

*Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”  
Facultad de Ciencias Técnicas*



**PROPUESTA DE LINEAMIENTOS CONSTRUCTIVOS PARA  
PERFECCIONAR LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS APLICADOS EN  
COMUNIDADES COSTERAS. CASO DE ESTUDIO: “28 DE  
OCTUBRE”.**

**Trabajo de Diploma en Ingeniería Civil**

**Autor: Yasiel Sanabria Acosta**

**Tutor(es): DrC. Juan Alfredo Cabrera Hernández**

**Ing. Homero Morciego Esquivel**

*Matanzas, 2018*

**“La gran victoria que hoy parece fácil fue el resultado de pequeñas victorias que pasaron desapercibidas.”**

**Paulo Coelho**

## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Por medio de la presente declare que soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas a darle el uso que estime más conveniente.

## Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Miembros del Tribunal:

---

Presidente

---

Secretario

---

Vocal

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mi mamá y mi hermano Tonito que me han posibilitado todos los medios para convertirme en ingeniero. A mi papá, que aunque ya no está físicamente junto a mí, siempre me impulsó a convertirme en el hombre e ingeniero que soy hoy.

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer de manera especial a mis padres por todo el apoyo brindado a lo largo de mi carrera como estudiante, pues siempre me apoyaron y fueron partícipes de mis triunfos y derrotas.

A mi hermano Tonito, aunque lamentablemente no pudo estar a mi lado por estar en otros países, siempre estuvo al tanto de mí y me apoyo en todo lo que pudo.

A Rodolfo Pérez La Rosa, por ser un segundo padre para mí.

Al resto de mis hermanos y familia.

A mis tutores Alfredo Cabrera y Homero Morciego por su tiempo y dedicación.

A todos mis amigos que no podían faltar, que estando tanto lejos como cerca, siempre se han preocupado y han tratado de ayudarme en todo.

Agradezco a todos los profesores que ayudaron a mi formación integral como profesional durante el transcurso de la carrera.

## RESUMEN

La durabilidad y habitabilidad son rasgos que siempre se ha buscado perfeccionar en construcciones emplazadas en las zonas costeras. Para lograr este objetivo, es necesario aplicar la Ingeniería Civil de un modo eficiente y teniendo en cuenta todos los factores que actúan sobre las edificaciones en las comunidades costeras a corto, mediano y largo plazo. Para dar soluciones a este problema se trazó una línea de trabajo, dando continuidad a trabajos y tesis anteriores, para elaborar un conjunto de lineamientos constructivos que facilite la implementación de medidas para obtener edificaciones más durables y habitables. Para obtener los resultados propuestos al inicio de la investigación se partió de una caracterización de las zonas y asentamientos costeros, y las edificaciones multifamiliares ahí presentes; pasando por un diagnóstico y evaluación de dichas edificaciones donde se detectan los deterioros y errores cometidos en la concepción y ejecución de la obra; para luego a partir de los factores naturales y la evaluación de los criterios constructivos empleados elaborar un conjunto de lineamientos que se divide en dos criterios: habitabilidad y criterios estructurales. Además, se tiene en cuenta el empleo de materiales novedosos y de altas prestaciones para mejorar la funcionabilidad estructural de las edificaciones.

**Palabras claves:** zonas costeras; comunidades costeras; lineamientos constructivos; durabilidad; habitabilidad; factores naturales

## **ABSTRACT**

Durability and habitability are features that have always sought to improve in buildings located in coastal areas. To achieve this goal, it is necessary to apply Civil Engineering in an efficient way and taking into account all the factors that act on buildings in coastal communities in the short, medium and long term. To give solutions to this problem, a line of work was drawn up, giving continuity to previous works and theses, to elaborate a set of constructive guidelines that facilitate the implementation of measures to obtain more durable and livable buildings. In order to obtain the results proposed at the beginning of the research, a characterization of the coastal zones and settlements, and the multifamily buildings present there, were started; going through a diagnosis and evaluation of said buildings where the deteriorations and errors committed in the conception and execution of the work are detected; Then, from the natural factors and the evaluation of the constructive criteria used, to elaborate a set of guidelines that is divided into two criteria: habitability and structural criteria. In addition, the use of innovative and high-performance materials is taken into account to improve the structural functionality of the buildings

**Keywords:** coastal areas; coastal communities; constructive guidelines; durability; habitability; natural factors

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción .....	1
Capítulo 1: Asentamientos y edificaciones en zonas costeras. Estado del arte.....	6
1.1 Las zonas costeras y los asentamientos costeros .....	6
1.2 Cambio climático y Proyecto Vida .....	10
1.3 Medio ambiente y su efecto sobre edificaciones costeras.....	15
1.4 Edificaciones costeras en Cuba y Matanzas .....	19
1.5 Conclusiones parciales .....	22
Capítulo II: Alcance espacial y fundamentos metodológicos de la investigación.....	23
2.1. La comunidad costera “28 de Octubre”, como objeto y caso de estudio de la investigación .....	23
2.2 Secuencia metodológica de la investigación.....	26
2.3 Métodos utilizados en la investigación.....	33
2.4 Conclusiones parciales.....	38
Capítulo III: Resultados de la investigación.....	39
3.1 Caracterización general del caso de estudio.....	39
3.1.1 Caracterización general de los factores naturales que intervienen en la construcción.....	39
3.1.2 Caracterización de la edificación y su tipología constructiva.....	44
3.2 Análisis de criterios constructivos empleados en obra, caso de estudio.....	47
3.3 Lineamientos constructivos para perfeccionar el rendimiento de estructuras en zonas costeras.....	54
3.3.1 Lineamientos constructivos sobre habitabilidad.....	54
3.3.2 Lineamientos constructivos a emplear en las edificaciones multifamiliares.....	58
3.4 Conclusiones parciales.....	66
Conclusiones.....	67
Recomendaciones.....	68
Referencias Bibliográficas.....	69

## INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos el uso y gestión de los sistemas costeros es una preocupación a nivel mundial, lo que incluye a todos los sectores de la sociedad, y ello ha provocado que gradualmente se ha abierto un nuevo campo profesional y de experimentación, en el cual la Ingeniería Civil tiene un papel primordial a la hora de desarrollar nuevas tipologías y mejores sistemas constructivos, frente a los emergentes problemas relacionados con factores ambientales y del cambio climático.

Las costas se distinguen como áreas donde compiten por espacio, condiciones y recursos naturales, evidentemente limitados, una gran diversidad de actividades socioeconómicas. Ellas ofrecen oportunidades especiales para el desarrollo urbano, portuario e industrial, pero también en ellas se concentran la mayor parte de las actividades turístico-recreativas, de pesquerías y acuicultura, y agrícolas- silvícolas. Cerca de dos tercios de la población mundial, viven en las costas, y se estima que en las próximas tres décadas esta cifra aumentará (Costeras, 2006).

Cuba es un país eminentemente costero y costero-marino, y ello trae por consecuencia que el proceso de conservación y mantenimiento de las edificaciones se convierte en un tema relevante, pues frente a los problemas que suelen presentarse es imprescindible una actividad de ingeniería civil y constructiva que sea eficiente en estos ambientes costeros, que son por lo general, especialmente vulnerables dadas las condiciones ambientales extremas.

De esta forma, las viviendas y toda la infraestructura construida en los asentamientos costeros ubicados en las franjas costeras y adyacentes al mar suelen presentar un deterioro progresivo, y esto es debido al medio tan agresivo al que están expuestas por lo que se hace necesario sistematizar los diagnósticos enfocados a esta problemática y sobre esas bases plantear las mejores soluciones para lograr su durabilidad y habitabilidad.

Esta situación problemática antes descrita, se presenta de manera muy acentuada en la comunidad costera “28 de Octubre”, localizada en el municipio de Martí (provincia

Matanzas), un asentamiento humano en plena zona costera, que se construyó en la década de los 70 del pasado siglo, como complemento al programa de desarrollo de la empresa salinera de Matanzas, conocida como “Salinas Bidos”, y que presenta un apreciable grado de deterioro de sus edificaciones, sometidas a un medio ambiente agresivo particular.

Esta situación dio lugar a un primer análisis de carácter diagnóstico desarrollado en la tesis de diploma en opción al Título de Ingeniería Civil, de Mayara Gutiérrez Lago, en el año 2015 (Lago, 2015), en la que se demostró la falta casi absoluta de acciones de mantenimiento constructivo. Posteriormente, en el año 2016, se desarrolló la tesis de diploma en opción al Título de Ingeniería Civil, de Erick Almeida Guerra, en la que se planteaban un conjunto de medidas de mantenimiento general para enfrentar la grave situación del estado constructivo de las viviendas de este asentamiento.

Sobre estas bases, en la presente investigación se define como situación problemática la necesidad de conformar un conjunto de lineamientos generales para perfeccionar los sistemas constructivos que han sido utilizados en asentamientos costeros, y particularmente en los edificios multifamiliares de la comunidad “28 de Octubre”, que constituye un caso de estudio muy representativo e interesante.

Se plantea pues el siguiente **Problema Científico:**

¿Es posible desarrollar un conjunto de lineamientos generales para perfeccionar los sistemas constructivos que han sido utilizados en asentamientos costeros, y particularmente en edificios multifamiliares de la comunidad “28 de Octubre”, en función de revertir su deterioro estructural y funcional, y contrarrestar los efectos de la degradación por la acción de los factores ambientales?

### **Hipótesis**

Si se conforma una propuesta para perfeccionar los sistemas constructivos, a partir de un conjunto de lineamientos enfocados en las edificaciones multifamiliares de los asentamientos costeros, sobre las bases de estudio y diagnóstico de las afectaciones por los procesos relacionados con factores ambientales, y tomando como caso de estudio la comunidad “28 de Octubre”, se estará facilitando la implementación de un sistema

constructivo más eficiente en función de revertir su deterioro estructural y funcional, y contrarrestar estos procesos, a corto, mediano y largo plazo.

### **Objetivo General**

Proponer un conjunto de lineamientos generales para perfeccionar los sistemas constructivos en asentamientos costeros, y particularmente en edificios multifamiliares de la comunidad “28 de Octubre”, que facilite la implementación de acciones concretas para su mejoramiento estructural y funcional.

### **Objetivos específicos**

- Analizar el marco conceptual y estado del arte en relación con la problemática actual de los asentamientos costeros y el estado de sus edificaciones.
- Evaluar la situación actual de los sistemas constructivos en asentamientos costeros, y particularmente en edificios multifamiliares de la comunidad “28 de Octubre”.
- Proponer un conjunto de lineamientos técnicos enfocados a perfeccionar los sistemas constructivos en edificaciones de las comunidades costeras, y particularmente en edificios multifamiliares de la comunidad “28 de Octubre”.

Para el desarrollo de esta investigación se seleccionaron y utilizaron de forma combinada diversos métodos teóricos y métodos empíricos.

Entre los métodos teóricos del conocimiento se destacan los siguientes:

Histórico - Lógico: que permite recorrer los antecedentes hasta llegar a la situación actual del objeto de estudio. El método de análisis histórico estudia la trayectoria real de los fenómenos y acontecimientos en el decursar de su historia, y el método lógico investiga las leyes generales de funcionamiento y desarrollo de los fenómenos.

Análisis - Síntesis: para el procesamiento de las fuentes de información a fin de determinar los diferentes enfoques y criterios relacionados con el problema de la investigación.

Inducción - Deducción: aplicado para inducir, deducir y generalizar los aspectos más relevantes obtenidos a partir de la documentación científico-técnica y de proyectos para definir modelos e implementar investigaciones ingenieras aplicadas. Con el auxilio de este método se definió la hipótesis.

En cuanto a los métodos empíricos cabe resaltar:

Recopilación y Revisión de documentos, estudios e investigaciones previas que nos aportaron una gran cantidad de datos e información de partida

Interpretación de mapas e imágenes satelitales que permitieron la precisión del alcance espacial de la investigación, y aportaron una amplia información de zona costera de trabajo, y su vínculo con el asentamiento y las edificaciones objeto de la investigación.

Observación directa y Levantamiento de campo, que contribuyó en gran medida a constatar las lesiones existentes que componen estos edificios, y la actualización del diagnóstico integral del asentamiento y las edificaciones objeto de la investigación.

Entrevistas a especialistas y las personas de la comunidad, a partir de la conformación de un grupo focal de actores claves para el desarrollo de la investigación.

La tesis quedó estructurada en introducción, 3 capítulos, conclusiones y recomendaciones. En la Introducción se fundamenta el problema y diseño científico y se presenta de forma resumida el protocolo de la investigación.

El Capítulo I sintetiza el estado del arte del tema, y presenta una fundamentación teórica, a partir de una amplia gama de conceptos significativos en cuanto a la problemática actual de las edificaciones, y en particular se abordan cuestiones de importancia del medio ambiente costero y su influencia sobre las edificaciones multifamiliares y los asentamientos, vistos integralmente.

En el Capítulo 2 se presentan los fundamentos metodológicos de la investigación, y en el mismo se parte de una breve caracterización de la zona, del asentamiento y de las edificaciones como objeto y alcance espacial de la investigación, y seguidamente se explica el hilo conductor de la investigación y los métodos empleados, en lo cual fue de

gran utilidad el trabajo previo realizado por el estudiante Erick Almeida Guerra en su tesis de diplomado en Ingeniería Civil 2016.

Finalmente, en el Capítulo 3 se presentan los resultados de la investigación, visto a través de tres etapas fundamentales donde se caracteriza los factores naturales y edificaciones del caso de estudio, se hace una evaluación de la correcta o no selección de criterios constructivos, y un último momento donde se dan lineamientos constructivos a emplear en edificaciones en ambientes costeros, determinando una estrategia a seguir para construcciones en este tipo de ambiente.

Como pertinencia y novedad de la investigación, esta se enmarca en las prioridades establecidas en los documentos rectores del país, particularmente en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021, y el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030, y cabe destacar que responde directamente a una solicitud expresa de la Unidad de Medio Ambiente, de la Delegación Territorial de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en Matanzas.

Se pueden sintetizar los siguientes aportes de la investigación:

**Aporte práctico:** Se obtiene un estudio de las características, condiciones actuales y propuestas de mejoramientos de las edificaciones en zonas costeras, y particularmente en la comunidad “28 de Octubre”, lo que enriquece y tributa con vistas a una posible nueva norma sobre construcciones en condiciones costeras.

**Aporte económico:** Esta investigación contribuye a la estimación de métodos a emplear más viables en función de mejorar los programas de mantenimiento y construcción sostenibles en zonas costeras.

**Aporte social:** Se manifiesta el impacto positivo de esta investigación con respecto a la durabilidad y funcionalidad de estas edificaciones y una mayor aceptación y comodidad de las personas que en ellas residen, dando con ello una mejora en la calidad de vida y ambiental.

## CAPÍTULO 1

En este capítulo se presenta una síntesis de los diferentes conceptos y el estado del arte en relación con las zonas costeras y las construcciones en los asentamientos humanos costeros, y se destaca el rol de la ingeniería civil en los asuntos del medio ambiente costero y su influencia sobre las edificaciones multifamiliares y los asentamientos, vistos integralmente.

### **1.1 Las zonas costeras y los asentamientos costeros**

Las zonas costeras son ambientes físicos que se caracterizan por su dinámica, complejidad y la interacción de procesos naturales y socioeconómicos. Estos espacios tienen una gran significación social-económica para la actividad humana, ya que más de un tercio de la población mundial vive en zonas costeras. Estas son fuentes de hábitat, alimentación y explotación turística, así como un conjunto de actividades vinculadas a la actividad humana y al mar. Entre ellas se encuentran la pesca, el transporte, la industria, la actividad petrolera, el comercio y la acuicultura.

