El hormigón.

Aplicación a estructuras Navales.

Magíster en Arquitectura Mención Náutico Marítimo.
Pontificia Universidad Católica de Valparaiso.
Estudiante Juan Carlos Olivas.

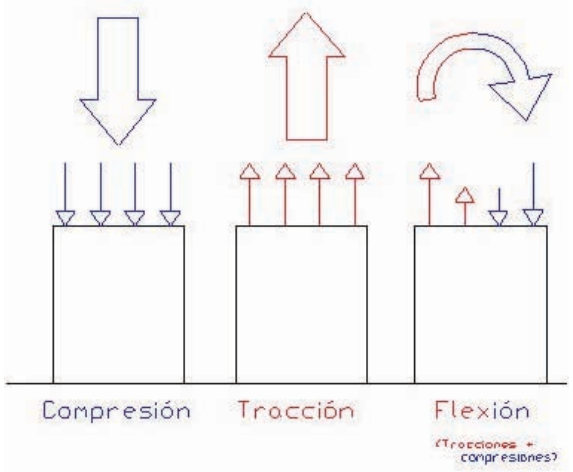
Introducción.

Uno de los materiales más usados en la construcción es el hormigón. Este se presenta en una gran variedad, dependiendo de los requerimientos de la estructura en proyección. Dentro de esta variedad se encuentra el hormigón 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.

Introducción.

La técnica constructiva del 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 y cortante a los que esta sometida la estructura. El hormigón tiene gran resistencia a la compresión pero su resistencia a tracción es pequeña.



Introducción.

El uso de hormigón armado es relativamente reciente. la primera patente se debe al jardinero parisino Joseph Monier que lo usó en 1868, primero para usos relacionados con recipientes de jardinería, y más tarde para su uso en vigas y otras estructuras en obras de ferrocarriles.

Introducción.

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.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

El cemento:

Cemento portland
El cemento portland es un conglomerado o cemento hidráulico que cuando se mezcla con aridos, agua y fibras de acero discontínuas y discretas tiene la propiedad de conformar una masa pétrea resistente y duradera denominada hormigón. Es el más usual en la construcción utilizado como aglomerante para la preparación del hormigón o concreto. Como cemento hidráulico tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, al reaccionar químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes.
El nombre se debe a la semejanza en aspecto con las rocas que se encuentran en la isla d ePortlan.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

El cemento:

Fabricación del cemento de portland
La fabricación del cemento de portland se da en tres fases:
preparación de la mezcla de las materias primas,
producción del clinker y preparación del cemento..
Las materias primas para la producción del portland son minerales que contienen:
óxido de calcio (44%),
óxido de silicio (14,5%),
óxido de aluminio (3,5%),
óxido de hierro (3%)
óxido de manganeso (1,6%).
La extracción de estos minerales se hace en canteras, que preferiblemente deben estar próximas a la fábrica, con frecuencia los minerales ya tienen la composición deseada, sin embargo en algunos casos es necesario agregar arcilla, o calcáreo, o bien minerales de hierro, bauxita, u otros minerales residuales de fundiciones.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

El cemento:

Fabricación del cemento de portland
La mezcla es calentada en un horno especial, con forma de un gran cilindro (llamado *kiln*) dispuesto casi horizontalmente, con ligera inclinación, que rota lentamente. La temperatura aumenta a lo largo del cilindro hasta llegar a unos 1400 °C, que hace que los minerales se combinen pero sin que se fundan o vitrifiquen.
En la zona de menor temperatura, el carbonato de calcio (calcáreo) se disocia en óxido de calcio y dióxido de carbono (CO_2). En la zona de alta temperatura el óxido de calcio reacciona con los silicatos y forma silicatos de calcio (Ca_2Si y Ca_3Si). Se forma también una pequeña cantidad de aluminato tricálcico (Ca_3Al) y ferroaluminato tetracálcico (Ca_4AlFe). El material resultante es denominado *clinker*. El clinker puede ser conservado durante años antes de proceder a la producción del cemento, con la condición de que no entre en contacto con el agua.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

El cemento:

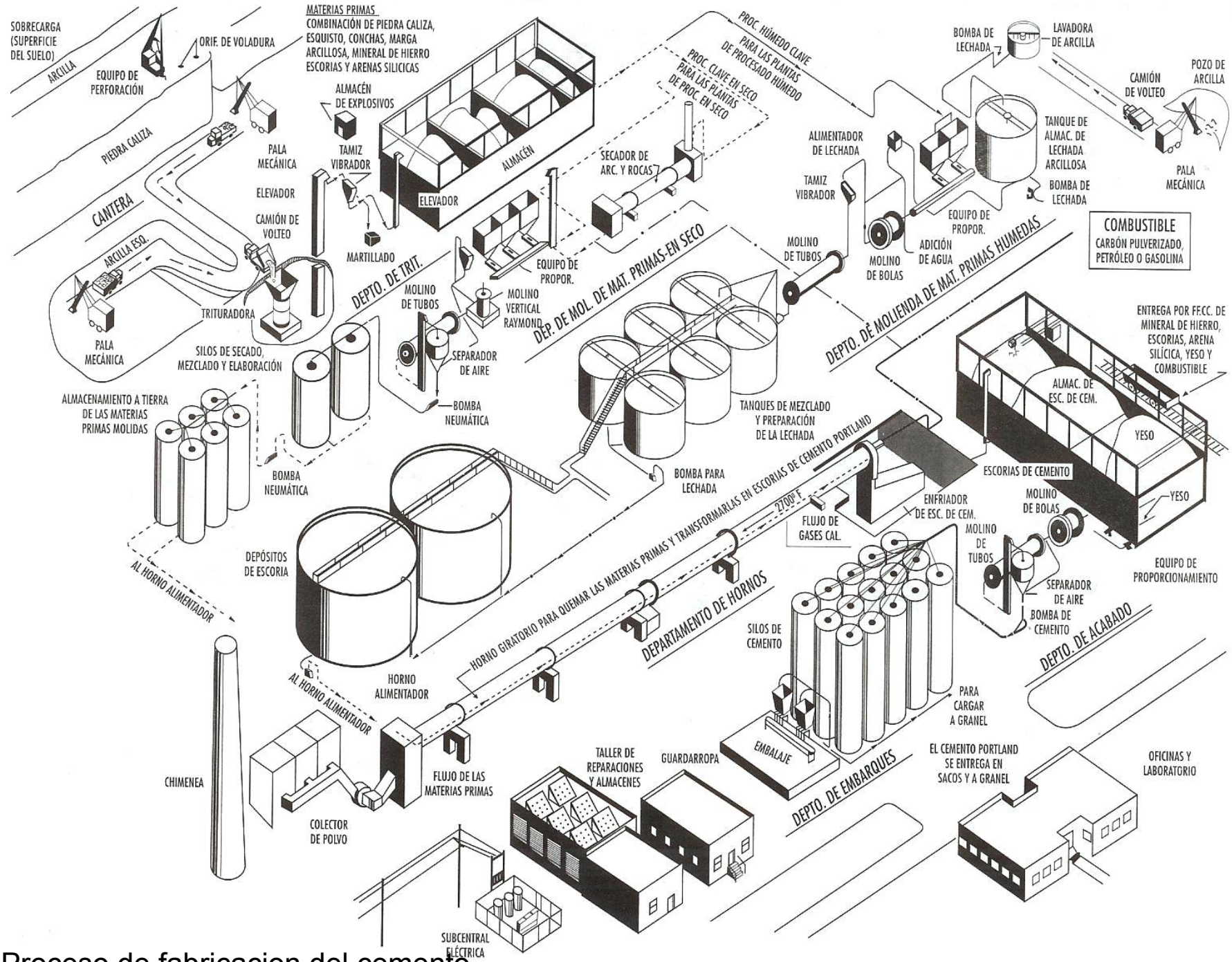
Fabricación del cemento de portland
Para mejorar las características del producto final al clinker se agrega aproximadamente el 2% de yeso y la mezcla es molida finamente. El polvo obtenido es el cemento preparado para su uso.
El cemento obtenido tiene una composición del tipo:
64% óxido de calcio
21% óxido de silicio
5,5% óxido de aluminio
4,5% óxido de hierro
2,4% óxido de magnesio
1,6% sulfatos
Cuando el cemento portland es mezclado con agua, se obtiene un producto de características plásticas con propiedades adherentes que solidifica en algunas horas después y endurece progresivamente durante un período de varias semanas hasta adquirir su *resistencia característica*. El endurecimiento inicial es producido por la reacción del agua, yeso y aluminato tricálcico,

Introducción.

Generalidades del hormigón..

