


17

18



Glosario de capas constructivas y terminaciones de muro tradicional
Key to Building & Finish Layers of Traditional Construction



del faro. Utilizando los planos y documentos históricos originales, se logró reconstruir su distribución espacial original (fig. 20), cumpliendo al mismo tiempo con el nuevo Programa de Usos del centro.

De suma importancia fue restituir el sistema de recogida y desagüe original de los techos para devolverle a las azoteas su rol protagonista como colectores de agua de lluvia. El rescate y restauración de los desagües de ladrillo dentro de los muros y de aquellos que bordeaban el edificio y desembocaban en una cisterna soterrada, fue una meta importante. Los trabajos arqueológicos descubrieron y documentaron el sistema pluvial al completo, incluyendo la notoriedad de la cisterna, con 29 metros cúbicos de capacidad de almacenaje, todo lo cual facilitó su restauración y posterior reutilización para riego de la propiedad y uso sanitario.

Con el tiempo, se habían cerrado o reducido algunas puertas y ventanas, y demolido muros interiores. Por ende, se restituyó la extensión y forma histórica de los grandes ventanales y puertas para permitir la ventilación natural original. El nuevo programa contemplaba áreas de investigación y hospedaje para científicos y estudiantes, para los cuales se habilitaron los espacios originales. Donde antaño se encontraba el vestíbulo original, se reintegró el suelo de loseta de Génova mediante el reciclaje de mármoles históricos, como ejemplo de técnica sostenible. Se salvaron elementos históricos dentro del edificio,

Over time, some doors and windows had been closed-off or reduced in size, and interior walls demolished. Therefore, we restored the original historic sizes and shapes of its large windows and doors to allow the original natural ventilation of the lighthouse. The new Program contemplated research and lodging areas for scientists and students, for which the original spaces were set up. Where the original lobby was located, the marble light grey and white tiles from Genova, Italy were restored by recycling historic marble tiles, as a sustainable technique.

Historic building elements were salvaged, including most of the original wooden roof beams, slats, and thin bricks that made up the flat roofs. The few centenary beams that had to be replaced (fig.21) were recycled from historic buildings in Puerto Rico where they had been discarded. The roof was restored in-situ, without having to dismantle it. The multiple layers of synthetic waterproofing installed during the 20th century over the original water repellent roof surfaces (composed of a thick brick-dust and lime mortar) were removed, without destroying the original traditional surface.

incluyendo gran parte de las vigas, alfajías y ladrillos de techar originales que componían los techos de las azoteas. Las escasas vigas centenarias que tuvieron que sustituirse (fig. 21) procedían de edificios históricos en Puerto Rico, donde habían sido descartadas. Se restauró el techo *in situ*, sin tener que desmantelarlo, y se eliminaron las múltiples capas de impermeabilización sintética aplicadas durante el siglo XX sobre las cubiertas originales, sin remover ni destruir la superficie original de ladrillo.

Una intervención estructural significativa consistió en añadir un conjunto de plataformas de observación encima de la azotea con capacidad para 150 personas. En cumplimiento con el programa requerido, se necesitaba un lugar seguro desde donde se pudiera apreciar la Reserva Natural de las Cabezas de San Juan en su totalidad. Estas plataformas de acero con piso de tablones de madera y barandas de carácter náutico (fig. 22) descansan sobre los muros de carga del edificio y no le imponen peso alguno a la estructura del techo ni a las superficies de la azotea histórica.

7. CONCLUSIONES

A modo de conclusión, se exponen algunas reflexiones. ¿Qué se ha aprendido de las experiencias de nuestros antepasados? ¿Qué sugiere el tejido o la fábrica de las edificaciones históricas, patrimonio construido, que, aunque lesionado,

A major structural intervention was the addition of a set of observation decks on top of the roof with the capacity to safely hold 150 people. In compliance with the required Program, a safe area was needed from where the Cabezas de San Juan Natural Reserve could be appreciated in its entirety. The compatible design solution was the installation of contemporary steel deck platforms with a wooden plank flooring and nautical railings (fig.22) which rest on the building's load-bearing walls and do not impose any weight on the roof structure or surfaces.

