

Anexo Cálculos y mediciones

1 Tabla de contenido

<u>1.</u>	<u>LOSA DE SOPORTE PARA EL EQUIPO DE MEDICIÓN</u>	<u>1</u>
1.1.	INTRODUCCIÓN	1
1.2.	CONSIDERACIONES EN EL CÁLCULO	2
1.3.	RESULTADOS OBTENIDOS	6
1.4.	COMPROBACIÓN DE LA LOSA	10
1.5.	MATERIALES A EMPLEAR	11
<u>2.</u>	<u>CÁLCULO DEL PESO DE LOS LASTRES-ANCLAJES</u>	<u>13</u>
2.1.	MATERIALES QUE EMPLEAR.....	13
<u>3.</u>	<u>CASETA DE PROTECCIÓN</u>	<u>15</u>
3.1.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	15
3.2.	MEDICIÓN	15
3.3.	FASES DE EJECUCIÓN	15
3.4.	MATERIALES A EMPLEAR	15
<u>4.</u>	<u>MEDICIONES.....</u>	<u>16</u>

1. Losa de Soporte para el EQUIPO DE MEDICIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La losa que servirá de apoyo y de elemento de cimentación en la parte marina al sistema de medición, será cuadrada de 1,90 metros de lado y 20 centímetros de espesor.

Este dimensionamiento viene considerado por la longitud y los puntos de anclaje del Sistema de Medición en la losa de apoyo.

Estas dimensiones condicionan el armado a colocar en la cara inferior de la losa, ya que deberá resistir su peso propio más el del equipo de medición, aunque este último resulta despreciable en comparación con el peso de la losa.

El cálculo se ha realizado con el programa de elementos finitos SAP2000 en el que se ha modelizado la losa con elementos tipo placa. Una vez apoyada la losa en 4 puntos y aplicadas las cargas se han obtenido los esfuerzos en la losa.

Además, se ha realizado la comprobación con cargas laterales de fondo. Dado que la estructura estará sometida a cargas que varían en el tiempo, para calcular la estructura debemos hacer una integración en el tiempo, obteniendo una solución de la estructura para sucesivos instantes de tiempo separados por un intervalo o paso de integración. Este paso de tiempo debe ser tan pequeño como sea necesario para no perder información de la respuesta temporal y para que el proceso tenga estabilidad numérica. Según Belytschko el paso de integración debe cumplir la siguiente restricción:

$$\Delta t \leq \frac{2}{w_n} \left(\sqrt{1 + \xi^2} - \xi \right)$$

1.2. CONSIDERACIONES EN EL CÁLCULO

PROGRAMA DE CÁLCULO UTILIZADO

Para el cálculo de la losa de cimentación tanto en su transporte y colocación como en su situación definitiva se ha realizado 1 cálculo tridimensional completo con el programa SAP2000.

El software del programa SAP2000 es ampliamente reconocido y utilizado en proyectos de estructuras tanto generales como singulares.

SAP2000 es un desarrollador de software para cálculo, diseño y construcción de proyectos de construcción utilizado por ingenierías de todo el mundo. Dentro de su plataforma SAP2000 se encuentra la versión actualizada del software FEA para modelado, análisis, diseño y detalle de ingeniería civil y estructural.

El programa permite además imponer las condiciones de apoyo que sean necesarias en los nudos (apoyos, empotramientos o cualquier combinación posible de restricciones en los grados de libertad de cada elemento). También es posible la definición de apoyos elásticos (tipo muelle) tanto para los desplazamientos como para las rotaciones, así como la realización de cálculos no lineales.

Para el dimensionamiento del tablero y sus distintos apoyos se ha empleado un modelo que combina los elementos tipo barra y placa, contemplando tanto el análisis estático como el dinámico.

Los modelos utilizados emplean el método de rigidez para la obtención de desplazamientos en los nudos, a partir de los cuales se obtienen los esfuerzos en placas y reacciones en apoyos. Los resultados se obtienen para cada hipótesis simple de carga y combinación, obtenidas éstas según la normativa correspondiente en cada caso.

El programa realiza un cálculo lineal mecánico y geométrico de los materiales que forman la estructura.

El programa permite que se realice un dimensionamiento de la estructura con distintas normativas internacionales. En el caso que nos ocupa, tal y como aparece en los distintos listados aportados, se dimensiona la totalidad de la estructura con la EHE-08, trabajando a flexocompresión.

