

# El Hormigón

Clase Construcción y Estructura  
Náutica 2015

## ¿Qué es el Hormigón?

El hormigón o concreto es un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante (en la mayoría de las ocasiones cemento (generalmente cemento Portland ) al que se añade partículas o fragmentos de un agregado (áridos, como grava, gravilla y arena) agua (hidratación) y aditivos específicos. La sola mezcla de cemento con arena y agua (sin la participación de un agregado) se denomina mortero.



# Propiedades del Hormigón

Las propiedades del concreto son sus características o cualidades básicas. Las cuatro propiedades principales del concreto son: TRABAJABILIDAD, COHESIVIDAD, RESISTENCIA Y DURABILIDAD. (IMCYC, 2004).

Las características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque esté débil en otras.

**Trabajabilidad.** Es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.

**Durabilidad.** El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.

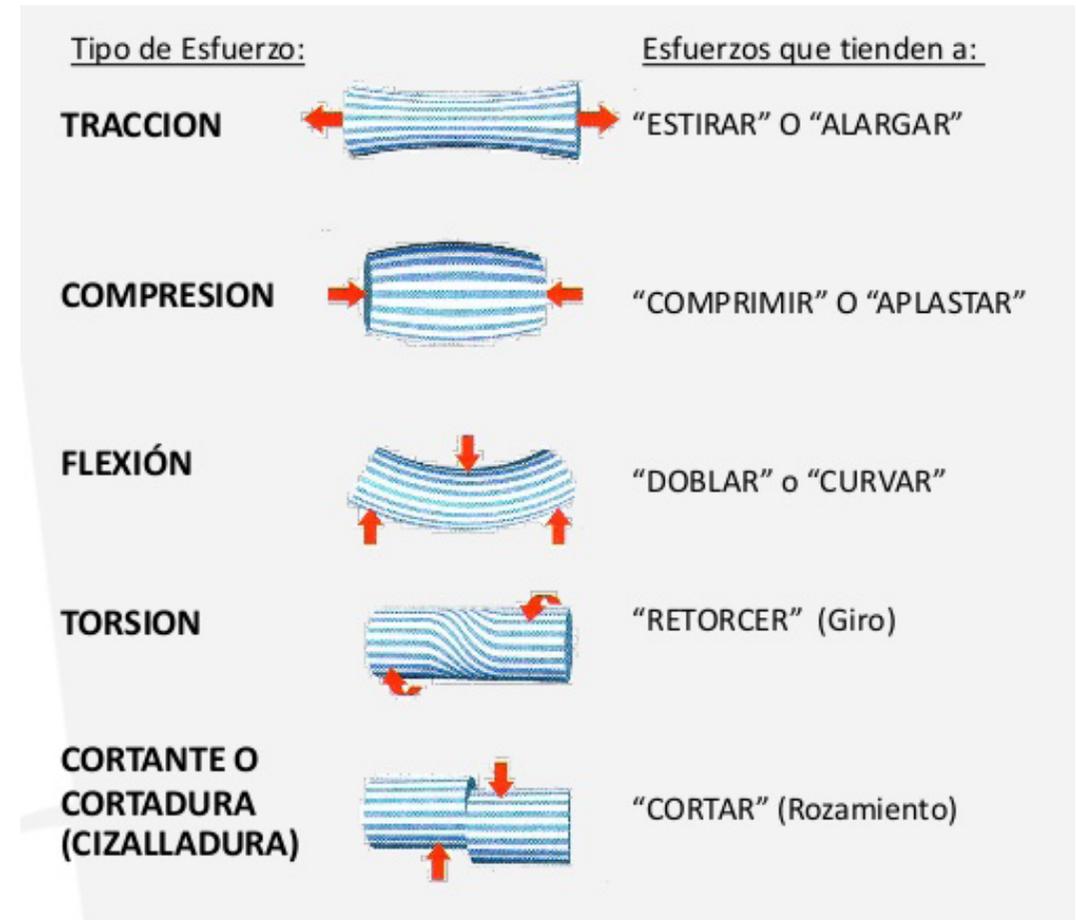
**Impermeabilidad.** Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.

**Resistencia.** Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un período largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad. (Frederick, 1992)

# Hormigón Armado

Consiste en la utilización de hormigón reforzado con barras o mallas de acero, llamadas armaduras. El hormigón armado es de amplio uso en la construcción siendo utilizado en edificios de todo tipo, caminos, puentes, presas, túneles, obras industriales y también en obras marítimas.

- La utilización de acero cumple la misión de transmitir los esfuerzos de tracción a los que está sometida la estructura.
- El hormigón tiene gran resistencia a la compresión pero su resistencia a tracción cortante es pequeña.



# Características del Hormigón Armado

El **coeficiente de dilatación** del hormigón es similar al del acero, siendo despreciables las tensiones internas por cambios de temperatura.

Cuando el hormigón fragua se contrae y presiona fuertemente las barras de acero, creando además **fuerte adherencia química**. Las barras, o fibras, suelen tener resaltes en su superficie, llamadas estrías, que favorecen la adherencia física con el hormigón.

Por último, el pH alcalino del cemento produce la **pasivación del acero**, fenómeno que ayuda a protegerlo de la corrosión.

El hormigón que rodea a las barras de acero genera un fenómeno de confinamiento que **impide su pandeo**, optimizando su empleo estructural.

## Hormigón Armado Sumergido

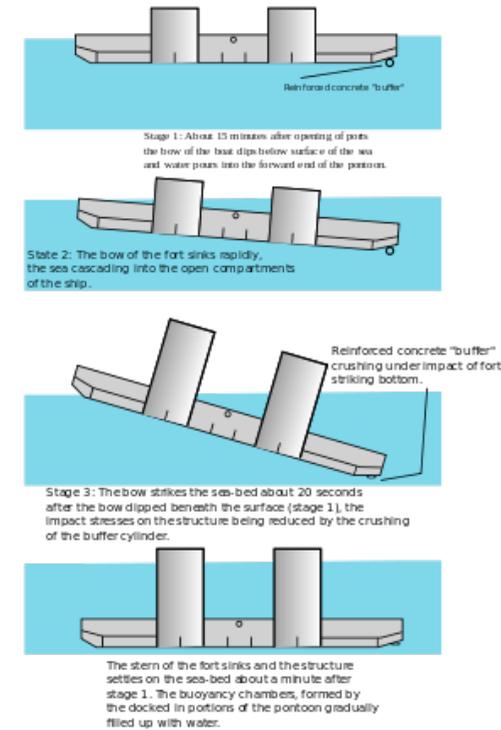
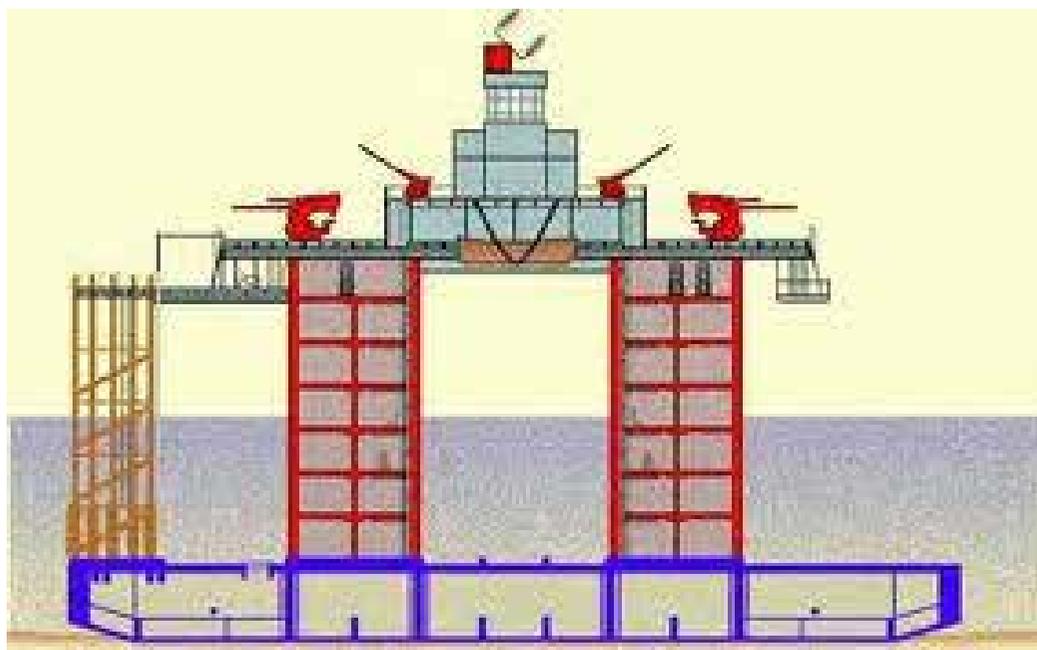
Este es un hormigón que debe mantenerse inerte a las características del ambiente en el cual se encuentra, esto significa que tanto el cemento como sus aditivos y agregados no deben reaccionar con ningún elemento presente en el agua. Además debe ser impermeable para que las armaduras no sufran corrosión.

# Usos del Hormigón Armado Sumergido

- Puertos



- Torres fortificadas



Originalmente fue llamada Roughs Tower, y se utilizó para monitorear y reportar el minado alemán en las aguas frente a Inglaterra. Durante la II Guerra mundial, fue el hogar de entre 150 y 300 personas, equipos de radar, dos cañones de 6 pulgadas, y dos cañones automáticos antiaéreos de 40 mm

La estructura de Sealand es técnicamente un gran barco hundido. Fue construida en 1942 como una superestructura de dos torres de hormigón huecas tapadas con una cubierta, en la que se podrían añadir otras estructuras. Las torres gemelas fueron divididas en siete plantas, cada una proveía espacio para comer y dormir, además de áreas de almacenamiento para los generadores y municiones. Cuando fue terminada, tres remolcadores la trasladaron al banco de arena Rough Sands a seis millas de la costa, donde la base de pontones fue inundada deliberadamente para permitir que la estructura se asentara en el fondo del mar.

- Plataformas flotantes de hormigón



## **Durabilidad Hormigón Sumergido**

Un buen hormigón sumergido en agua marina, incrementa su resistencia con el paso del tiempo, también, la sumersión minimiza los cambios de temperatura, disminuyendo la velocidad y dimensión de las expansiones y contracciones, evitando el agrietamiento, la erosión, el descascaramiento y por ende la corrosión.

Pero por otro lado, la permeabilidad que posee el hormigón, permite que el agua comience a penetrar, ya sea por diferencia de presión o por capilaridad.