7. CONCLUSIONS

So, what have we learned from the experiences of our ancestors? What do the materials and building fabric of the built heritage, tell us, which, although injured, has survived for centuries? We must not underestimate design and traditional construction techniques (fig.23) that respond to successful millenary knowledge. We must repair, remodel, and restore, before discarding.

16. Patio interior de residencia en Remedios, Cuba, 2018
16. Inner courtyard of residence in Remedios, Cuba 2018

17. Fotografía aérea del Faro de Las Cabezas de San Juan, Fajardo, P.R. (Max Toro-fotógrafo, 2010)

17. Aerial photo Faro de las Cabezas de San Juan, Fajardo P.R. (Max Toro-photographer 2010)

18. Muestras de enfoscado y enlucido en muros de mampostería, Colegio de Señoritas, Santurce, P.R., 1881. Fuente: Cursos Preservación Práctica, Laboratorio Conservación Arquitectónica Universidad Politécnica de Puerto Rico

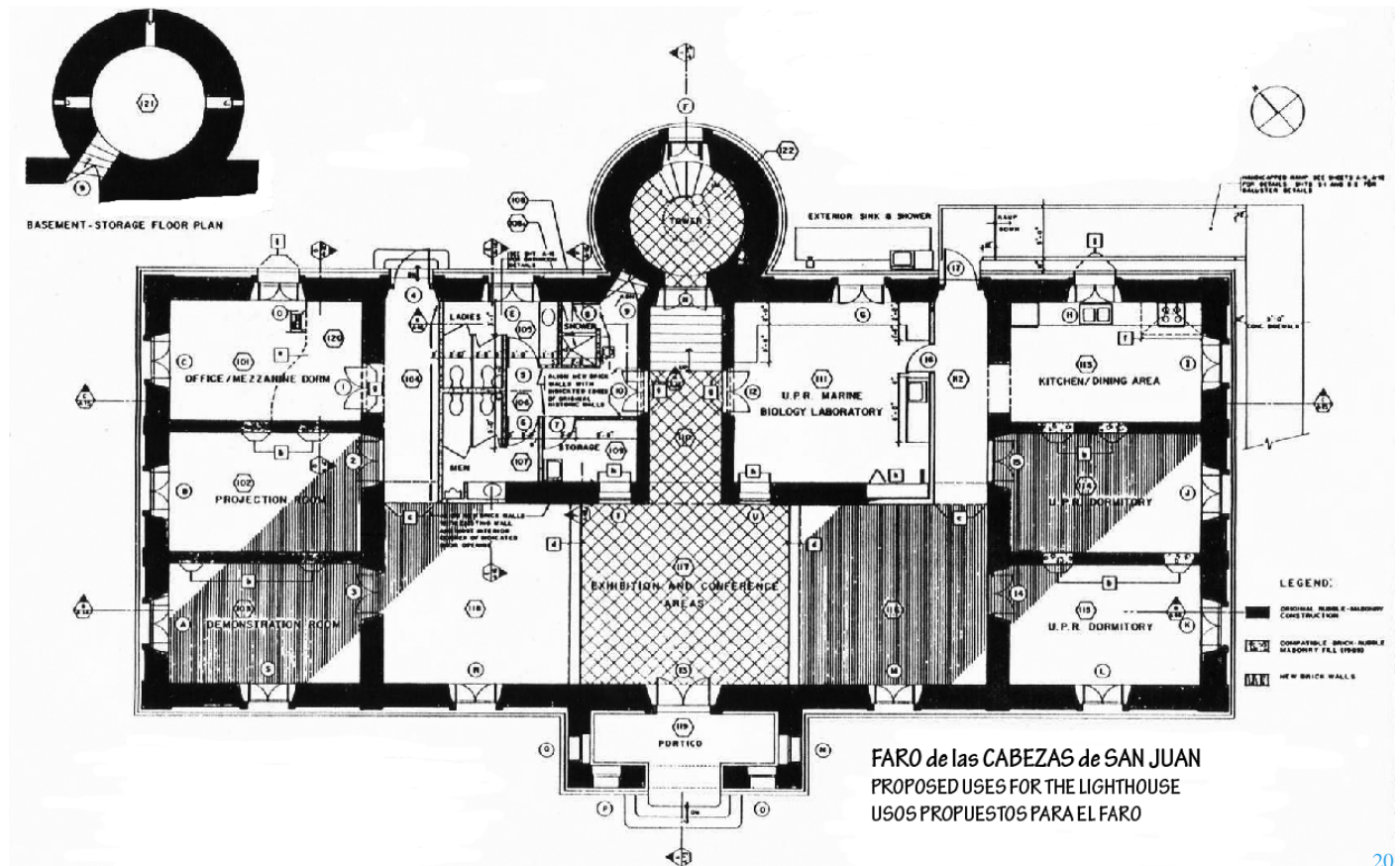
18. Samples of historic mortars and plasters in rubble masonry walls, Colegio de Señoritas Santurce, P.R. 1881. Source: Preservation Praxis courses, Architectural Conservation Laboratory, Polytechnic University Puerto Rico