El cemento:

Los *cementos portland especiales* son los que se obtienen de la mismo modo que el cemento portland normal, pero tienen características diferentes a causa de variaciones en el porcentaje de los componentes que lo conforman.
Tipos de cementos portland Cemento portland normal (CPN), o común, sin aditivos, es el más empleado en construcción.
Cemento portland blanco (PB), compuesto por materias primas pobres en hierro, que le dan ese color blanquecino grisáceo. Se emplea para estucos, terrazos, etc.
Cemento portland de bajo calor de hidratación (CBC), produce durante el fraguado una baja temperatura de hidratación; se obtiene mediante la alteración de los componentes químicos del cemento portland común.
Cemento portland de elevada resistencia inicial (CER), posee un mayor contenido de silicato tricálcico que le permite un fraguado más rápido y mayor resistencia. Se emplea en muros de contención y obras hidráulicas.



Proceso de fabricacion del cemento.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

Armaduras:

Amarra : Nombre genérico dado a una barra o alambre individual o continuo, que abraza y confina la armadura longitudinal, doblada en forma de círculo, rectángulo, u otra forma poligonal, sin esquinas.
Armadura Principal: Es aquella requerida para absorber los esfuerzos externos inducidos en los elementos de hormigón armado.
Armadura Secundaria: Es toda aquella armadura destinada a confinar en forma adecuada la armadura principal en el hormigón.
Barras de Repartición: En general, son aquellas barras destinadas a mantener el distanciamiento y el adecuado funcionamiento de las barras principales en las losas de hormigón armado.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

Armaduras:

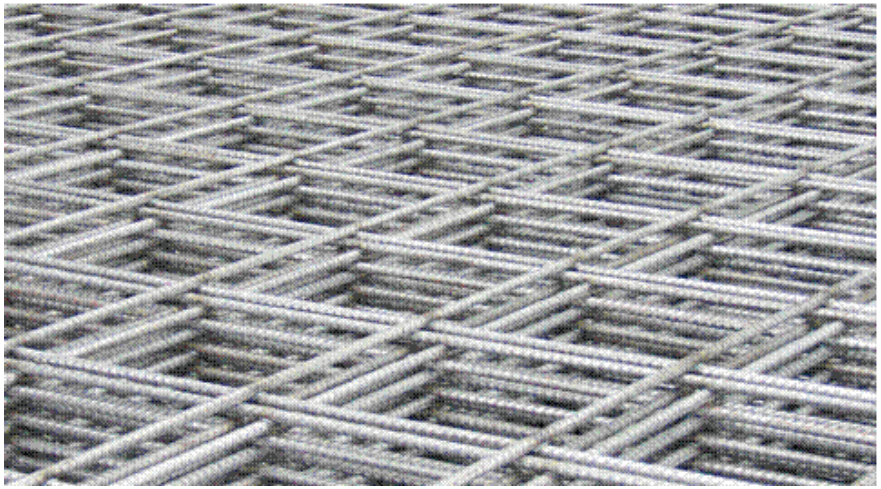
Barras de Retracción: Son aquellas barras instaladas en las losas donde la armadura por flexión tiene un sólo sentido. Se instalan en ángulo recto con respecto a la armadura principal y se distribuyen uniformemente, con una separación no mayor a 3 veces el espesor de la losa o menor a 50 cm entre sí, con el objeto de reducir y controlar las grietas que se producen debido a la retracción durante el proceso de fraguado del hormigón, y para resistir los esfuerzos generados por los cambios de temperatura.
Cerco: Es una amarra cerrada o doblada continua. Una amarra cerrada puede estar constituida por varios elementos de refuerzo con ganchos sísmicos en cada extremo. Una amarra doblada continua debe tener un gancho sísmico en cada extremo.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

Armaduras:

Estribo: Armadura abierta o cerrada empleada para resistir esfuerzos de corte y de torsión, en un elemento estructural; por lo general, barras, alambres o malla electrosoldada de alambre (liso o estriado), ya sea sin dobleces o doblados, en forma de L, de U o de formas rectangulares, y situados perpendicularmente o en ángulo, con respecto a la armadura longitudinal. El término estribo se aplica, normalmente, a la armadura transversal de elementos sujetos a flexión y el término amarra a los que están en elementos sujetos a compresión.



Introducción.

Generalidades del 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 oxigeno 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.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

Sumergido.

Presión.
Al rededor de los 60m 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/cm2 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.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

Sumergido.

Temperatura.
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.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

Sumergido.

Efecto de mareas.

- Presiones horizontales en varias direcciones.
- Fuerzas verticales descendentes, que tienden a modificar el fondo marino donde se apoya la estructura.
- Fuerzas cortantes ascendentes, que levantan la cresta de la ola y tienden a seccionar salientes de la estructura.
- Acciones hidrodinámica por transmisión de la energía cinética contenida en el volumen de agua.
- Oscilaciones verticales y horizontales en la estructura, debido a las fuerzas de inercia.
- Succiones y presiones radiales en los orificios de la estructura.
- Impactos causados por el arrastre de objetos flotantes.
- Flexiones.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

Sumergido.

Diseño y dosificación.

• **Abrasión: Terminaciones muy lisas con maquinaria especializada. Un curado** apropiado producirá superficies antiabrasibas 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.**
• **Diseño de Hormigones: Comprende la correcta determinación cuantitativa de** los componentes del mismo.
• **A d i t i v o s :**
Generalmente se usa los reductores de a g u a , l o s retardadores y plastificantes.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

Sumergido.

Diseño y dosificación.

• **Armaduras: Deberán estar bien distribuidas para reducir el tamaño de** cualquier fisura o grieta que pueda ser causada por la retracción u otras causas.
• **Cemento: Es preferible un alto contenido de cemento, un mínimo de 425 kg/** m3. La razón agua-cemento, deberá ser lo más baja posible. Se recomienda un 0,4 a 0,05. En cuanto a la cantidad de cemento , , se deberá tener un moderado cantidad de Ca3Al (8%), un bajo contenido alcalino (de 0,6% de Na2O y K2O. Pueden aceptarse cementos con aditivos como **puzolana y** escorias.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

Sumergido.

Diseño y dosificación.
Algunos cementos utilizados:
a. **Portalnd: sin agregados, es el producto que se obtiene de la pulverización de** una mezcla de clínquer y sulfato de calcio con agua (yeso hidratado).
b. **Siderúrgico: En base a ceniza de carbón proveniente de las centrales** termoeléctricas, escoria de fundiciones o residuos obtenidos calentando el cuarzo. Estos componentes son introducidos entre el 35 hasta el 80%. El porcentaje de estos materiales puede ser particularmente elevado, siendo que se origina a partir de silicatos, es un material potencialmente hidráulico.
c. **Con Agregado A: Es el producto que se obtiene de la molienda conjunta con** clínquer, agregado tipo A y yeso. El agregado tipo A es una mezcla de sustancias, compuestas por un material cálcico-arcilloso que ha sido calcinad a temperaturas superiores a 900ºC, y otros materiales a base de oxidos de silicio, aluminio y fierro.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

Sumergido.

Diseño y dosificación.

d. **Puzolámico: Es el producto que se obtiene de la molienda conjunta de** clínquer, puzolana y yeso.
e.**Cemento hidráulico: El cemento hidráulico recibe su nombre porque al igual** que el Pórtland tiene la propiedad de poder fraguar bajo el agua. Se obtiene a partir de materiales calcáreos y de arcilla y ofrece una gran resistencia.
• **Dosificación y curado:**
a. Ocupar un método de dosificación (ASCII)
b. Asentamiento de Cono (trabajabilidad) alto, de 15 a 18 cm.
c. La razón agua -cemento máxima será de 0,4, ya que el cemento para su hidratación necesita alrededor de 1/4 de su peso en agua.
d. Cantidad de Agua, alrededor de 200L/m3.
e. Cantidad de Cemento entre 400 y 600 kg/m3.
f. Uso de Aire.

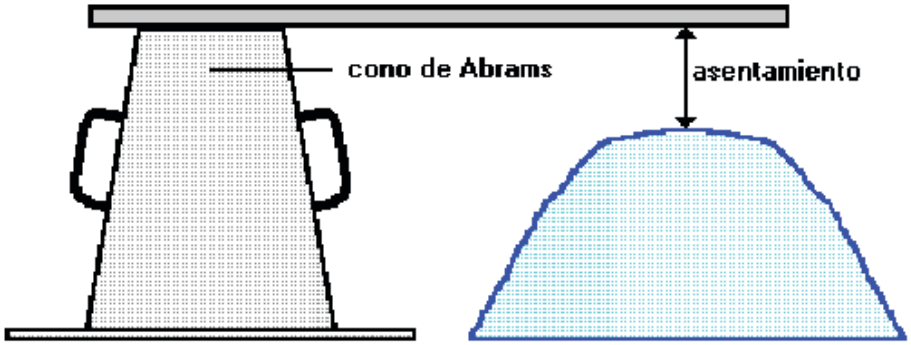
Introducción.