La zona costera, o área litoral, tiene muchas definiciones dependiendo del autor que la proponga o de la disciplina desde la cual se formuló. El concepto de zona costera surge en el momento en que se comprendió que el medio marino y el terrestre adyacente constituían un sistema cuyos elementos interactúan entre sí. Desde el punto de vista económico-productivo: Es un espacio escaso y socialmente muy deseado. Pocos ámbitos geográficos y recursos registran intensidades de uso tan complejo y elevado, y con una tendencia claramente creciente. Varias razones justifican tal fenómeno: importantes recursos naturales, clima benigno debido a menores amplitudes térmicas, fertilidad en los suelos, llanuras cuaternarias que hacen posibles los aprovechamientos agrícolas, paisajes con un gran atractivo, etc. De esta manera se produce una inusual convergencia de usos y actividades que explica la gran concentración de asentamientos humanos, equipamientos e infraestructuras (Barragán, 2005).

La zona costera es la franja de contacto entre los ecosistemas marinos y terrestres existiendo una marcada interacción entre estos medios, considerando por lo tanto una porción del territorio “seca” y otra “mojada”, las cuales entran en contacto a través de lo que se conoce como litoral. En esta zona las actividades humanas y procesos naturales interactúan profundamente, y actúan un conjunto de factores ambientales muy singulares que pueden afectar notablemente las construcciones, los atractivos turísticos, las industrias y todas las actividades económicas y sociales (Turnbull, 2013). O también que, las zonas costeras son la franja marítimo terrestre de ancho variable, donde se produce la interacción de la tierra, el mar y la atmósfera, mediante procesos naturales. En la misma se desarrollan formas exclusivas de ecosistemas frágiles y se manifiestan relaciones particulares económicas, sociales y culturales" y determina sus límites en función de las siguientes características: costa baja de manglar, costa acantilada, de playa, terraza baja, en la desembocadura de los ríos o en zonas urbanizadas (Bugallo, 2018).

El Decreto Ley 212, de Gestión de las zonas costeras cubanas, regula en su artículo 2, la definición de zona costera como la franja marítimo-terrestre de ancho variable, donde se produce la interacción de la tierra, el mar y la atmósfera, mediante procesos naturales (Consejo de Estado, 2000).

En Cuba los instrumentos operativos de planificación y manejo integrado costero están estrechamente relacionados con la legislación ambiental vigente. Sin dudas el Decreto Ley 212 se ha convertido en la directriz principal para las actuaciones costeras y para ello se relaciona con otros componentes del sistema de legislación ambiental y del ordenamiento territorial, que incluyen la Ley de Minas, (1994), el Decreto Ley 164, Reglamento de Pesca (1996), la Ley 81 del Medio Ambiente (1997), en particular en lo relativo a las Evaluaciones de Impacto Ambiental, la Ley Forestal, (1998), el Decreto Ley 200, de las Contravenciones en Materia de Medio Ambiente (1999) y el Decreto Ley 201, de Áreas Protegidas (1999), todos los cuales contribuyen con el avance de la gestión de las zonas costeras y sus usos (Baró, 2016).

Desde un sentido geomorfológico se entiende por zona costera donde aparece una amplia banda que en tierra comienza las llanuras costeras (cuando la topografía es suave) o en las terrazas costeras y que culmina en el inicio del talud continental, es decir, incluyendo en su integridad la plataforma continental (Clark, 1977).

Por lo tanto, el autor considera que zona costera no es más que el conjunto de varios elementos: atmósfera, océano, agua y tierra, que actúan conjuntamente en una sola área. Este es un recurso natural único por todo lo que aporta al hombre y a la naturaleza. Es mucho más que una línea fronteriza en la tierra o el mar. Sin embargo, ya sea por la acción del cambio climático o la explotación irracional por parte del hombre estos ecosistemas se han ido deteriorando en sentido ambiental, económico y social. Es necesario tener definido el término y alcance del mismo para lograr un mayor aprovechamiento y uso adecuado de las mismas. En el documento Medio ambiente y desarrollo de las áreas litorales (Barragán, 2005) se destaca que la costa es un "espacio geográfico concreto aunque de límites ciertamente laxos", lo cual dificulta su comprensión territorial y se convierte en el primer paso a tener en cuenta en un proceso de manejo costero.

Unido a esto se encuentra influyendo de manera directa la acción del hombre mediante amplias y fuertes transformaciones hechas a través de los asentamientos emplazados en esta zona. En esta situación se encuentra el litoral cubano, donde implementar nuevas regulaciones resulta extremadamente difícil.

Se define como asentamiento costero aquellos ubicados en la franja contigua de la línea de costa hasta 1000 m de distancia de ésta y cuya gran parte de su superficie está hasta 1m de altura sobre el nivel del mar, lo que provoca una intensa interacción entre la tierra y el mar (Cabrera, 2009).

En el Decreto Ley de Costas se define como asentamientos humanos costeros: "Sitios poblados ubicados en la franja contigua a la línea de costa, donde se ejerce la máxima interacción entre la tierra y el mar, y donde los efectos directos producidos por éste

repercuten en la vegetación, las prácticas económicas y la calidad de las aguas subterráneas, y tiene como objetivo regular el conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos dirigidos a la administración y uso sostenible de la zona costera y su zona de protección, mediante su conservación, gestión sostenible y monitoreo; a fin de proteger estas áreas y, en particular, a los asentamientos humanos y los procesos de desarrollo económico y social” (Consejo de Estado, 2016).

Estas son comunidades muy propensas al embate de grandes eventos meteorológicos severos debido a su cercanía al mar. También son comunidades que ven afectadas sus principales actividades económicas sino hay una correcta protección, todo esto debido a la influencia salina proveniente del mar que influye directamente sobre la vegetación, cultivos, calidad del agua subterránea y las edificaciones.

Estas comunidades presentan un mayor deterioro en cuanto a la durabilidad de sus estructuras, debido a la acción directa del mar, en comparación a edificaciones construidas a más de 10 km delante de la costa. Teniendo en cuenta que las construcciones predominantes en los últimos tiempos en Cuba y el Mundo son las de concretos de hormigón, el problema más importante a nivel mundial en este tema es el deterioro por cargas ambientales. En las zonas costeras los principales agentes agresores son los cloruros, sulfatos y humedad, los cuales penetran a través de la red de poros del concreto y empiezan el proceso de destrucción del mismo.

Muchos países, en su mayoría del tercer mundo, descuidan el proceso de mantenimiento y conservación de las edificaciones presentes en este medio ambiente debido a problemas económicos o a una mala planificación de las inversiones, lo que provoca y termina en una destrucción parcial o total de las estructuras, y afectación del inmueble y sus habitantes. Esto provoca desde pérdidas de hogares y desplazamientos de comunidades, hasta derrumbes y pérdidas de vidas humanas en el acto.

Es una realidad que a nivel mundial se buscan soluciones sostenibles y económicas, así como un consenso sobre normas o especificaciones técnicas sobre procedimientos en

dependencia de las condiciones del país. Todo esto teniendo en cuenta el medio ambiente, la constante evolución del cambio climático y los programas que se vienen empleando en otras partes del mundo. Algunos países de primer nivel mundial se han interesado por hacer un mayor énfasis en este tema, como son el caso de Estados Unidos, Brasil y España para lograr un mayor aprovechamiento y durabilidad de estas construcciones. Se destacan escritores en esta línea como son el caso de Paulo Helene y Juan Monjo Carrió, que ya cuentan con un gran repertorio de libros y artículos en su haber. A continuación se hará un mayor énfasis de estos temas en el próximo epígrafe.

## **1.2 Cambio climático y “TAREA VIDA”**

En las zonas costeras es precisamente donde mayor repercusión tiene el fenómeno actual conocido como Cambio Climático, que se define como una modificación en el estado del clima, en crecimiento o decrecimiento de sus valores promedios, durante un tiempo prolongado, típicamente décadas o más, y que es mayormente atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial, asociado también a procesos naturales (Herrán, 2012).

Otro concepto es entendido por la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros meteorológicos: temperatura, presión atmosférica, precipitaciones, nubosidad, etc. Generalmente asociados a los cambios climáticos existen riesgos naturales los cuales provocan efectos directos e indirectos sobre el patrimonio (Liset León Consuegra, 2015).

El autor concluye que el cambio climático es la variación del clima a través de sus componentes, como son: la temperatura, el nivel del mar, aumentos de fenómenos naturales (sismos o tsunamis), los vientos o las lluvias torrenciales. Todo esto a través de un tiempo determinado, que generalmente se mide a partir de décadas o más. Y que trae consigo efectos negativos hacia el medio ambiente y el hombre en general, provocando un deterioro del entorno, actividades y vidas en el planeta.

En el mundo la parte más afectada son la población más pobre, que constituye la gran mayoría. “Los riesgos relacionados con el clima afectan directamente a las poblaciones más desfavorecidas, muchas de las cuales sufren la destrucción total de sus hogares, que suelen ser relativamente vulnerables. Hay evidencia demostrada de que los fenómenos meteorológicos extremos causan daños materiales en los núcleos urbanos más pobres, a menudo construidos en llanuras y laderas vulnerables a las inundaciones, a la erosión y a los deslizamientos de tierras. A diferencia de los residentes más pobres, las viviendas más prósperas en zonas de alto riesgo pueden recibir ayuda gracias a los seguros o ejerciendo presión para exigir políticas de protección” (Chalmers, 2014).

Las repercusiones del cambio climático se extienden a diversos y variados ámbitos productivos y económicos. Inundaciones de los centros urbanos y áreas agrícolas, inundaciones de tierras y fuentes de agua dulce afectando así al sector de la agricultura por los cambios en la disponibilidad de este recurso, trae problemas a la piscicultura y acuicultura debido a los cambios regionales en la distribución y producción de las especies de peces producto del calentamiento continuado, al turismo ya que la elevación del nivel del mar y el aumento de las temperaturas amenazan los destinos costeros e insulares, los desastres naturales dañarán la infraestructura, el patrimonio natural y cultural de las comunidades en los centros turísticos. Por otra parte tenemos la degradación de tierras de cultivo debido al aumento de las precipitaciones y de la erosión del suelo, sequía agrícola provocada por el desvío de agua para fines industriales y consecuencia de la degradación persistente de los suelos, con la consiguiente reducción de la capacidad de retención de agua y de los índices de retención (Herrán, 2012).

Los resultados científico-tecnológicos corroboran que es en la zona marino-costera donde se manifiestan los principales efectos del cambio climático en el archipiélago cubano; relacionados con la elevación paulatina del nivel medio del mar y la consecuente pérdida de tierra firme, el avance de la intrusión salina marina en las cuencas subterráneas costeras comprometiendo la calidad y disponibilidad de agua, el peligro por inundaciones costeras producidas por huracanes, frentes fríos y otros eventos

hidrometeorológicos extremos con afectaciones al patrimonio natural y construido; así como el deterioro de los elementos naturales de protección costera, debido al cambio climático y los efectos negativos de las actividades humanas, en particular de la contaminación (Consejo de Estado, 2016).

Los edificios están expuestos a numerosos efectos del cambio climático, entre ellos, mayor frecuencia de vientos fuertes, aumento del calor, especialmente en las ciudades (efecto isla del calor urbano), así como inundaciones e incendios forestales asociados a ciertos fenómenos climáticos extremos. Los daños en los edificios han aumentado mucho en las últimas décadas (Chalmers, 2014).

En nuestro país a aumentado la intensidad y frecuencia de los distintos fenómenos naturales debido a la incidencia del cambio climático. Esto afecta grandemente a las zonas costeras debido a que es el primer punto de contacto y uno de los más frágiles. Estos asentamientos costeros son los más vulnerables, esto es debido a los huracanes y sus inundaciones costeras debidos a las fuertes tormentas y el alto nivel de oleaje. Claro ejemplo es el ciclón Irma y sus estragos en las costas cubanas, como por ejemplo, el caso de Varadero. Estos fenómenos suelen ocasionar grandes estragos sociales – económicos debido a que la mayor parte de estas comunidades no son autosustentables en bienes y servicios básicos y suelen quedar incomunicadas. También trae una gran afectación a la infraestructura de las edificaciones pues provoca la destrucción parcial o total de muchos inmuebles. También las industrias y servicios que se establecen en dichas zonas ven su capacidad operaria reducida o suspendida.

La frecuencia y grado de afectación de las edificaciones debido al cambio climático viene dado por la región en su gran mayoría. No obstante, en las últimas décadas han sufrido grandes daños sin importar la región, todo esto viene determinado por el clima extremo a nivel mundial, entiendase por clima extremo los incendios forestales, las tormentas o las inundaciones provocadas por las altas precipitaciones. Sino se invierte en la capacidad de adaptar o prevenir todas estas afectaciones, y mejorar su capacidad de adaptación todas estas vulnerabilidades continuarán existiendo y afectando su funcionalidad.

“Muchos edificios son vulnerables a los cambios progresivos del clima y a los fenómenos extremos. Aumento de las precipitaciones, deshielo del permafrost, incendios forestales más frecuentes, tormentas e inundaciones severas son algunos de los efectos más importantes. Si no se invierte en mejorar la resistencia o capacidad de adaptación, la vulnerabilidad seguirá aumentando. La ubicación de los activos construidos es clave para la vulnerabilidad.

El sector de la construcción también está expuesto a sufrir los efectos directos del cambio climático. Las precipitaciones extremas podrían aumentar los retrasos en la construcción y por lo tanto los costos. El cambio climático también pone en riesgo la duración de las temporadas de construcción. Los patrones cambiantes de los fenómenos meteorológicos extremos implican más trabajos de reconstrucción y de reparación.

El aumento de la incidencia y la severidad de las olas de calor repercuten en el diseño de los edificios, lo que puede indicar una necesidad de alejarse de los diseños arquitectónicos actuales y adoptar distintas estrategias para las nuevas construcciones” (Chalmers, 2014).

Se prevé que esto tenga un gran impacto en las construcciones y en la Ingeniería Civil, aunque su alcance exacto es incierto y va a estar determinada por un conjunto de variables.

El clima de Cuba es hoy más variable y cálido. La temperatura promedio anual aumentó 0.6 grados Celsius desde mediados del pasado siglo. El nivel del mar ha subido hasta 8.56 centímetros en los últimos 40 años, en ciertos lugares del occidente del país, y la elevación pronosticada para el año 2050 reducirá considerablemente la superficie de los cayos interiores de los golfos de Batabanó, Ana María y Guacanayabo con tendencia a su desaparición total. Un panorama similar pudiera ocurrir con el 60-80% de la Ciénaga de Zapata y con muchos de los cayos que conforman el archipiélago cubano, un incremento del nivel del mar a 1m afectaría a 3 200ha de cultivos, así como a 374 096ha de pastos y

forestales, principalmente de la formación de manglar, con la consecuente afectación en las costas, esto podría dañar 3,5 % del área total del país. Por su parte la actividad ciclónica ha sido muy variable. La frecuencia de los períodos con sequía ha presentado un aumento desde 1960, con particular incidencia en la región oriental del país. El 71% de las crestas de arrecifes de coral tienen un alto nivel de deterioro. El 84% de las playas están afectadas por la erosión que generan la acción del hombre y el oleaje intenso de los ciclones tropicales y los frentes fríos, entre otras causas, y se estima un retroceso de la línea de costa de 1.2 m (Rosario, 2013).

A partir de esta situación se incluye dentro la Tarea Vida del Plan de Estado, la reconstrucción y adaptación de la infraestructura a zonas costeras. La Tarea Vida es el Plan Estado para el enfrentamiento al cambio climático, aprobado por el Consejo de Ministro el 25 de abril de 2017, inspirado en el líder histórico de la Revolución cubana, cuando en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, el 12 de julio de 1992 expresó: “... Una importante especie biológica esta en riesgo de desaparecer por la rápida y progresiva liquidación de sus condiciones naturales de vida: el hombre...”. El Plan de Estado esta conformado por 5 acciones estratégicas y 11 tareas. Constituye una propuesta integral, en la que se presenta una primera identificación de zonas y lugares priorizados, sus afectaciones y las acciones a acometer, la que puede ser enriquecida durante su desarrollo e implementación (Cabrera, 2017).

