

Caracterización del Sistema Tradicional de Cimentación Profunda en Mangle y su Impacto en los Bosques de Manglar de Buenaventura

Leonardo Rodríguez Murillo¹

lrodriguez@unipacifico.edu.co

<https://orcid.org/0009-0002-1909-2278>

Universidad del Pacífico
Colombia

Henry Díaz Benavidez

hdiaz@unipacifico.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-1057-8039>

Universidad del Pacífico
Colombia

RESUMEN

En la región del Pacífico colombiano, específicamente en el Distrito Especial de Buenaventura, se realiza una práctica de ejecución de cimentaciones profundas muy particular, la cual se describe y analiza con un enfoque en la identificación del impacto de esta práctica en los bosques de manglar, donde se examina el proceso de explotación de los recursos material, el aprovechamiento y el proceso constructivo, así como el papel del recurso humano involucrado, con el objetivo de comprender las razones detrás de su uso prolongado por diversos grupos socioeconómicos en la región. La interacción de intereses y necesidades divergentes resalta la necesidad de no solo evaluar el impacto actual de la sobreexplotación y posible extinción del manglar, sino también de proponer soluciones que no perjudiquen a las comunidades que dependen de este recurso como sustento y base para su hábitat construido. Se plantea la reflexión sobre posibles recomposiciones en el proceso constructivo no formal y la creación de asociaciones de cultivadores de manglar u otros recursos renovables. En cuanto a la metodología empleada, se destaca la inmersión en el entorno de construcción mediante un seguimiento de obras y entrevistas estructuradas con expertos locales, permitiendo una comprensión profunda de las dinámicas y procesos involucrados en estos proyectos.

Palabras clave: cimentaciones profundas; manglar; construcción tradicional

¹ Autor principal.

Correspondencia: lrodriguez@unipacifico.edu.co

Characterization of the Traditional Deep Foundation System in Mangroves and its Impact on Mangrove Forests in Buenaventura

ABSTRACT

In the Colombian Pacific region, specifically in the Special District of Buenaventura, a unique practice of deep foundation execution takes place, which is described and analyzed with a focus on identifying the impact of this practice on mangrove forests. The exploitation process of material resources, utilization, and construction process are examined, along with the role of the human resources involved, aiming to comprehend the reasons behind its prolonged use by diverse socio-economic groups in the region. The interaction of conflicting interests and needs emphasizes the necessity not only to assess the current impact of overexploitation and possible extinction of the mangrove but also to propose solutions that do not harm the communities relying on this resource for sustenance and as a foundation for their built habitat. Reflection on possible recompositions in the non-formal construction process and the creation of associations of mangrove cultivators or other renewable resources is suggested. Regarding the employed methodology, emphasis is placed on immersion in the construction environment through project monitoring and structured interviews with local experts, allowing for a comprehensive understanding of the dynamics and processes involved in these projects.

Keywords: deep foundations; mangrove; traditional construction

Artículo recibido 18 noviembre 2023
Aceptado para publicación: 28 diciembre 2023

INTRODUCCIÓN

A partir de la necesidad de identificar y documentar los saberes ancestrales de la región en relación con la construcción de viviendas, lo cual es un tema muy amplio, se decidió realizar el proceso investigativo por etapas, con el fin de profundizar en cada aspecto del proceso constructivo, es por ello, que en este documento se presenta una de las etapas de dicho proceso; las componentes básicas de una edificación se pueden estudiar y analizar de manera independiente, sin perder la visión integral de la construcción como una unidad, así pues, afrontaremos el tema de las cimentaciones profundas tradicionales de la vivienda en Buenaventura.

Se enfocó el proceso investigativo en casco urbano del Distrito de Buenaventura, ubicado al occidente de Colombia sobre el océano Pacífico, lo cual facilita la movilidad y la eficiencia en cuanto a la recolección de datos, además, de contar con un amplio grupo de constructores locales, como también, las dependencias de la CVC² y otras entidades relacionadas con el tema a indagar.

Las cimentaciones para las viviendas en Buenaventura, por lo general se realizan mediante un proceso constructivo que tiene sus particularidades con respecto a la manera como se construyen en otras regiones del país, no significa que sea una manera única de hacer cimientos, pero sí, que esta forma de construir está muy arraigada entre los constructores locales.

Como objetivo principal se planteó la necesidad de caracterizar el proceso constructivo, tanto en la manera como se construye y la materialidad, sin dejar de lado como esta tradición constructiva ha impactado el ecosistema de la región, y en particular, el bosque de manglar local, por lo que, se espera que de la caracterización resultante permita a futuro formular pautas para la mejora del proceso de construcción, como también del manejo y aprovechamiento del recurso natural del bosque de manglar.

² Corporación Ambiental del Valle del Cauca-Dirección Ambiental Regional Pacífico Oeste, Carrera 2B No.7-26, calle Cubaradó-Buenaventura Valle.