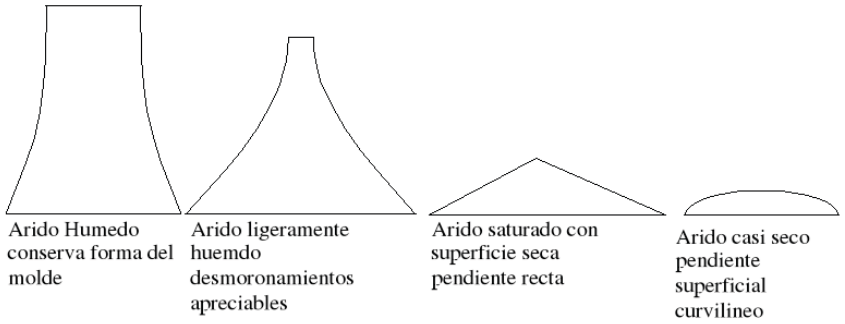
Generalidades del hormigón..

Sumergido.

Diseño y dosificación.

g. Cantidad de Aridos y finos serán los calculados para cada obra.
h.Consolidación y curado, ya que no se puede vibrar ni apisonarse, solo se podrá golpear suavemente con combo de madera.





Introducción.

Generalidades del hormigón..

Sumergido.

Diseño y dosificación.

• **Hormigón pesado: aquel que tenga un peso especifico superior a 3,7 ton/m3.**
El hormigón convencional pesa 2,4 ton/m3. 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 desfunde de fierro.

Introducción.

Generalidades del hormigón..

Sumergido.

Diseño y dosificación.

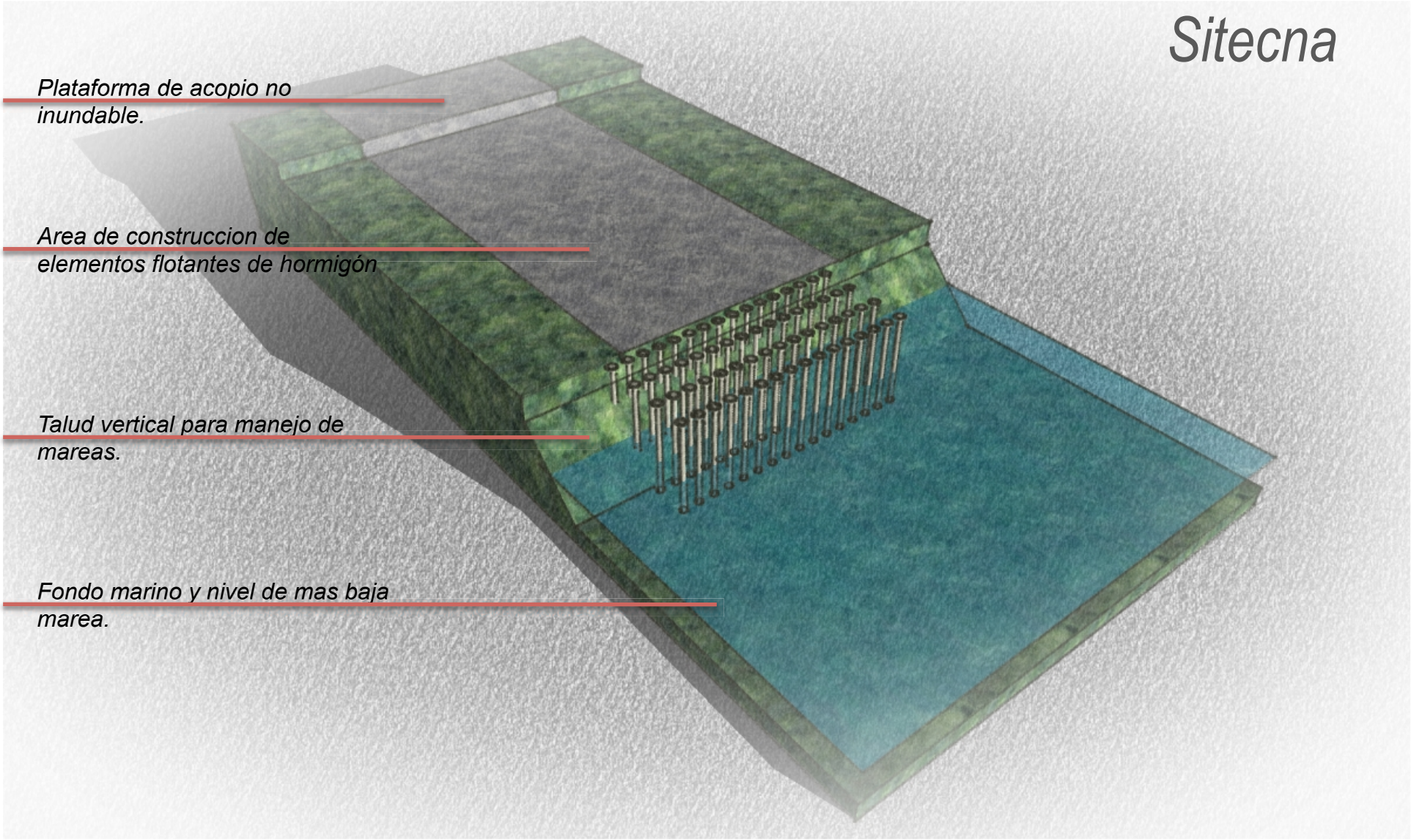
• **Hormigón Liviano: aquel que tenga un peso especifico inferior a 2 ton/m3. y** se utiliza en obras submarinas en que se requiere un aumento de boyantes. Es el que se utiliza en las estructuras flotantes. Es de dos tipos básicos:
1. Hormigón Liviano Estructural: se consigue con agregados livianos, añadiendo espuma o suprimiendo los áridos finos.Tiene un peso unitario de 1,7 ton/m3 y una resistencia sobre 250 kgcm2.
2. Hormigón Liviano Celular: es aquel que tiene una multitud de burbujas provocadas por aditivos aireantes o expansivo. Su peso especifico va de 1,3 a1,5 ton/m3. Como es muy poroso debe ser cubierto por un cemento normal.
• **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%hormigon 60% roca.