Cabe destacar en nuestro tema la acción estratégica 2, que establece: “Desarrollar concepciones constructivas en la infraestructura, adaptadas a las inundaciones costeras para las zonas bajas”. También la acción estratégica 5: “Planificar en los plazos determinados los procesos de reordenamiento urbano de los asentamientos e infraestructuras amenazadas, en correspondencia con las condiciones económicas del país. Comenzar por medidas de menor costo, como soluciones naturales inducidas (recuperación de playas, reforestación)”. Esto destaca el interés por recuperar y mejorar las zonas costeras y sus construcciones por parte de la dirección del país. Y desarrollar variantes constructivas dentro de la infraestructura costera con el fin de lograr un mayor

aprovechamiento y explotación de los asentamientos costeros, para realizar un reordenamiento urbano con el objetivo de recuperar nuestras playas.

### **1.3 Medio ambiente costero y su efecto sobre edificaciones.**

“El sector de la edificación y construcción posee una participación importante, -en los impactos ambientales- y una específica característica, el gran número de agentes que se ocupan del proceso desde la fase de desarrollo hasta la fase de desconstrucción o demolición, pasando por fases de operación de cada componente del ambiente construido. Esta característica particular torna muy lento y difícil cualquier cambio en este sector tan relevante para la sociedad” (Peruzzo, 2008).

La NC 654: 2008 Infraestructura Social Urbana, reconoce el concepto de medio ambiente, aportado por la Ley 81 de Medio Ambiente de Cuba, que lo define como el sistema de elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos con que interactúa el hombre, a la vez que se adapta al mismo, lo transforma y lo utiliza para satisfacer sus necesidades, y considera también las condiciones físicas naturales, creadas por el hombre que pueden influir en el desempeño y uso de una edificación, trabajos de ingeniería civil o una de sus partes.

Solo los edificios consumen entre 20 y el 59% de los recursos físicos de su entorno, teniendo especial responsabilidad en el actual deterioro del medio ambiente la ampliación del parque construido. La actividad constructiva es la mayor consumidora, junto con la industria asociada, de recursos naturales como pueden ser madera, minerales, agua y energía. Se extrae 40% de arena, grava y piedra; 25% de madera, 16% de agua. Se estima que en Europa 25% de los residuos son de construcción y demolición” (Peruzzo, 2008).

Una importante característica del sector de la construcción es la serie de agentes que intervienen en este proceso, debido a la cantidad de recursos naturales que emplea para su desarrollo y la influencia del mismo sobre el medio ambiente. Por eso se debe exigir el desarrollo de edificios más sostenibles y adaptables para lograr una mayor reducción de

vulnerabilidades e impacto ambiental sobre su entorno, y de este sobre las construcciones.

Frente al reto del cambio climático, y en su caso más crítico que son las zonas costeras, debido a que es la zona de primer y mayor impacto se hace necesario establecer una normativa que riga la metodología del proceso constructivo, para lograr un correcto uso y aprovechamiento de las construcciones, y que logren cumplir su período de diseño. Actualmente en nuestro país no existe una norma que riga este proceso, por lo cual se puede establecer que no hay un máximo aprovechamiento del proceso constructivo.

La variación del medio ambiente, a través del cambio climático afecta a nivel socio-económico-cultural, y también la manera de relacionarse las personas con el entorno que los rodea. Esto dado que afecta su residencia, sus trabajos, su patrimonio cultural y su vida social. Unido a los cambios socioeconómicos puede tener una mayor influencia que el cambio climático por sí solo.

A continuación el autor realiza un análisis del documento “Conservación del patrimonio costero en CUBA. Caso de estudio EL MORRILLO”, donde se aplican criterios afines a la presente investigación y son adaptadas por el autor a nuestra situación específica.

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial los peligros naturales son fenómenos meteorológicos y climáticos extremos que se producen por causas naturales en cualquier lugar del mundo, aunque existen regiones más vulnerables que otras. Estos fenómenos constituyen desastres naturales cuando ocasionan la destrucción de vidas y de medios de subsistencia entre la población. Las pérdidas humanas y materiales causadas por los desastres naturales son un gran obstáculo al desarrollo sostenible.

### Efectos

Fuertes vientos: El viento de fuerza de huracán puede dañar o destruir vehículos, edificios, puentes, etc. También puede convertir desperdicios en proyectiles voladores, haciendo el exterior mucho más peligroso. Destrucción de los sistemas de transporte,

incluidas las carreteras, vías férreas y sistemas de transporte aéreo, impidiendo también las acciones de rescate y auxilio.

Marejada ciclónica: Los ciclones tropicales causan un aumento en el nivel del mar, que puede inundar comunidades costeras, éste es el peor efecto, ya que históricamente los ciclones se cobran un 80% de sus víctimas cuando golpean en las costas por primera vez.

Lluvias torrenciales: Los ríos y corrientes se desbordan, no se puede circular en carretera y pueden ocurrir deslizamientos de tierra. Las áreas en tierra pueden ser particularmente vulnerables a inundaciones de agua dulce, si los residentes no se preparan adecuadamente. El agua y la humedad pueden provocar graves daños a los objetos y contenidos de las estructuras (muebles, archivos, bibliotecas, colecciones). Entre los daños están la separación de los objetos de su entorno original, la corrosión de partes metálicas, la destrucción del acabado de las superficies y la pintura, la acumulación en los materiales de impurezas arrastradas por el agua, combaduras y dobleces en los materiales orgánicos, humedecimiento y decoloración de los materiales orgánicos, y la introducción de la descomposición fungal y otras formas de bacterias y mohos que provoca la humedad.

Actividad de tornados: La amplia rotación de un huracán crea tornados frecuentemente. Los tornados también pueden ser producto de mesovórtices en la pared del ojo que persistan hasta la entrada en tierra” (Liset León Consuegra, 2015)

Se puede determinar que los fenómenos naturales en su conjunto son variables que provocan la destrucción natural de las edificaciones, ya sea parcial o total. Por lo que se hace necesario tener en cuenta la influencia de ellos a la hora de diseñar un proyecto. Ahora se muestra a continuación un análisis más profundo en relación con las construcciones.

Existen una serie de factores ambientales que pueden considerarse agresivos sino se emplea un diseño adecuado de las construcciones. Estos son :

- En ambientes marinos, los cloruros son el principal inconveniente, puesto que se encuentran tanto en la humedad de la atmósfera como en el propio agua de mar. Entre sus principales efectos se encuentra la corrosión del acero, debido a la penetración a través de las fisuras del hormigón provocando la destrucción de la capa pasivante del acero
- El anhídrido carbónico de la atmósfera y de todas las sustancias ácidas en general, pues reacciona con las sustancias alcalinas del hormigón. Este proceso es conocido como “carbonatización” y la velocidad con que ocurre va a depender del espesor de recubrimiento y la porosidad del hormigón. Entre sus consecuencias se encuentra el descenso del pH hasta provocar la destrucción de la capa pasivante y por lo tanto la corrosión del acero
- La humedad, pues es uno de los principales provocadores de la corrosión. Esta ocurre a través de la saturación de los poros del hormigón. También se debe tener en cuenta la humedad ambiental y la capacidad del hormigón de conservar agua debido a las tensiones capilares. Esta afecta de manera especial a elementos que no se diseñaron para soportarlo durante tiempos prolongados, y propicia la aparición de hongos y microorganismos
- El relieve es un factor muy importante debido a el diseño de los edificios y la cantidad de recursos destinados a la nivelación del mismo. Este factor constituye un problema diario puesto que las construcciones se realizan de manera cotidiana sobre pendientes casi llanas en su mayoría. Y cuando se construye sobre superficies irregulares el gasto de recursos es mayor
- La temperatura es otro factor desencadenante de la corrosión pues se ha visto que en condiciones normales de las demás condicionantes, los climas más cálidos son más agresivos. Se establece que por encima de los 20°C se producen cambios bruscos en el proceso de corrosión. También las bajas temperaturas trae consecuencias negativas pues provoca la condensación y produce incrementos locales de la humedad del material

- El viento es otro factor importante pues si se tiene en cuenta el incremento de estos y mayor frecuencia e intensidad de las tormentas debido al cambio climático puede provocar daños estructurales en las construcciones

El autor determina que un correcto diseño de una edificación es el que tiene en cuenta los factores ambientales que influyen en la estructura y que predominan donde se encuentre emplazada la construcción. A partir de estas consideraciones determinar el uso adecuado de los materiales a emplear y que tengan los requisitos para cumplir su función en el entorno donde se va a emplear. Dando paso a una correcta ejecución y una planificación adecuada de los procesos de mantenimientos para mantener la durabilidad y funcionalidad de la estructura.

Por lo anteriormente expuesto se ha intentado establecer una norma que riga el proceso de construcción teniendo en cuenta la agresividad ambiental, pero no ha sido posible su elaboración debido a que si se intenta simplificar se corre el riesgo de no contemplar situaciones únicas, y una completa resultaría inviable debido a la cantidad de variables actuantes y los microclimas de distintas regiones. El autor recomienda agrupar ambientes característicos con un grado de agresividad similar para lograr un criterio general.

En el caso de nuestro tema, en ambientes marinos es de suma importancia ya que más del  $\frac{3}{4}$  del planeta está conformado por mares y océanos, y gran parte de las actividades económicas del hombre se ha ubicado en zonas costeras. También resaltar que una dinámica creciente es el acercamiento del hombre hacia el mar mediante la creación de nuevos asentamientos humanos costeros a nivel mundial.

#### **1.4 Edificaciones costeras en Cuba y Matanzas**

La ubicación geográfica de nuestro país trae graves problemas a sus edificaciones debido a la influencia que proviene del mar. Estas se encuentran influenciadas por las masas de aire ártico y polar durante el invierno y de anticiclón del Atlántico, y las lluvias tropicales

durante el verano. En Cuba debido a su forma geográfica existe una gran influencia del aerosol marino.

Cuba se ha reconocido entre las naciones más afectadas por el incremento del nivel del mar y la frecuencia e intensidad de los eventos extremos, todo ello asociado a los cambios globales previstos, tomando en cuenta su condición insular, su configuración físico- geográfica y la existencia de zonas bajas en gran parte de su perímetro costero. El país cuenta con más de 5000km de costas, además de los cayos existentes, y la mayoría de sus municipios poseen costas y en ellas se desarrollan importantes actividades portuarias, industriales, pesqueras y turísticas, además de que allí se localiza una gran parte del patrimonio cubano (Liset León Consuegra, 2015) .

“De acuerdo con el estudio realizado por el Instituto de Meteorología, denominado «Impacto del Cambio Climático y medidas de adaptación en Cuba», existen 244 asentamientos costeros sometidos a los más diversos grados de peligro y, condiciones de vulnerabilidad y riesgo. Cuentan con una población de aproximadamente 1,5 millones de habitantes (más de 10% de la población del país) que viven a una distancia entre 0 y 1000m de la línea de costa, 84 % de estos asentamientos, que agrupan más de 97% de la población costera, se ubican a menos de 200 m del litoral y clasifican como urbanos 63 y como rurales 181. De los asentamientos costeros estudiados, más de 51 de ellos han reportado inundaciones por penetraciones del mar, y hay 21 que se ubican en zona de alto peligro de inundaciones y efectos por eventos extremos” (Gutiérrez, 2013).

Mediante estos estudios se demuestra que las edificaciones costeras de nuestro país son muy afectadas por el efecto del ambiente costero y que gran parte de ellas no se encuentran en buen estado y están pendientes a reparación y mantenimiento. Todo esto parte de un concepto erróneo, por parte de nuestro país y parte del mundo, al determinar que realizar mantenimientos planificados era antieconómico, sin tener en cuenta que realizando operaciones durante períodos planificados se ahorra grandes inversiones económicas con respecto a nuevas construcciones.

La dirección seguida por el país al triunfo de la Revolución fue la de construir nuevas edificaciones para la población, descuidando el mantenimiento de las ya existentes, lo que influyó que al paso del tiempo las edificaciones del país, ya sea las antiguas o las nuevas que se construyeron, se deterioraron. La Comisión de Construcciones y Materiales de la Asamblea del Poder Popular presentó en 1977 un informe donde detallaba que el estado de las construcciones en ese momento se debía a la falta de mantenimiento de las mismas. Todo esto influiría en la concepción de nuevas Normas de Mantenimiento de las Construcciones Arquitectónicas. En la actualidad, el Consejo de Ministros aprobó el 25 de abril de 2017 la Tarea Vida, siendo esta el Plan de Estado para el enfrentamiento del cambio climático.

En nuestra provincia de Matanzas la influencia del ambiente marino tiene una gran importancia e influencia, debido a que por la forma alargada de nuestra isla propicia la ocurrencia de efectos meteorológicos a lo largo y ancho de nuestro país, aunque con mayor influencia en el litoral norte occidental, donde se encuentra localizada nuestra provincia. En Matanzas, algunos de los principales organismos encargados de velar por un correcto diseño y emplazamientos de estas edificaciones son la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA) y la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería (EMPAI)

Matanzas se ha regido por el Plan de la Tarea Vida y se han sumado instituciones, como es el caso de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” a través del documento “Tarea Vida: Un reto para la participación de la Universidad de Matanzas” elaborado por el Dr. Juan Alfredo Cabrera Hernández. También dentro del proyecto nacional del CITMA se encuentran ubicados territorios dentro la zona de trabajo del mismo, estos municipios son denominados como “municipios con prioridades y estos son: Cárdenas, Martí, Matanzas, Calimete, Jagüey Grande y Ciénaga de Zapata” (Cabrera, 2017). Destacando los tres primeros municipios al ser el litoral norte el objetivo de nuestra investigación. Además, se hace un estudio destacando la situación de estos territorios en los años 2050 y 2100, mostrando un deterioro y pérdida de terreno sino se actúa cuanto antes.

## CONCLUSIONES PARCIALES

1. Las zonas costeras, más que un sistema natural, son un bien social y económico. En ella se ubican asentamientos costeros donde se desarrollan la vida humana y diversas actividades económicas y alimenticias debido a la gran riqueza existente en sus costas.
2. El cambio climático juega un papel de gran importancia a la hora de construir edificaciones en zonas costeras debido a la influencia que tiene y que aumentará en un futuro, en cuestión del aumento del nivel del mar y fenómenos meteorológicos. Por lo que se hace necesario tomar medidas para contrarrestar estos efectos, como por ejemplo la Tarea Vida
3. El medio ambiente costero, mediante sus diferentes variables provocan la afectación y degradación de las edificaciones costeras sino se tienen en cuenta las mismas a la hora de su diseño o se toman medidas para contrarrestar el efectos de dichas variables
4. En Cuba y Matanzas, las edificaciones costeras se encuentran en regular o mal estado, por lo que se hace necesario recuperar dichas construcciones. El país y nuestra provincia se encuentran en pleno proceso de reparación y recuperación de las mismas mediante el empleo de directrices del Estado y organizaciones como el CITMA, entre otras.

## **CAPÍTULO II: ALCANCE ESPACIAL Y FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

En este Capítulo se presentan los fundamentos metodológicos de la investigación, y en el mismo se parte de una breve caracterización de la zona, del asentamiento 28 de Octubre y de las edificaciones que constituyen el objeto y alcance espacial de la investigación, y seguidamente se explica el hilo conductor de la investigación y los métodos empleados.

### **2.1. La comunidad costera “28 de Octubre”, como objeto y caso de estudio de la investigación.**

La presente investigación se enmarca en el litoral norte de la provincia de Matanzas, en que predominan las llanuras y terrazas marinas, con amplitud superficial de las rocas carbonatadas y la presencia de sectores bajos y pantanosos, que se extienden mayormente en la parte norte-oriental, correspondiente, sobre todo, al municipio Martí.

En toda esta zona predomina el régimen bioclimático tropical estacionalmente húmedo, con acción intensa de los vientos e influencia de un ambiente marítimo y salinizado, en que el tipo zonal de vegetación corresponde a los bosques y matorrales costeros, y a los manglares y bosques de ciénagas en los sectores más bajos y pantanosos.

En el caso específico del municipio Martí, el mismo se encuentra emplazado sobre una llanura litoral baja, por donde atraviesa la carretera Circuito Norte. En el mismo se encuentran 25 asentamientos humanos con una población total de 23 500 habitantes aproximadamente, donde 4 de estos asentamientos son urbanos y los 21 restantes son rurales (Guerra, 2016)

Los límites son: al norte el estrecho de la Florida y mar adyacente, al oeste el municipio de Cárdenas, al sur con los municipios de Colón y Perico, y al este con la provincia de Villa Clara.