Cuando el hormigón no está sumergido totalmente, el agua es continuamente evaporada de la superficie del hormigón que sobresale del nivel del agua, generando así un constante hidratamiento, lo que dependiendo del grado de saturación del hormigón va a generar acumulaciones de sal en diferentes zonas. El oxígeno que entra con el aire, se disuelve en el agua en forma diferencial, siendo su concentración menor en algunas zonas y el grado de saturación es mayor, generando pilas galvánicas.

## **Presión Hormigón Sumergido**

Alrededor de los 60 m de profundidad, el hormigón mejora en todas sus cualidades.

Se ha sugerido que a profundidades muy altas se podría obtener hormigones con resistencias a la compresión de 500 kg/cm<sup>2</sup> o más.

En el caso de hormigón bajo el ambiente marino se ha llegado a profundidades de 50m por colado y a 90m por inyección, teniendo resultados excelentes.

## **Temperatura Hormigón Sumergido**

Las propiedades del hormigón generalmente mejoran a bajas temperaturas, ya que la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad son inversamente proporcionales a este factor. Como efecto dañino habría que nombrar que en las aguas tropicales los ataques químicos y electroquímicos son más severos por el aumento de temperatura.

## Organismos Marinos

Los más perjudiciales para las estructuras de hormigón se encuentran en el grupo de los sésiles y el fouling (suciedad). Este último se adhiere a las paredes de las superficies flotantes, aumentando su espesor y por ende el peso total de la estructura. Los organismos sésiles, como picorocos, piure, cholgas, etc. producen un efecto similar al del fouling, pero más dañino, porque el tamaño de estos es mayor.

Además se considera como efecto contrario el deterioro que sufren las paredes de la estructura cada vez que estos organismos son retirados.

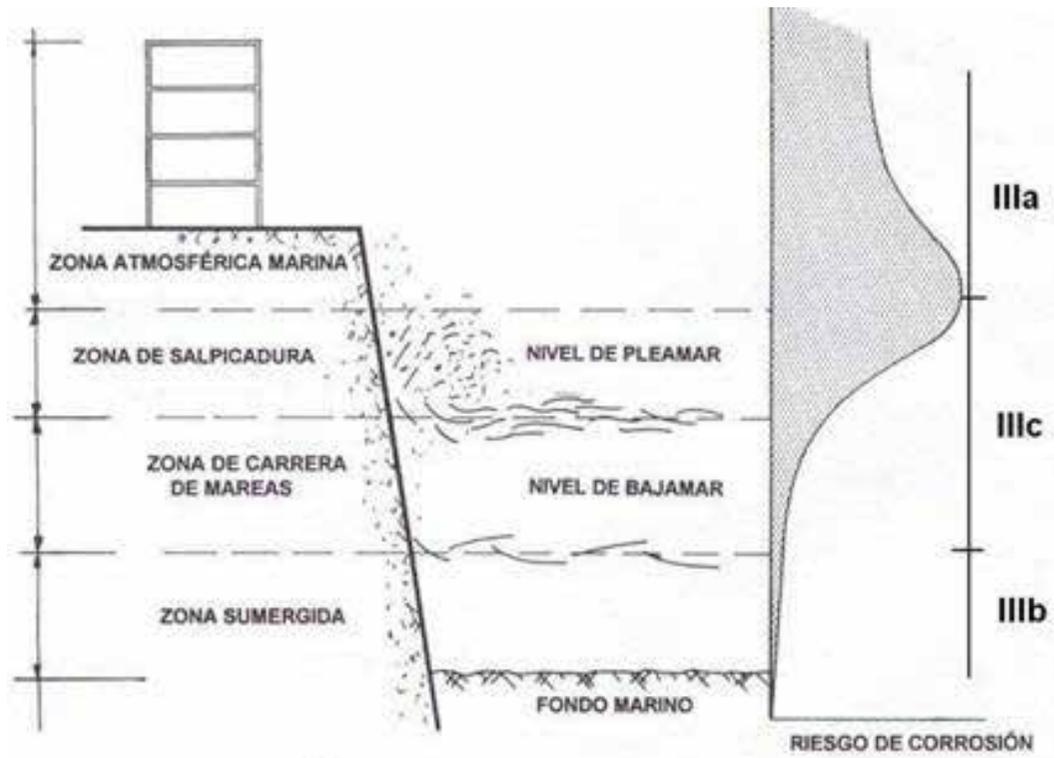
## Corrosión Hormigón Sumergido

En las construcciones de hormigón armado expuestas al ambiente marino, la duración tanto del periodo de iniciación como del de propagación, y consecuentemente el riesgo de corrosión, está condicionado por el tipo de ambiente marino:

Zona sumergida: la situada por debajo del nivel mínimo de bajamar.

Zonas de marea: es la zona de carrera de mareas

Zona aérea: situada por encima del nivel de pleamar y con influencia hasta 5 Km. de la línea costera



## Prevención de la corrosión

Para prevenir la corrosión es fundamental:

- que el hormigón tenga una estructura de poros adecuada
- que el recubrimiento tenga el espesor suficiente
- que el hormigón este libre de cloruros

## Determinaciones de diseño

- Abrasión: Terminaciones muy lisas con maquinaria especializada. Un curado apropiado producirá superficies antiabrasivas y el uso de moldajes metálicos vibratorios.
- Cavitación: Se puede minimizar con un diseño hidrodinámico que alise o llene las zonas expuestas a corrientes rápidas.
- Organismos marinos: Se utiliza un hormigón de superficie densa y dura.
- Ataque químico: La impermeabilidad es el mejor medio de protección, cementos con bajo contenido de Aluminio Tricálcico ( $\text{Ca}_3\text{Al}$ ), máximo 8% hace al hormigón más resistente a los sulfatos.

## Tipos de cemento para hormigón marítimo

Portland, Siderúrgico, Con Agregado A, Puzolámico, **Cemento hidráulico**

# Tipos de Hormigón Marítimo

**Hormigón pesado:** aquel que tenga un peso específico superior a  $3,7 \text{ ton/m}^3$ . El hormigón convencional pesa  $2,4 \text{ ton/m}^3$ . Esto sirve para obras de anclaje y de profundidades. Además de tetrápodos y elementos de protección prefabricados. La magnetita es el material pesado más comúnmente usado pero limita el uso de sulfatos para prevenir la corrosión. Otros agregados pesados son: Ilmenita, Limonita, Barita y desfundado de fierro.



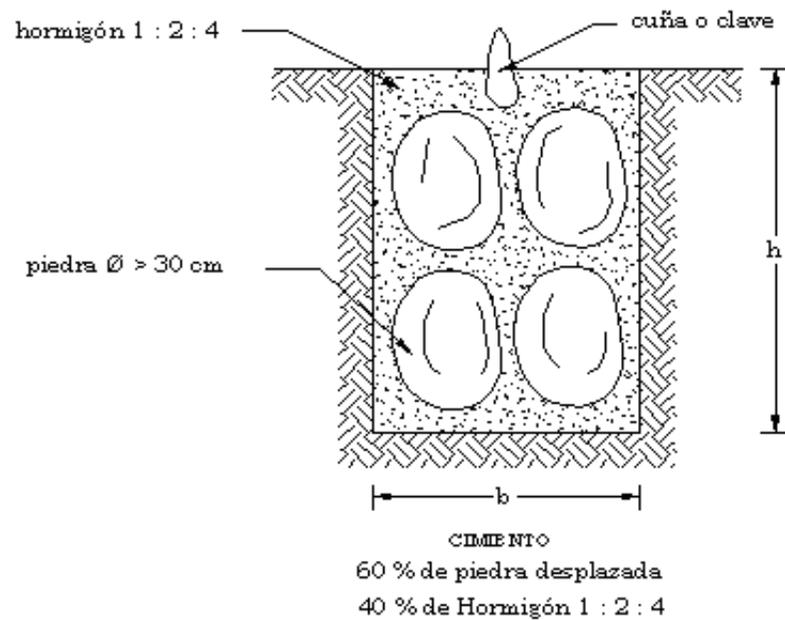
**Hormigón Liviano:** aquel que tenga un peso específico inferior a  $2 \text{ ton/m}^3$  y se utiliza en obras submarinas en que se requiere un aumento de boyantes. Es el que se utiliza en las estructuras flotantes. Es de dos tipos básicos:

1. Hormigón Liviano Estructural: (espuma o suprimiendo los áridos finos)
2. Hormigón Liviano Celular: (burbujas por aditivos aireantes expansivos)

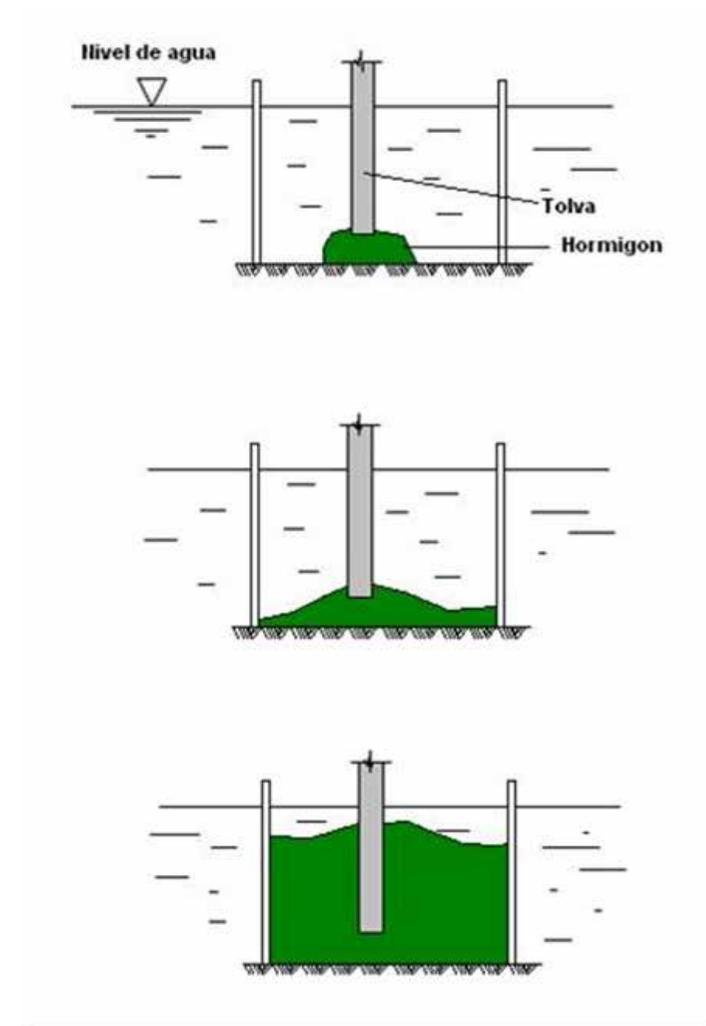


## Tipos de Hormigonado

**Hormigón Ciclópeo:** Este hormigón se estructura en base a rocas de la localidad unidas entre sí por medio de hormigón Tremie, para formar una gran masa submarina de gravedad. Se usan rocas de 0,6 ton y con un diametro no menor de 40 cm. El resultado es 40% hormigón 60% roca.