METODOLOGÍA

La presente investigación se centra en el estudio de las cimentaciones profundas tradicionales en Buenaventura, adoptando un enfoque cualitativo de carácter exploratorio, descriptivo y explicativo, donde el diseño metodológico se desarrollo bajo un enfoque observacional, dirigiendo la atención hacia la población de estudio ubicada en la región del Pacífico, específicamente en el Distrito de Buenaventura.

Para asegurar la validez y profundidad de la investigación, se llevarán a cabo consultas exhaustivas con expertos en ingeniería de cimentaciones, así como con constructores locales que posean una comprensión arraigada de las prácticas constructivas en la zona, dstacandose la colaboración de la Asociación de Pilotos, un grupo clave en la región especializado en técnicas de cimentación tradicional, lo cual enriquecerá significativamente la recopilación de datos.

El trabajo de campo desempeñará un papel esencial en el proceso investigativo, consistiendo en un seguimiento directo de obras de construcción en la localidad, además, de fomentar la participación activa de semilleros de investigación de la institucion para la recolección de datos y evidencias, lo que permitio obtener perspectivas valiosas desde diversas disciplinas y promover un enfoque interdisciplinario en la investigación.

La recolección de datos se llevará a cabo mediante múltiples métodos, entre ellos, visitas de obra para la observación directa y recolección de evidencias como fotografías y levantamientos planimetricos, encuestas aplicadas a los actores involucrados, entrevistas detalladas con expertos y constructores locales, así como una revisión exhaustiva de documentos relacionados con las prácticas de cimentación en la región. Este enfoque integral garantizará la obtención de datos precisos y contextualizados, permitiendo un análisis profundo de las cimentaciones profundas tradicionales en Buenaventura.

ANTECEDENTES

El pilote como elemento esencial en la cimentación se remonta hasta el Neolítico, y en el mundo hay evidencias de su uso distribuidas en distintos puntos de la geografía mundial. Desde tiempos remotos surgió la necesidad de mejorar la capacidad portante de los suelos donde se pretendía edificar, o en otros casos, surgió la necesidad de elevarse para protegerse de los peligros y condiciones del entorno, como

inundaciones, animales salvajes y hasta del mismo hombre.

El uso de la madera surge de manera lógica y espontánea, ya que ésta genera las condiciones físicas y mecánicas adecuadas para la fabricación del pilote, y además, la madera está disponible en la mayoría de lugares del mundo, material que se puede manipular y trabajar con herramientas simples, y que requiere poco personal para su manejo.

Entre los lugares donde se evidencia el uso de pilotes de madera en otros momentos de la historia y encontrados en registros históricos, esta la región del Éfeso, que hoy en día es parte de Turquía, y donde hay restos arqueológicos en los cuales se observa el uso de pilotes en la construcción de un templo de aproximadamente 600 años antes de la era cristiana; en Inglaterra también se encuentran evidencias en restos de construcciones romanas cercanas a los dos milenios de antigüedad, y que al parecer se conservan en buen estado, como también, hay evidencias en ciudades de la antigüedad como Venecia, cimentada con estos materiales (madera) y estas técnicas constructivas, las cuales, aún hoy, siguen en pie.

En la desembocadura del río Sarno (Italia), se descubre que había palafitos asentados en los canales, presentando cierta semejanza a Venecia. Jensen Gomez (2014); como también, en los hallazgos arqueológicos desde el siglo XIX hasta la fecha en la región de las zonas lacustres del arco alpino en Suiza, en los restos de las construcciones realizadas por las tribus “*habitantes de los lagos suizos*” con el objeto de elevar sus moradas del suelo para evitar la acción de los animales salvajes. Peraza E, (2004); además, en Francia, Italia, Alemania, Austria y Eslovenia, se usaron palafitos que dan testimonio de los Primeros Poblados en el período comprendido del 5,000 al 500 a. C. Keystone/Eddy Risch (2011). Excavaciones realizadas en una antigua vía romana muy próxima a la ciudad de Rochester, Inglaterra, revelaron restos del uso de pilotes con más de 1900 años de antigüedad que a día de hoy, presentan muy buenas condiciones de conservación (Haldeman, 1982).

En Latinoamérica también hay evidencias del uso de los palafitos en madera, y encontramos por ejemplo, en Argentina, específicamente en el río Paraná, que debido a las inundaciones recurrentes de este río, se incorporó el pilote de madera en la construcción de todo tipo de edificios tanto públicos como comerciales, escuelas y casas. Jensen Gomez (2014), al igual que en la región de los lagos en Chile.

A nivel local en la región del Pacífico colombiano, esa necesidad no ha sido ajena a las dinámicas que se han presentado en otras regiones del mundo, y en especial tratándose de una región con unas características del suelo evidentemente deficientes³, el pilote aparece como una necesidad de vencer las capas menos resistentes de los suelos con baja capacidad portante, los cuales son la constante en la región del Pacífico, constituidos generalmente por suelos arcillosos en sus capas superficiales y de mediana profundidad de entre 5 a 15 metros, estas características del suelo han incidido en la forma como enfrentan el proceso constructivo de las cimentaciones los constructores locales, a través de la historia de la ocupación del suelo urbano de cada uno de los núcleos poblacionales de esta región, y en especial como lo es, la ciudad caso de estudio Buenaventura.