Se adjuntan a continuación vistas generales del modelo planteado, adjuntando al final del presente documento los resultados gráficos y el anejo de cálculo del SAP2000.

NORMATIVA UTILIZADA

Para la elaboración del informe se han realizado cálculos de máximos valorando estructuralmente las soluciones a utilizar en el paso de los distintos procedimientos y estados tanto provisionales como definitivos de la losa objeto del presente estudio.

Se emplean las normas y recomendaciones enumeradas a continuación. Se distingue entre documentos relativos a las acciones a considerar y documentos referentes a la resistencia de la estructura:

- Normas referenciadas en D.S. 10 que crea el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción y Aprueba Reglamento del Registro, y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
- Normas Técnicas Minvu
 - NTM 001: Diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales
 - NTM 002: Proyecto de intervención estructural de construcciones de tierra
 - NTM 003: Edificaciones estratégicas y de servicio comunitario
 - NTM 007: Diseño estructural para edificaciones en áreas de riesgo de inundación por tsunami o seiche

BASES DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

CRITERIOS DE SEGURIDAD.

Para justificar la seguridad de las estructuras, objeto de este Estudio de Alternativas y su aptitud en servicio, se utilizará el método de los estados límites.

Los estados límites se clasifican en:

- Estados Límites de Servicio
- Estados Límites Últimos

ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO (E.L.S.)

Se consideran los siguientes:

- E.L.S. de fisuración del hormigón traccionado.

ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS (E.L.U.)

Los estados límites últimos que se deben considerar son los siguientes:

- E.L.U. de rotura, por deformación plástica excesiva, inestabilidad local o pérdida de estabilidad de una parte o de la totalidad de la estructura.

VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS ACCIONES

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en las instrucciones o recomendaciones enumeradas en Normativa utilizada

ACCIONES PERMANENTES.

Se refiere a los pesos de los elementos que constituyen la obra, y se supone que actúan en todo momento, siendo constante en magnitud y posición. Están formadas por el peso propio y la carga muerta.

PESO PROPIO: En cuanto al cálculo de las pilas, estribos y cimentación, la carga se deduce de la geometría teórica de la estructura, considerando para la densidad los siguientes valores:

Hormigón: 25 kN/m³

Acero: 78.5 kN/m³

ACCIONES PERMANENTES BÁSICAS

ACCIONES REOLÓGICAS

El efecto de las acciones reológicas sobre la estructura se ha evaluado mediante la acción de una deformación impuesta de 231 microdeformaciones correspondientes al efecto de la retracción. El coeficiente de fluencia tiene un valor igual a 2.22.

Los valores anteriores se han obtenido para la sección media del tablero (entendida como el cociente entre el volumen de hormigón del tablero y la longitud del mismo) y considerando una humedad relativa del aire igual al 75%

VALORES DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en las instrucciones IAP, relativos a las acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Carreteras [1].

Los valores de cálculo de las diferentes acciones son los obtenidos aplicando el correspondiente coeficiente parcial de seguridad γ a los valores representativos de las acciones, definidos en el apartado anterior.

ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS (E.L.U.)

Para los coeficientes parciales de seguridad g se tomarán los siguientes valores básicos:

Tipo de acción	Situaciones persistentes o transitorias		Situación accidental	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Pretensado	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,50$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
Accidental	--	--	$\gamma_A = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$

Tabla 1: Coeficientes de E.L.U..

ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO (E.L.S.)

Para los coeficientes parciales de seguridad γ se tomarán los siguientes valores:

Concepto		Situaciones persistentes y transitorias	
		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Acciones permanentes		$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Pretensado		$\gamma_P = 0,90$	$\gamma_P = 1,10$
Acciones permanentes de valor no constante	Reológicas	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
	Acciones del terreno	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Acciones variables		$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

Tabla 2: Coeficientes de E.L.S.

1.3. RESULTADOS OBTENIDOS

Estas dos hipótesis de cálculo, siendo el segundo de poca importancia ya que el valor de paso de integración es prácticamente nulo, se obtienen los siguientes resultados.

A continuación, se presentan figuras del modelo mencionado anteriormente.