**Hormigón Tremie (Tubo-Tolva):** Este proceso consiste en colocar el hormigón en obra, por medio de un tubo, cuyo extremo inferior queda siempre embebido en el hormigón fresco, de modo que el lavado y segregación son sustancialmente prevenidos.



## **Hormigón Ensacado:**

Este método se usa para construir muretes o plataformas bajo el agua o para formar la base de una cimentación, ej. Muros de muelles o malecones, siempre la arista más cargada descansa sobre un murete de hormigón en sacos, que transmite los esfuerzos a un fondo de cimentación satisfactorio, descansando el resto, sobre un macizo de escollera. Similar método, se ha usado para sellar juntas, soportar o proteger del oleaje y corriente a elementos prefabricados o tuberías submarinas, en orden de prevenir movimientos dando soporte y protección. Dos métodos son usados para ensacar el hormigón:

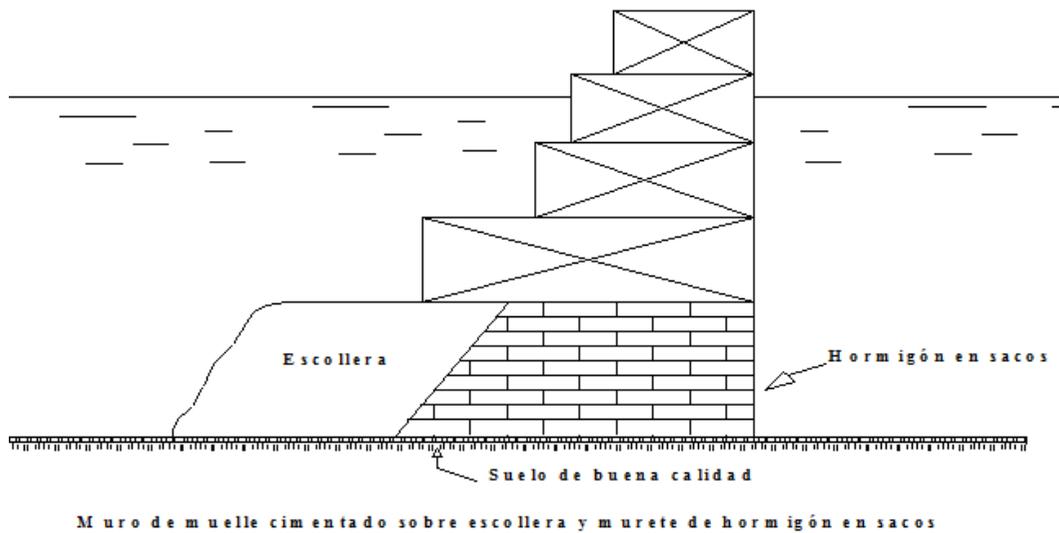
En el primero, la mezcla de hormigón seco es ensacada; se llena hasta la mitad y se cierra, luego es sumergido por medio de pallets y es colocado en obra por un buzo. El cemento se va hidratando, según el agua va penetrando.

En el otro método, se usa un hormigón con un asentamiento de cono bajo, y de estado plástico; los sacos a usar pueden ser de arpillera o yute, deben ser flexibles para que formen un cuerpo entre sí y no deben llenarse completamente (hasta 2/3 de su capacidad), la arpillera deberá estar escardada, y la tela empapada con una lechada muy clara antes de recibir el hormigón. El saco una vez cerrado, puede envolverse en una malla

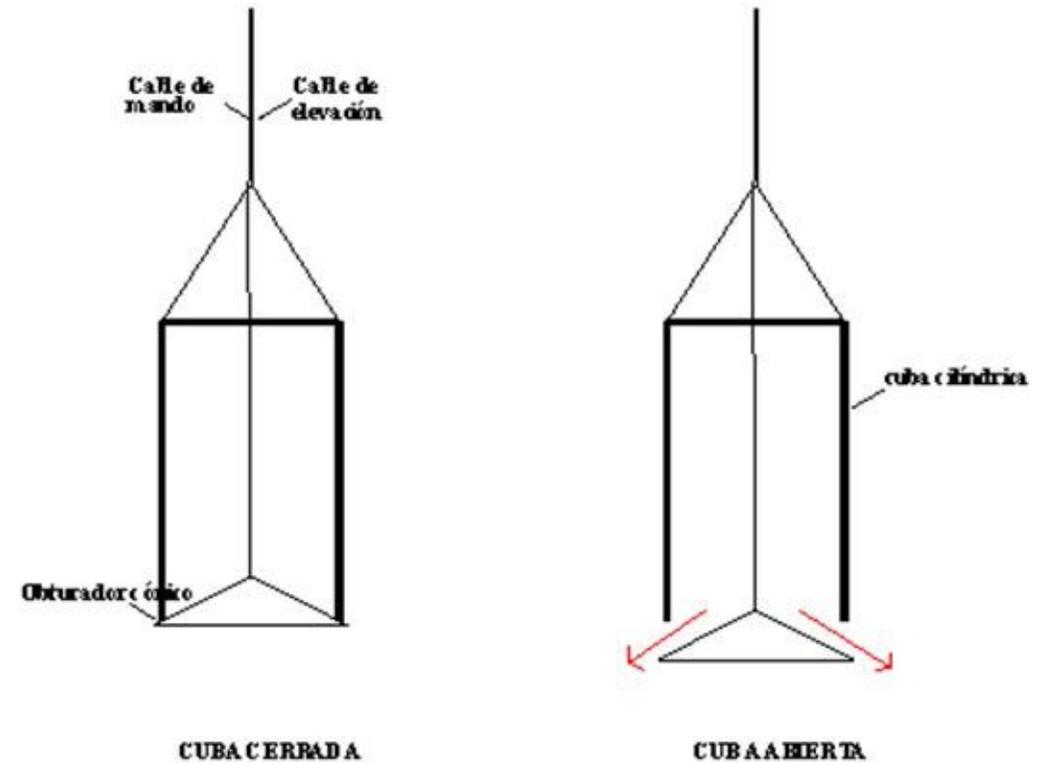
galvanizada de 2 mm y trama 5 cm.

## **Muro de muelle, en base a Hormigón en sacos.**

Los sacos se sumergen en pallets y envueltos en una funda (manga de polietileno, del doble de diámetro que los sacos y con sus dos extremos abiertos). Luego un buzo sostiene el saco en posición y el otro extrae la funda. Una pareja de buzos puede colocar en obra de 250 a 300 sacos en un día (con un promedio de profundidad de 10 m.). Con este método, se puede lograr una muy buena adherencia con el fin de obtener una obra monolítica, se asegura una total hidratación y la calidad general del hormigón puede ser controlada. Cuando se trata de sellar juntas en que no se requiera adherencia, el hormigón puede ser colocado en bolsas de polietileno de alta densidad, para prevenir cualquier lavado de éste. A veces, para el mejoramiento de fondos, se han sumergido mediante grúas, grandes bolsas que contenían varios metros cúbicos de hormigón.



**Hormigón en cubas:** Esta técnica se aplica en profundidades de agua superiores a 80 cm. El hormigón atraviesa la capa de agua en una cuba perfectamente estanca, que se hace bajar lentamente, mediante cabestrante o grúa hasta llegar al macizo a hormigonar. La cuba se deposita sobre el macizo y un buzo la abre, elevándose después suavemente para que el hormigón fluya en agua tranquila.



Una variante de este método, son los "salchichones de fondo", que se emplean como asientos de malecones y rompeolas, son de hasta 25 m de largo y 1,5 m de diámetro; se preparan en cajones flotantes o pontones que los llevan de la obra al punto de inmersión, en donde se sumergen abriendo el fondo de aquellos. Los salchichones se rellenan de hormigón y se cosen al borde del pontón. Como el hormigón de relleno es plástico, los salchichones se amoldan a las desigualdades del fondo, lo que se ayuda por medio de la labor de buzos. Con dosis suficientes de cemento, las capas de salchichones sueldan entre sí, formando una obra monolítica.

En general en el caso de hormigonado submarino, se debe tener en cuenta que el mayor de los problemas que se genera es el lavado del hormigón fresco. Por ello que se debe tener en cuenta la debida dosificación del hormigón y una correcta forma de hormigonar y se debe considerar:

- a. Estado del Mar
- b. Técnica a utilizar
- c. Moldaje

## Sitecna, hormigón

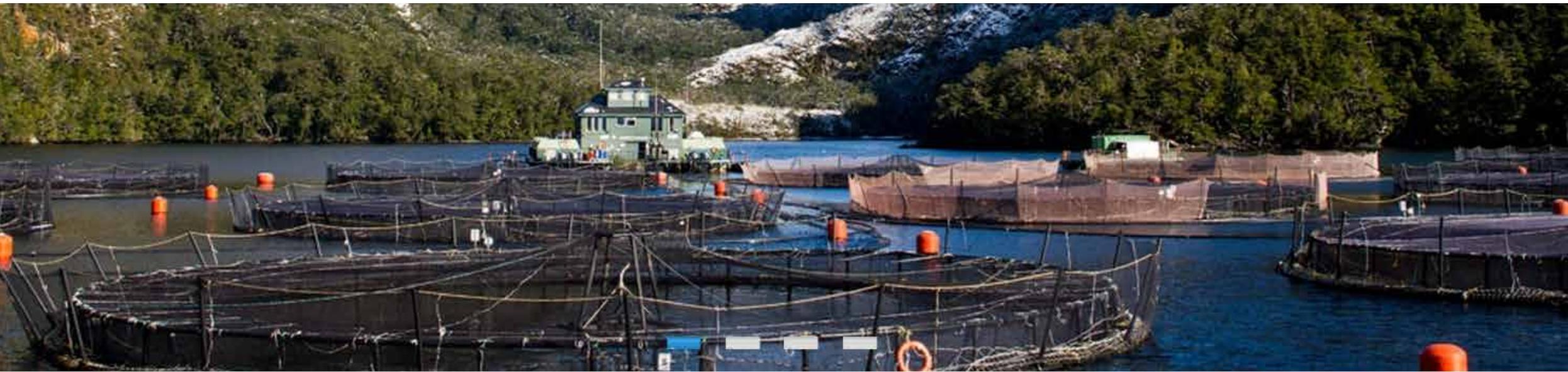
### ¿A qué se dedican?