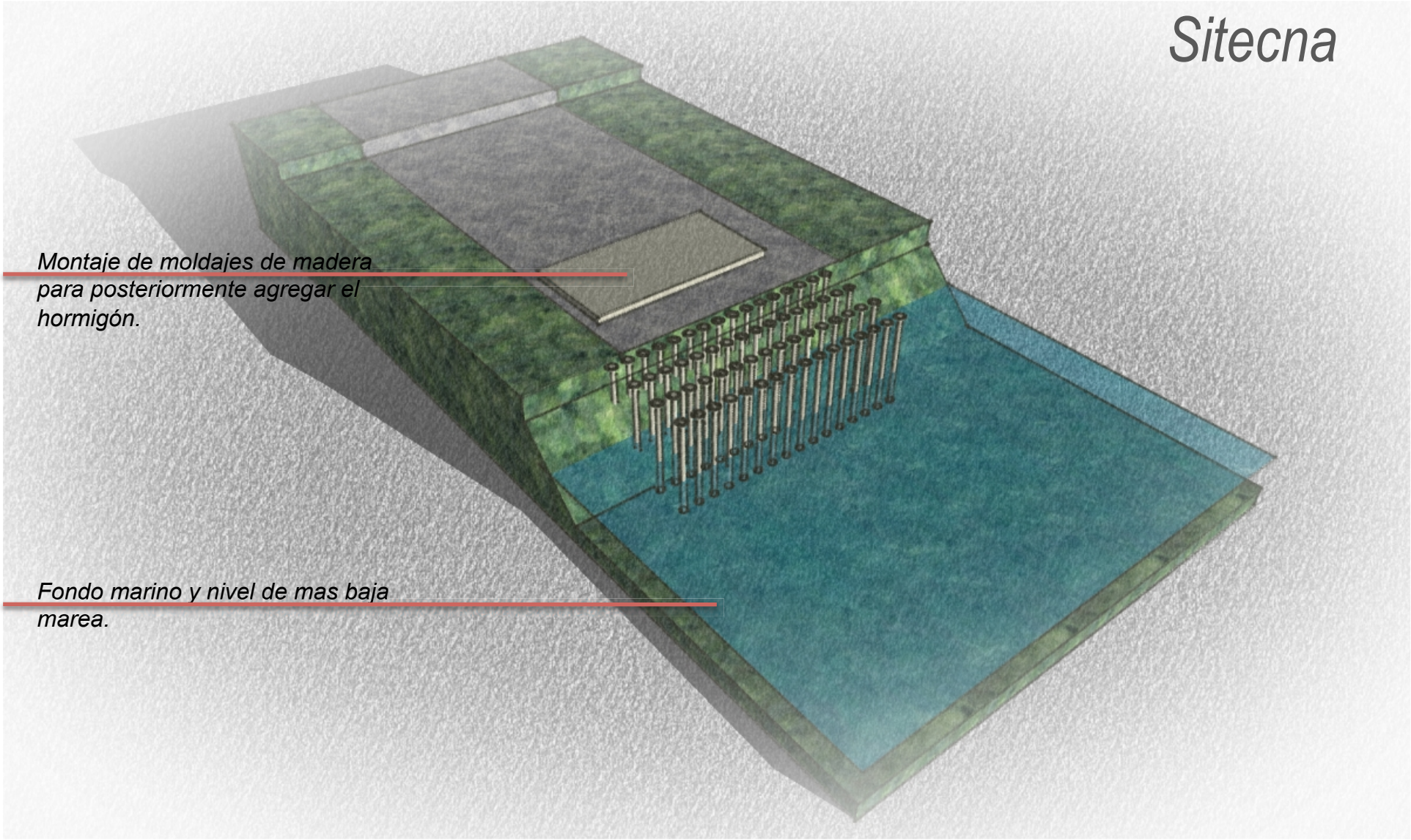
Sitecna

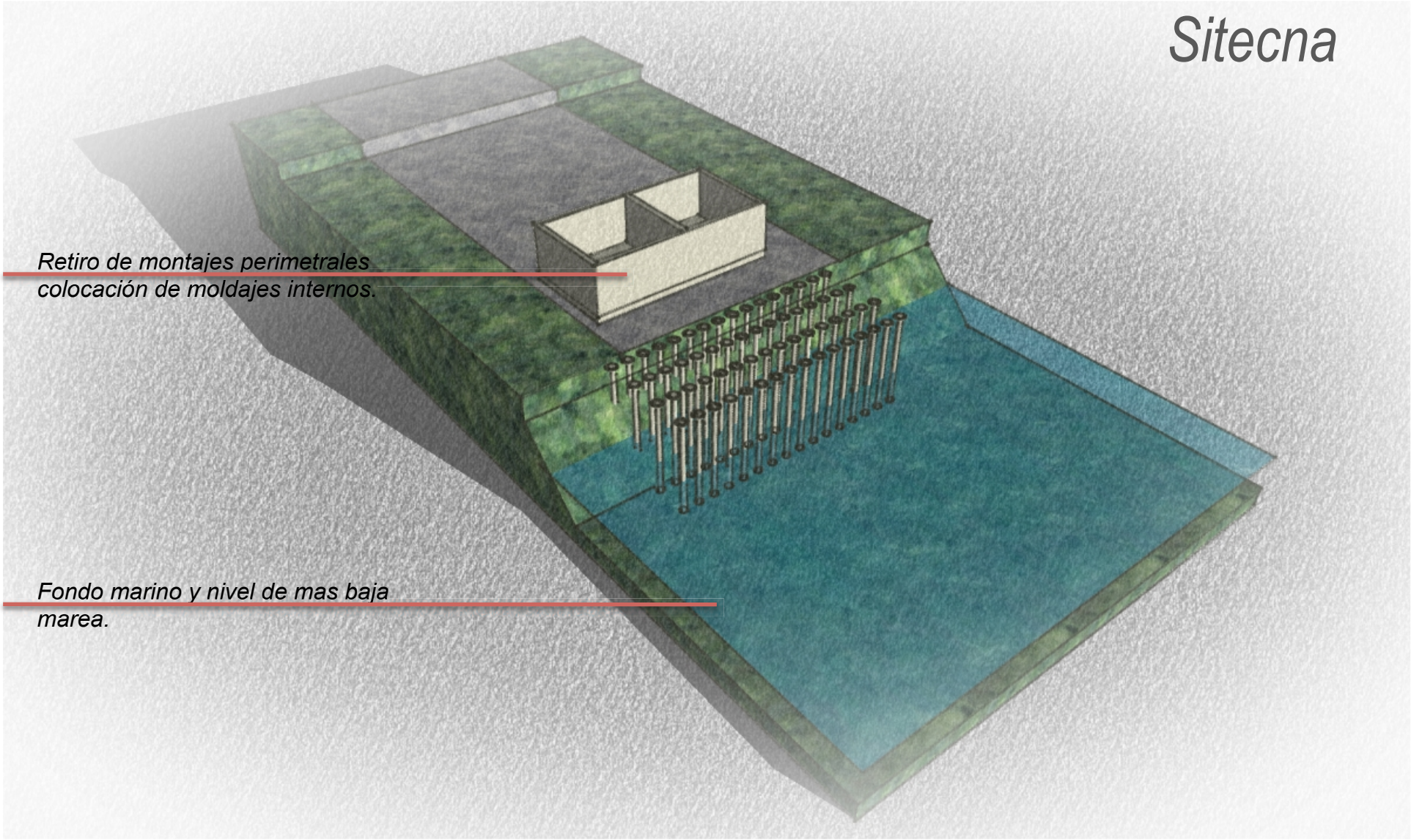
Tecnologia.

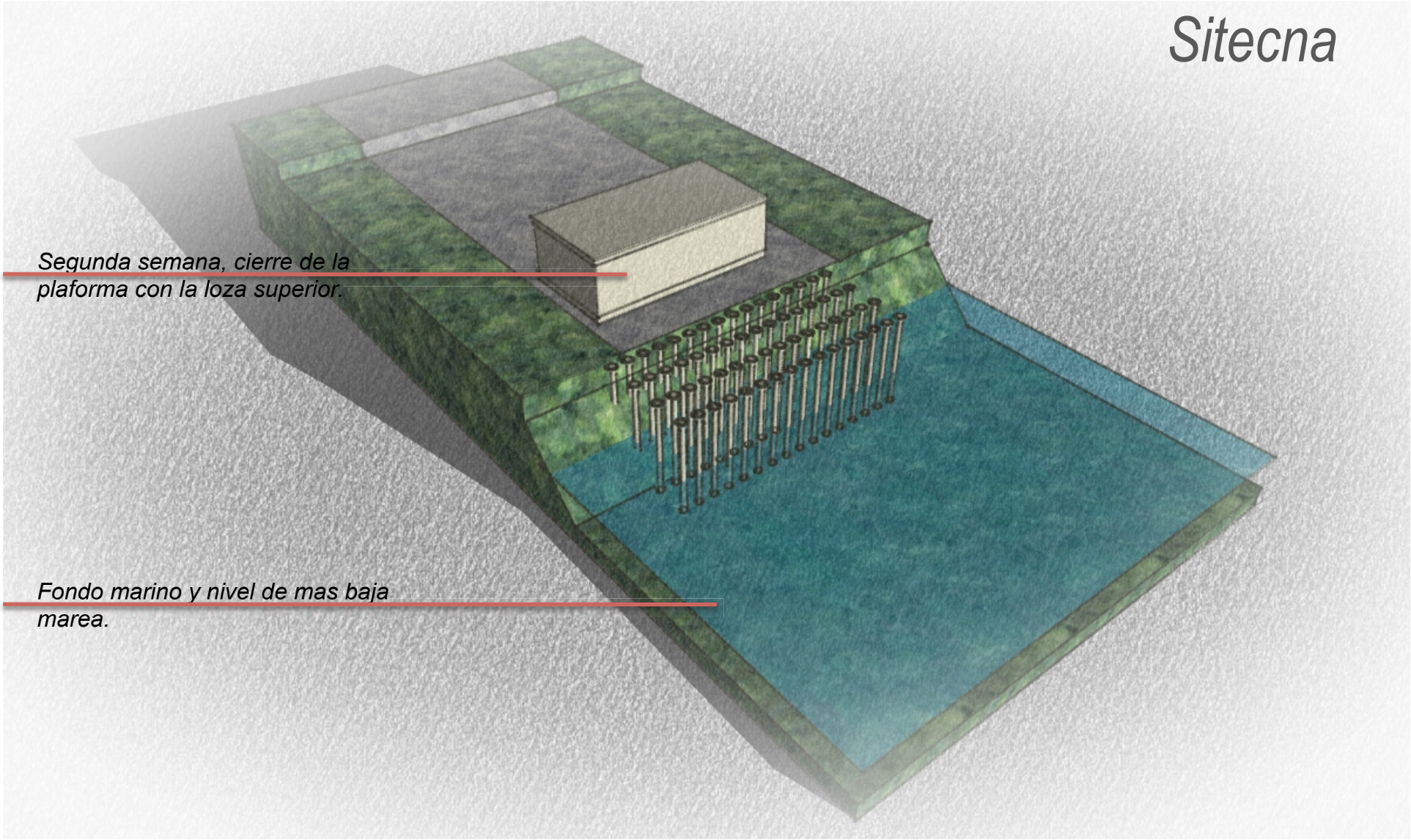
Con el fin de lograr cascos con un diseño estructural, resistente y a costos razonables, disminución del tiempo de fabricación y el peso del aparato.
Para eso toman las siguientes medidas:

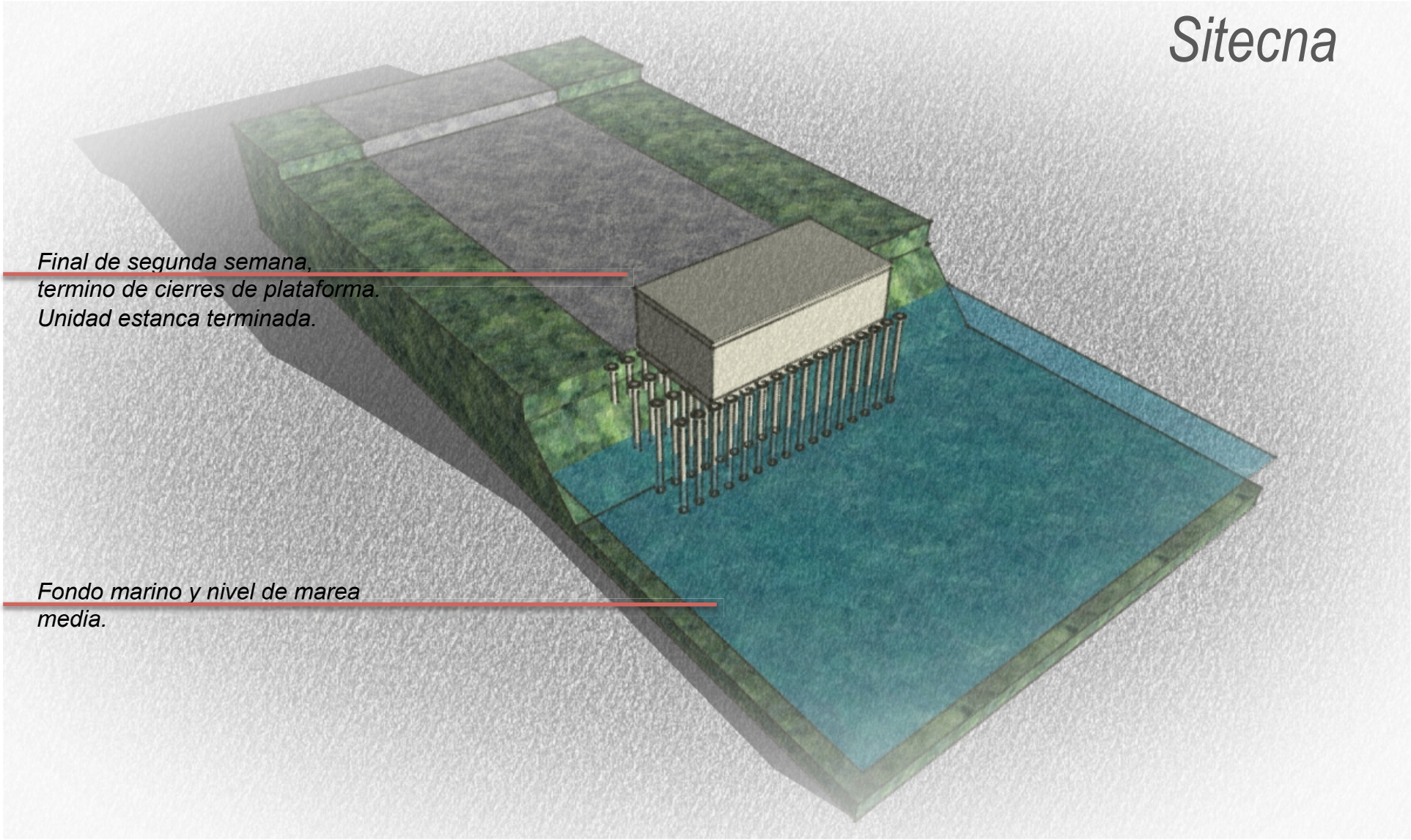
- **Realizan el calculo estructural de los artefactos utilizando software.**
- **Las recomendaciones del código ACI 318-2002 (Diseño de hormigón** armado).
- **Disminución del grado de los hormigones en las partes del casco que así lo** permitan.
- **Optimización de la geometría y disminución de los 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 m3, hormigon $60000, estructura armada de acero para un m3 $18000.**

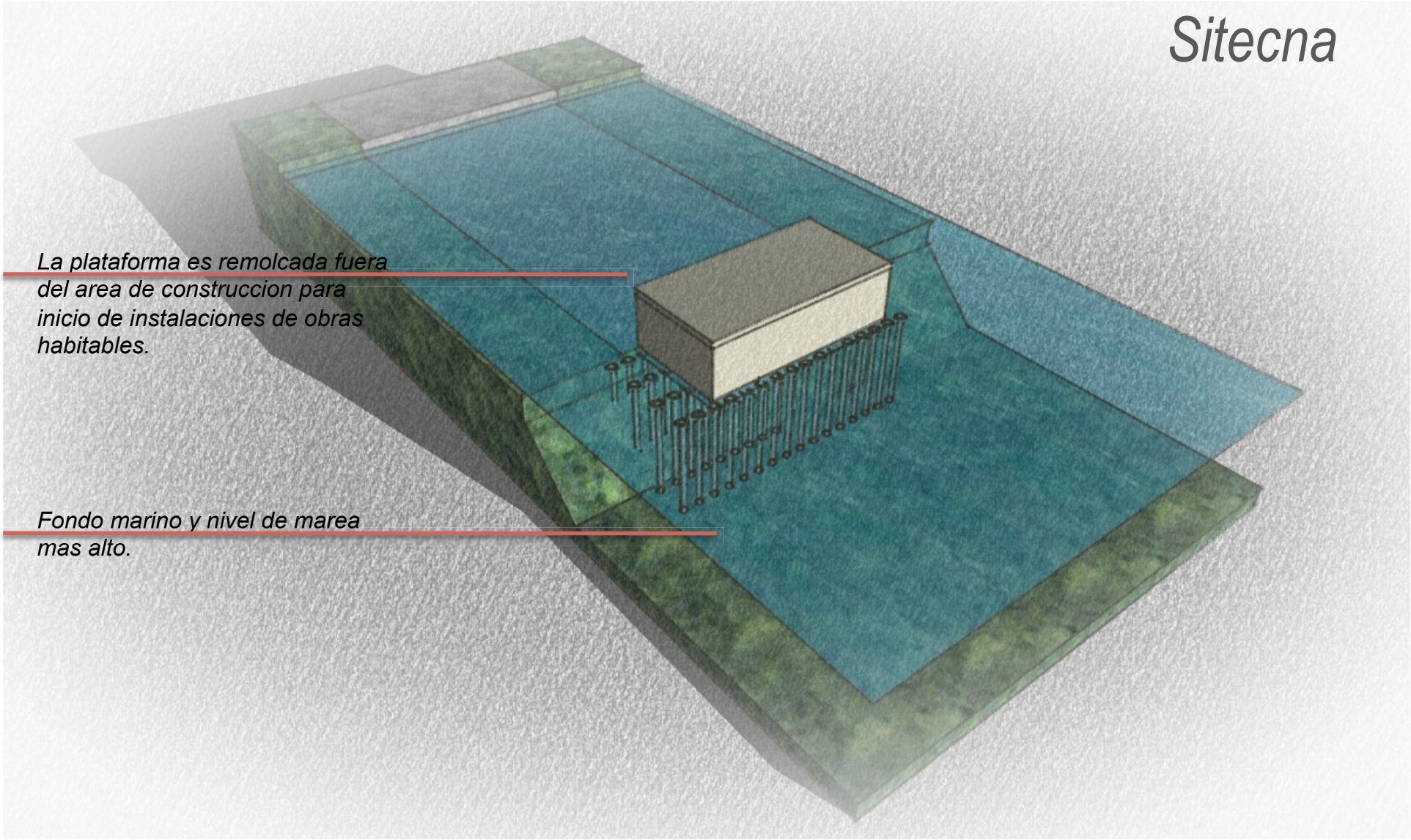

Sitecna
Plataforma de acopio no inundable.
Area de construccion de elementos flotantes de hormigón
Talud vertical para manejo de mareas.
Fondo marino y nivel de mas baja marea.