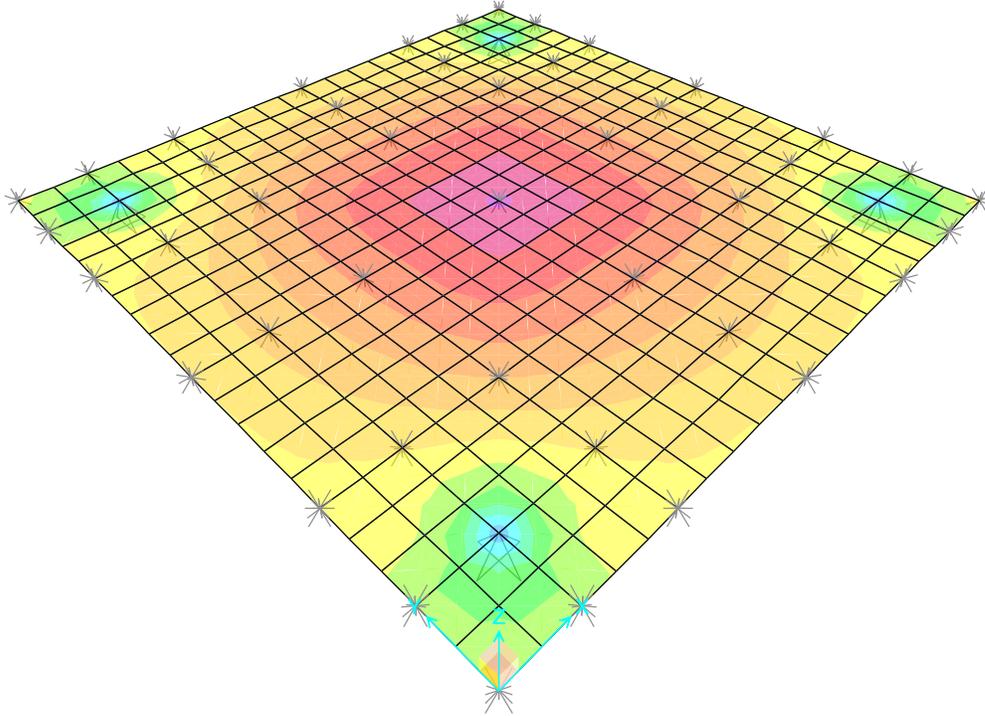


Figura 1. Vista del modelo.

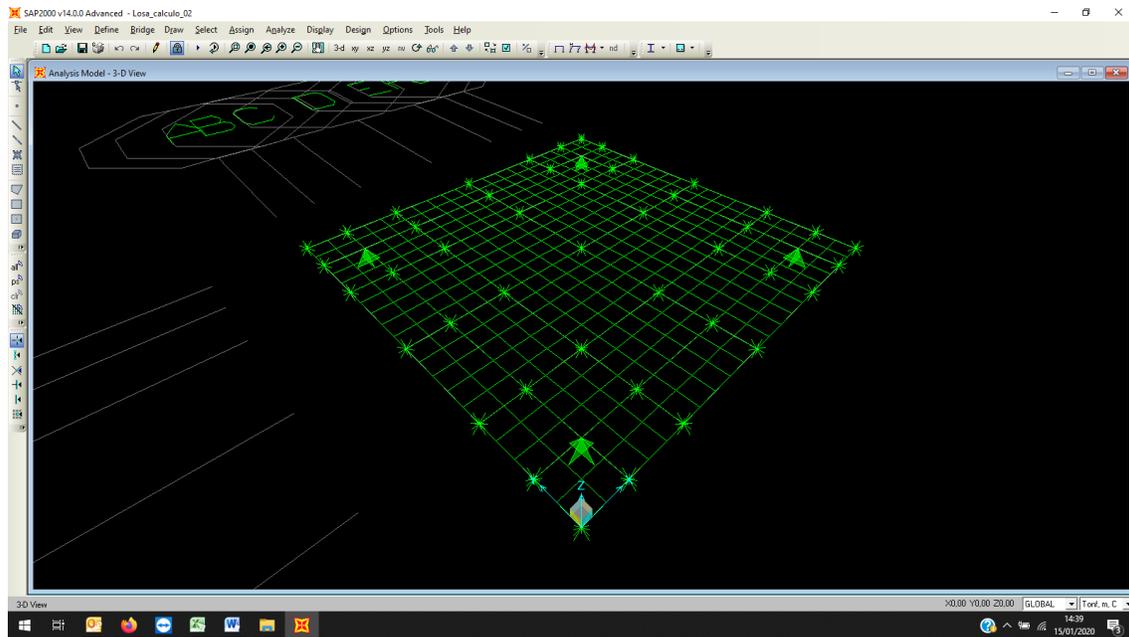


Figura 2. Geometría y apoyos de la losa.