19. Documentación de cornisas y parapetos, Faro de Fajardo, 1988

19. Documentation of cornices and parapets, Faro Fajardo, 1988

19





20

21



22



23



ha pervivido por siglos y siglos? No se debe subestimar el diseño y las técnicas de construcción tradicionales (fig. 23) que responden a conocimientos milenarios exitosos. Se debe reparar, remodelar y restaurar, antes de descartar.

Cuando ocurren catástrofes naturales resultantes del cambio climático como huracanes, terremotos, inundaciones, grandes incendios y olas de calor y frío extremos siempre existe la tentación de introducir una técnica de construcción novedosa como solución para atender los problemas latentes. Se propone que resurjan y se reinterpreten las técnicas tradicionales de mantenimiento e intervención (fig. 24), como primera alternativa. Estas proporcionan procesos viables para sanar a una sociedad que ha recibido, y continuará recibiendo, graves traumas debidos al cambio climático.

El desafío en el campo de la restauración del patrimonio edificado no debe estar solamente enfocado en el entorno construido. El reto del siglo XXI deberá incluir y reexaminar los elementos patrimoniales que puedan servir como solución frente a las realidades climatológicas del presente y del futuro. Debemos utilizar estos conceptos e incorporar estos conocimientos colectivos (fig. 25) como guías para el panorama edilicio de las regiones donde vivimos; de esta manera se estará mejor preparado para afrontar los embates de la Madre Naturaleza que depara el futuro. 🏛️

When natural disasters resulting from climate change such as hurricanes, earthquakes, floods, major fires, and extreme heat or cold occur, there is always the temptation to introduce a new building technology as a solution to address latent problems. We propose that “traditional” maintenance and intervention techniques be revived and reinterpreted (Fig.24), as a first alternative. These provide viable processes to heal a society that has received, and will continue to receive, severe traumas due to climate change.

The challenge in the field of restoration of the Built Heritage should not only be focused on the built environment, the challenge of the 21st century should include and reexamine heritage elements that can serve as solutions to the climatological realities of the present and the future. Let us use these concepts and incorporate this collective knowledge (fig.25) as guides for the building landscape of the regions where we live; in this way we will be better prepared to face the onslaught of Mother Nature that the future holds. 🏛️

- 20. Planta de piso del Faro de Fajardo adaptado al nuevo programa, 1989
- 20. Faro de Fajardo Floor Plan adapted to the new Use Program 1989
- 21. Instalación de viga madrina para sostener cabezales cortos debido a degradación, Faro de Fajardo, 1989
- 21. Installation of support beam to under pin deteriorated cut-off beam ends Faro Fajardo 1989
- 22. Plataformas de observación contemporáneas sobre muros de carga, Faro de Fajardo, 1991 (Héctor Méndez Caratini-fotógrafo)
- 22. Contemporary observation platforms supported on load-bearing walls Faro Fajardo 1991 (Héctor Méndez Caratini-photographer)
- 23. Grupo de estudiantes de tecnologías tradicionales, P.R., 2004
- 23. Group of students in Traditional Technologies course mixing bedding mortars, P.R. 2004
- 24. Reutilización de técnicas tradicionales en mantenimiento y restauración, Faro de Fajardo, 1990
- 24. Reuse of traditional maintenance and restoration techniques Faro Fajardo P.R. 1990
- 25. Acopio de ladrillos históricos para reciclaje durante proceso de restauración, Casa Power, P.R., 1992
- 25. Stowage of historic bricks for recycling, restoration Casa Power P.R. 1992

24



25



NOTAS /NOTES

1. A. Colette, et al. *Estudios de caso: Cambio climático y Patrimonio Mundial*. Centro de Patrimonio Mundial de la UNESCO, París, 2009, pp. 64-65 / Colette, Augustin, et. al. Case Studies: Climate Change and World Heritage. p. 64-65, UNESCO World Heritage Center. Paris, 2009.