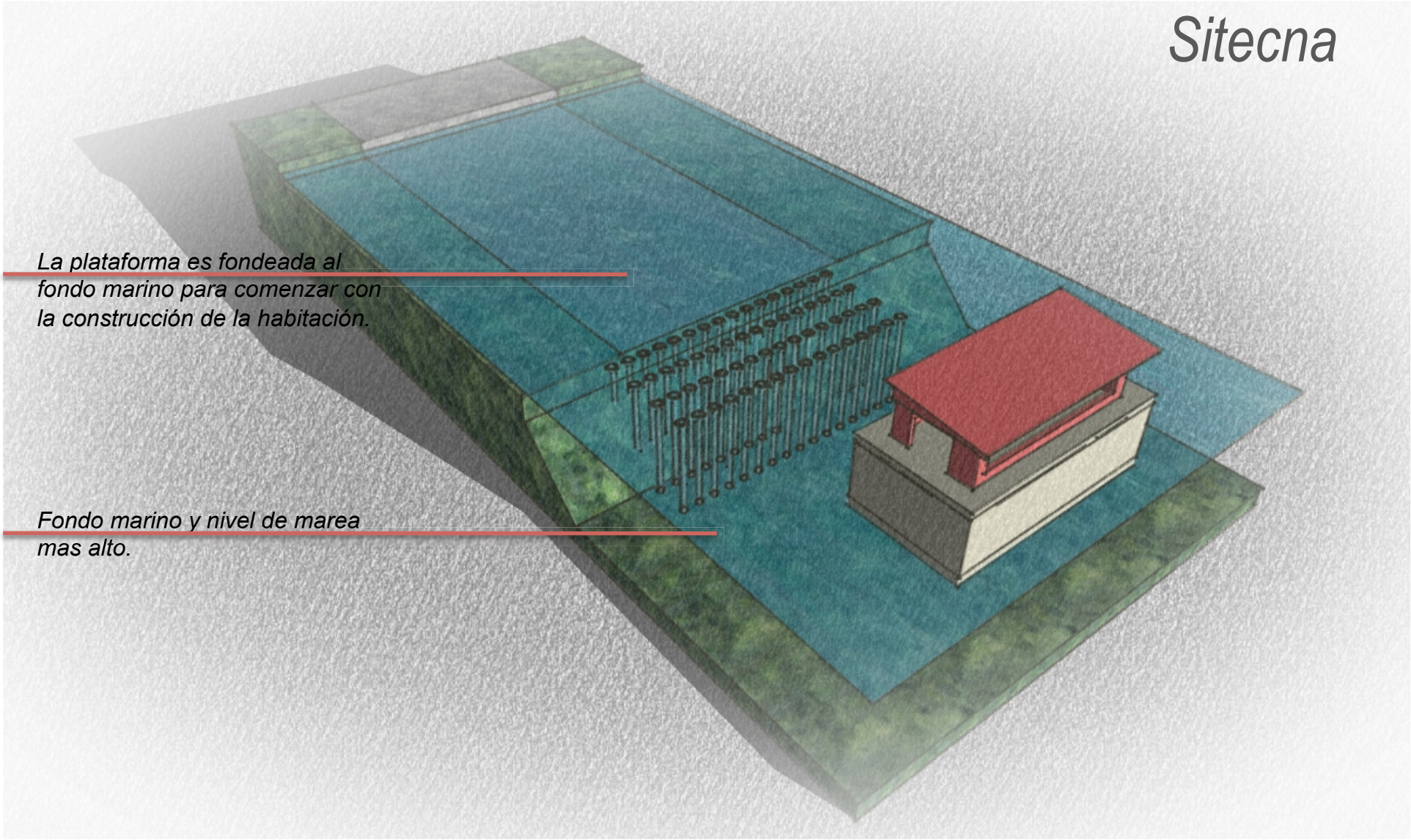

Sitecna
Montaje de moldajes de madera para posteriormente agregar el hormigón.
Fondo marino y nivel de mas baja marea.

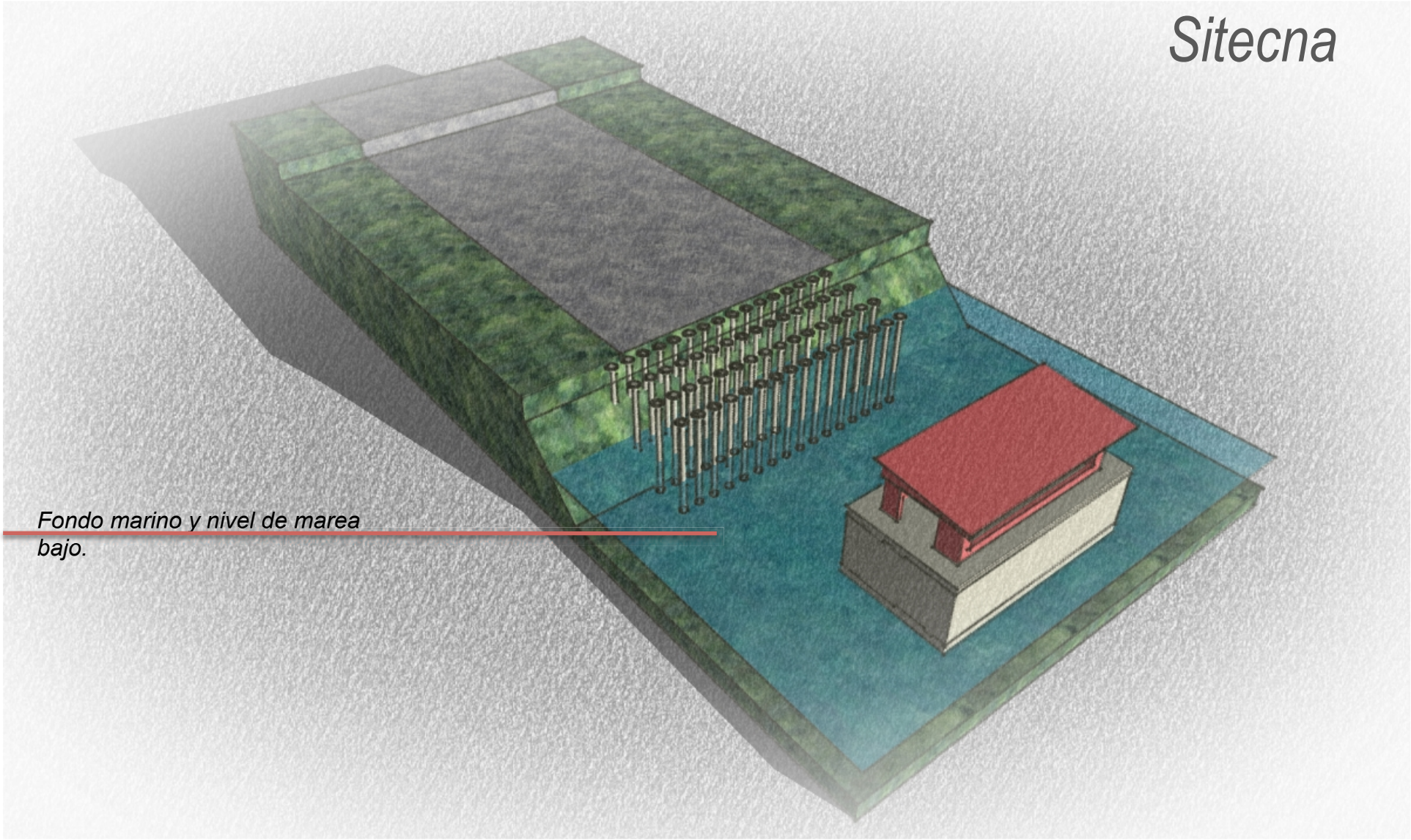

Sitecna
Retiro de montajes perimetrales
colocación de moldajes internos.
Fondo marino y nivel de mas baja
marea.