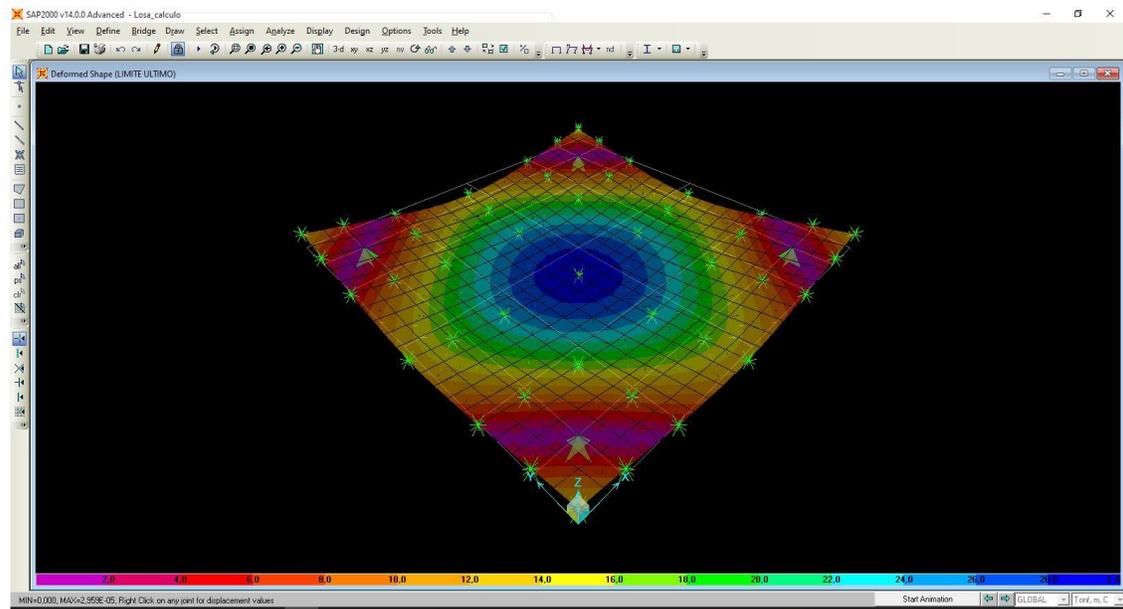


Figura 3. Deformación de la losa una vez aplicado el peso propio.