Sitecna es la primera empresa en implementar pontones de hormigón a flote, siendo la principal innovación la incorporación de habitabilidad a bordo.

La producción de Sitecna LTDA. Ha liderado la implementación de proyectos de vanguardia que optimizan la producción acuícola, abordando temas gravitantes como son el acopio y distribución del alimento, el resguardo de materiales y la habitabilidad para el personal, permitiendo una estadía prolongada y confortable de los trabajadores en zonas remotas.

### Algunas de sus características en la fabricación:

- Realizan el cálculo estructural de los artefactos utilizando software.
- Las recomendaciones del código ACI 318-2002 (Diseño de hormigón armado).
- Disminución del grado de los hormigones en las partes del casco que así lo permitan.
- Optimización de la geometría y disminución de los espesores en las partes del casco que el análisis estructural así lo permitan.
- Empleo de acero de construcción A 63-42 H.
- Sustitución de la estructura metálica de la habitabilidad por una mesa horizontal o estructura soportante de hormigón armado, que sirve de base para la construcción de dicha habitabilidad.
- Sustitución de la estructura metálica de las tapas de los silos por una similar en hormigón armado.
- Precio aproximado por m<sup>3</sup>, hormigón \$60000, estructura armada de acero para un m<sup>3</sup> \$18000.



# Habitabilidad

En general estos proyectos contemplan 4 tipos de habitabilidad (aunque también pueden ser de otros destinos como sólo residencia):

- espacios destinados a redes y sistemas, normalmente dentro del pontón;
- acopio de materiales y bodegaje;
- cocina, estar y dormitorios ubicados normalmente en un segundo piso;
- oficinas ubicadas en los pisos superiores.

Las etapas constructivas son parecidas a las de una construcción en tierra, y se rigen por normas de la Gobernación Marítima (se consideran como buques, y cada una tiene una matrícula). Depende del proyecto es el tiempo de construcción, y una casa grande toma aproximadamente 180 días.

# Partes de un proyecto habitable

## 1. Plataforma:

Proceso de enferraduras, encofrado y hormigonado (Pueden ser de 60 a 200 m<sup>3</sup> de llenado. El hormigoneado de un muelle grande puede tomar 2 días sin parar.)

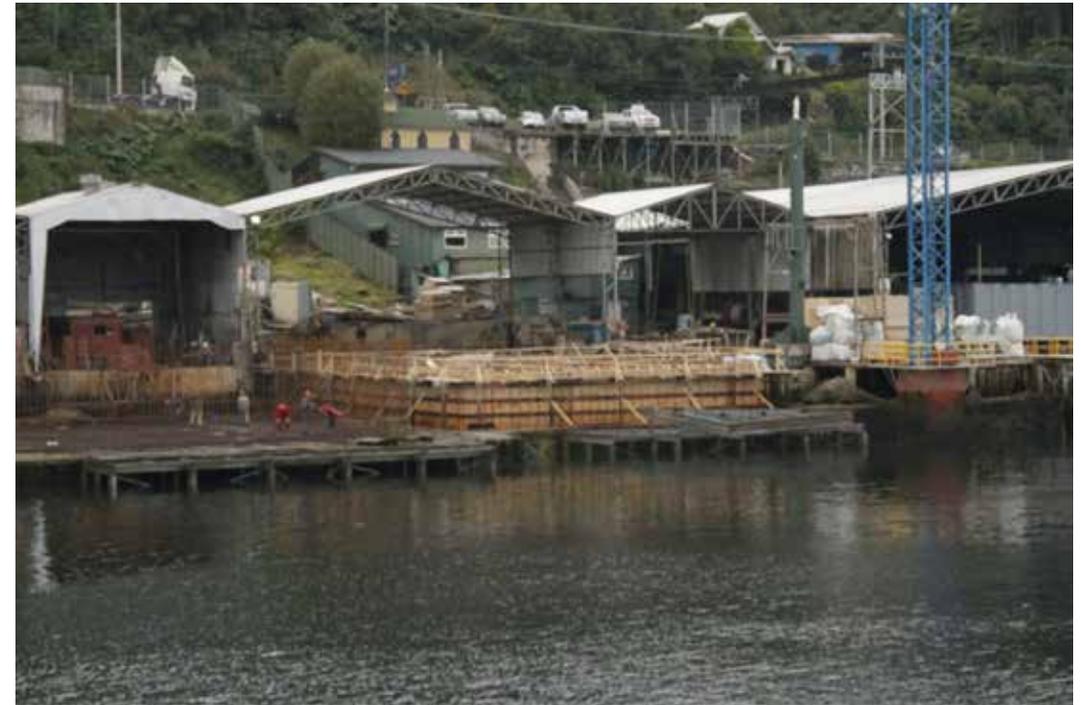
Estas plataformas tienen un calado del orden de 1.5m a 2m, y un puntal de 3.5m. Los muros del hormigón flotante tiene espesores de 12 a 25 cm, que arman distintos estancos dependiendo del proyecto (podríamos decir que tienen como mínimo 8 estancos). Cada estanco tiene accesos ya sea por puertas estancas o escotillas de registro, y pueden ser utilizados como espacios útiles (estanques de agua, combustibles, tratamientos de aguas servidas). Tienen luz artificial.

Una vez fraguado el hormigón del encofrado, es sacado al mar con la marea alta. Esto significa que hay plazos fijos para terminar los proyectos de acuerdo con la tabla de mareas (aquí se utiliza cemento Pórtland sin aditivos y de alta densificación. Se ocupa malla negra -no malla galvanizada pues se acelera la corrosión, pero lo más importante es ver la densidad del fierro. Aunque estas plataformas por ahora se están diseñando para aguas interiores, no hay

ningún problema para construirlas para aguas exteriores, pues la resistencia a la fuerza de las olas es muy buena. Lo único delicado es el edificio superior. Debido a que las olas ocasionalmente revientan fuerte en la plataforma, se construye un francobordo de no menos de 50cm (pueden llegar hasta 90cm).

Antiguamente esta empresa hacía plataformas de ferrocemento, que podían tener espesores desde 1", sin embargo éste es muy intensivo en la mano de obra (se necesitarían 300 hombres para igualar el trabajo actual).

La ventaja de construcción en hormigón, es que a medida que pasa el tiempo el material se endurece cada vez más. En cambio una estructura de fierro siempre se corroe y pierde dureza.



## 2. Edificio:

Se construye del mismo modo que en tierra firme, sin embargo para un ambiente altamente corrosivo hay algunas precauciones: toda la quincallería tiene que ser de bronce. Las ventanas se hacen de PVC y hay una estructuración mayor que lo normal para los esfuerzos que produce la acción del movimiento de las olas. Algunas de las diferencias podría encontrarse en el sistema de alcantarillado que tiene que cumplir las normas del “reglamento de contaminación acuática”. La red de agua potable puede venir de cañerías de tierra firme, de vertientes, o por sistemas de osmosis inversa que desaliniza el agua de mar. Cada proyecto tiene un sistema de incendio (vias permeables para tomar aguas), de achique y un sistema de aspiración natural-no forzado. Otra especificación podría ser el aislamiento, que necesariamente por los ambientes húmedos debe ser de plumavit (la lana mineral pierde sus propiedades al humedecerse).

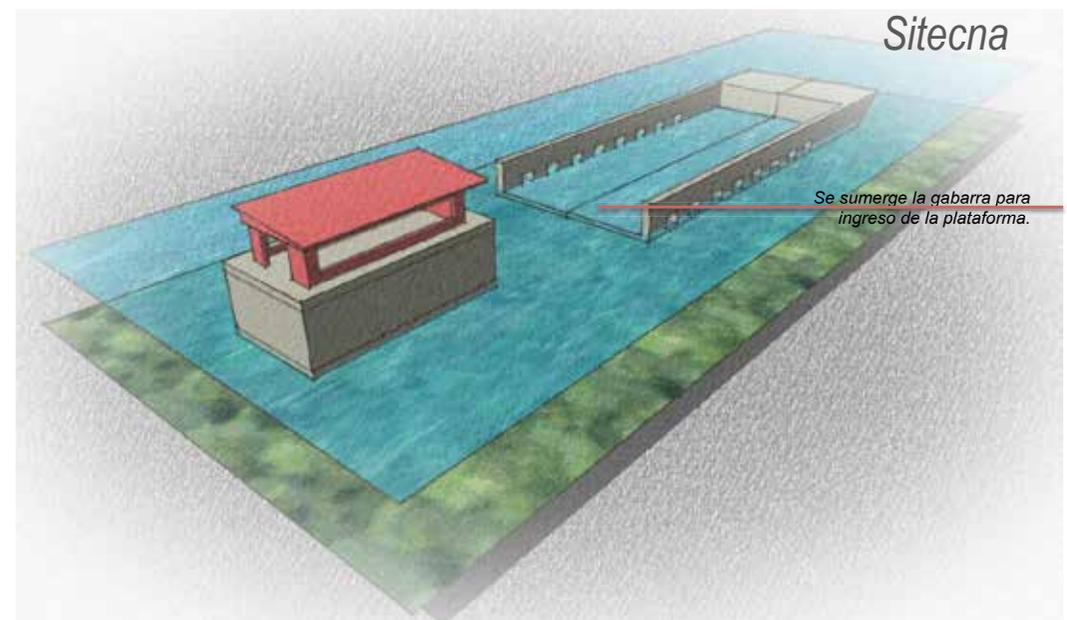


### 3. Equipamiento técnico.

Muchas de las casas son también lugares de trabajo de salmoneras. Por ejemplo, hay que implementarles sistemas para alimentación de salmones, del orden de 140 ton. de alimentos.



**4. Remolque.** Se lleva al lugar de destino de la obra. Se construyó una Gavarra – dique flotante- que puede llevar las plataformas a 9 nudos (simplemente remolcadas sólo podrían llevarse a 2 ó 3 nudos.