“28 de Octubre” es un asentamiento costero que se encuentra localizado dentro del municipio de Martí, el cual se encuentra ubicado al noreste de la provincia de Matanzas y es el tercer municipio con mayor extensión en la provincia, ocupando un 8% de la extensión total, con un área total de 1028.47km<sup>2</sup> repartidas en 923.47km<sup>2</sup> de tierra firme y 105km<sup>2</sup> de cayos e isletas.

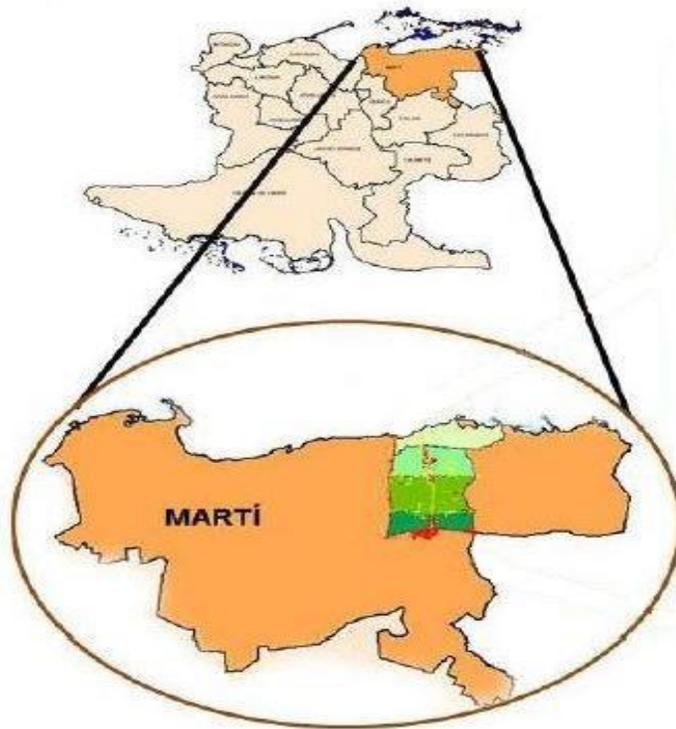


Figura 1: Macrolocalización del municipio Martí (Lago, 2015)

Específicamente, la comunidad costera “28 de Octubre” se encuentra en el litoral norte de la provincia. Esta fue construida en la década de los 70 para dar respuestas a las necesidades de los trabajadores de la empresa salinera “Salinas Bidos”, creando un conjunto habitacional para dichos trabajadores y así asegurando la principal fuente de mano de obra de la empresa.

Este conjunto habitacional posee actualmente alrededor de 780 habitantes aproximadamente. El estado de este fondo habitacional se encuentra en un estado desfavorable pues no se le ha prestado la atención necesaria ni se han llevado a cabo las reparaciones y niveles de mantenimientos constructivos requeridos.



Figura 2: Localización de la comunidad “28 de Octubre” (Guerra, 2016)

Esta comunidad 28 de Octubre constituye un caso tipo de asentamiento para las condiciones de medio ambiente costero predominantes en el litoral norte de la provincia de Matanzas, y específicamente para las condiciones físico-geográficas dominantes en el municipio Martí, por lo que los elementos que respaldaron la selección de este asentamiento costero como caso de estudio de la investigación son los siguientes:

- Se trata de un asentamiento que forma parte de las comunidades que se encuentran monitoreadas por el CITMA territorial a través del proyecto nacional “Adaptación al cambio climático en dos humedales cubanos: Zapata y Majagüillar-Martí”, al cual tributa también la presente investigación

- Se trata de un asentamiento que ha sido objeto de estudio de diferentes organizaciones a través de trabajos y tesis, ya que debido a la acción agresiva del medio ambiente que lo rodea constituye una preocupación del gobierno, los organismos públicos y los residentes de esta comunidad
- Presenta un mal empleo del sistema constructivo Gran Panel IV, que junto a las imperfecciones cometidas a la hora de su diseño y ejecución, constituye una fuente de gran valor para su estudio, debido a las lecciones que se pueden sacar de este caso de estudio y los efectos negativos provocados por una mala implementación a la hora de ejecutarla.
- Es uno de los asentamientos más estudiados como parte del Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático y de riesgos asociados al mismo, debido al crecimiento del nivel del mar pronosticados para los años 2050 y 2100, lo que hace necesario que apliquen medidas de adaptación ante las amenazas que se derivan de esta situación

## **2.2. Secuencia metodológica de la investigación**

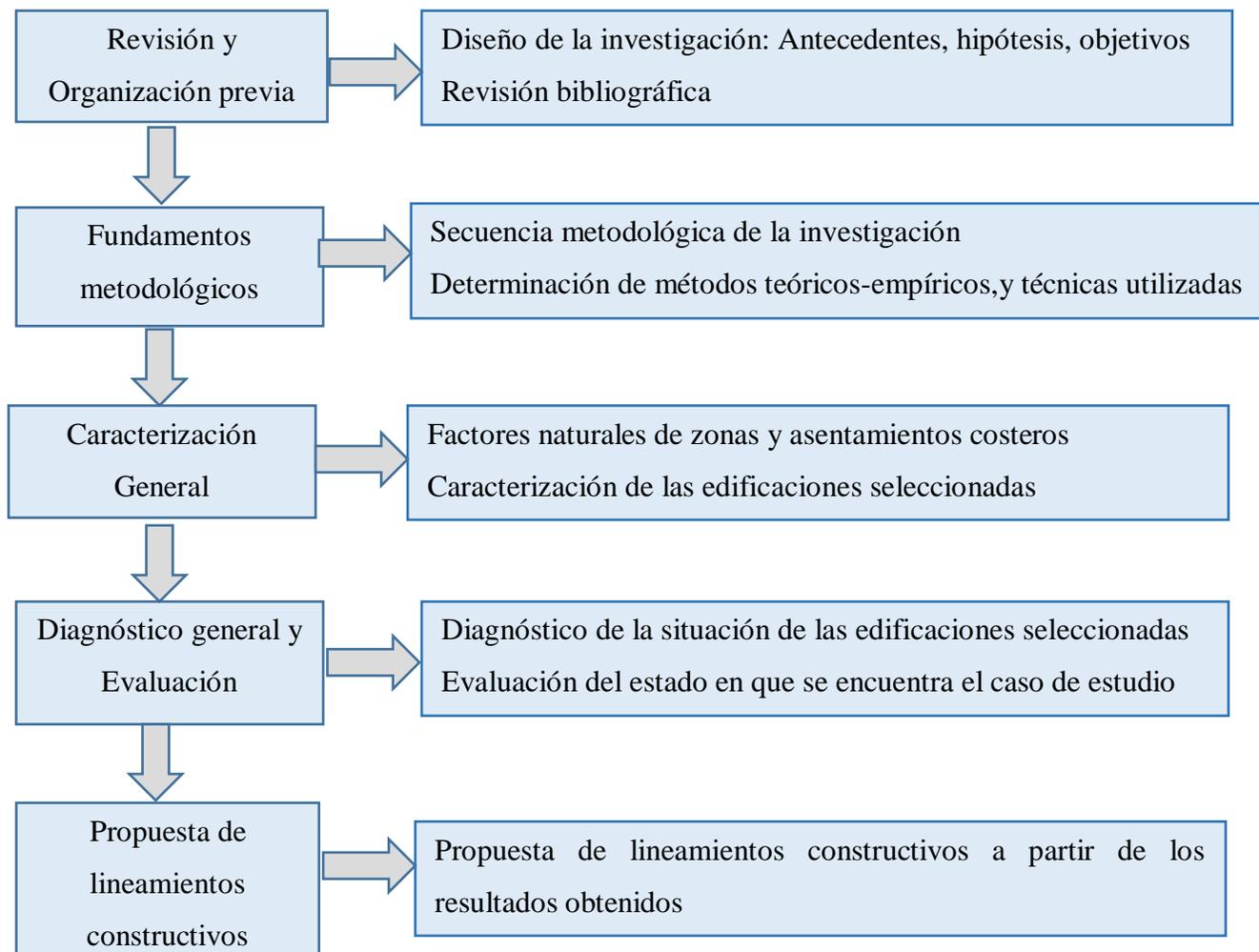
Para la elaboración correcta de la secuencia y los fundamentos metodológicos de la presente investigación, se realizó una búsqueda exhaustiva de numerosas bibliografías de carácter nacional mayormente para determinar la más adecuada y exacta en casos de investigaciones previas de carácter similar.

Para la elaboración de la secuencia metodológica se tomó como referencia la metodología utilizada por Erick Almeida Guerra en su Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniería Civil en el año 2016, aunque fue necesario introducir cambios en correspondencia con los objetivos y tareas de la presente investigación.

Se hace necesario señalar que también fueron revisadas otras metodologías que fueron de gran ayuda para la confección de nuestra secuencia, como es el caso de la empleada por Eddy D. Barroso Molina en su Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniería Civil en el año 2017.

Además, se consultó el capítulo metodológico de la MSc. Marisel Pasarón Alfonso en su tesis en opción al título de Máster en Gestión y Control Ambiental en el año 2016, en lo referente a la conformación de grupos focales y la utilización de otras técnicas.

En el siguiente esquema se expone su estructura y organización de la investigación, para una mayor comprensión de la misma, y adoptando un orden lógico a la misma, al tiempo que se señalan los principales métodos y técnicas utilizadas a través de las fases por la que se transcurrió. En la sección izquierda de la tabla se muestra las distintas fases por la que transcurrió la investigación, y en la sección derecha se muestran las principales tareas cumplidas en cada fase.



Esquema 1: Hilo conductor de la investigación

Fuente: Elaborada por el autor

### **2.2.1 Descripción del proceso utilizado en la investigación**

#### **Fase 1: Revisión y Organización previa**

En esta etapa se hace un análisis de la problemática a tratar, donde se revisan distintas fuentes bibliográficas, y se consulta diversos especialistas y organismos con el fin de realizar un análisis detallado y único del objeto de estudio de la investigación, y así seleccionar un caso de estudio que cumpla con las características y requisitos de la investigación.. Se procedió a realizar una revisión de la bibliografía existente y organizarla en función del desarrollo de la presente investigación. Además, se realizó una búsqueda exhaustiva de antecedentes a esta investigación, al área de trabajo seleccionada u objetos de estudios similares. También fue de gran ayuda el uso de tecnologías avanzadas para la obtención de mapas e imágenes satelitales para lograr un diseño lo más exacto y detallado posible.

También se abordó como parte de la investigación una recopilación general de las zonas costeras y los asentamientos costeros, destacando los efectos erosivos y de degradación a los que están sometidos este tipo de zona. Se hizo una investigación de la zona y se buscó los distintos eventos medioambientales a los que está sometido, como son el caso de los fuertes vientos, la acción del ion cloruro, huracanes y penetración del mar, entre otros ya antes mencionados.

Se destaca el papel y responsabilidad que tiene la ingeniería civil a la hora de afrontar este reto que es las construcciones en zonas costeras debido al comportamiento único y distintivo que tienen estas a otras emplazadas en lugares diferentes. También, debido a la falta de lineamientos constructivos que norme en algún documento oficial como se deben desarrollar este tipo de construcciones, por lo que se hizo necesarios abordar otro tipo de bibliografía secundaria como el estudio de las normativas legales en nuestro país para la construcción de cualquier tipo de estructura emplazadas en estas zonas.

## **Fase 2: Fundamentos metodológicos**

En esta etapa se realizó un análisis profundo de la información reunida hasta este instante para así consolidar las bases de los objetivos propuestos al principio de la investigación y determinar su validez. También se hizo una descripción detallada de como está compuesta y organizada el desarrollo de la investigación. El autor la distribuyó en seis fases donde va acompañada de una descripción de cada una de ellas, considerando esta la forma más eficaz y detallada para lograr los objetivos propuestos. Para esto se utilizó diversas fuentes de información y tecnologías para lograr un mayor alcance espacial y definición de la investigación.

Además, se definió los métodos científicos empleados en la investigación, dividiendo estos en métodos teóricos (inducción-deducción, histórico-lógico, análisis-síntesis) así como los empíricos (interpretación de mapas e imágenes, observación directa y levantamiento de campo, entrevistas a especialistas y las personas de la comunidad (Grupo Focal de la investigación), recopilación y revisión de documentos)

## **Fase 3: Caracterización general**

En esta etapa se empezó por una caracterización general de las zonas costeras y los distintos factores ambientales característicos de estas zonas, destacando el estudio de las condiciones climatológicas como son la velocidad y frecuencia de los vientos, la intensidad de las lluvias y el grado de penetración del mar para así lograr un mayor entendimiento y análisis del impacto que tiene estos factores sobre la vida útil de las edificaciones seleccionadas. Cabe destacar también la concentración de los iones cloruros en el aire, que es considerado el principal factor desencadenante de la corrosión y destrucción de las estructuras emplazadas en estas zonas.

También se hizo una caracterización de los asentamientos costeros en general, y principalmente el seleccionado como objeto de estudio donde se destacó los aspectos naturales y socio-económicos que predominan en estas zonas para así lograr una mayor comprensión de la interacción hombre-naturaleza,

Para lograr todo esto fue útil el estudio de documentos e investigaciones realizadas sobre la zona que tuvieran similitudes con la presente investigación, también la revisión cartográfica y de imágenes satelitales para obtener una visión espacial del poblado en relación al mar. A partir de los estudios de Prevención de Riesgos (PVR) realizados por el CITMA a este poblado, en unión con las entrevistas realizadas con especialistas y personas residentes del lugar se logró un informe detallado sobre la penetración del mar sobre el poblado.

En esta fase también se hizo necesario realizar una caracterización de las edificaciones estudiadas con el objetivo de conocer los materiales y características distintivas de esta edificación. Primeramente se identificó la tipología constructiva empleada para conocer como están conformado los distintos componentes (muros, paredes, cubiertas, entre otros) y poder determinar su eficacia y adaptabilidad al ambiente que lo rodea. Para esto se empleó la observación directa y la consulta de especialistas en el tema, determinándose una mala implementación de la obra, ya sea desde la concepción o desarrollo del proyecto, o el empleo incorrecto del sistema constructivo a utilizar.

#### **Fase 4: Diagnóstico general y Evaluación**

En esta fase se realizó un diagnóstico general de las edificaciones seleccionadas para el desarrollo de nuestra investigación, haciendo uso de los métodos científicos, ya sea teóricos o empíricos, para lograr una mayor precisión a la hora de determinar el resultado de la misma. También se incluyó en ese análisis la relación mar-tierra y las incidencias que trae consigo este fenómeno.

En esta fase fue de gran ayuda los estudios realizados por Erick Almeida Guerra en su Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniería Civil en el año 2016, constituyendo ese análisis la base de esta fase, luego comprobada por el autor sobre el terreno la veracidad de la información ahí proporcionada. Para ese análisis se efectuó una

evaluación sobre las lesiones presentes en estas edificaciones, para ello se utilizó la siguiente tabla:

*Tabla 1 Extraída por el autor de (Guerra, 2016)*

Elemento	Lesión	Área Afectada (%)	Área Total Afectada (%)
Entrepiso	Grietas o fisuras		
	Pandeo		
	Abofamiento o desconchado		
	Humedad		

Para el análisis del estado técnico de la edificación se hace una valoración de cada componente y luego se suman. Según cada por ciento se otorgó una puntuación en dependencia de la siguiente tabla:

*Tabla 2: Extraída por el autor de (Guerra, 2016)*

<i>Superficie Afectada (%)</i>	<i>Puntos</i>
<b>0-10</b>	0
<b>11-20</b>	2
<b>21-30</b>	4
<b>31-40</b>	5
<b>41-50</b>	6
<b>51-60</b>	7
<b>61-70</b>	8
<b>71-100</b>	10

Esta información fue comprobada por el autor y especialistas en el tema sobre el terreno, llegando a la conclusión que los problemas se mantenían presentes aunque habían sufrido

un cambio en su magnitud (superficie afectada), factor que no modifica el transcurso de la investigación.