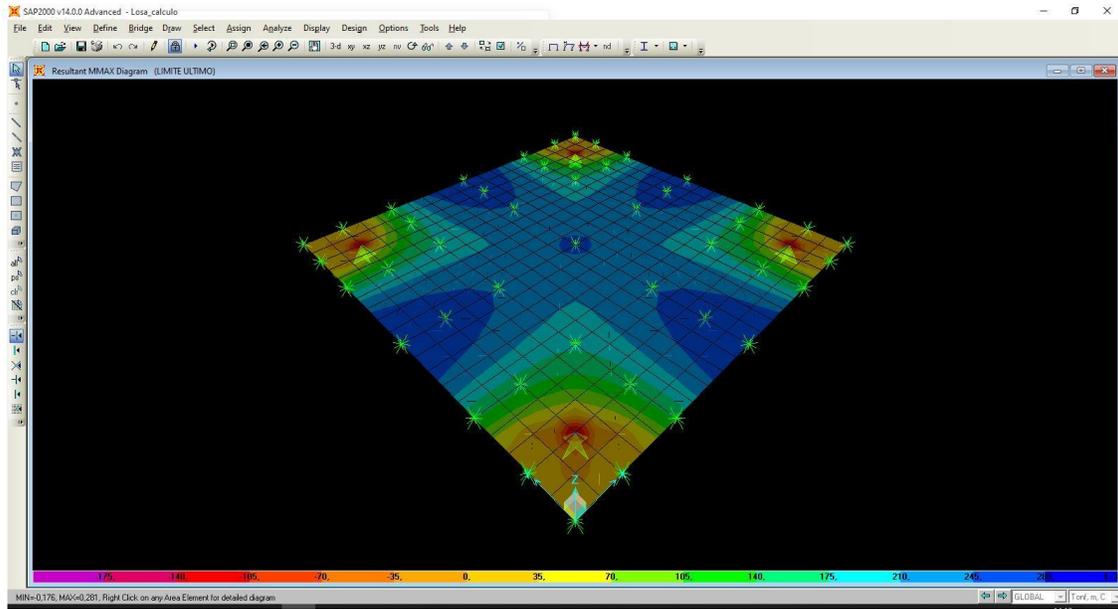


Figura 4. Momentos flectores en losa.

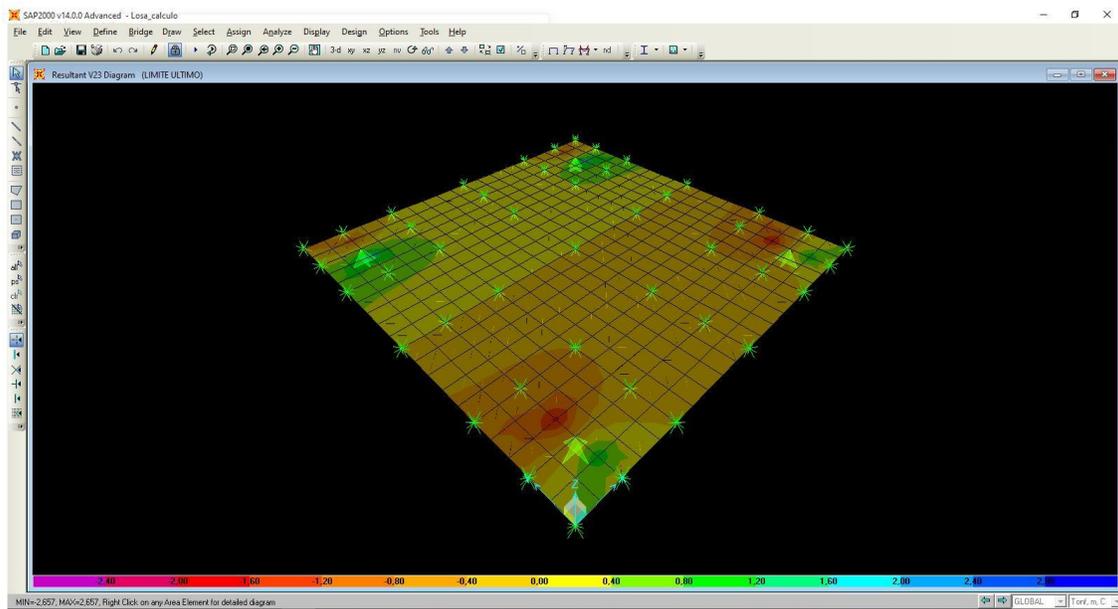


Figura 5. Esfuerzos cortantes en la losa.