# Proceso Constructivo de Pontones

## Superficie para elaboración de pontones



## Enfierradura



## Encofrado

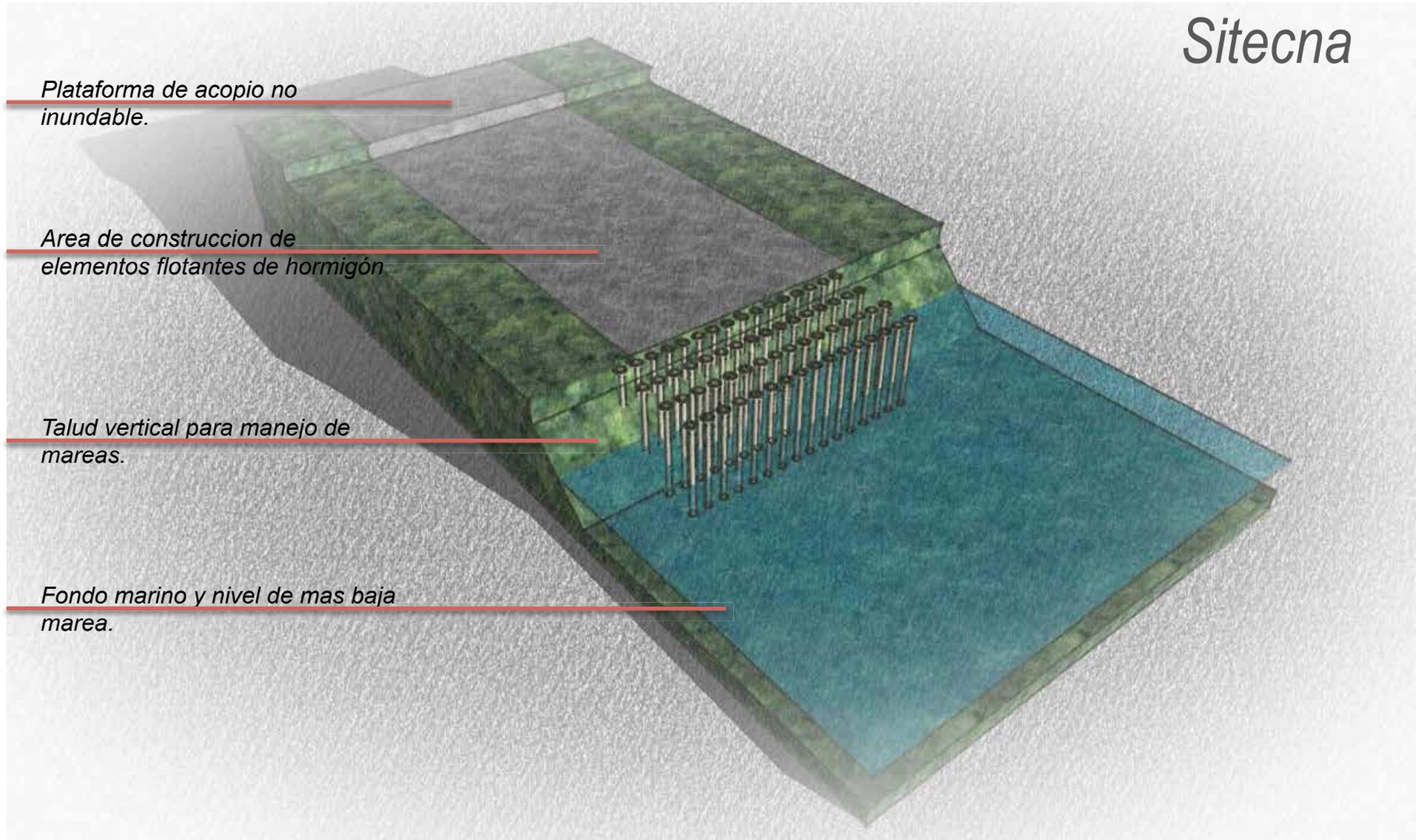


# Hormigonado



# Botadura

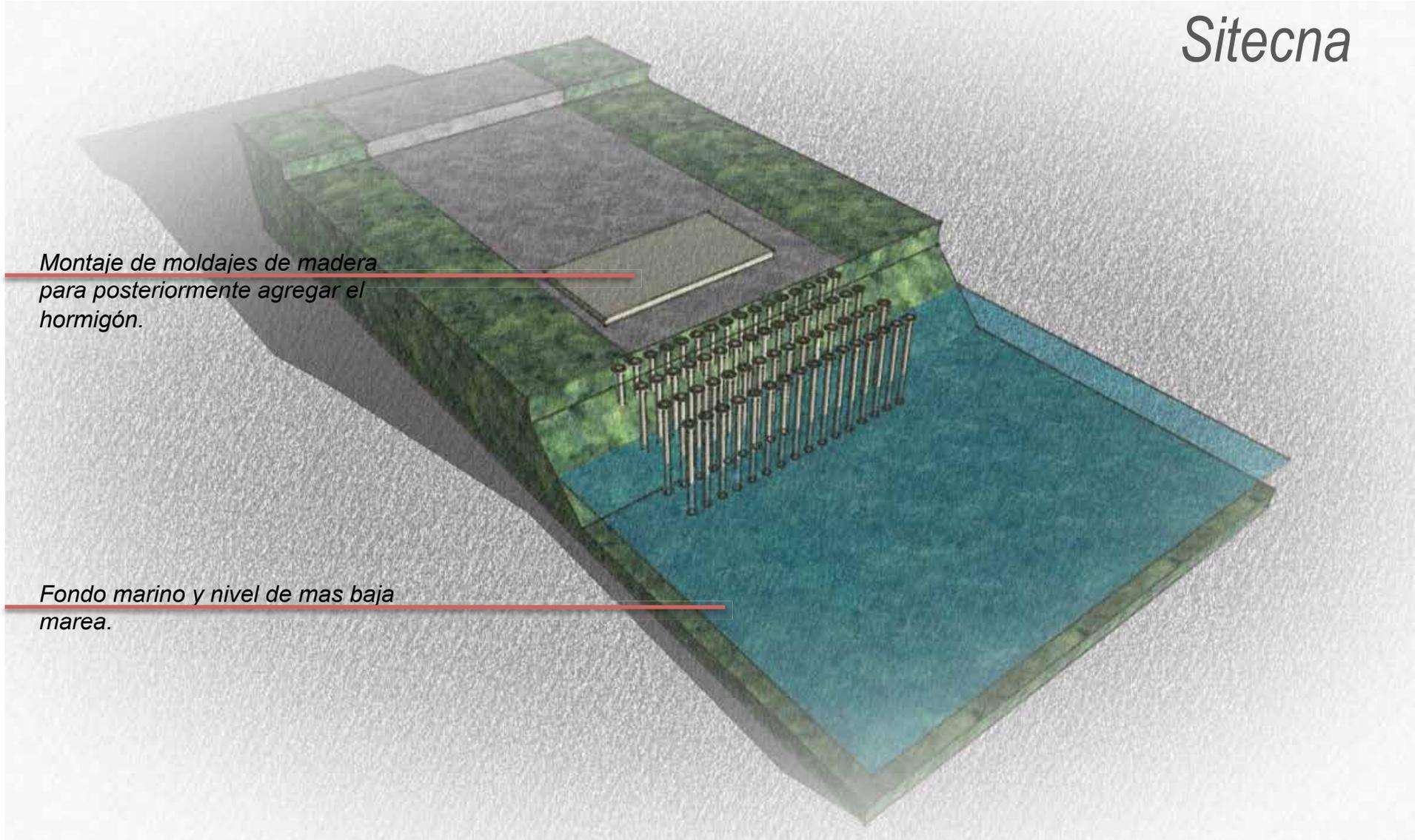
Sitecna



# Sitecna

Montaje de moldajes de madera para posteriormente agregar el hormigón.

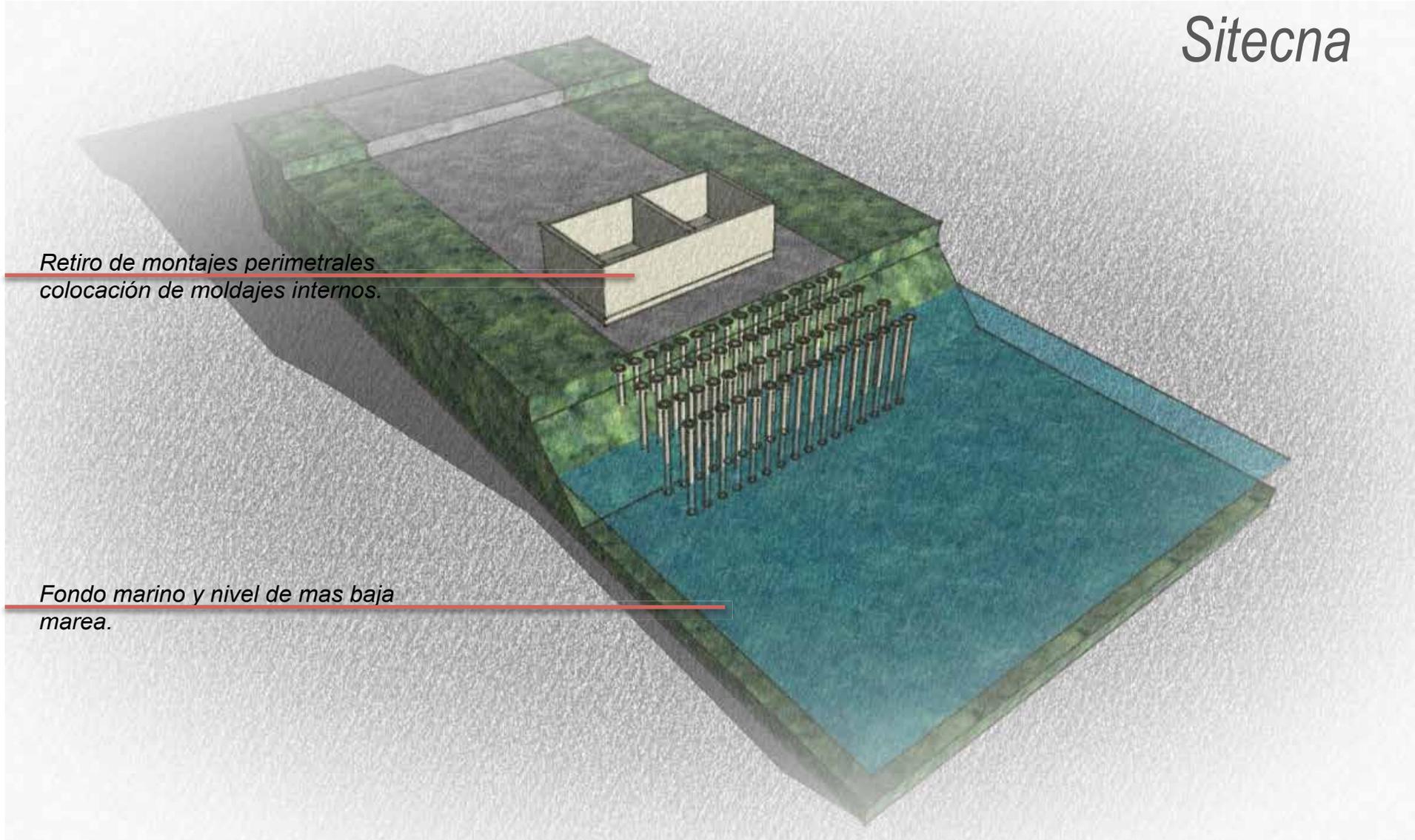
Fondo marino y nivel de mas baja marea.