El diagnóstico corresponde a un proceso de estudio y análisis de la anomalía y puede responder a diferentes métodos que pueden clasificarse en:

- **Inductivo o Directo:** Este descubre de inmediato la anomalía. Requiere poseer gran experiencia y capacidad de asociación entre los síntomas observados y los que generalmente son atribuidos a la patología evidenciada. Se considera insuficiente ya que comporta una simple visión de la patología y no su comprensión.
- **Diferencial:** Este destaca el síntoma más llamativo, rememora las situaciones anormales a las que corresponda este síntoma y trata de justificar en ellas los demás síntomas colaterales observados.
- **Inductivo:** Puede llegarse a dicho método utilizando una vía teórica, analizando los síntomas observados y de ellos deducir las génesis de la anomalía, atendiendo los fenómenos y mecanismos que pueden sobrevenirla. También puede usar una vía práctica estableciendo una posible génesis de la anormalidad y la comprobación posterior de los síntomas observados.
- **Hipotéticos:** Se basa en establecer una hipótesis que se comprueba mediante ensayos o pruebas posteriores, o bien después de la aplicación de un determinado tratamiento.

### **Fase 5: Propuesta de lineamientos constructivos**

En esta última etapa, después de observar y determinar el grado de deterioro y sobre la base del diagnóstico efectuado, se definió los lineamientos constructivos que se aplicarán a futuras edificaciones multifamiliares con características similares al caso de estudio.

Para el caso de estudio de la presente investigación se realizó un análisis individual de los distintos componentes de la estructura, donde se determinó las siguientes características:

- Elemento
- Daño
- Solución
- Posibles materiales a emplear

Una vez que realizó este análisis se pasó a conformar un conjunto de lineamientos constructivos, de manera sintética, para así dar respuesta definitiva al objetivo fundamental de la investigación.

### **2.3. Métodos utilizados en la investigación.**

A continuación se explica los métodos y técnicas empleados para llevar a cabo la investigación, dando una breve caracterización de los mismos.

- **Métodos del nivel teórico**

**Histórico-Lógico:** Este método se hace necesario para tener un conocimiento detallado de las distintas etapas por la que atraviesa el proceso, y así conocer su evolución y desarrollo, permitiendo hacer un análisis desde sus antecedentes hasta llegar al estado actual del objeto analizado. Permite realizar un análisis del comportamiento de la ingeniería civil a través del tiempo en la gestión de las construcciones de edificaciones multifamiliares en zonas costeras.

**Análisis-Síntesis:** Permite abordar e integrar las distintas bibliografías consultadas sobre el tema, sintetizando la información para determinar los diferentes criterios relacionados con la investigación y así elaborar el marco teórico conceptual de la misma.

**Inducción-Deducción:** Este método permitió al autor sintetizar la información, ir de lo general a lo particular a partir de la documentación recopilada y así definir los modelos y analizar las investigaciones ingenieras aplicadas de archivos. También la deducción de la bibliografía permitiendo establecer una relación entre los distintos elementos.

- **Métodos empíricos**

Recopilación y Revisión de documentos: Mediante este método se pudo detectar, consultar, seleccionar y extraer información necesaria para el desarrollo y conceptualización de la investigación. Permite obtener la información más relevante para una mejor comprensión de la investigación y definir el hilo conductor de la misma mediante los métodos y técnicas empleados.

Interpretación de mapas e imágenes: Consiste en el análisis e interpretación de mapas e imágenes que permitió definir el alcance espacial de la investigación, haciendo más fácil caracterizar el caso de estudio y los componentes espaciales que rodean al mismo. Facilitó el diagnóstico de todas las edificaciones y componentes del ambiente marino, y los asentamientos costeros que nos aportaron una gran cantidad de datos e información de partida.

Observación directa y Levantamiento de campo: Consiste en observar atentamente un hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. Es precisamente en esta técnica que los especialistas se apoyan para obtener el mayor número de datos (Guerra, 2016).

En nuestra investigación se realizó un levantamiento de campo utilizando varios instrumentos, entre los que destacan una grabadora de sonido, una cámara fotográfica, instrumentos de medición y otros recopiladores de datos. Se realizó un recorrido por la zona de estudio permitiendo realizar un informe detallado de las edificaciones a partir de una serie de fotografías. También se evaluó los procesos corrosivos y de degradación ambiental en la zona de estudio.

Un método fundamental aplicado fue la consulta a un grupo focal de la investigación, buscando la mayor objetividad y consenso de la evaluación realizada y de las propuestas de lineamientos.

Un grupo focal, en la metodología de la investigación, se define como “una reunión de individuos seleccionados para discutir y elaborar, desde la experiencia personal, una temática o hecho social que es objeto de investigación”. La técnica de grupos focales es un espacio de opinión para captar el sentir, pensar y vivir de los individuos, provocando explicaciones para obtener datos cualitativos. El trabajar en grupo facilita la discusión y activa a los participantes a comentar y opinar lo que permite generar una gran riqueza de testimonios y propuestas. Kitzinger lo define como una forma de entrevista grupal que utiliza la comunicación entre investigador y participantes, con el propósito de obtener información. Para Martínez-Miguel, el grupo focal "es un método de investigación colectivista, más que individualista, y se centra en la pluralidad y variedad de las actitudes, experiencias y creencias de los participantes, y lo hace en un espacio de tiempo relativamente corto". La técnica es particularmente útil para explorar los conocimientos y experiencias de las personas en un ambiente de interacción, que permite examinar lo que la persona piensa, cómo piensa y por qué piensa de esa manera. El trabajar en grupo facilita la discusión y activa a los participantes a comentar y opinar aún en aquellos temas que se consideran como tabú, lo que permite generar una gran riqueza de testimonios (Hamui, 2013)

El grupo focal en este caso estuvo constituido fundamentalmente por especialistas con un alto grado de conocimiento y experiencias en el tema, que además están involucrados de una u otra forma en el asunto de la investigación, y vinculados a la zona de trabajo y a la toma de decisiones. A nivel general, el rango de edad de la mayoría de las personas entrevistadas se encuentran entre 31 a 59 años donde cuentan con 3 década o más de experiencia laboral. En conjunto, todos tienen nivel universitario y residen en diferentes municipios de la provincia

*Tabla 3: Composición del Grupo Focal*

Nombre	Cargo	Especialidad	Años de experiencia	Residencia
Ángel Alfonso	Director UMA CITMA Matanzas	Geógrafo	27 años	Matanzas
Alfredo Cabrera	Profesor UM	Geógrafo	37 años	Matanzas
Homero	Profesor UM	Ing. Civil	41 años	Matanzas

Morciego				
Ovidio Rodriguez	Especialista ENIA Matanzas	Ing. Geologo	34 años	Matanzas
Daniel Martínez	Especialista CITMA Martí	Ing. Forestal	31 años	Martí
Carlos Rodriguez	Profesor UM	Ing. Civil	6 años	Cárdenas

Entrevistas a especialistas y las personas de la comunidad:

Fue un método fundamental para el desarrollo de la investigación, debido a que a partir de la creación de un grupo focal se logró una mayor objetividad de la investigación. Este grupo focal estuvo formado por especialistas de diferentes instituciones donde se expusieron criterios y se discutieron hasta llegar a las soluciones y métodos más viables y correctos a aplicar.

La entrevista como método de investigación resulta imprescindible para asegurar un alto grado de confiabilidad y realidad del asunto a tratar en la investigación. Se busca la información y confirmación a través de la entrevista a un número determinado de especialista o instituciones obteniendo respuestas únicas en cada entrevista, que luego tributarán a un criterio a partir de un consenso de opiniones. Esta consulta requiere del contacto personal que se establece entre entrevistador y entrevistado para obtener información confiable y asegurar ideas o conductas. Esta entrevista está conformada por una serie de preguntas con un ordenamiento y relación lógica en función de obtener la información de la manera más completa y concisa posible.

Rasgos generales de la estructura de la entrevista realizada:

1. En una primera parte se toma los datos personales de los entrevistados para así conformar una base de datos o perfiles de las personas
2. En la segunda parte se pasa al cuerpo de la entrevista, donde se encuentran los aspectos a analizar y encuestar al entrevistado. Esta incorpora las distintas temáticas abordadas a lo largo de la investigación. Estas respuestas son luego

catalogadas por el entrevistador para determinar criterios unánimes y contradicciones vistas a lo largo de la entrevista. Una vez catalogada se pasa a su análisis, y elaborar los lineamientos y propuestas teniendo en cuenta los criterios aquí recopilados.

Como Guía general para la realización de las entrevistas se utilizó como base la siguiente, elaborada por (Guerra, 2016), aunque adaptada al entrevistado en función de su conocimiento o especialidad:

## GUÍA PARA LA ENTREVISTA

### PERFIL DEL ENTREVISTADO

- Nombre y Apellidos
- EDAD: \_\_\_Menos de 30 años \_\_\_ 31-59 años \_\_\_ Más de 60 años
- SEXO: \_\_\_\_\_ Hembra \_\_\_\_\_ Varón
- Lugar donde reside actualmente:
- Grado de educación:
- Ocupación laboral-profesional actual:
- Vinculación con la zona, poblado y problema concreto de la investigación:

### TEMAS DE LAS PREGUNTAS

- Caracterización del lugar
- Estado actual de las edificaciones
- Las causas atribuibles a ese estado actual
- Medidas aplicadas y mantenimientos realizados
- Servicios que prestan la comunidad
- Calidad de vida
- Aspecto económico-financiero
- Mecanismos de control
- Acciones para la protección de edificaciones
- Qué modificaciones, a nivel general, propondría usted?

¿Tiene usted alguna opinión o comentario adicional que le gustaría agregar?

## **Conclusiones parciales**

1. La presente investigación se enmarca en la zona costera norte de la provincia de Matanzas, y en ese contexto se define como objeto y alcance espacial concreto a los asentamientos y edificaciones de esta zona, seleccionando a la comunidad 28 de Octubre como un caso de estudio tipo para estas condiciones de medio ambiente costero
2. Para el desarrollo de la investigación se conformó un hilo conductor, o secuencia metodológica, diferenciadas entre sí por sus tareas propias y métodos, pero que al mismo tiempo están profundamente articuladas entre sí
3. Fueron utilizados diversos métodos teóricos y métodos empíricos, incluyendo las entrevistas aplicadas al grupo focal de la investigación, todo ello para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos

### **CAPITULO III: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN: LINEAMIENTOS A EMPLEAR EN CONSTRUCCIONES EN AMBIENTES COSTEROS.**

En este capítulo se presenta los resultados de la investigación, teniendo en cuenta un análisis de los factores naturales presentes en las zonas costeras de la zona de estudio y tomando como referencia el caso de estudio, visto a través de dos etapas fundamentales: partiendo de una evaluación de la aplicación de criterios constructivos empleados en la ejecución de las edificaciones seleccionadas, donde se pasa a la concepción de los lineamientos constructivos, el cual a su vez se divide en criterios estructurales y de habitabilidad, determinando una estrategia a seguir para construcciones en este tipo de ambiente.

#### **3.1 Caracterización general del caso de estudio**

La caracterización general del caso de estudio se dividió en dos partes, donde una esta constituida por los factores naturales que influyen en las construcciones, y la otra una caracterización de las edificaciones seleccionadas. Estos dos elementos constituyen dos puntos de partida diferentes, pero tributan a un solo objetivo, que es la correcta identificación de las variables que contribuyen a un rendimiento aceptables de dichas obras.

En el capítulo II de la investigación se realizó un análisis previo del caso de estudio donde se expusieron las razones para su selección, siendo la comunidad “28 de Octubre”, a través de sus edificaciones, una comunidad tipo para el desarrollo de la investigación y la obtención de los lineamientos constructivos aplicables a la zona de estudio.

##### **3.1.1 Caracterización general de los factores naturales que intervienen en la construcción**

Entre las factores naturales presentes en el territorio el autor cita las que a su criterio tienen una influencia directa sobre el desarrollo de la carrera Ingeniería Civil mediante la protección que pueden ejercer estos sobre las edificaciones o los inconvenientes que

pueden ser si no se tienen en cuenta a la hora de el diseño de la estructura. Estos factores naturales se dividen en:

- Factores climáticos, donde se tiene en cuenta los valores de temperatura y la dirección, precipitaciones y magnitud de los vientos
- Factores geológico – geomorfológicos, dentro de los cuales se incluyen el factor relieve y el factor roca
- Suelos, determinando la naturaleza predominante de los suelos de la zona
- Vegetación, donde se aborda la vegetación presente en la zona y su capacidad de influencia en la preservación de las estructuras

Junto a la caracterización de dichos elementos el autor da su criterio sobre los mismos y la influencia que tienen en la concepción y desarrollo de las construcciones. Estos elementos son los siguientes:

### **Temperatura:**

El clima de este territorio es estacionalmente húmedo, y tiene una gran influencia marítima. La temperatura media oscila entre los 24 y 26 °C. Existe dos estaciones bien definidas, un períodos secos entre (noviembre – abril) y uno lluvioso que se encuentra entre (mayo-octubre). Este tiene un gran impacto sobre las edificaciones, debido a que se hace necesario aplicar medidas protectoras contra la humedad como la implementación de pinturas impermeabilizantes, que en el caso de estudio se encontraba ausente en la fachada exterior casi en su totalidad, o barreras aislantes para evitar que la humedad suba a través de la cimentación por los muros. Este fenómeno se encuentra a lo largo del año, puesto que su análisis es sumamente importante para que la estructura no se vea comprometida.

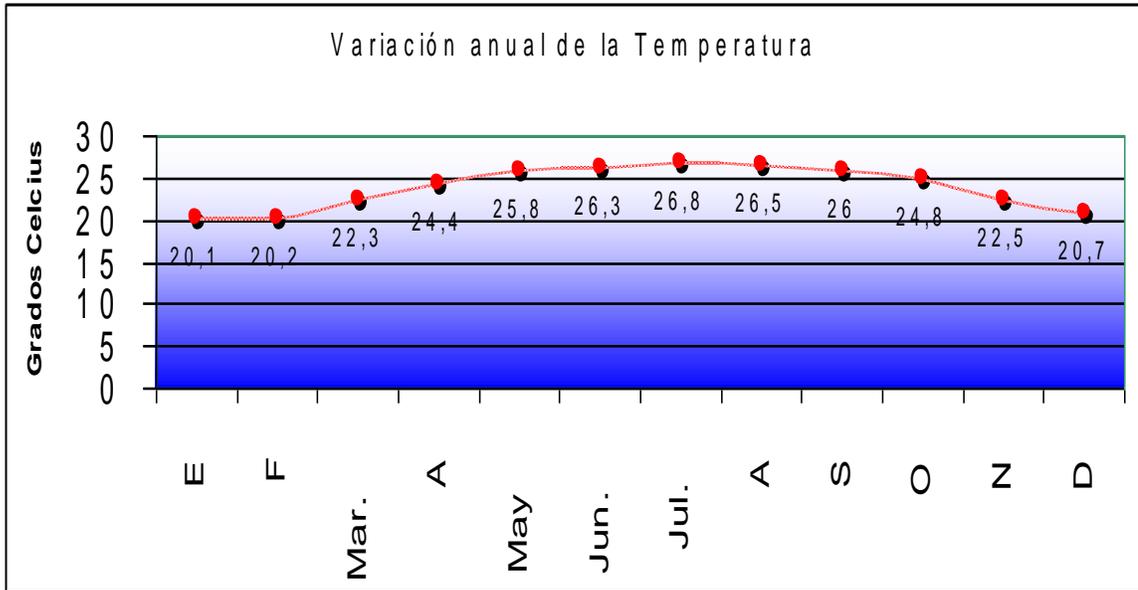


Grafico 1: Variación anual de temperatura (Cabrera, 2009)

### Vientos

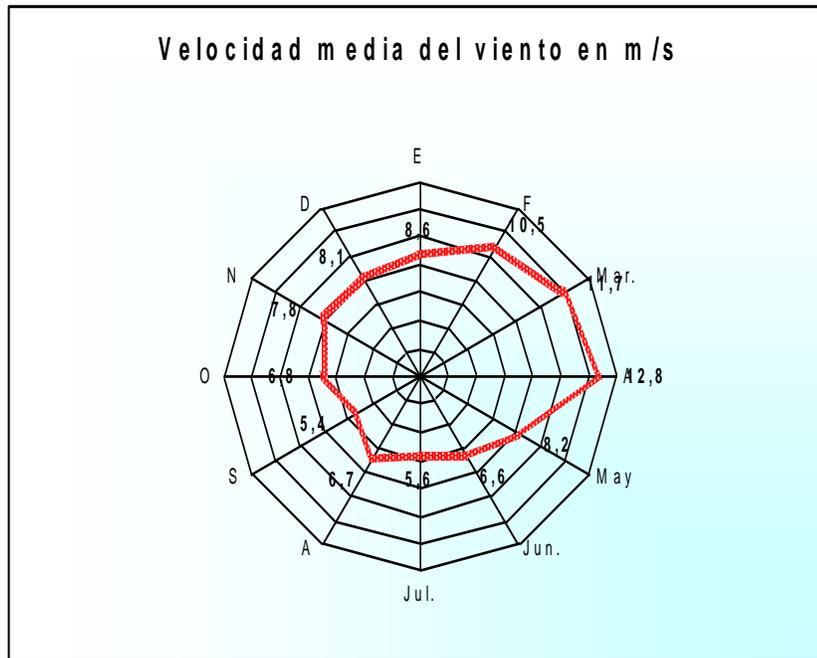


Gráfico 2: Rosa de los viento (Cabrera, 2009)

El comportamiento del viento está dado para un año según su comportamiento mensual. La dirección predominante del viento de la zona es Este-Noreste, como se aprecia en el

gráfico 2, donde se ve la magnitud con la que influyen los vientos. Los meses con mayores valores de velocidad son marzo y abril, menores velocidades se observan en julio y septiembre, A la hora del diseño se debe tener en cuenta el cumplimiento de la “NC 285:2003 Carga de Vientos. Método de cálculo” para evitar tensiones deformacionales a lo largo de la estructura. Según especialistas los vientos por encima de 7 m/seg hacen que la penetración de la influencia marina sea más agresiva, y en ocasiones se distinguen, en el caso de estudio, por vientos sostenidos que pueden ser superiores a 15 m/s.