El pilote para el caso de Buenaventura, comenzó a utilizarse en los años 70, Portocarrero Cuero (2014), a partir de la migración que se fue haciendo de las cimentaciones superficiales, o poco profundas de las edificaciones de madera, las cuales inicialmente se soportaban sobre bambas⁴, a las cimentaciones profundas que se empezaron a incorporar a las nuevas edificaciones en ladrillo y concreto reforzado; lo cual inicia el uso indiscriminado del mangle que abundaba en las zonas costeras del Pacífico en sus diversas variedades, y en especial el Mangle Rojo (RHIZOPHORA MANGLE), Mangle Blanco Rhizophora harrisonii y el Nato (Mora oleífera), UNIPACIFICO-CVC (2014).

De acuerdo con los monitoreos del INVEMAR-CVC del año 2006, se llegó a intervenciones de hasta el 69% del manglar del Pacífico vallecaucano, lo que condujo a decretar la veda indefinida de este recurso natural por parte de la Corporación Ambiental regional (CVC), con el fin de buscar la recuperación y uso sostenible de estos ecosistemas. Los monitoreos continuaron en el año 2014, con el fin de definir la toma de decisiones al respecto.

La construcción de cimentaciones profundas utilizando el mangle y otras especies de los bosques de

³ De acuerdo a las Normas Sismo Resistentes colombianas, NSR-10, los suelos que se encuentran en la región del pacífico colombiano presentan los niveles más altos de aceleración y velocidad de los sismos (Aa , Av) además, de que en muchas zonas del casco urbano fue una práctica común el relleno con escombros y basuras en los esteros y áreas inundables.

⁴ Bamba: elemento de madera de forma rectangular, casi siempre cuadrada sobre la que se asentaban los elementos verticales de madera (columnas-horcones) que transmitían las cargas de la vivienda al suelo.

manglar, es un sistema constructivo de fácil ejecución, de naturaleza empírica en cuanto al calculo de la capacidad portante, tanto a la flexión (cargas horizontales por sismos), como a la compresión (cargas gravitacionales), lo definió en gran medida el uso indiscriminado para todo tipo de edificaciones en un territorio con condiciones de suelos similares, mayoritariamente constituido por arcillas blandas con alta plasticidad, muy saturadas de humedad, en estratos medios y superficiales, por lo general a no mas de 7 metros de profundidad, es decir, que las capas de mejor capacidad portante estan en profundidades mayores a los 7 metros (Portocarrero Cuero 2014).

En conclusion, el uso de pilotes de madera es y ha sido una práctica constructiva de larga data, y recurrencia de su uso en el tiempo, donde el incremento de la actividad constructora en los últimos veinte años aceleró el proceso de explotación de estos ecosistemas en su recurso maderable, el cual está ligado de manera indisoluble a la estabilidad de casi el 100 % de las edificaciones de la ciudad destinadas a vivienda, pero no de menor relevancia en otros usos, situacion que definió el futuro del manglar.

El Mangle y otras especies en Buenaventura

Distribución de los manglares

El municipio de Buenaventura está organizado ambientalmente, por las Unidades de Gestión de Cuencas (UGC), de acuerdo con el mapa de la Corporación Autónoma del Valle (CVC), en donde podemos observar que el Distrito de Buenaventura está dentro de la UGC de bahía Buenaventura.

Figura 1. Unidades de Gestión de Cuencas, municipio de Buenaventura.



Fuente: CVC DAR Pacifico Oeste

En la tabla 1, se pueden observar las zonas o sectores donde se localizan la mayor cantidad de individuos arbóreos de mangles, de acuerdo al convenio 0066 de 2014, “MONITOREO DEL ECOSISTEMA MANGLAR PACIFICO VALLECAUCANO UNIVERSIDAD DEL PACIFICO-CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, (2014), CONVENIO.

Tabla 1. Especies de mangle por zona

	Zona	Mangle
	Bahía Buenaventura	Mangle Rojo
	Bahía Málaga	Mangle Rojo
	Bajo San Juan	Mangle rojo y Piñuelo
	Cajambre	Mangle Rojo
	Yurumanguí	Mangle nato
	Naya	Mangle Rojo
	Mayorquín	Mangle Rojo
	Raposo	Mangle Rojo
	Dagua	Mangle rojo y Piñuelo
	Anchicayá	Mangle Rojo

Fuente: CVC DAR Pacifico Oeste. Elaboración propia.

En la tabla 2, podemos conocer algunas características de las especies de mangle que se encuentran en el Pacífico Colombiano. Las especies resaltadas en color corresponden a las que se encuentran en la zona del pacifico Vallecaucano (Buenaventura) en sus cuencas y bahías.