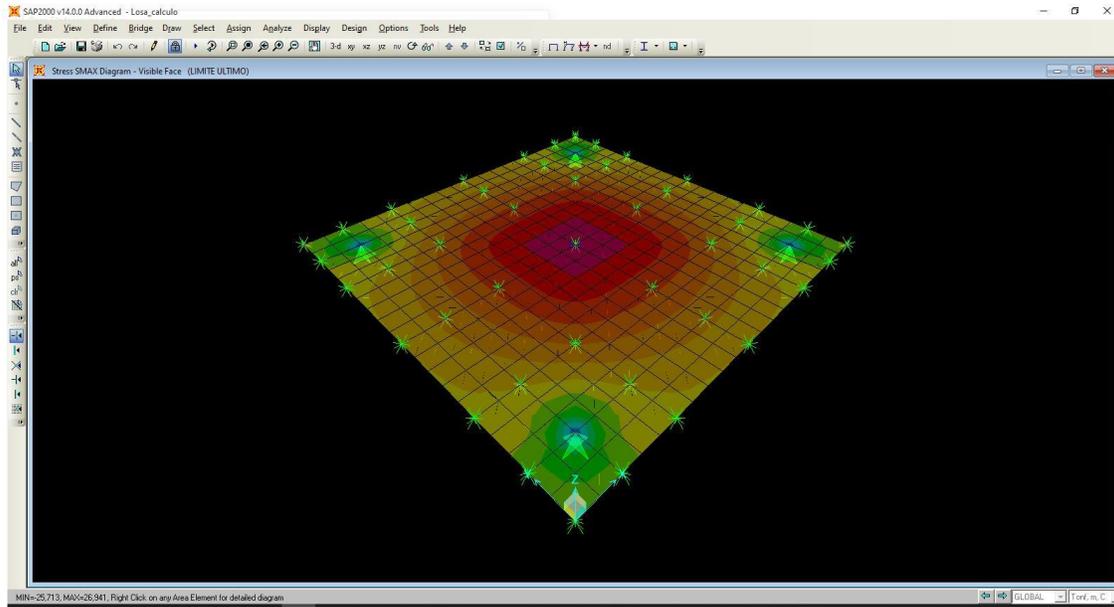


Figura 6. Tensiones en la losa.

1.4. COMPROBACIÓN DE LA LOSA

El momento de diseño resulta ser de: $2.26 \text{ kNm} \times 1.35 = 3.05 \text{ kNm (ELU)}$

Las tensiones máximas de tracción en el hormigón son: $W = 100 \times 30^2 / 6 = 15000 \text{ cm}^3$

$$\sigma = + 0.305 \cdot 10^5 / 15000 = 2.08 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 0.207 \text{ MPa.}$$

Como esta tensión resulta ser menor que la resistencia a tracción del hormigón (según AASTHO, $f_{\text{tracción}} = 0.9 \cdot (0.52 \cdot \sqrt{f'c}) = 2.3 \text{ MPa}$ para un hormigón de resistencia a compresión $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$), la comprobación es válida.

1.5. MATERIALES A EMPLEAR

Se utilizará concreto armado en la fabricación de la losa.

El ambiente marino constituye la más severa prueba a la durabilidad del hormigón armado, dada la variedad de compuestos químicos, humedad y temperatura que se produce en la costa.

Existen técnicas de prevención de la corrosión de estructuras marinas, como la aplicación estricta y rigurosa de recubrimientos superficiales de distinto tipo de resinas o soluciones asfálticas, las que contribuirían a brindar una protección ante el ataque de sulfatos y cloruros.

También es utilizada la protección catódica, que preserva eléctricamente la estructura y permite aumentar la vida útil sin que se altere su estabilidad estructural. La resistencia del hormigón al ataque químico no solo depende de la resistencia del hormigón, sino que también de su compacidad y lógicamente de la impermeabilidad que pueda lograrse.

El primer factor depende del tipo de cemento (fundamentalmente la composición mineralógica del clinker y de la proporción de la relación a/c entre otros), y el segundo, la compacidad, depende principalmente de un correcto diseño, elaboración, ejecución, colocación, compactación y curado. La agresividad del agua de mar debe necesariamente dividirse en dos: una producida por la degradación del hormigón debido a la acción de las sales agresivas y otra por los procesos de corrosión de las armaduras, facilitados por la elevada humedad ambiental y fundamentalmente por el aporte de iones cloruro.

Tipos	Denominaciones	Designaciones	Especificaciones del clinker de los cementos resistentes a agua de mar (MR)		
			C ₃ A %	C ₃ A % + C ₄ AF %	
I	Cementos portland resistentes a agua de mar	I	≤ 5,0	≤ 22,0	
II	Cementos portland con adiciones, resistentes a agua de mar	Con escoria de horno alto (S)	≤ 8,0	≤ 25,0	
II		II/A-S			
II		II/B-S			
II		Con humo de sílice (D)			
II		II/A-D			
II		Con puzolana natural (P)			
II		II/A-P			
II	II/B-P				
II	Con ceniza volante (V)				
II	II/A-V				
II	II/B-V				
III	Cementos con adiciones, resistentes a agua de mar	III/A	≤ 10,0	≤ 25,0	
III		Con escoria de horno alto (S)	III/B	Ninguna	
III		III/C	Ninguna		
IV		Cementos puzolánicos (D+P+V)	IV/A	≤ 8,0	≤ 25,0
IV		IV/B	≤ 8,0	≤ 25,0	
V		Cementos compuestos (S+P+V)			V/A

Figura 7. Tabla de caracterización de concretos, norma chilena.