### Precipitaciones

El valor medio de las precipitaciones en la zona es de 1400mm aproximadamente y la distribución de la lluvia ocurre de una manera muy irregular, el 80-85% corresponde al período húmedo y el restante al período seco. Estos valores alcanzan sus máximos en los meses junio-septiembre y los mínimos en el mes de marzo. A continuación se muestra una gráfico donde se repretá los valores de las precipitaciones a lo largo del año distribuido en meses:

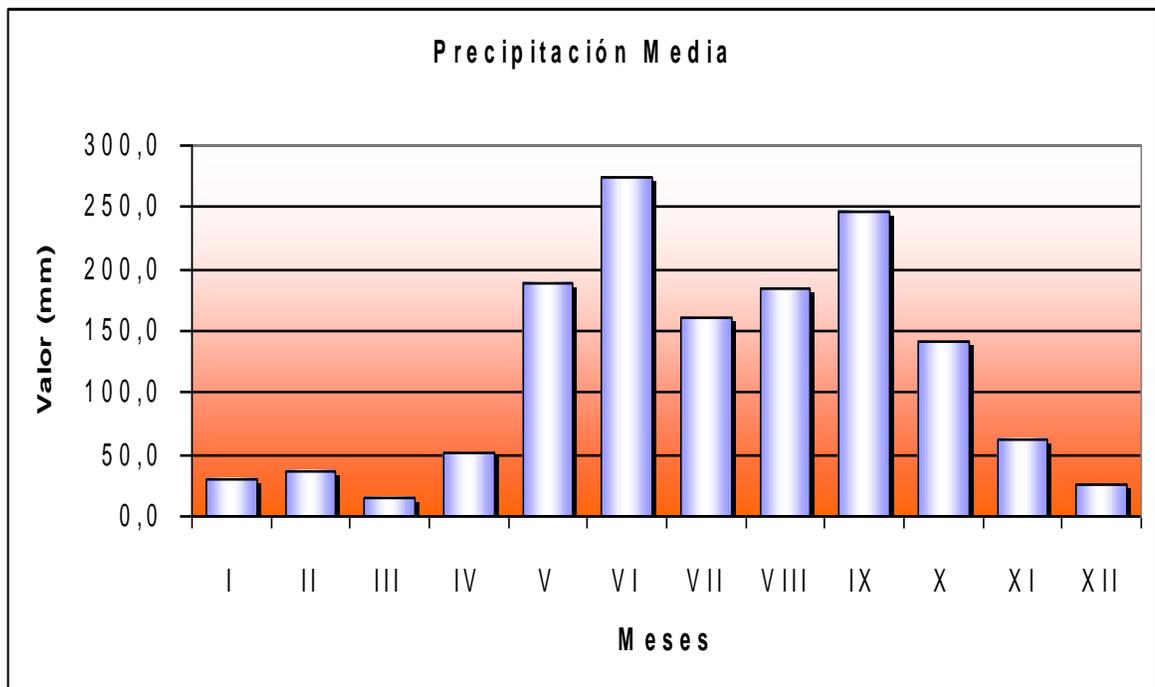


Gráfico 3: Distribución de la precipitación en la cuenca (Cabrera, 2009)

**Geología:**

Las rocas predominantes son las denominadas de cobertura, compuestas por variedades de calizas, margas, areniscas, conglomerados del mioceno inferior. Existe evidencia de serpentinitas, piroxenitas, peridotitas y donitas serpentinizadas. Las dislocaciones tectónicas principales son las fallas neotectónicas de movimientos verticales, que conforman bloques irregulares. Es necesario conocer las características de las rocas para así determinar si es conveniente o no su construcción sobre las mismas, pues junto al suelo constituye los factores que van a determinar la resistencia a la formación de asientos e hundimiento de la estructura, o de cómo contrarrestar estos efectos negativos mediante soluciones como las estabilizaciones.

**Relieve:**

El relieve es mayormente llano y contrasta con la sierra de Bibanasí que es una altura cársica, donde predominan las llanuras acumulativas semipantanosas. La zona costera se desarrolla sobre roca caliza blanda sin formación de lapiés o diente de perro. Esta influye a la hora de conocer los recursos que son necesarios para realizar la obra debido a la nivelación que hace falta en la mayoría de los casos o las medidas necesarias para adaptarlas al relieve existente. En el caso del sistema constructivo empleado en la comunidad 28 de octubre, este es un factor de suma importancia pues el Gran Panel IV requiere de terrenos muy horizontales, debido a que no se adapta a terrenos con diferencia de nivel, a diferencia del Gran Panel IV modificado que cuenta con paneles para esa función.

**Suelos:**

El territorio se encuentra sobre una llanura litoral baja de depósitos arcillosos con suelos cenagosos e hidromórficos. Presentan suelos con base de roca caliza donde la roca madre puede encontrarse a una profundidad menor de 1m. La fertilidad varía de media a baja. Predomina a nivel general los suelos arcillosos, relativamente joven, poco desarrollado, con poco espesor, con presencia de pedrosidad intercalada con el suelo, alta salinidad, y poca pendiente. Diferentes actividades desarrolladas por el hombre como la deforestación, el monocultivo y la monoproducción han dado que los suelos muestren

síntomas de agotamiento con un alto grado de compactación y erosión, esto es debido a los síntomas de salinidad y sodicidad. Este es considerado como uno de los factores de mayor importancia puesto que este influye a la hora de colocar el cimiento, la resistencia del suelo como soporte de la estructura, si es posible la creación de asientos que perjudique la obra.

### **Vegetación**

En el litoral norte del municipio de Martí destaca la presencia de lagunas costeras, manglares, bosques de ciénagas y maniguas costeras, conformando una gran variedad de ecosistemas. Estos tienen una gran importancia pues en algunos casos constituyen la primera o alguna barrera protectora de las edificaciones contra los ambientes salinos, sirviendo de escudo natural ante ambientes agresivos. La vegetación autóctona ha ido desapareciendo por la acción del hombre, eliminando una de las principales protecciones para construcciones emplazadas en zonas costeras.

#### **3.1.2 Caracterización de la edificación y su tipología constructiva:**

Esta comunidad se encuentra cercana al mar y la vegetación predominante es de manigua costera y zonas inundables, donde se han desarrollado actividades humanas como la ganadería, la producción de carbón vegetal y la siembra. Este asentamiento costero está conformado por un conjunto de viviendas independientes y dos edificaciones multifamiliares del sistema constructivo Gran Panel IV, siendo estas últimas el objeto de estudio de la presente investigación debido al gran nivel de deterioro apreciables en las mismas, vistos en la visita realizada sobre el terreno y en investigaciones anteriores como en la tesis de diploma en opción al título de Ingeniería Civil, de Mayara Gutiérrez Lago en el año 2015 y la tesis de diploma en opción al título de Ingeniería Civil, de Erick Almeida Guerra en el año 2016; la selección inadecuada de la tipología constructiva a emplear para dichos ambientes, los errores cometidos en la construcción y el mal mantenimiento de dichas estructuras.

La comunidad “28 de Octubre” fue creada como solución a los trabajadores de la empresa “Salinas Bidos” que vivían en muy malas condiciones y se hacía necesario movilizarlos ante amenazas meteorológicas para garantizar su seguridad. Está se encuentra en un rango de 2-3km de la costa, por lo que esta sometida a una alta agresividad según la NC 250-2005 “Hormigón estructural. Requisitos de durabilidad” que regula el nivel de acción en dependencia de su emplazamiento.

#### **Gran Panel IV**

El Gran Panel es un sistema constructivo en el cual desaparecen como elementos de carga las columnas y vigas, siendo soportada toda la estructura por paneles verticales, que al mismo tiempo cumplen la función de cierre con el exterior y de separación entre los locales interiores. El sistema no admite el uso de planta baja libre, ni la adecuación a relieve de suelos irregulares, por lo que siempre será necesario superficies de construcciones horizontales. La rigidización del edificio ante las acciones horizontales la proporcionan los paneles dispuestos longitudinal y transversalmente. Las juntas entre elementos son soldadas (juntas rígidas seca) donde se sueldan los insertos metálicos dejados en los bordes de las piezas. Estas juntas son dentadas con acero las que se unen posteriormente con barras adicionales mediante cordón de soldadura, garantizando la continuidad vertical de la edificación, posteriormente se realiza el hormigonado. Las juntas entre losas se resuelven de igual forma. Las uniones entre los paneles y las losas, son no estructurales, ya que las losas se consideran simplemente apoyadas. los componentes se fabrican por moldeo horizontal, utilizándose cofres metálicos para su forma perimetral. En la planta se producen: paneles para paredes, losas para entresijos y techos, escaleras, pretilas, balcones, etc.

Este sistema consta de:

- Muros transversales espaciados a 2.70 y 3.70m, por lo que la longitud de los edificios son de 34.30 y 51.40m para dos y tres cajas de escaleras.(Múltiplo de 17.15m)

- Su ancho básico es de 7.30 m y el ancho total incluyendo los salientes es de 9.10m.
- Los espacios básicos interiores de los apartamentos son: Sala-comedor de 3.50x4.25 m , 2 habitaciones de 3.50x3.50 m, 1 habitación de 2.50x3.50 m
- Como elemento suplementario de proyectos del sistema se encuentra la cabina sanitaria de 2.10x1.21 m, y una altura de 2.34 m.
- Los tabiques no estructural son de 70mm de espesor
- Los cierres exteriores y los paneles portantes son de 10cm de espesor
- Las losas son de 9cm de espesor

### **Edificaciones caso de estudio**

El sistema constructivo empleado es el Gran Panel IV, el cual es totalmente prefabricado y se empezó a emplear en nuestro país con tecnología nacional a partir de la década de 1960. Las edificaciones que conforman el caso de estudio fueron fabricadas en 1976. Este es un sistema cerrado lo que imposibilita cualquier diversidad arquitectónica, son edificios de cuatro plantas con dos y tres cajas de escaleras con longitudes de 34.30 y 51.40m respectivamente, el espaciamiento entre paneles es de 2.70m y 3.70m, y el ancho total es de 9.10m incluyendo los salientes. No admite el uso de planta baja libre ni se adapta a relieves irregulares, y presentan cimientos corridos.

La edificación consta de dos apartamentos por nivel, de cuatro a seis personas, cada uno formado por una sala-comedor, baño, de dos a tres habitaciones, un patio de servicio y balcón. Son edificios tipo pantallas con balcones salientes en la fachada principal y patios de servicio en la posterior. Las losas de entrepiso son macizas monolítica y con un espesor de 9cm abarcando totalmente el espacio de cada local , se encuentra simplemente apoyada en sus bordes por lo que trabaja en dos direcciones. La solución de soldadura se logró mediante soldaduras con insertos. Las ramas de escaleras cuentan con descanso incluido y paneles divisorios interiores. Los paneles de cargas son de 10cm de espesor con un recubrimiento mecánico de 3cm y los divisorios con un espesor de 7cm (Guerra, 2016). Esta información fue corroborada luego por el autor en su visita al terreno.

Este cuenta con habitaciones salientes, que implicó el uso de paneles especiales mediante paneles de costado, siendo prolongación de los paneles interiores. Los paneles transversales que actúan como muros de cargas son de vital importancia puesto que son los únicos que cargan.

### **3.2 Análisis de criterios constructivos empleados en obra, caso de estudio “28 de Octubre”**

Las principales afectaciones que se encuentra en este tipo de edificaciones son los desprendimientos parciales de secciones de hormigón, los efectos de abofado y desconchado, humedad y oxidación del acero expuesto. Por tanto se parte a realizar un análisis de varios aspectos que se tuvieron en cuenta a la hora de diseñar y ejecutar estas construcciones. Para un mayor análisis y comprensión el autor analiza las edificaciones multifamiliares del caso de estudio “28 de Octubre” donde se identifican un conjunto de problemas, los cuales son los predominantes en cualquier edificación emplazada en la zona de estudio, variando en algunos elementos o la magnitud del área afectada por dichas afectaciones.



Figura 3: Edificios multifamiliares de 28 de Octubre

Fuente: Elaborada por el Autor

Las edificaciones objeto de estudio son de sistema constructivo Gran Panel IV, este es un sistema prefabricado, lo que significa que la mayoría de sus elementos vienen con dimensiones bien definidas y no pueden ser modificadas libremente, haciendo su uso poco variable y adaptable a distintos ambientes.

A continuación se hace un análisis demostrativo con estas edificaciones, pero los criterios analizados sirven como referencia a cualquier edificación o tipología que se encuentra emplazada en el litoral norte de la zona occidental de nuestro país. Estos criterios son los siguientes:

### 1. Recubrimiento

Esta edificación cuenta con un recubrimiento mecánico de 3cm, lo que no es suficiente para un ambiente agresivo y es considerado insuficiente e incorrecto para su diseño al no cumplir con las normas establecidas en el país, puesto que la “NC 250-2005 Hormigón estructural. Requisitos de durabilidad” que establece los distintos recubrimientos en dependencia de la distancia de la estructura al mar, no cumpliendo en este caso la edificación analizada y siendo incapaz de brindarle una correcta protección a los aceros empleados.



Figura 4: Recubrimiento en edificios multifamiliares de 28 de Octubre

Fuente: Elaborada por el Autor

## 2. Granulometría del árido

El árido empleado fue extraído de la provincia de Matanzas, los cuales no tiene buenas propiedades. Estos no contaban con la granulometría adecuada al ambiente donde iban a ser empleados, lo que trae consigo que queden demasiados poros en la mezcla y faciliten la penetración de agentes salinos, aumentando la posibilidad de un rápido deterioro de la estructura.