Tabla 2. Características de especies de manglar

Especie	Diámetro Basal	Altura	Edad	Reproducción	Capacidad Portante	Afectaciones
Mangle rojo: Rhizophora Mangle, amoensis Salvoza, harrisoni Mangle nato: Leechman y	1,53 m	Aprox. 30 m	Aprox. 25 años	Semilla	Pendiente de comprobación con estudios de campo, de laboratorio y documentales.	Insectos y Larvas
Mangle nato: Mora oleífera, M. megistosperma.	1,00 m	Aprox. 30 m	Aprox. 70 años	Semilla y Retoños del tronco cortado	Ídem	Ídem
Mangle blanco: Laguncularia racemosa	0,60 a 1,00 m	Aprox. 15 a 25 m	Aprox. 10 años	Semilla	Ídem	Ídem
Mangle negro: Avicennia germinans y el tonduzil Moldenke	0,20 a 0,60 m	Aprox. 2 a 8 m	Aprox. 15 años	Semilla	Ídem	Ídem
Mangle piñuelo: P. Rhizophorae Trianea	3,00 m	Aprox. 15 a 20 m		Semilla	Ídem	Ídem
Mangle Zaragoza: Conocarpus erectus	1,00 m	Aprox. 20 m		Semilla	Ídem	Ídem

Fuentes: DAR PACIFICO OESTE. Elaboración propia

La palma de chonta (*Astrocaryum standleyanum* L.H.Bailey)

Las viviendas construidas sobre las áreas de bajamar (zonas inundables por las mareas altas), son de madera y por lo general se cimientan sobre pilotes de palma de chonta, comúnmente denominados en la zona como “horcones”, en longitudes de hasta 8 metros, y con diámetros de 3 a 4 pulgadas, esta materialidad genera una carga muerta sobre el terreno muy baja, y las cargas vivas generalmente se mantienen por debajo de las mínimas consideradas en la norma ($1,8 \text{ kN/m}^2$), en muchos casos son viviendas parentales donde la ocupación es de 5 a 6 personas por vivienda, en áreas de espacio habitable que oscilan entre los 60 a 70 m^2 .

Figura 2. Casas de bajamar sobre palafitos de chonta



Fuente: elaboración propia

Estos “horcones” o palafitos trabajan a la fricción, por ello, entre los riesgos a considerar es la licuefacción o licuación⁵ del suelo que se produce en eventos sísmicos, debido a que este tipo de viviendas todas ellas ubicadas en zonas de bajamar, cuyos terrenos fangosos constituidos en capas que pueden oscilar entre 1 a 3 m de profundidad.

La cimentación profunda tradicional en Buenaventura

En Buenaventura, la cimentación profunda tradicional utiliza en los procesos constructivos el pilote de madera, casi exclusivamente en la construcción de edificaciones de pequeño y mediano formato, y por lo general, en obras de carácter informal. Estos pilotes se empotran en el terreno utilizando técnicas de hincado manual o con la ayuda de medios mecánicos no especializados, es decir, que los equipos utilizados no están diseñados para el hincado, esto debido a los costos de alquilar estos equipos especializados y en algunos casos esta labor se realiza con una máquina retroexcavadora.

⁵ Proceso mecánico mediante el cual los suelos poco consolidados, sufren la interacción del agua subterránea en su composición, llenando los espacios entre las partículas del mismo, generando un suelo con poca o ninguna capacidad portante, debido a su nueva contextura casi líquida, proceso que se produce por lo general debido a movimientos sísmicos de mediana o alta intensidad.

Figura 3. Pilotes de Nato listos para su comercialización



Fuente: elaboración propia.

Definición de pilote de madera

Son elementos de madera rolliza (cilíndrica) y rectos, que para el caso de las cimentaciones, se conforman en punta en su parte más delgada para facilitar su hinchamiento (introducción) o empotramiento en el terreno (subsuelo). Su función principal es la transmisión de cargas a las capas más profundas del suelo.

Definición de cimentación profunda

Cuando la capa resistente no se puede alcanzar de manera directa por la cimentación de la edificación, es decir en capas superficiales del terreno, es preciso alcanzar el suelo firme mediante otros elementos constructivos como pilotes.

Figura 4. Pilotes antes y después de su colocación



Fuente: elaboración propia.

Los suelos de Buenaventura

Buenaventura está localizada sobre zona de amenaza sísmica alta (NSR-10)⁶, por las condiciones propias

⁶ Normas Sismo Resistentes colombianas.

climatológicas de la zona, se presentan altas humedades en los suelos, generalmente son suelos arcillosos saturados de humedad, aspecto que afecta a la infraestructura vial, redes y construcciones, elevando los costos de construcción y mantenimiento.

Muchas zonas de la ciudad sobre todo en las áreas de bajamar⁷ denominadas coloquialmente “bajamareas” y aledañas a estas, los suelos están constituidos por rellenos de diversos materiales realizados de manera espontánea por la misma población, y que luego ocupa sus viviendas de diferente tipología, materialidad y altura.

En general, en la mayor parte del territorio los suelos son arcillosos, con algunas capas de color más oscuro (gris), que se ubican en profundidades medias de 4 metros, esta capa denominada comúnmente limolita o “peña”, presenta mayor capacidad portante que las arcillas de colores claros (beige y rojizas).