# Sitecna

*Retiro de montajes perimetrales  
colocación de moldajes internos.*

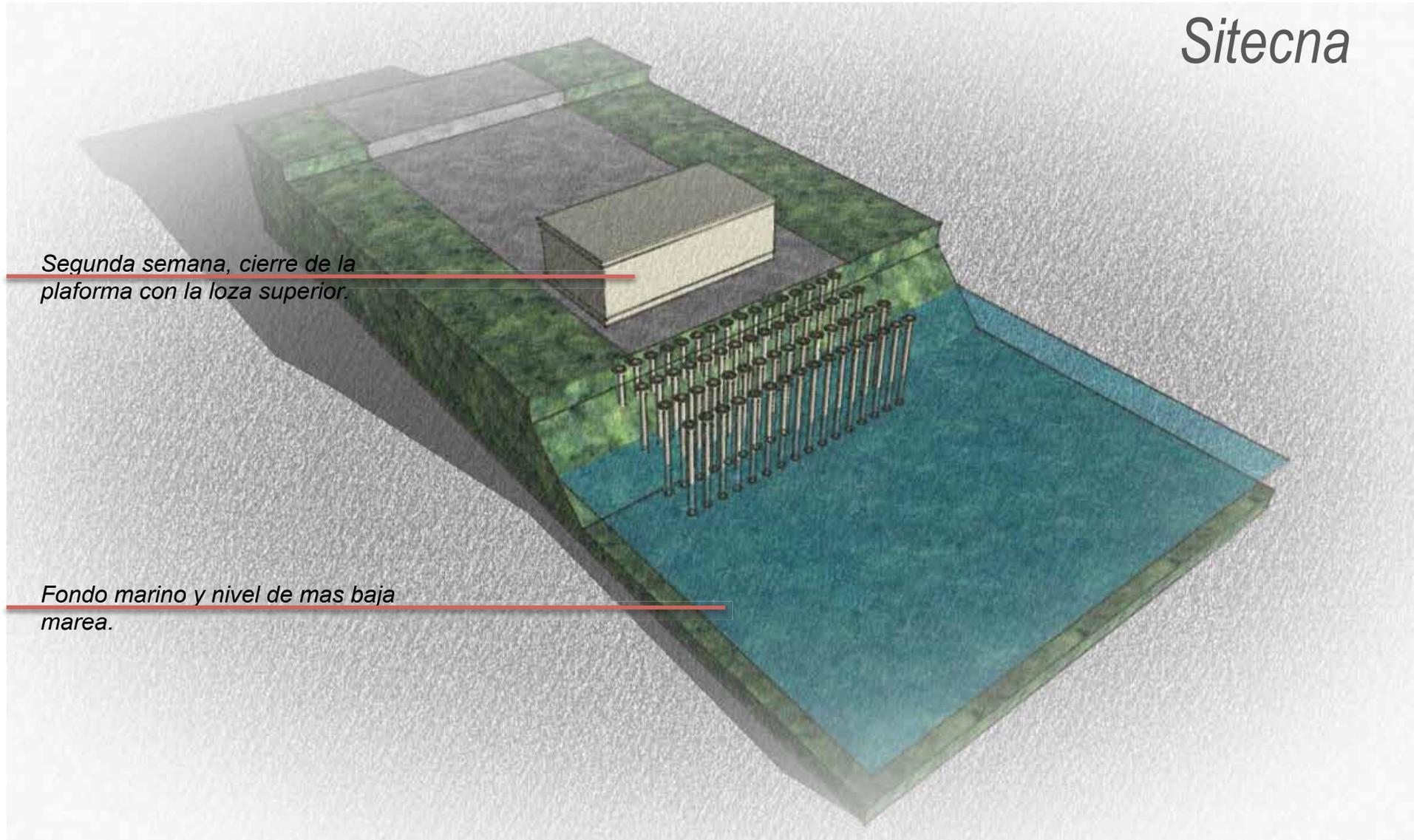
*Fondo marino y nivel de mas baja  
marea.*



# Sitecna

Segunda semana, cierre de la  
plaforma con la loza superior.

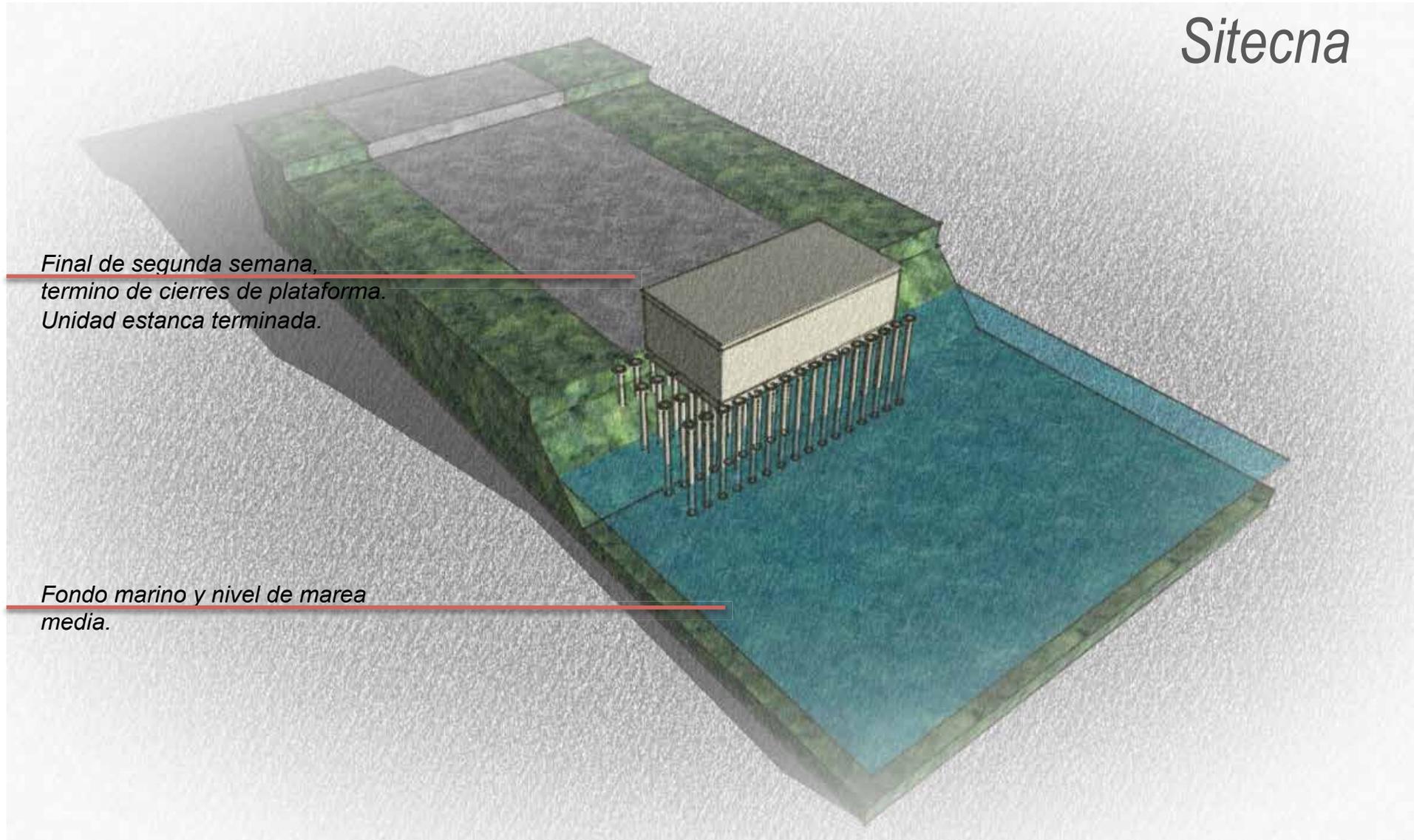
Fondo marino y nivel de mas baja  
marea.



# Sitecna

*Final de segunda semana,  
termino de cierres de plataforma.  
Unidad estanca terminada.*

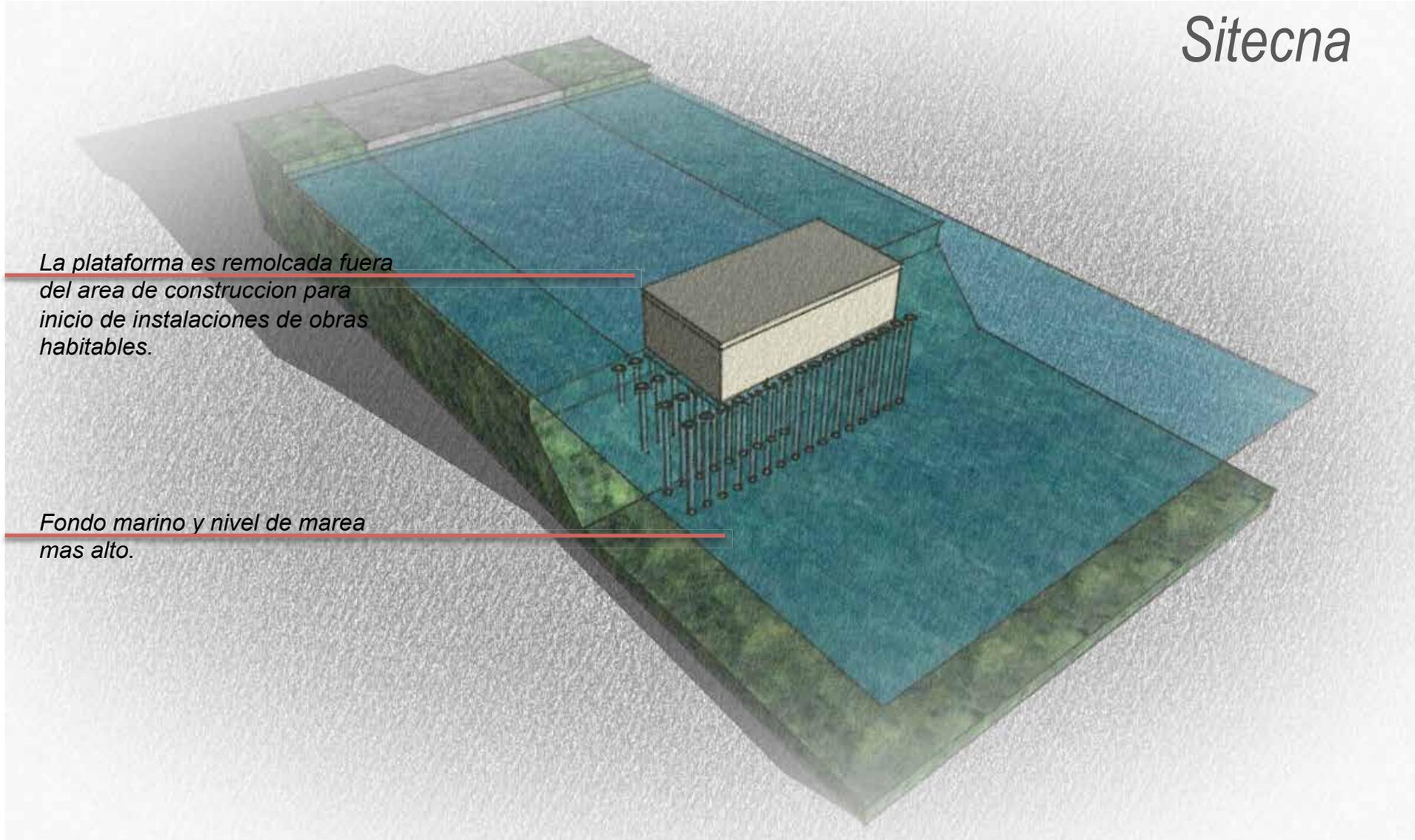
*Fondo marino y nivel de marea  
media.*