## 3. Barandales

Los principales problemas encontrados en este elemento fueron que algunos presentaban pequeñas superficies de contacto para el agarre, lo que provoca una mayor facilidad de desprendimiento de las bases. Además, se utilizó el metal como material para su construcción, existiendo otros más factibles para su uso en un ambiente tan agresivo. Cabe destacar que aún sabiendo la vulnerabilidad de este material en este entorno, no se le aplicó ningún producto protector para alargar su vida de uso.



Figura 5: Barandales en edificios multifamiliares de 28 de Octubre

Fuente: Elaborada por el Autor



Figura 6: Barandales en edificios multifamiliares de 28 de Octubre

Fuente: Elaborada por el Autor

#### 4. Redes técnicas

En el caso de las redes técnicas se empleó como material protector de las mismas de tipo metálico, siendo este un problema al predominar las aguas salobres, ocasionando un mayor impacto sobre esta que si fuera de otra naturaleza, como el PVC.



Figura 7: Redes técnicas en edificios multifamiliares de 28 de Octubre

Fuente: Elaborada por el Autor

## 5. Solución de impermeabilización

El principal problema encontrado fue la mala implementación o colocación de la misma en el momento de realizar los trabajos de terminación sobre la estructura, derivando esto en que no cumpliera su principal objetivo y existiera problemas de filtración, lo que provocó daño sobre otros elementos de la estructura y afectaciones al conjunto habitacional.



Figura 8: Impermeabilizante en edificios multifamiliares de 28 de Octubre

Fuente: Elaborada por el Autor

## 6. Pinturas protectoras

La fachada exterior presenta ausencia de pintura casi en su totalidad, provocando que la estructura se encuentre más expuesta a la acción del medioambiente y acelerando la corrosión del acero al no contar con una capa protectora. Esto trae consigo un deterioro acelerado de la capacidad estructural de la edificación.



Figura 5: Fachada en edificios multifamiliares de 28 de Octubre

Fuente: Elaborada por el Autor

#### 7. Barreras de protección

Se eliminaron dos ecosistemas que constituían la primera barrera protectora de estas edificaciones, siendo la primera una superficie de manglar y luego otra que estaba conformada por palmas reales, sabales y jucarales, dejando las edificaciones con un impacto directo del salitre sobre ellas.

#### 8. Posición del edificio

La posición del edificio juega un papel importante a la hora de determinar la influencia que tienen los vientos sobre la estructura. En este caso, es un edificio tipo pantalla, donde los vientos predominantes del NE actúan de manera directa sobre las edificaciones, recibiendo fácilmente la acción del salitre y ocasionando un mayor impacto debido a esto.



Figura 10: Edificios multifamiliares de 28 de Octubre

Fuente: Elaborada por el Autor

#### 9. Sistema constructivo

El principal inconveniente del sistema constructivo Gran Panel IV viene dado por ser un sistema en casi su totalidad prefabricado, y no permite adaptaciones fuera de los moldes empleados en las empresas de prefabricado de nuestro país, limitando las posibles variantes para modificarlo en función de lograr un mayor desempeño en los distintos ambientes a los que puede estar expuestos.

#### 10. Mantenimiento

La falta de mantenimiento puede ser considerado uno de los problemas más graves encontrados en la obra, debido a que no se conservan los elementos en un estado óptimo y este trae un afecto del rendimiento en sus funciones. Además, debido al descuido y abandono de estos elementos, no cumplen sus funciones y se deriva en la afectación de otros elementos por su mal funcionamiento.

El autor determina que la falta de mantenimiento, junto a los errores cometidos a la hora del proceso de proyecto y ejecución de la obra, dan al resultado un rendimiento deficiente de la obra frente a las condiciones del entorno. Aunque todos estos problemas no se presentan en todas las construcciones costeras, están presente la mayoría de ellos de forma general, por lo que se puede tomar como un análisis de los problemas globales a los que están sometidos este tipo de edificaciones.

Cabe señalar el descuido al que están sometidos este tipo de comunidades en las zonas costeras. Su gran mayoría no ha tenido un mantenimiento fuerte donde se hayan trabajado a fondo los principales déficits que sufren, ya sea por mala planificación, falta de presupuesto o errores a la hora de ejecutarlas. Todo esto da al traste de un abandono de la recuperación de las capacidades funcionales y estructurales de las mismas, agravando su estado con el paso del tiempo y dificultando la calidad de vida de sus habitantes, y en ocasiones poniendo en riesgo su salud e integridad.

### **3.3 Lineamientos constructivos para perfeccionar el rendimientos de estructuras en zonas costeras**

A continuación se propone el conjunto de lineamientos constructivos que resulta de la presente investigación. Esta propuesta parte de la identificación y análisis específico de la problemática presente en este tipo de edificaciones que afectan el uso adecuado y el rendimiento para el cual fue diseñado. De acuerdo con ello se parte de un análisis de los factores naturales presentes en la zona y la caracterización estructural de las edificaciones, pasando a la evaluación de los criterios constructivos utilizados en la comunidad tipo 28 de Octubre, lo que permite arribar a la propuesta de los lineamientos constructivos, que se dividen a la vez en función de la habitabilidad y los criterios estructurales.

#### **3.3.1 Lineamientos constructivos sobre habitabilidad**

La Habitabilidad, es la parte dedicada a asegurar unas condiciones mínimas de salud y confort en los edificios. Por eso es necesario asegurar el cumplimiento de estos requisitos, puesto que tiene una influencia directa en el desarrollo de la vida de las edificaciones y las personas que en ellas viven.

Debido a esto el autor considera necesario su cumplimiento, donde se deben garantizar aspectos como:

**Acústica:** Se debe garantizar un aislamiento acústico adecuado tanto entre distintas estancias como con otros inmuebles, o con el exterior. Esta varía según el uso del edificio, siendo mayor en viviendas y centros hospitalarios, y menor en oficinas. Para garantizar este aspecto, a nivel general, se debe evitar el uso de paredes planas altamente reflectantes, pues producen reverberación. A nivel más específico se puede utilizar materiales con capacidad de reflexión y absorción, como es el caso:

- Yeso, este puede ser utilizado para paredes y techos, cumpliendo los requisitos estructurales sin comprometer el confort acústico, la estética o el rendimiento, y su aplicación varía desde sala de concierto, edificaciones de varios niveles, hasta bibliotecas
- La lana de roca, la de vidrio (el famoso pica-pica) y las espumas acústicas son materiales que se destacan por su capacidad de absorber la energía acústica impidiendo el rebote de la misma. Como características principales de estos materiales destacan su esponjosidad, porosidad y relativa baja densidad, así como ser de celda abierta (en el caso de las espumas) lo que les confiere la capacidad de absorber el sonido, “su penetrabilidad”

Cabe destacar que ninguno de estos materiales se encontraba presente cumpliendo esta funcionalidad; detectando a través de las entrevistas que no se cumplía totalmente con este aspecto

**Seguridad:** Garantizar el uso de medios de protección con el objetivo de evitar, tanto pérdidas humanas como estructurales. Este aspecto es de cumplimiento obligatorio para la puesta en función y explotación de la obra, esto se logra mediante la implementación de:

- Petos y barandillas para evitar caídas
- Garantizar la correcta ubicación de cada elemento, y su protección en caso de llevarla
- Interruptores de corriente eléctrica para evitar accidentes
- Protección de las redes técnicas y evitar su exposición directa al contacto
- Sistemas de prevención como los sistemas antiincendios.

Siendo esta una de las principales afectaciones encontradas a lo largo de la visita realizada en campo. En ésta se encontró que el estado de las barandillas se encontraban en apreciable deterioro debido a la naturaleza del material empleado para la confección de la misma y el incorrecto diseño de la superficie de agarre. También existía la ausencia de algunos interruptores de corriente eléctrica, dejando sin protección o una correcta

funcionalidad de la corriente eléctrica. Además, las redes técnicas se encontraban mayormente expuestas por fuera de la estructura y al contacto de los habitantes, siendo una fuente de peligro. Se cuenta con un pobre sistema de prevención contra incendios.

**Dimensiones mínimas:** Otro aspecto de la habitabilidad es el de las dimensiones mínimas. Cada sistema constructivo exige un tamaño mínimo tanto para las viviendas como para sus distintas piezas (dormitorios, aseos, salón, etc...) que debe ser respetado y no admite modificaciones por debajo de esas dimensiones

En las edificaciones emplazadas en 28 de Octubre, fue corroborado mediante las entrevistas realizadas a los especialistas que estas dimensiones se respetaron a la hora de ejecutarlas, cumpliendo con lo establecido en la etapa de proyecto y garantizando la habitabilidad de sus residentes.

**Salubridad:** Se debe realizar un adecuado abastecimiento de agua potable, así como la correcta canalización y evacuación de aguas residuales. También se tiene en cuenta los materiales empleados para la higiene del agua potable transportada, y para la circulación de las aguas residuales

En este aspecto, los criterios fueron aceptables en función de la evacuación de aguas residuales. Todo lo contrario sucede en la canalización pues ocurren pérdidas que terminan en filtraciones, y afectando la capacidad estructural de varios elementos

**Ventilación:** Esta debe realizarse de dos formas: a través de ventanas, abarcando la superficie ventanal mínimo un 10% de la superficie total que ventila, pudiendo emplearse también como entrada para la iluminación. Al margen de la anterior, se debe garantizar una ventilación continua las 24h de la vivienda mediante pequeños huecos o aireadores en la carpintería exterior. Esta sirve como medio de protección del edificio contra daños estructurales, como protección contra la humedad o para dificultar la aparición de enfermedades. En este caso se logra a través de puertas y ventanas ubicadas en cada apartamento

**Aislamiento térmico:** Mantener una temperatura confortable, garantizando una temperatura agradable y promoviendo el uso de edificios con “eficiencia energética” mediante el uso mínimo de gasto de energía destinado a este aspecto. Para desarrollar este aspecto se puede utilizar materiales como:

- Vermiculita y perlita, estos son minerales expandidos a altas temperaturas de calor (850 grados C) y se mezclan en los paneles aglomerados o biohormigón. No las atacan los microorganismos, insectos ni roedores
- Corcho aglomerado negro: Este tipo de corcho, con un grosor mayor que el habitual, se emplea en obras de aislamiento. Su principal uso es sobre paredes, aunque debido a su ligereza se puede emplear en techos
- Viruta de madera seca: Tiene una alta capacidad aislante y su principal uso es en cubiertas
- Fieltro de madera: Son paneles rígidos obtenidos por afieltrado y secado de madera resinosas. Tiene un empleo complementario en las estructuras debido a su pequeño grosor y posee buena capacidad de absorción acústica
- Fibra de vidrio: Presenta un bajo coeficiente de transmisión térmica y una alta resistencia
- Poliuretano: Es una espuma aislante que es de muy baja conductividad, y de gran resistencia térmica
- Aerogel: Presenta muy poca transferencia de calor y se comercializa a través de láminas flexibles

Cabe resaltar que los criterios expresados por los habitantes de dicha edificación a través de las entrevistas, es que lo consideraban mínimo aceptable el cumplimiento de este aspecto, ya que en tiempos fríos el edificio pierde muy fácilmente el mantener su capacidad térmica.

**Iluminación:** Se debe de garantizarse una iluminación natural durante las horas de sol, esta debe abarcar al menos un 15% de la superficie que ilumina, permitiendo realizar un

aprovechamiento energético y promoviendo también la “Eficiencia Energética” de la vivienda. Este aspecto depende del uso y destinación de cada habitación, exceptuando garajes o trasteros. En la estructura analizada las opiniones recopiladas y la inspección visual realizada a la obra dan como bueno el cumplimiento de este parámetro. En la edificación se cumple este criterio, puesto que el deterioro de una parte del ventanal contribuye a la penetración de la iluminación en la vivienda.

También existen otros aspectos, es frecuente que dentro de las condiciones mínimas de habitabilidad se exijan también:

- Servicios de telecomunicaciones, como antena de televisión o preinstalación de telefonía
- Servicios de transportes, ya sea transporte local o al exterior de la comunidad
- Postas médicas o centros de primeros auxilios
- Asistencia social como bomberos, organismos de protección, bodegas

### **3.3.2 Lineamientos constructivos a emplear en las edificaciones multifamiliares**

A continuación el autor propone un conjunto de lineamientos enfocados hacia la parte estructural de la edificación, como parte del resultado de la investigación, dirigido hacia el desarrollo eficiente de las estructuras emplazadas en el litoral norte occidental de nuestro país.

Para una mayor comprensión de estos se dividió en partes diferentes según su etapa de aplicación o función que cumple en la estructura. Estas partes son:

#### **Proceso tecnológico de elaboración del hormigón:**

- Un control estricto del proceso de elaboración. Este tiene en cuenta desde la selección, almacenaje y control de las materias primas hasta la preparación del hormigón en las plantas preparadoras y el proceso de mezclado, garantizando que el hormigón alcance las especificaciones de proyecto

- El empleo de los aditivos superfluidificantes, destacando el uso de los más novedosos, para lograr bajas relaciones agua/cemento con una laborabilidad óptima del hormigón y que estos lleguen con los requerimientos establecidos a la obra
- Garantizar un transporte adecuado del hormigón para su traslado a distancia, como son el caso de los camiones hormigoneras y evitar la manipulación clandestina de las mezclas de hormigón con agua, variando su relación agua/cemento y modificando sus características iniciales de resistencia y durabilidad
- Selección del equipamiento tecnológico adecuado para la colocación uniforme y continua del hormigón, evitando la aparición de imprevistos como la creación de juntas frías
- Garantizar un curado continuo y uniforme de la superficie del hormigón que se encuentra expuesta mediante compuestos formadores de membranas o con mantas húmedas para mantener la humedad durante el tiempo requerido para la finalización del curado

En esta etapa se tiene en cuenta que el hormigón utilizado sea el adecuado para la construcción que se va a realizar, desde el momento que se selecciona, hasta el proceso de curado, donde se tiene que garantizar que este se haga correctamente manteniendo la humedad superficial adecuada hasta que concluya este proceso.

#### **Estudios preliminares:**

- Garantizar, de carácter obligatorio, la solicitud de los estudios del suelo, por parte del inversionista, a organismos como la ENIA, entre otros, para determinar las características del suelo y que no existan cavernas en el subsuelo, elementos capaces de provocar asientos o derrumbes en la estructura sino se tienen en cuenta a la hora del diseño. Destacar que en muchas ocasiones no se realizan o se hacen de una manera ineficiente, donde no se detectan todos los problemas
- Realizar una cimentación adecuada al tipo de suelo, puesto que cada suelo presenta unas propiedades físico-mecánicas características y se hace necesario adaptar la cimentación a estas características. En caso de ser prefabricada es

necesario protegerlo, puesto que no presentan el mismo rendimiento ante distintos grados de agresividad ambiental. Este se logra mediante la aplicación de pinturas aplicables a este caso como resinas epóxicas, pinturas de prolipropileno, pinturas alquídicas. Además, se puede incrementar su recubrimiento sin alterar sus dimensiones mediante la variación de las barras de acero, manteniendo siempre la cuantía de acero determinada

- Se debe garantizar en los informes ingenieros – geológicos, la obtención de los elementos litológicos existentes, el agrietamiento y grado de descomposición de las rocas, la profundidad de las aguas subterráneas, el grado sísmico del área, el desarrollo de fenómenos cárnicos, las propiedades físico-mecánicas medias de todos los estratos, las tablas resúmenes de las propiedades físico–mecánicas de los diferentes estratos, las condiciones de trabajo de la base de la cimentación
- La cimentación debe estar ubicada a una profundidad adecuada para no verse afectada por daños asociados al cambio climático, trayendo consecuencias negativas a la estructura
- Realizar el Control de Autor para ir comprobando el correcto desarrollo y ejecución de la obra
- Determinar, mediante estudios, la capacidad portante del suelo y así conocer su reacción ante el efecto de las cargas provocado por la edificación

El estudio de las características de los suelos es un aspecto muy importante a la hora de estudiar el emplazamiento de una estructura, y a veces muy olvidado o mal ejecutado debido a la falta de presupuesto, siendo esta etapa donde se define muchos de los requisitos a cumplir por parte de los materiales, elementos o soluciones a emplear para un correcto desempeño. La ausencia o ineficiente estudio de este aspecto ha traído como resultado en muchas obras el mal colocamiento de muros, conjunto de escaleras o elevadores debido a la aparición de cavernas ubicadas en el mismo lugar en la parte del subsuelo. También ha provocado la formación de asientos o incluso derrumbes parciales de algunas edificaciones debido a no conocer las características y composición del suelo.