Figura 5. Excavación para cimentación tipo zapata aislada, en Buenaventura



Fuente: elaboración propia

El proceso de Hincado

Las actividades para la ejecución del hincado de pilotes son responsabilidad del maestro de obra o maestro pilotero, y las decisiones en cuanto al número de palos por zapata como el largo de los pilotes se hace de manera empírica, pues la experiencia del maestro es la que determina el número y profundidad de los palos. Definir la longitud de profundidad que debe penetrar el pilote en el terreno se hace de acuerdo al criterio del maestro o pilotero, y básicamente la decisión de definir la profundidad de hincado se da por dos métodos:

⁷ Áreas de terreno aledañas al borde marino, las cuales quedan al descubierto cuando se produce el ciclo de bajada del nivel del mar (baja mar), producto de los ciclos de subidas y bajadas de las aguas de los océanos, estas mismas áreas quedan totalmente cubiertas cuando el ciclo contrario (alta marea o pleamar) se cumple.

Metodo 1

Se basa en la experiencia del maestro o piloto, que de acuerdo a su amplia experiencia ya ha generado un mapa mental de la ciudad, lo que le permite determinar las profundidades según la zona donde está ubicada la construcción.

Metodo 2

Este metodo implica la introducción inicial de un pilote en el suelo hasta que este encuentre la resistencia adecuada y ya no se hunda más. En este punto, el encargado de la obra determina que la punta del pilote ha alcanzado la capa firme del terreno. Previamente, se ha medido la longitud total del pilote, por lo que solo es necesario restar la parte que no ha penetrado en el suelo, así de esta manera, se procede a cortar los pilotes a la longitud calculada con precisión.

Es posible que el pilote penetre completamente en el suelo, lo que requiere repetir la operación con un pilote de longitud adicional. En este escenario, una vez que el primer pilote se ha hundido completamente y no ha encontrado resistencia, indica que aún no se ha alcanzado la capa firme del terreno. En consecuencia, se procede a utilizar un pilote de longitud mayor para asegurar que alcance la profundidad necesaria y proporcione el soporte estructural adecuado

Ciertamente, existe una variante de este método que implica la utilización de una barra de acero corrugada para construcción. Esta barra se introduce manualmente en el suelo mediante golpes con un mazo, siguiendo el mismo criterio de hincado que se aplica en el caso del pilote de madera. Al igual que con el pilote, se busca alcanzar la capa firme del terreno, evaluando la resistencia encontrada durante el proceso.

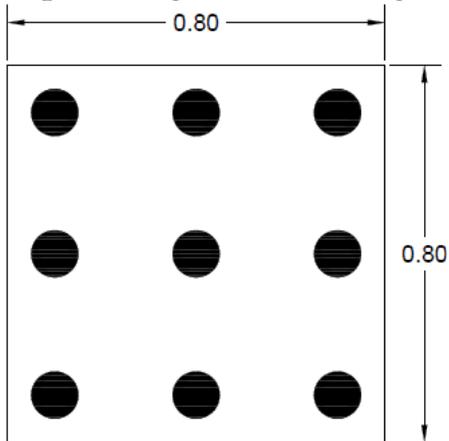
Definición cantidad de palos

Siguiendo los mismos procedimientos basados en la empírica, cada maestro define la cantidad de palos por zapata de acuerdo a varios criterios como el número de pisos de la edificación, o hincar los palos que puedan caber en el área determinada para cada zapata, o en otras palabras los que se deje hincar, y esto de alguna manera tiene su lógica, pues en la medida que se van hincando los palos unos junto a otros el suelo tiende a oponer más resistencia, por lo que los primeros palos van a entrar más fácilmente que los últimos.

Según cuentan los constructores locales, por regla general en una zapata de 80 cm de lado, ideal para una

edificación de hasta 2 pisos, se suelen hincar 9 palos.

Figura 6. Esquema distribución palos



Fuente: elaboración propia.

En todo caso, la cantidad de palos ha ido variando en el tiempo puesto que al ir migrando de especies de mangle de mayor diámetro a especies de menor diámetro como el Nato; especie que se utiliza exclusivamente en la actualidad, el número de palos tiende a aumentar para compensar esa pérdida de tamaño. El consenso general entre los constructores locales en este aspecto es muy disperso, pues cada uno va aplicando lo que cree que va a funcionar de acuerdo a sus criterios personales.

Equipos y herramientas

Para el proceso de hincado básicamente se utilizan dos equipos especializados: el martillo y el burro.

Además de las herramientas básicas convencionales como martillos, sierras, palas, tenazas, entre otras.

El martillo

Consiste en un elemento que aprovecha su peso y caída en libre sobre el pilote de mangle, oscila entre los 70kg a 220 kg, para lo cual utilizan un rango de 18 a 24 hombres para el martillo más pesado, y hasta 8 hombres para el martillo más liviano, repartidos en partes iguales a ambos lados de la cuerda que lo sostiene y lo deja caer. Este elemento que está construido por segmentos de rieles de vía férrea soldados alrededor de cilindros de acero con diámetros entre 19 hasta 34 cm y alturas entre 37 a 45 cm, los cuales se rellenan con un núcleo de concreto reforzado con acero, para darle mayor peso y rigidez, por lo general este equipo se consigue en alquiler.