# Sitecna

*La plataforma es remolcada fuera del area de construccion para inicio de instalaciones de obras habitables.*

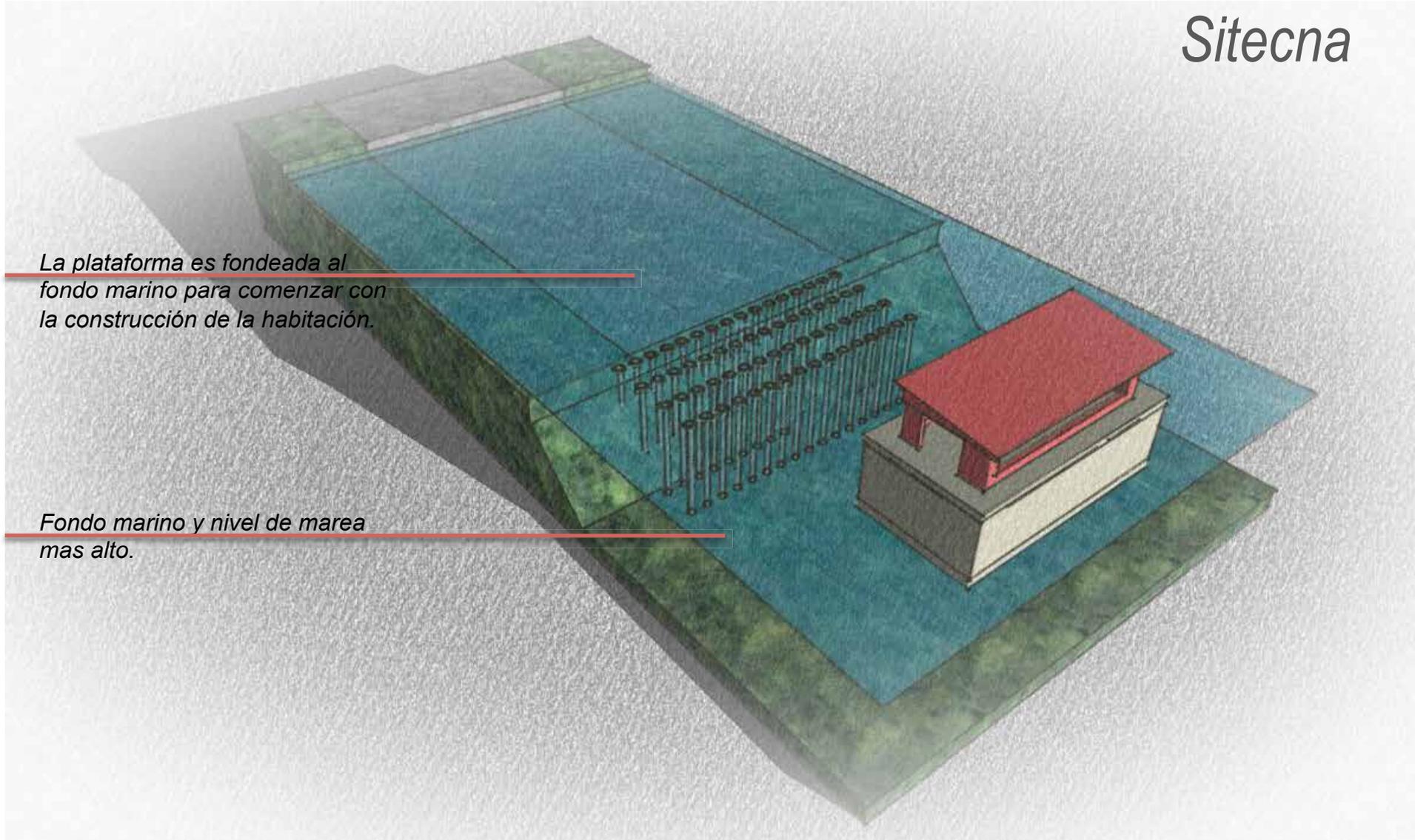
*Fondo marino y nivel de marea mas alto.*



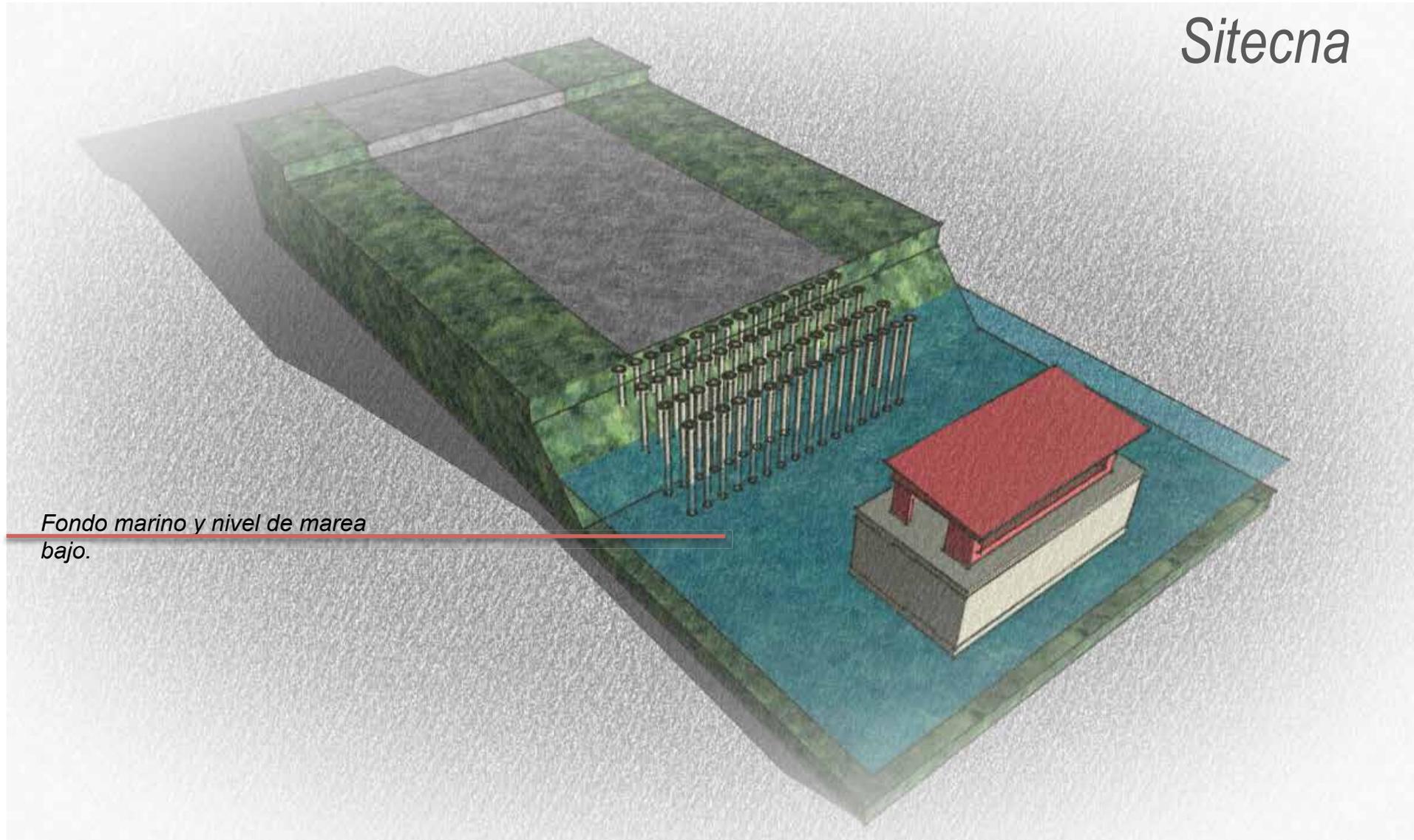
# Sitecna

*La plataforma es fondeada al fondo marino para comenzar con la construcción de la habitación.*

*Fondo marino y nivel de marea mas alto.*



# Sitecna



Fondo marino y nivel de marea bajo.