2. E. Sesana, et. al. «Mitigating Climate Change in the Cultural Built Heritage Sector». *Climate*, vol. 7 (2019), pp. 19-23, doi: 10.3390/cli7070090 / Sesana, Elena, et. al. "Mitigating Climate Change in the Cultural Built Heritage Sector." *Climate*, Vol. 7 (2019), pp. 19-23. Doi: 10.3390 / Jericho, Greg. "The IPCC report is a massive alert that the time for climate action in nearly gone, but crucially, not gone yet.", Pp. 1-9, *The Guardian*, (August 11, 2021).

3. G. Jericho. «The IPCC report is a massive alert that the time for climate action in nearly gone, but crucially, not gone yet». *The Guardian* (11 de agosto de 2021), pp. 1-9.

4. EarthSky Voices. «The 2021 IPCC Report: What you need to know». *EarthSky* (10 de agosto de 2021), pp. 1-11 / EarthSky Voices. "The 2021 IPCC Report: What you need to know." pp. 1-11, *EarthSky*, (August 10, 2021).

5. Colette, Ibid.

6. Vista satélite de NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) del área del Caribe y los huracanes que acechan la región anualmente / NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) satellite view of the Caribbean area and the hurricanes that threaten the region annually.

7. Inspecciones de las iglesias católicas en Puerto Rico en 1919 divulgaron lo siguiente: «...es fácil de entender que el terremoto de este año encontró a la inmensa mayoría de los edificios dedicados al Culto Divino en condiciones desfavorables de resistencia; y con las cicatrices de heridas anteriores no muy bien cerradas. No es de extrañar, pues, que todas ellas hayan vuelto a abrirse, y que se hayan presentado desperfectos nuevos...». J.

A. Canals, Ing. Civil, «El Terremoto Ultimo-Informe Preliminar acerca de los daños causados a las iglesias de la mitad occidental de la isla por el terremoto del 11 de octubre de 1918». *Boletín Eclesiástico de la Diócesis de Puerto Rico*, n.º 15, 1919, Imprenta de Don Ignacio Guasp, Puerto Rico, pp. 180-181 / Inspections of Catholic churches in Puerto Rico in 1919 disclosed the following: "... it is easy to understand that this year's earthquake found the vast majority of buildings dedicated to Divine Worship in unfavorable resistance conditions; and with the scars of previous wounds not very well closed. It is not surprising, therefore, that all of them have reopened, and that new damages have been presented ... " J. A. Canals, Civil Engineer, "The Earthquake last preliminary report on the damage caused to the Churches of the western half of the Island by the earthquake of October 11, 1918", *Ecclesiastical Bulletin of the Diocese of Puerto Rico, Puerto Rico: Imprenta de Don Ignacio Guasp, No. 15, 1919: 180-181*. Translation from Spanish by author.

8. «La gran mayoría de las casas son edificios simples de madera, un tipo absolutamente seguro para las estructuras de regiones sísmicas. La casa de madera cruje, se mece y vibra, pero resiste de manera segura los terremotos más severos». M. L. Vicente, C. F. Joslin. «Effect on Structures of Recent Porto Rico Earthquakes». *Engineering News-Record* 82, n.º 17 (24 de abril de 1919), p. 807. Traducción del inglés por la autora / "The vast majority of houses are simple wooden buildings, an absolutely safe type for structures in seismic regions. The wooden house creaks, rocks and vibrates, but it can safely withstand the most severe earthquakes." M. L. Vicente and C. F. Joslin, "Effect on Structures of Recent Porto Rico Earthquakes", *Engineering News-Record* 82, no. 17 (April 24, 1919): 807.

9. El antiguo Colegio de Señoritas (convertido en sede del Conservatorio de Música de Puerto Rico) y la Iglesia de San José fueron bien construidos debido a su importancia institucional y escala. Restauraciones oportunas después de múltiples desastres naturales han asegurado su preservación /

The old Colegio de Señoritas (converted into the headquarters of the Conservatory of Music of Puerto Rico) and the Church of San José were well built due to their institutional importance and scale. Timely restorations after multiple natural disasters have ensured their preservation.