Figura 7. Martillos



Fuente: elaboración propia

El burro

El burro consiste en una suerte de trípode elaborado con varas de madera rolliza, la altura es variable, de acuerdo a la longitud del “palo” que se va a hincar, en la parte superior del burro se instala una polea para alojar las cuerdas con las cuales se va a izar el martillo, en uno de los lados del trípode por lo general se colocan unos travesaños a manera de escalera para permitir que uno de los pilotos se suba y haga la función de controlar la dirección del martillo cuando este está en caída libre sobre el pilote, a este se le conoce como el apuntador. Este equipo también se puede alquilar o fabricar en obra.

Figura 8. Hicado pilote con el burro



Fuente: elaboración propia.

Ejecución del proceso

En la construcción de una cimentación profunda tradicional se realizan las siguientes actividades:

1. Localización y replanteo de la cimentación (localización de cada zapata).
2. Excavación de zanjas (“huecos para zapatas”).
3. Preparacion de los palos.
4. Montaje del burro.
5. Descabezado de los pilotes.
6. Colocacion de armaduras y vertido del concreto de las zapatas y vigas de amarre.

El personal que interviene en la construcción de las cimentaciones se puede contratar de manera global, es decir que el equipo de trabajo hace todas las actividades o de manera parcializada donde la actividad del hincado se delega a un equipo especializado en el hincado de los pilotes, conocidos popularmente como “Piloteros” .

El equipo de “piloteros”

Para el hincado, los equipos de “Piloteros”, generalmente se conforman por grupos que varían en su número dependiendo de las necesidades o especificaciones de la obra. Dentro del grupo se distribuyen una serie de actividades específicas:

Preparación del palo

Se designa a un operario el cual se encarga de seleccionar, limpiar y cortar los palos a la longitud definida por el maestro de obra, además, de elegir los palos más rectos. A cada palo se le hace la punta, a manera de un lápiz, generalmente utilizando un hacha o una motosierra.

Figura 9. Preparacion de los palos



Fuente: elaboración propia.

Montaje del burro o trípode

Este artilugio de fabricación artesanal que consiste en elaborar un trípode con varas de madera rolliza, se puede elaborar in situ, o traerse ya armado por lo general alquilado. Se instala sobre la excavación de cada zapata a la cual se le van a hincar los pilotes. Una vez el trípode está localizado en su lugar de trabajo, se le instala la polea, y se une al martillo mediante las cuerdas, este procedimiento se repite en cada una de las zapatas a reforzar con pilotes.

Figura 10. Montaje del burro



Fuente: elaboración propia.

Jaladores o jaloneros

Por lo general se organizan uno o dos equipos de personas encargadas de jalar el martillo, el número de equipos y la cantidad de personas por equipos depende del tamaño del martillo elegido para golpear los pilotes.

Figura 11. Jaloneros o jaladores



Fuente: elaboración propia.

Apuntador, martillero

La función específica de este personaje es la de direccionar el martillo hacia el pilote, una vez los jaladores o jaloneros han izado el martillo, este se deja caer por gravedad y el apuntador se encarga de garantizar que el matillo caerá sobre el pilote, esta acción se repite tantas veces como sea necesario, hasta llegar al firme .

Descabezado de pilotes

Una vez se han hincado todos los pilotes necesarios para cada zapata, lo cual lo determina el maestro de acuerdo a su experiencia, se procede a “descabezar” cada pilote, lo cual se hace con un hacha, y básicamente consiste en nivelar la altura de cada pilote al nivel bajo de la excavación para la zapata.

Figura 12. Descabezado de pilotes



Fuente: elaboración propia.

Solado de limpieza y armadura

El solado de limpieza brilla por su ausencia, los constructores locales lo obvian en su mayoría, si bien casi todos los encuestados son conscientes de la necesidad de hacerlo, en la práctica lo omiten, pues consideran que con ello generan un ahorro económico y de tiempo.

Por lo anterior, las parrillas de armadura se instalan directamente sobre el suelo de la zapata, y en la mayoría de los casos estas parrillas no se levantan para garantizar el recubrimiento de concreto adecuado, además de que el solado de limpieza evita la contaminación de las barras de acero con materia orgánica y lodos.

Figura 13. Solado de limpieza y armaduras



Fuente: elaboración propia.

Vertido de concreto

El concreto se vierte de manera manual y es preparado en obra generalmente, los suelos en Buenaventura están saturados de humedad debido a las altas precipitaciones y las excavaciones suelen estar inundadas, por lo que el exceso de humedad en los concretos es evidente, además de que los materiales que se utilizan no gozan de las garantías suficientes para fabricar un concreto adecuado a las condiciones extremas del lugar donde va a trabajar.