## Construcción de superestructura con la plataforma flotando















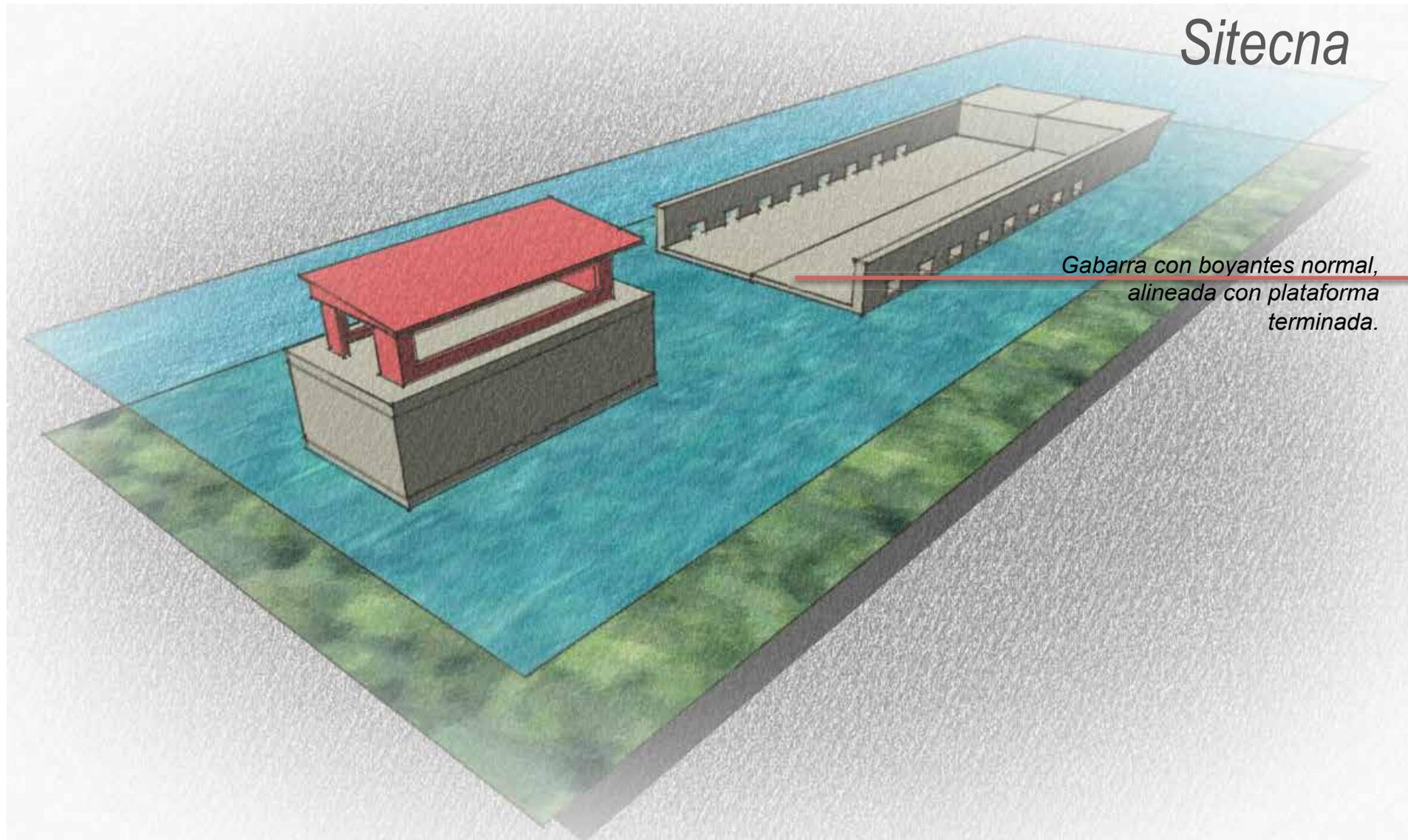








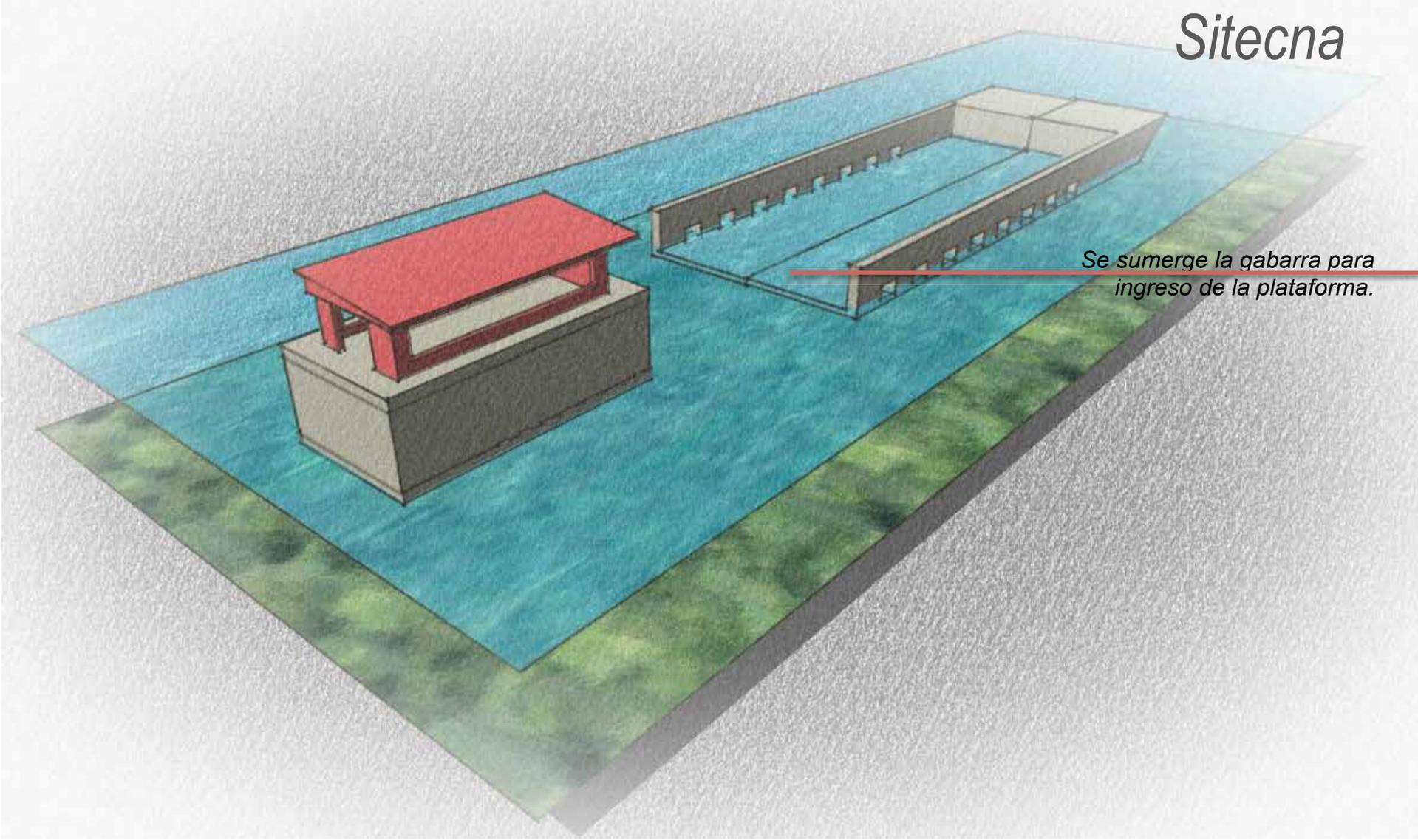
# Remolque



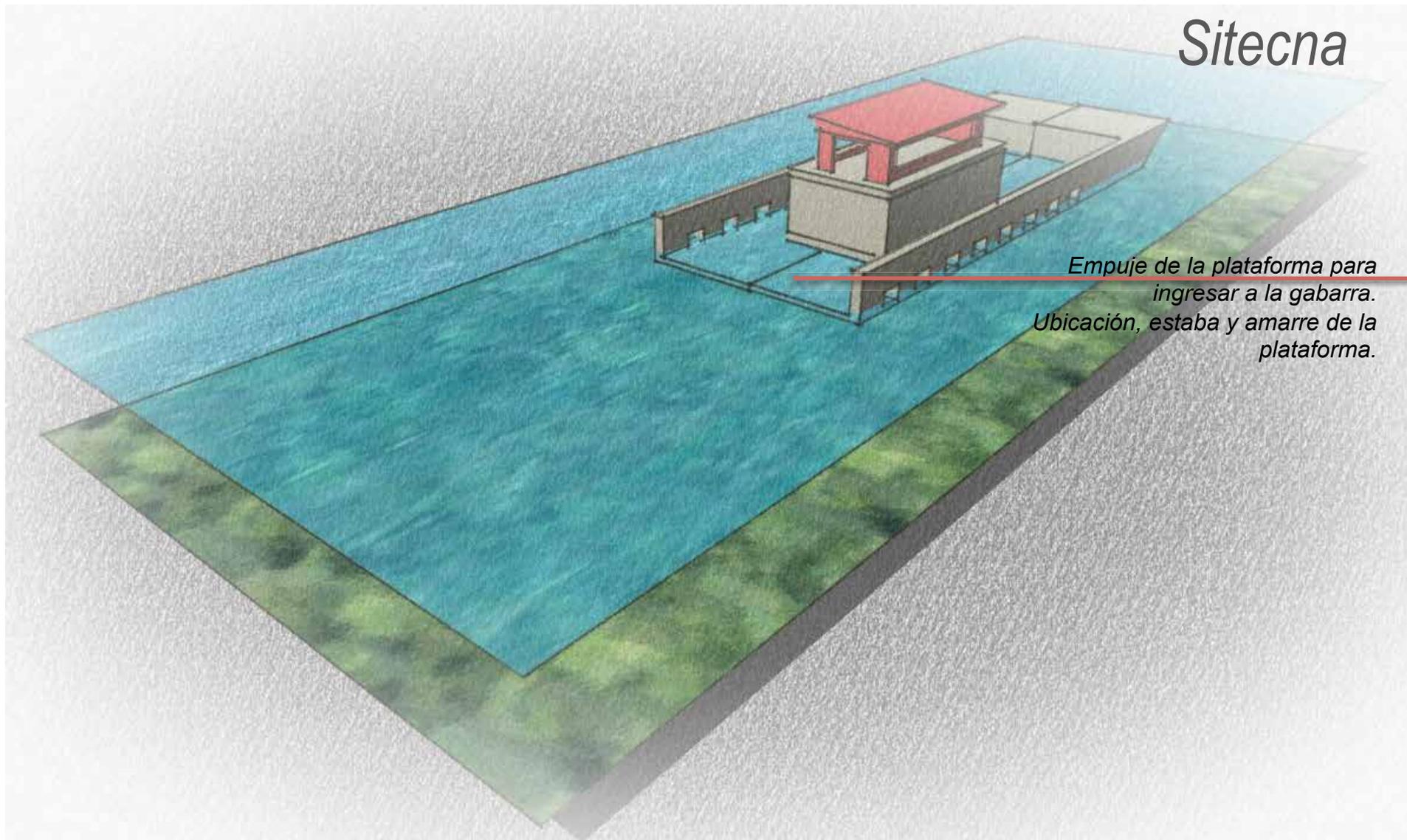
*Gabarra con boyantes normal,  
alineada con plataforma  
terminada.*

# Sitecna

*Se sumerge la gabarra para ingreso de la plataforma.*



# Sitecna



*Empuje de la plataforma para  
ingresar a la gabarra.  
Ubicación, estaba y amarre de la  
plataforma.*

# Sitecna

*Bombeo del agua fuera de la gabarra, para inicio del transporte.*