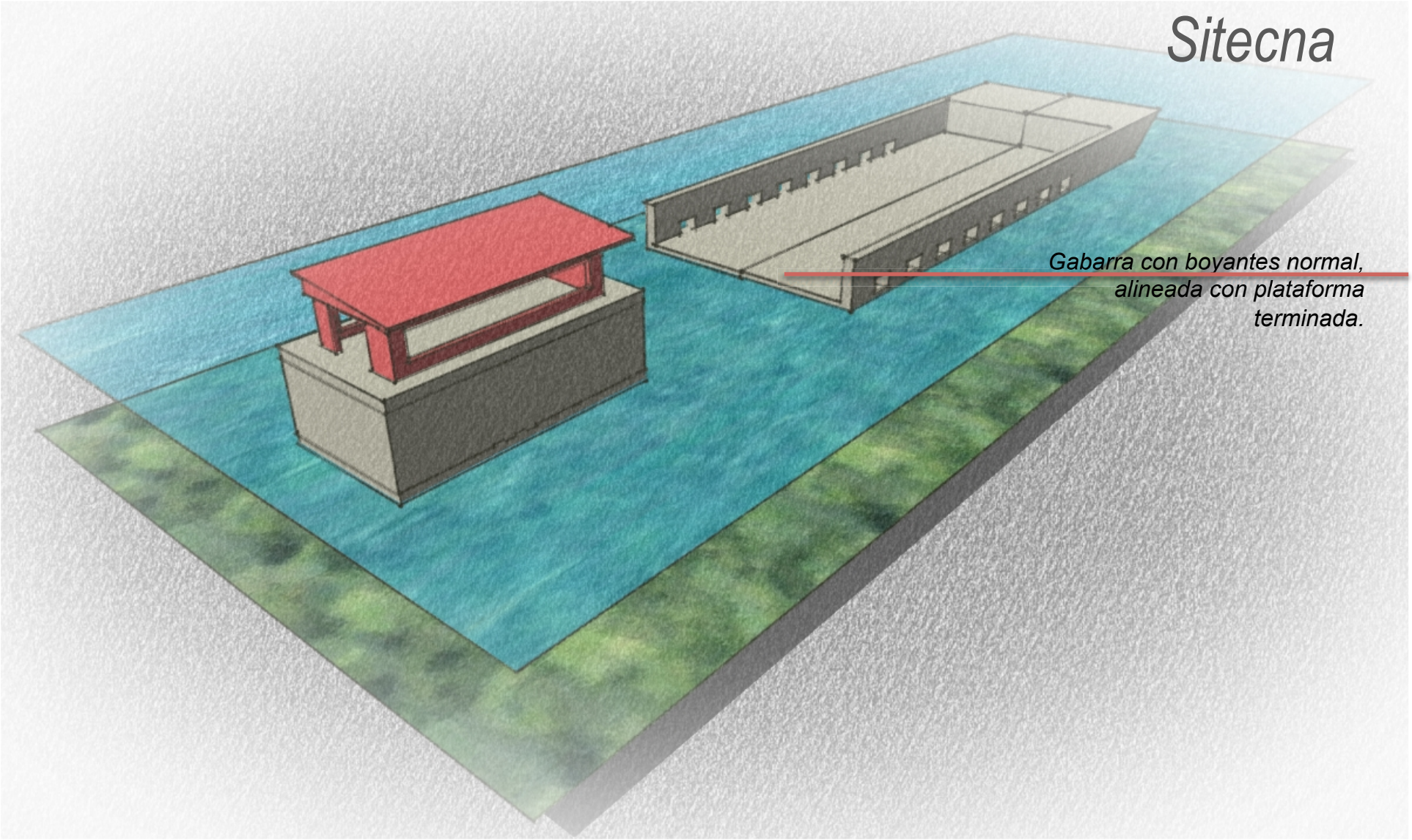

Sitecna
Segunda semana, cierre de la plaforma con la loza superior.
Fondo marino y nivel de mas baja marea.

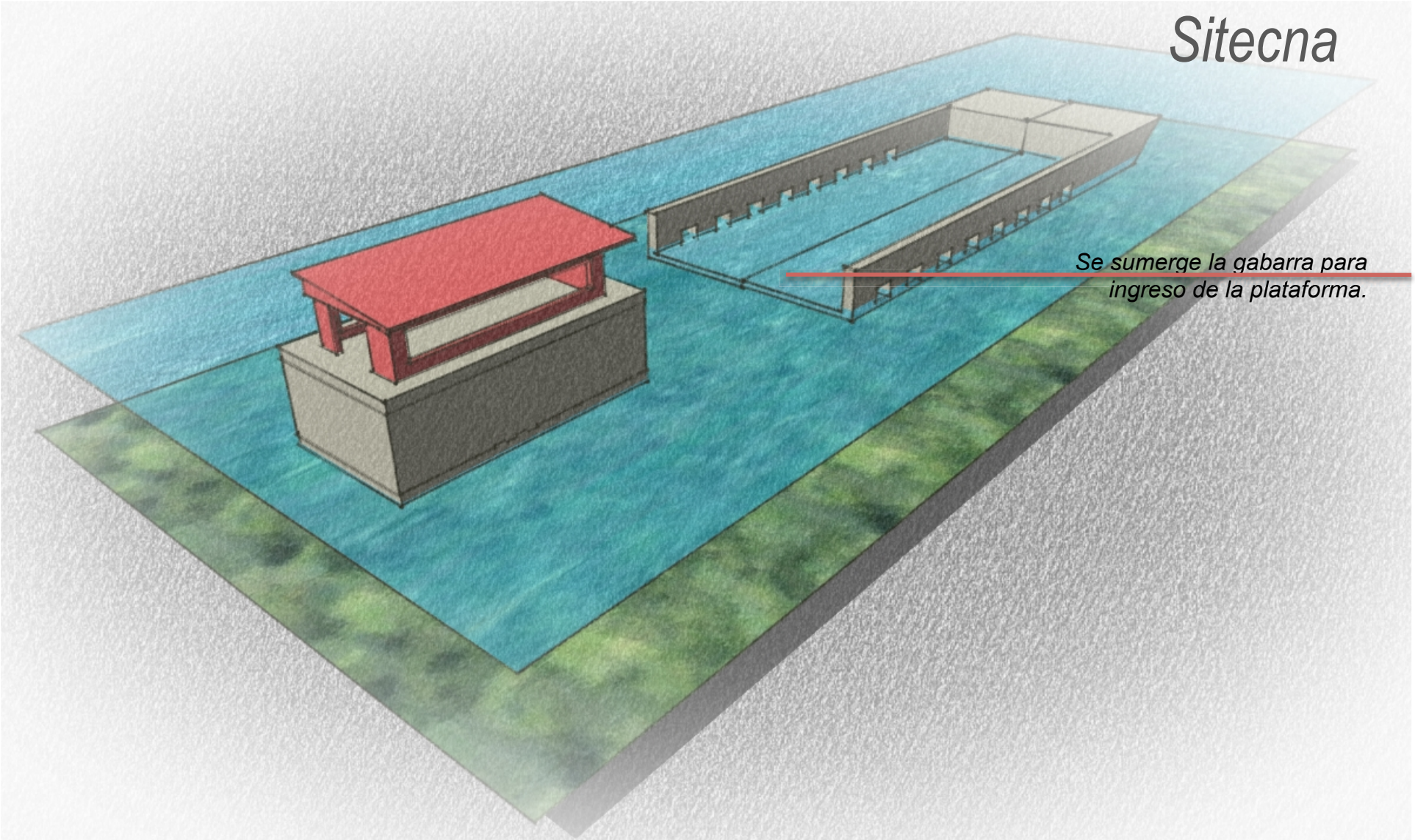

Sitecna
Final de segunda semana,
termino de cierres de plataforma.
Unidad estanca terminada.
Fondo marino y nivel de marea
media.


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.