Se propone por tanto para todos los hormigones a disponer en la obra el tipo **H-35-II/A-S.**

La armadura y enganches requiere el uso de Acero B-500S.

2. Cálculo del peso de los lastres-anclajes

Volumen de una pirámide truncada regular de base cuadrada:

$$v = \frac{h}{3} (A + B + \sqrt[2]{A \times B})$$

Donde A es el área de la base inferior, B el área de la base superior, y h la altura. Con ello se obtiene:

Volumen de **21*10⁻³ m³**

Como la densidad del concreto armado es 2400 Kg/m³, el peso en aire de cada contrapeso es:

Peso contrapeso = 21*10⁻³ m³ x 2400 Kg/m³ = **50.4 Kg**

Y el peso efectivo de cada contrapeso en agua de mar:

Peso efectivo = peso – empuje = 50.4 Kgf – 21.4 Kgf = **29 Kgf**

Cada elemento de anclaje consta de 2 contrapesos, y 2.5 metros de cadena de acero galvanizado de 13 mm que pesa 2.94 kg/m. Por lo tanto, su peso en el agua es:

Peso efectivo por anclaje = 2 x 29 Kgf + 2.5 x 2.9 Kgf = **65.25 Kgf.**

2.1. MATERIALES QUE EMPLEAR

Se propone:

- Para todos los hormigones a disponer en la obra el tipo **H-35-II/A-S.**
- Componente estructural: Acero B-500S.
- Cadena de acero galvanizado de 13 mm.

Ver detalle de la selección del tipo de hormigón / acero estructural en el epígrafe **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Protección del cable: Tubería de HDPE – PE 100 – PN10 de 50 mm de diámetro, de 200 metros de longitud.

Las características por las que fue elegido este material son:

- Mayor durabilidad.

- Elevada resistencia al impacto.
- Elevada resistencia química.
- Atóxico.
- Elevada resistencia al stress-cracking.
- Bajo efecto de incrustación.
- Elevada vida útil.

3. Caseta de Protección

3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Ejecución y desmontaje, compuesta por: solera sobre enchado de piedra, cerramiento con paredes de resina o metálicas, cubierta de placas sobre perfilera metálica, revestimiento de madera en suelos, instalación de ducto eléctrico para la conducción de cableado hacia la luminaria y puerta enrejada para prevenir una subida excesiva de humedad y temperatura dentro de la caseta. Se colocará un foco led de iluminación en el interior de la caseta.

3.2. MEDICIÓN

Superficie: 2.5 m² (medida según Proyecto). Ver Plano nº 11 y 12 del Documento 2.

Medidas lineales:

- Medida Exterior: 201 x 121 x 190 cm.
- Medida Interior: 191 x 111 x 180 cm.

3.3. FASES DE EJECUCIÓN

Preparación del terreno. Formación de la solera. Ejecución del cerramiento. Ejecución de la cubierta sobre perfiles. Revestimiento de suelo.

3.4. MATERIALES A EMPLEAR

La caseta de diseño es una caseta de: Chapas de acero galvanizado de 0.25 mm. Pintado. Soportes de acero galvanizado y piso de madera.

Alternativamente, y en función de la disponibilidad en Arica es posible utilizar casetas de resina con soportes de acero galvanizado.

4. Mediciones

UNIDAD	CANTIDAD
Cable offshore	Desde 1500m
Protección cable offshore	200m
Lastres	al menos 21
Equipo de Medición	1
Trípode	1
Tornillos HILTI	3 (M16)
Losa hormigón trípode H-35-II/A-S	0.90m ³ – 1.9x1.9x0.25 (m)
Acero B-500S losa	31,96 kg
Acero B-500S enganches	7,11 kg
Anemómetro	1
Mástil	9m
Tornillos HILTI	4 (M16)
Zanja	14.15m
Cable electricidad y datos	33 m
Caseta	201x121x190 (cm)
Losa hormigón caseta	1.75m ³ – 2.31x1.51x0.5 (m)
Cable interior caseta - electricidad	2.70 m
Caja Nortek	30x20x9 (cm)
UPS	9.25x16.05x30.50 (cm)
CPU	21.08x15x5.08 (cm)
Montaje gabinete	2 apoyos
Cable interior gabinete - electricidad	2.70m
Cable interior gabinete - datos	1.50m