Problemática con el Mangle

El mangle como toda especie natural, tiene problemas de índole biológico, asociadas sobre todo a plagas que la atacan tales como insectos y larvas, y en algunos casos hongos, sobre todo cuando ya ha sido cortada para su uso, ataques biológicos generados por insectos que la perforan y debilitan sus condiciones físico-mecánicas, por lo que, en algunos casos, en países diferentes a Colombia, los inmunizan para tener un almacenamiento óptimo y a largo plazo, situación que no sucede en Buenaventura. Por lo que su conservación se reduce a la utilización casi inmediata después del corte del mismo, con lo que el ataque que pudiera sufrir por parte de alguna de estas plagas, sería casi nulo.

Las termitas y hormigas, aunque juegan un papel importante en la descomposición del material sólido en el ecosistema, y pueden estar asociados a los árboles en defensa de la colonización de otros insectos y plantas trepadoras (Putz, 2011;SGC, 2011), son en su mayoría los causantes del deterioro de bosques de

manglar en Colombia y en otros países (Sánchez-Páez et al., 1997;Cruz et al., 2004;Gil-Torres et al., 2009;Domínguez-Domínguez et al., 2011)

Prohibiciones ambientales

La prohibición, o veda a la explotación del mangle en todas sus variedades en el pacífico Vallecaucano (Buenaventura), teniendo en cuenta las leyes y reglamentación nacionales, se da a través de las siguientes normativas:

- Ley 99 de 1993, con la cual se organizó en Colombia el Sistema Nacional Ambiental. V/LEX. Diario oficial (2020).
- Decreto 1076 de 2015, artículo 2.2.2.3.2.4, donde se reconoce la importancia ecológica del ecosistema de manglar y la necesidad de su inmediata protección por parte de todas las autoridades del territorio nacional involucradas con estos ecosistemas. V/LEX. Diario oficial (2022).
- Resoluciones del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1602 de 1995, 20 de 1996 y 223 de 1999, los cuales buscan garantizar la sostenibilidad de los manglares en Colombia. V/LEX. Diario oficial (2022).
- Acuerdo 08 del 14 de marzo de 2003, expedida por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), por medio de la cual esta entidad estableció la veda a nivel regional. V/LEX. Diario oficial (2022).

Como podemos observar, no es tanto la falta o ausencia de normas y leyes, o de organismos de vigilancia y control, las que pudieran estar causando la sobreexplotación de las variedades de mangle hasta llevarlas a un estado de posible extinción, si no en un aspecto la necesidad de un recurso y la ausencia de otras alternativas viables para la ejecución de cimentaciones profundas, en edificaciones de estratos socioeconómicos bajos y medios, entre otras razones, las cuales harán parte de la segunda fase de análisis de esta problemática.

Problemática social

En cuanto a la problemática social, asociada al uso y veda de este recurso, se tiene lo concerniente a la carencia de un recurso que en su uso constructivo, aporta una gran economía en la construcción de

edificaciones de baja complejidad viviendas (estratos bajos y medios), ya que sin este recurso natural, los incrementos en los costos serían enormes, teniendo en cuenta que las cimentaciones profundas con pilotes son indispensables en la mayoría de las edificaciones que se construyen sobre suelos del Pacífico vallecaucano.

Debemos tener en cuenta, que entre 200 a 225 personas, todos hombres, (censo preliminar realizado por los autores), se dedican a este oficio, incluidos corteros, martilleros, jaladores, y contratistas, los cuales han constituido una agremiación que los representa denominada Asociación de Pilotos del Pacífico ASOPILOTES registrada en la Cámara de Comercio de Buenaventura cuyo representante legal es Euclides... , personas que son cabeza de familia en varios casos, de hogares constituidos por 6 a 7 personas en su mayoría tipo de Familias Extendida, personas, que cuando no se desempeñan en esta labor, realizan trabajos varios, como corte y cargue de madera, pesca artesanal, oficios de construcción entre otros, lo que da una idea aproximada del número de personas (1400 aproximadamente) que de tiempo atrás dependen en gran medida de esta labor, que en ninguno de los casos es diaria ni en los mejores momentos de auge de la misma en la ciudad.

CONCLUSIONES

El sistema tradicional de cimentación profunda está muy arraigado en los procesos que los constructores locales ejecutan en las construcciones de la ciudad de Buenaventura, lo cual hace parte de sus saberes ancestrales y de la tradición local, y esto ha ido evolucionando en la medida que la ciudad ha ido incorporando nuevos materiales y procesos en la construcción de viviendas. Pero a pesar de que el desarrollo de la construcción ha avanzado considerablemente, y de que a la ciudad han llegado tecnologías nuevas e innovadoras, hay una realidad social que no permite que estos avances penetren y hagan un cambio definitivo en la manera de hacer las construcciones, es por ello, que aún se imponen maneras de construcción tradicional al margen de que estas estén cruzando la línea de lo legal, al incumplir por ejemplo con el uso de recursos forestales prohibidos.

El factor económico es uno de los que mayor peso tienen para migrar a otros procesos o materiales alternativos al mangle y sus derivados, pues aún no se han generado sustitutos a estos que permitan acceder

a ellos sin elevar los costos de la construcción significativamente, los cuales se ven afectados al alza con el cumplimiento de las normas técnicas vigentes, y los permisos de construcción, de tal manera, que no queda otra alternativa que la informalidad como medio de suplir sus necesidades de hábitat.