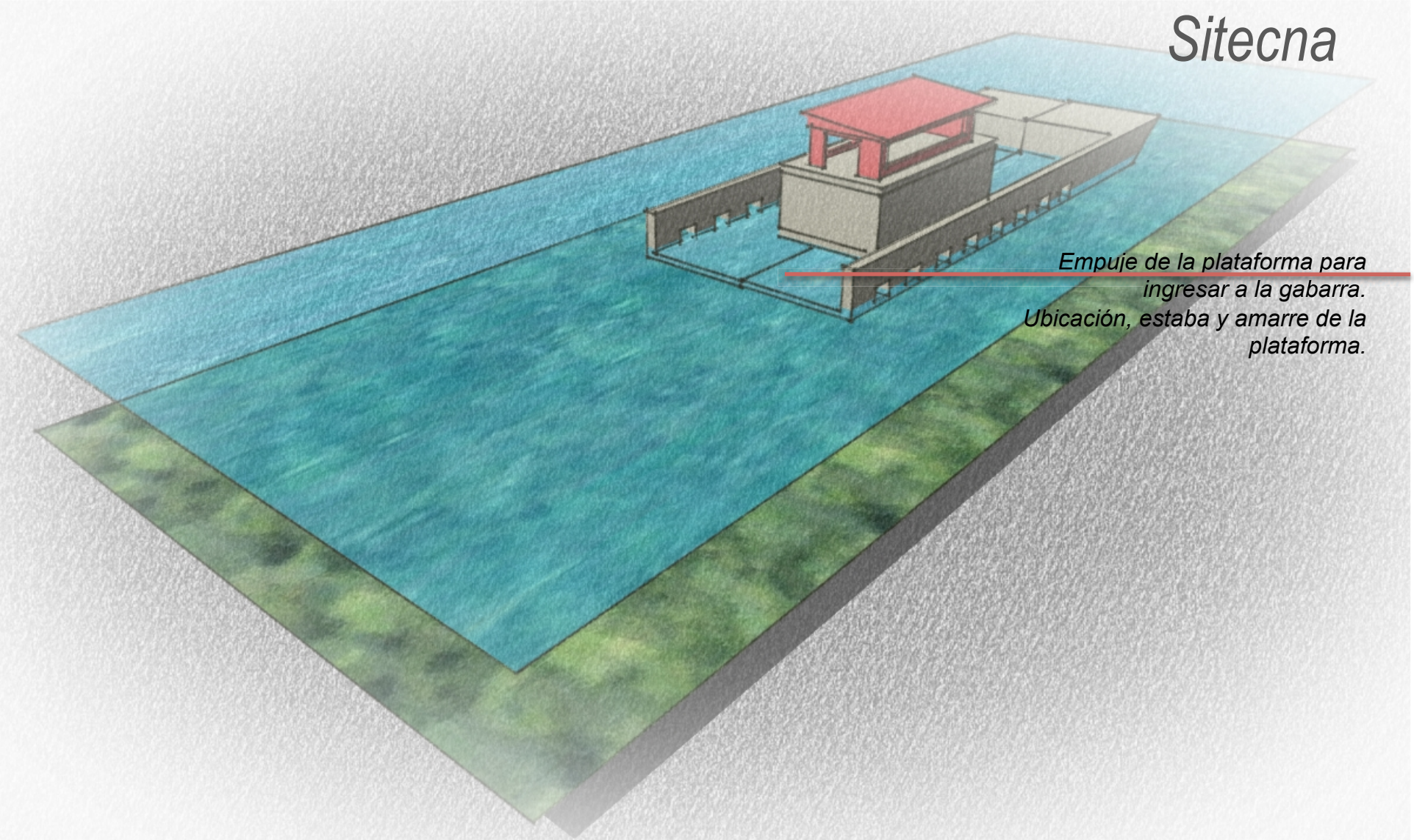

Sitecna
La plataforma es fondeada al fondo marino para comenzar con la construcción de la habitación.
Fondo marino y nivel de marea mas alto.


Sitecna
Fondo marino y nivel de marea
bajo.

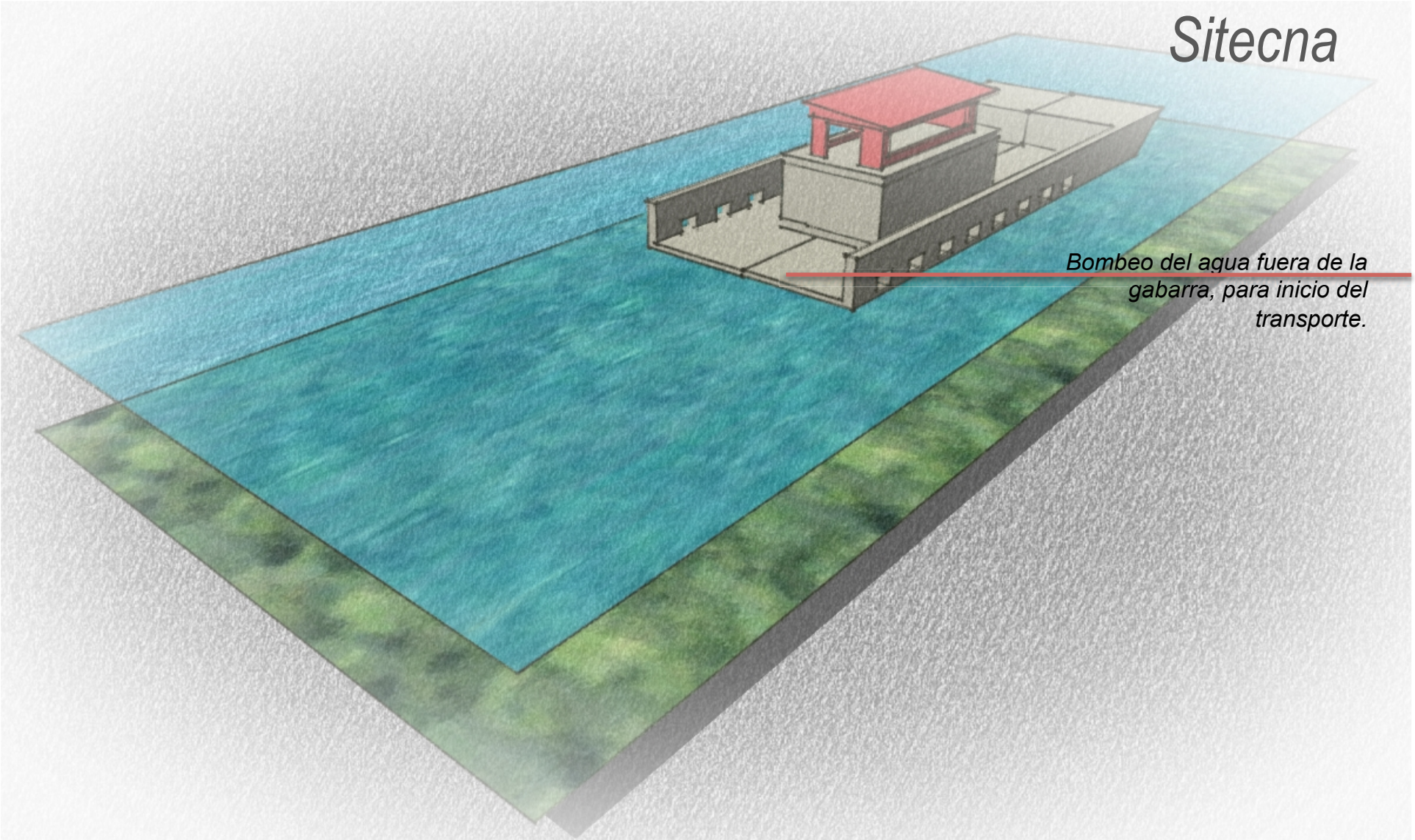

Sitecna
Gabarra con boyantes normal, alineada con plataforma terminada.


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.

Sitecna

Primera Etapa Constructiva
Superficie para elaboración de Pontones.

Sitecna

Primera Etapa Constructiva
Superficie para elaboración de Pontones.

Sitecna

Primera Etapa Constructiva
Superficie para elaboración de Pontones.

Segunda Etapa
Enfierradura.

Sitecna

Estructuras de cañerias y Cadenas

Enfierradura para estructura de silos

Enfierradura para estructura de silos

Enfierradura para estructura de silos

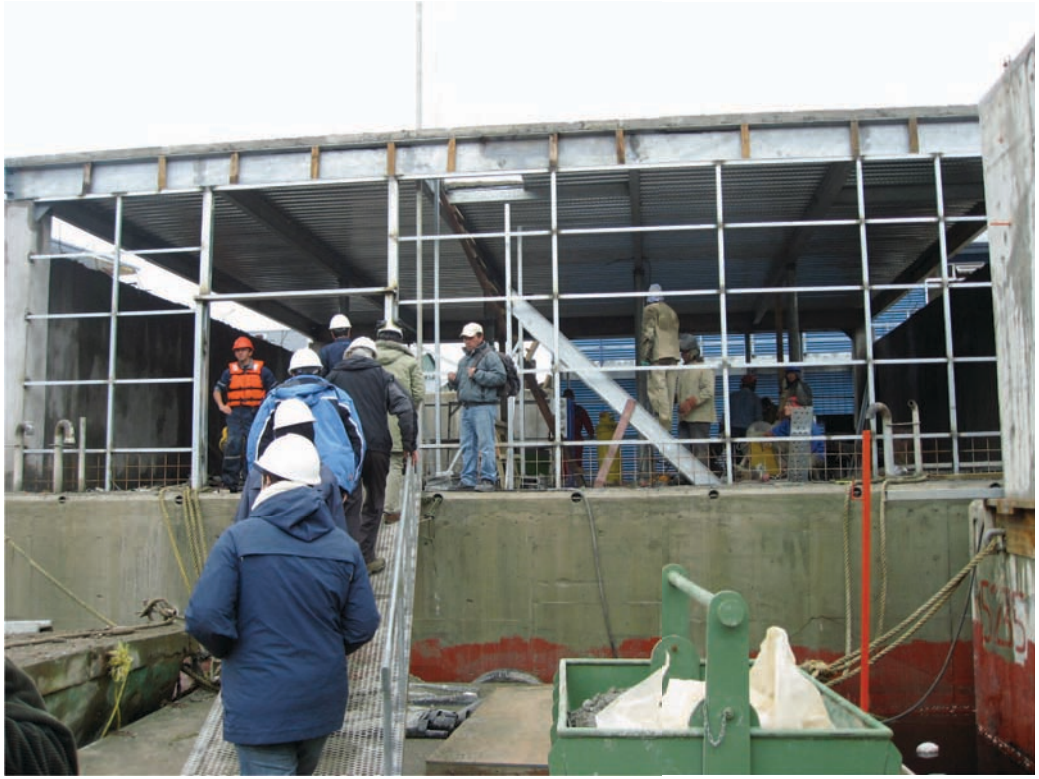
Sitecna

Enfierradura para estructura de silos

Sitecna

Enfierradura para estructura de silos

Sitecna



Estructura de la Habitabilidad

Sitecna

Sitecna