10. P. Kennicott. «Designing to Survive». *The Washington Post* (13 de julio de 2020). Traducción del inglés por la autora / Kennicott, Phillip, “Designing to Survive,” *The Washington Post*, (July 13, 2020).

11. B. del Cueto de Pantel. «Proyecto de Rehabilitación y Restauración de la Torre y Edificio del Faro de las Cabezas de San Juan, Trabajos de Inspección del Edificio»; Faro de las Cabezas de San Juan - Planos y Documentos de Restauración. Manuscrito sin publicar y documentos de restauración. Archivos del Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico, 1988 / B. del Cueto de Pantel, Beatriz, “Project for the Rehabilitation and Restoration of the Tower and Building of the Faro de las Cabezas de San Juan, Building Inspection”; Lighthouse at the Cabezas de San Juan-Plans and Restoration Documents. Unpublished manuscript and restoration documents. Archives of the Conservation Trust of Puerto Rico, 1988.

12. F. G. Matero, J. Snodgrass. «Stucco and Finishes - Replication Formulations for Stucco and Finishes from Cabezas de San Juan (Lighthouse)». Center for Preservation Research, Columbia University, 1988. Ibid / Matero, Frank G., and Joel Snodgrass. “Stucco and Finishes-Replication Formulations for Stucco and Finishes from Cabezas de San Juan (Lighthouse)”. Center for Preservation Research, Columbia University, 1988. Ibid.

13. A. G. Pantel. «Archaeological Survey of Las Cabezas de San Juan and the Faro de Fajardo». Fundación Arqueológica y Antropológica e Histórica de Puerto Rico, 1989. Ibid / Pantel, Agamemnon G. 1989. “Archaeological Survey of Las Cabezas de San Juan and the Faro de Fajardo”. Archaeological and Anthropological and Historical Foundation of Puerto Rico. Ibid.

BIBLIOGRAFÍA / REFERENCES

CANALS, J. A.: Ing. Civil, “El Terremoto Ultimo-Informe Preliminar acerca de los daños causados a las Iglesias de la mitad occidental de la Isla por el terremoto del 11 de octubre de 1918”, *Boletín Eclesiástico de la Diócesis de Puerto Rico*, Puerto Rico: Imprenta de Don Ignacio Guasp, Núm. 15, 1919: 180-181.

COLETTE, A., et. al.: Estudios de caso: Cambio climático y Patrimonio Mundial. p. 64-65, Centro de Patrimonio Mundial de la UNESCO. Paris, 2009.

DEL CUETO DE PANTEL, B.: “Proyecto de Rehabilitación y Restauración de la Torre y Edificio del Faro de las Cabezas de San Juan, Trabajos de Inspección del Edificio”; Faro de las Cabezas de San Juan-Planos y Documentos de Restauración. Manuscrito sin publicar y documentos de restauración. Archivos del Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico, 1988.

EARTHSKY VOICES. “*The 2021 IPCC Report: What you need to know.*” pp.1-11, EarthSky, (August 10, 2021).

JERICOHO, G.: “The IPCC report is a massive alert that the time for climate action is nearly gone, but crucially, not gone yet.”, pp. 1-9, *The Guardian*, (August 11, 2021).

KENNICOTT, P.: “Designing to Survive”, *The Washington Post*, (13 July, 2020).

MATERO, F. G.; SNODGRASS, J.; “Stucco and Finishes-Replication Formulations for Stucco and Finishes from Cabezas de San Juan (Lighthouse)”. Center for Preservation Research, Columbia University, 1988.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, United States Government, 2017.

PANTEL, A. G.: “Archaeological Survey of Las Cabezas de San Juan and the Faro de Fajardo”. Fundación Arqueológica y Antropológica e Histórica de Puerto Rico. 1989.

SESANA, E. et. al.: “Mitigating Climate Change in the Cultural Built Heritage Sector.” *Climate*, Vol.7 (2019), pp.19-23. Doi: 10.3390/cli7070090.

VICENTE, M. L.; JOSLIN C. F.: “Effect on Structures of Recent Porto Rico Earthquakes”, *Engineering News-Record* 82, no. 17 (April 24, 1919): 807.