La utilización del mangle en la construcción de las cimentaciones de las edificaciones a afectado de manera directa las áreas de manglar, y por ende todo este ecosistema compuesto por la fauna y la flora que en el habitan y dependen de la interacción del manglar con su ambiente acuático, y en mayor medida en las últimas décadas, debido al aumento significativo en la construcción de edificaciones de usos diversos, de más de dos pisos y en concreto reforzado, es por ello que el último monitoreo realizado por la CVC y la Universidad del Pacífico en el año 2008, contra los estudios realizados por la CVC (2001), y CVC_INVEMAR (2008), se aprecia la disminución de las áreas de bosque de manglar en el litoral Pacífico vallecaucano, y con base en los registros tomados en las 10 Cuencas hidrográficas, se determinó que, de las diez cuencas monitoreadas, cinco han sido altamente intervenidas y están categorizadas como zonas de recuperación, una medianamente intervenida, categorizada como Zona de Manejo, y cuatro poco intervenidas categorizadas como Zona de Manejo, esto para las seis Especies Forestales registradas por la CVC-UNIPACIFICO.

Se encontraron seis especies forestales del ecosistema manglar y cuatro familias. La especie más abundante es el *Rhizophora mangle* presente en todas las cuencas y en todas las categorías de manejo. Es necesario que se realice una actualización de los estudios Botánicos de las especies asociadas al manglar ya que el último estudio de esta zona lo realizó Monsalve en el año 1997, y actualmente el Ministerio de Ambiente se rige por otra clasificación.

La definición de las condiciones de explotación sostenible del recurso no existe, en caso de que la recuperación de las especies en el tiempo lo permitan, ni como posibilidad, y mucho menos como propuesta, como tampoco se conoce una alternativa al uso de este recurso como material de construcción, ni las condiciones de conservación en el medio donde se hincan.

Es importante que, se aprovechen los saberes empíricos de las personas que realizan estas labores en el área de la construcción, que permita hacer una propuesta integral no solo en cuanto a la conservación del

ecosistema de manglar, sino también, sobre la sostenibilidad del recurso demandado por las construcciones locales.

Por último, la universidad debe ser un medio por el cual se puedan canalizar estas problemáticas con el fin de encontrar caminos que nos lleven a encontrar soluciones que permitan acceder a alternativas constructivas de bajo costo, con las cuales contribuyamos al mejoramiento de la calidad de vida de las familias de esta región.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica.
- Arboleda López, S. A., & Marín Gil, M. I. (2021). *Cimentaciones: procesos constructivos y su diseño de ejecución*. Medellín: ITM.
- Cedeño Valdiviezo, A. (2013). La madera. ¿Una alternativa para proteger el medioambiente? *Revista de Arquitectura*, vol. 15, 111-119.
- Crespo Villalaz, C. (2007). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Mexico: Limusa.
- Gutiérrez Morales, G. (2019). Arquitecturas tradicionales y populares: un reto para la historiografía de la arquitectura en Colombia. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 60-68.
- Jensen Gómez, J. (2014). *Vivienda en hábitats lacustres*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- Junta del acuerdo de Cartagena. (1980). *Manual de diseño para maderas del grupo andino*. Lima: Junta del acuerdo de Cartagena.
- Keller, F., & Lee, J. E. (1886). *The Lake Dwellings of Switzerland and Other Parts of Europe*. Londres: Longmans, Green, and Co.
- Linares Mazariegos, R. M., Tovilla Hernández, C., & De la Presa Pérez, J. C. (2004). Educación ambiental: una alternativa para la conservación del manglar. *Madera y Bosques*, vol. 10, 105-114.

- Lozano Torres, Y. (2007). Los sumideros de carbono: un análisis de la potencialidad económica en un bosque de manglar del Pacífico colombiano. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, núm. 6, 82-92.
- Mardones Hiche, P. (2013). Estructuras de madera. *ARQ*, núm. 8, 10.
- Peraza, J. E. (2004). *Pilotes de madera para cimentaciones*. La Rioja: Universidad de la Rioja.
- Portocarrero Cuero, J. (2014). *Investigación cimentaciones profundas en mangle*. Tunja: Universidad Pedagógica Tecnológica de Colombia.
- Ramos Carranza, A., & María Añón, R. (2009). *Arquitectura y construcción: el paisaje como argumento*. Andalucía: Universidad Internacional de Andalucía.
- Reyes Chargoy, M. Á., & Tovilla Hernández, C. (2002). Restauración de áreas alteradas de manglar con *Rhizophora mangle* en la Costa de Chiapas. *Madera y Bosques*, vol. 8, 103-114.
- Sánchez Páez, H., & Alvarez León, R. (1997). *Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Pacífico de Colombia*. Bogotá, Colombia: Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial.
- Universidad del Pacífico-Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2014). *Convenio 0066 de 2014, Monitoreo del ecosistema manglar Pacífico vallecaucano*. Buenaventura: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
- Universidad nacional mayor de San Marcos. (2008). *Las palmeras en América del sur*. Lima: Revista peruana de biología.