### **Criterios estructurales:**

- Tener en cuenta a la hora del diseño las cargas horizontales actuantes, como es el caso de los vientos (ya sea sostenidos o rachas) , dando cumplimiento a la “NC 285:2003 Cargas de viento. Método de cálculo” y teniendo en cuenta las características particulares de la zona de emplazamiento como son la dirección del viento y su magnitud
- El cimiento debe tener una barrera que impida el paso de la humedad hacia los muros, y diseñar la junta de manera especial que cumpla este factor
- Garantizar el cumplimiento de los requisitos de la NC 250: 2005 “Hormigón estructural. Requisitos de durabilidad “
- Analizar la dirección predominante de los vientos en la zona donde se va a emplazar la edificación para así evitar el efecto “tipo pantalla” donde la estructura se encuentra sometida a una mayor área e intensidad de impacto de los iones cloruros provenientes de las costas
- En estructuras prefabricadas, incluir en el interior de los muros de carga desde su fabricación las tuberías de las redes técnicas, empleándose mayormente para zonas húmedas como el baño o la cocina
- Edificarlas a una altura superior al máximo nivel de cota de penetración del mar, teniendo en cuenta los registros históricos de la zona
- Utilizar formas de protección sobre los elementos de metal expuestos o con poco recubrimiento como son los aceros de refuerzo o conexiones, como es el caso de la capa de galvanizado
- En la colocación de barandales se debe tener una superficie de agarre que se ajuste al tamaño de estos. Junto a las ventanas y escaleras, se deben usar materiales para su elaboración que sean resistente a la corrosión o dotar de una protección a materiales como el aluminio
- Emplear juntas húmedas, puesto que las uniones húmedas son más adecuada para soportar grandes pesos que la secas. También son menos sensibles a imperfecciones en el montaje

- Evitar los desperfectos en la superficie de soldadura, como son la aspereza, fracturas u orificios debido a la dificultad que trae consigo cubrirlo de manera eficiente con pinturas protectoras
- Los pernos, arandelas y tuercas deben estar protegidos contra la corrosión mediante morteros estructurales con alta compacidad, donde lleva una protección de pintura antes de ensamblar para obtener la misma durabilidad que la protección de la estructura. No es necesario el uso de recubrimientos de segundo orden
- Realizar un correcto sellado de orificios pequeños, uniones solapadas y hendiduras ciegas mediante soldadura de acero sobresaliente alrededor de todas las secciones, y mallas de 6mm para barras de gran diámetro
- Utilizar una granulometría de los áridos adecuada a zonas costeras, donde es necesario emplear áridos con la menor cantidad y superficie de poros para así evitar la penetración de los iones cloruros, destacando la necesidad de seleccionar canteras afines a este criterio
- Colocar por debajo del nivel de penetración del mar los elementos de fácil evacuación

En esta etapa es donde se logra una mejor eficiencia estructural y funcional de la edificación mediante el empleo de soluciones técnicas dirigidas a lograr un mayor rendimiento de materiales y elementos, y adaptarlos a las zonas costeras para que cumplan satisfactoriamente con el período de diseño para el cual fue concebido.

**Terminación:**

- Dotar de carácter obligatorio, pinturas de protección adecuada a las condiciones ambientales donde se encuentra enclavada la obra (pinturas impermeabilizantes) como viniles, superviniles, pinturas epóxica ;y en interiores utilizar pinturas transpirantes
- Emplear un correcto sistema de evacuación de aguas mediante un sistema de captación de agua de lluvia, o caída libre mediante adecuar el entorno para que el agua no salpique o erosione el suelo, esto se logra creando una franja de gravilla o grava donde rompe y no salpica, o mediante la construcción de aceras

- Ubicar los sistemas de electricidad, gas y agua del edificio por encima del nivel de inundación
- En caso de instalar algún tanque de agua elevado debe ser en la parte más alejada del mar en la estructura
- Instalar el sistema de agua potable por encima del terreno para evitar que afecte la higiene de las misma, y emplear válvulas de cierre para separar las tuberías de desechos ante el peligro de inundaciones
- Realizar una correcta selección y colocación de la manta asfáltica, y analizar si el sistema de impermeabilización es compatible con el ambiente porque las mantas asfálticas no tienen igual comportamiento cercano a costas

### **NC 250: 2005 “Hormigón estructural. Requisitos de durabilidad”**

Esta norma analiza los requisitos de durabilidad del hormigón estructural, sirviendo como un material de apoyo y complementación al resultado de la investigación. Los lineamientos antes planteados se complementan con los existentes en la norma para crear finalmente el conjunto de lineamientos que da como resultado esta investigación. Aunque presenta el inconveniente de que en algunos de los aspectos tratados no tiene en cuenta las especificaciones para el trabajo en zonas costeras o abordan el aspecto de una manera muy general, entrando en esta categoría el tamaño del arido o la compactación; mientras otros se complementan de manera idónea a la investigación como es el caso del recubrimiento de hormigón o la máxima relación A/C en función del nivel de agresividad. No obstante, constituye una fuente de gran importancia para el desarrollo de los resultados de la investigación. Esta compuesta por:

Aspectos tratados de manera específica:

- Hormigones expuestos a la atmósfera, al agua (de mar, salobre, dulce o freática) y a suelos comunes, donde se aborda: la Máxima relación A/C, Tipos generales de exposición relativos a la corrosión de las armaduras de refuerzo
- Contenido de cloruros en el hormigón en función de la utilización del hormigón
- Recubrimiento del hormigón en función del elemento estructural

- Control de fisuración determinado por el nivel de agresividad a que este sometido
- Consistencia del hormigón en dependencia de la valoración cualitativa obtenida a través del Cono de Abrams
- Aditivos, se analiza las especificaciones para los reductores de agua y los reductores de alto rango (superplastificantes)
- Tamaño máximo del árido, aunque este no abarca el análisis correspondiente a hormigones de altas prestaciones, propuesta del autor para ambientes costeros
- Compactación, donde se aborda de manera muy general este proceso
- Curado, donde se aborda el tiempo de duración en función de las características del cemento
- Juntas, analiza sus características generales en dependencia de su función

Aspectos tratados a manera de mención:

- Control de la calidad de los materiales componentes del hormigón
- Riguroso Control de Autor y Control Técnico de Obra
- Dosificación bien proporcionada de la mezcla
- No empleo de aditivos que contengan sales y otras sustancias perjudiciales desde el punto de vista de la corrosión
- Medios adecuados de preparación, transporte, vertido y compactación del hormigón, que garanticen la continuidad, compacidad y homogeneidad de la estructura
- Control de calidad del hormigón. Aceptación o rechazo de éste, en función también del cumplimiento de los requisitos de durabilidad
- Curado realizado en el tiempo requerido y con la técnica adecuada.

### **Lineamientos generales**

- Utilizar materiales como el Plástico Reforzado de Fibra de Vidrio, este material se viene empleando hace 50 años en la construcción pero su uso para elementos en zonas costeras es novedoso

- Promover el uso de Polietileno de Altas Densidades (PEAD) puesto que este material tiene una masa muy compacta y maciza que mejoran su desempeño
- En elementos sumergidos o lugares donde el agua y la humedad no presenten grandes variaciones, es ideal el uso de la madera
- Se recomienda el uso de hormigones de altas prestaciones (40MPa de resistencia característica a compresión del hormigón  $R'_{bk}$ ) como el Cemento Portland Compuesto CPC 40 RS
- Utilizar cementos con escoria de Alto Horno y de cenizas volantes
- Utilizar los cementos Portland con contenidos de aluminato tricalcico C3A bajos o moderados
- Realizar una correcta planificación de los mantenimientos a la estructura para conservar correctamente su estado estructural y funcional
- Preservar bosques y manglares como barreras naturales o cortinas rompevientos que protegen a las edificaciones contra la acción directa

## **Conclusiones parciales**

1. La comunidad costera 28 de Octubre constituye una fuente de análisis y estudio para el desarrollo de estrategias contra la acción agresiva del medio ambiente costero, y como objeto de estudio para desarrollar nuevas técnicas constructivas mejor adaptadas a las condiciones cambiantes del clima y del medioambiente a todas las escalas
2. La evaluación realizada permite confirmar que la acción combinada de los desaciertos constructivos cometidos, tanto a nivel de proyecto como en su ejecución, junto a la mala selección del sistema constructivo empleado, ha traído como resultado que las estructuras emplazadas en zonas costeras no tengan ni la durabilidad ni habitabilidad requerida
3. Se han conformado un conjunto de lineamientos constructivos a través del análisis hecho, sobre la base de la evaluación integral realizada, y tomando en consideración los criterios generalizados obtenidos en las entrevistas al grupo focal en función de obtener mejor habitabilidad y un rendimiento más eficiente de las estructuras

## Conclusiones

1. La revisión bibliográfica y estado del arte han demostrado la problemática existente en zonas costeras debido a los procesos de degradación a los que se encuentran sometidos las estructuras, siendo necesidad dar respuesta a esta situación para un mayor rendimiento de estas estructuras y mejorar la calidad de vida de sus habitantes
2. Se empleo una secuencia metodológica capaz de dar respuesta a los objetivos propuestos al principio de la investigación mediante el empleo de métodos teóricos y empiricos, proporcionando una información útil y detallada para la confección de los lineamientos constructivos aplicables a las características de las zonas costeras del litoral norte occidental de nuestro país
3. Se ha detectado e identificado los efectos negativos provocados por la acción agresiva del ambiente costero mediante el diagnóstico y evaluación comprendida en la investigación, demostrando el alto grado de degradación estructural y confirmando la necesidad de elaborar soluciones a través de lineamientos para obtener una mayor durabilidad y habitabilidad
4. A partir del análisis realizado en la zona de estudio se ha elaborado un conjunto de lineamientos para edificaciones multifamiliares con el fin de obtener una estructura que responda de manera más eficiente ante las características predominantes en zonas costeras, destacando la concepción de estructuras con un alto grado de durabilidad, habitabilidad y estética

## **Recomendaciones**

1. Presentar los lineamientos elaborados en la investigación a organismos como el CITMA, IPF, MICONS con vistas a emplear en requerimientos e indicaciones para otorgar licencias a obras en zonas costeras. Además, crear un primer contacto para la creación futura de una norma sobre construcciones de edificaciones para zonas costeras
2. Recomendar al gobierno de 28 de Octubre la utilización de este documento, a partir del diagnóstico y evaluación realizado a las edificaciones multifamiliares, el empleo de los lineamientos constructivos obtenidos para mejorar la durabilidad y habitabilidad de sus construcciones

## Referencias bibliográficas

- AROZARENA, L. E., 2003. *Cómo construir mi vivienda?*. s.l.:CENCSUT.
- BARÓ, J. 2016. Programa Estratégico de Manejo Integrado Costero de la Bahía de Matanzas 2016-2030.
- BARRAGÁN, J. M. 2005. *La Gestión de Áreas Litorales en España y Latinoamérica.*, España, Servicio de Publicaciones Universidad de Cádiz (UCA).
- BUGALLO, S. G. 2018. Que las costas “no se echen para atrás”. *Cubahora* [Online]. Available: [www.cubahora.cu/ciencia-y-tecnología/que-las-costas-no-se-echen-para-atrás](http://www.cubahora.cu/ciencia-y-tecnología/que-las-costas-no-se-echen-para-atras).
- CABRERA, D. M. J. A. 2009. Programa de manejo integrado costero. Martí. Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camaguey.
- CABRERA, J. A. Ordenamiento ambiental del espacio geográfico Playa Menéndez-Salinas Bidos del municipio Martí. Martí, Matanzas.
- CABRERA, J. A. 2017. TAREA VIDA: UN RETO PARA LA PARTICIPACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE MATANZAS.
- CARCAÑO, R. S., 2005. Durabilidad en la estructura de concreto de vivienda en zona costera. *Ingeniería*, Vol. 9(No. 1).
- CLARK, J. R. 1977. *Coastal Ecosystem Management*.
- COSTERAS, P. R. D. P. 2006. Gestión costera integrada, ¿realmente tenemos elección?
- CHALMERS, P. 2014. *Cambio Climático: Implicaciones para los Edificios. Hallazgos Claves del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, Fundación Europea del Clima (ECF), el Instituto Europeo de Rendimiento de los Edificios (BPIE), la Red Global del Rendimiento de los Edificios (GBPN), el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD) y la Universidad de Cambridge a través de la Judge Business School (CJBS) y el Instituto de Liderazgo en Sostenibilidad (CISL).
- CONSEJO DE ESTADO, 2000. Decreto-Ley 212.
- CONSEJO DE ESTADO, 2016. Decreto Ley de Costas Cuba.

- GARCÍA, J. & CISNERO, Y. 2005. *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN PARA LAS CIENCIAS ADMINISTRATIVAS*.
- GUERRA, E. A. 2016. *PROGRAMA DE INTERVENCIÓN PARA LAS EDIFICACIONES DE LA COMUNIDAD COSTERA 28 DE OCTUBRE, DEL MUNICIPIO DE MARTÍ*. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.
- GUTIÉRREZ, E. P. 2013. *Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba*. Instituto de Meteorología. Agencia de Medio Ambiente. Ministerio de Ciencia. Medio Ambiente y Tecnología. La Habana Cuba.
- HAMUI, A., 2013. *La técnica de grupos focales*. s.l.:s.n.
- HERRÁN, C. 2012. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS CONSECUENCIAS PARA A.L. Proyecto Energía y Clima de la Fundación Friedrich Ebert – FES [Online].
- HERRINGTON, T. O. 2001. Manual for coastal hazard mitigation.
- IECA, 2013. *Hormigón en ambiente marino*, Madrid: s.n.
- INFOMIN, 2012. LA CORROSIÓN EN LA INDUSTRIA SALINERA.. *INFOMIN*, Vol. 4(No. 2), pp. pp.54-65.
- JUAN JOSÉ HOWLAND, A. C. V., 2017. *El ambiente agresivo costero de La Habana y su impacto sobre las estructuras de hormigón armado*. La Habana: Científico-Técnica.
- NC 97-2001 Cemento albañilería. Especificaciones
- NC 250-2005 Hormigón estructural. Requisitos de durabilidad
- NC 285.2003 Carga de viento.Método de cálculo
- NIEVA, A. B., 2005. *Guía de construcción sostenible*. s.l.:s.n.
- LAGO, M. G. (ed.) 2015. *DIAGNÓSTICO DE LOS DETERIOROS EN LOS EDIFICIOS DE LA COMUNIDAD COSTERA “28 DE OCTUBRE”, DEL MUNICIPIO MARTÍ*.
- LISET LEÓN CONSUEGRA, A. C. V., 2015. CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO COSTERO EN CUBA.CASO DE ESTUDIO EL MORRILLO.
- PERUZZO, E. K. 2008. La Normativa de la Edificación, el CTE y el reto de la Sostenibilidad.

- ROSARIO, O. R. 2013. *LA EXPERIENCIA DE CUBA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO*, CITMA.
- TURNBULL, C. D. A. M. 2013. *Hacia la Resiliencia. Una Guía para la Reducción del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático*, United States Conference of Catholic Bishops.
- U.S.ARMY 1984. *Shore Protection Manual*.
- U.S.ARMY CORPS OF ENGINEERS 2002. *Coastal Engineering Manual*
- U.S. DEPARTMENT OF HOMELAND SECURITY 2011. *Coastal Construction Manual*.
- VALDÉS, A. C., 2008. *CARACTERIZACIÓN DE LA CORROSIÓN EN EL ACERO DE REFUERZO DEL HORMIGÓN ARMADO EN PRESENCIA DE IONES CLORURO.. Revista CENIC Ciencias Químicas,, Vol. 39(No. 1).*



