

DOCUMENTO N° 1

Anejo n° 5. Planta y perfil de equilibrio

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN.....	1
3 TRABAJOS DE EXCAVACIÓN Y ACOPIO.....	2
4 CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA SUMERGIDA	5
5 DIMENSIONAMIENTO DE LA PLAYA DE BALITO.....	6
5.1 Características del oleaje.....	6
5.2 Planta de equilibrio de la playa regenerada.....	7
5.3 Perfil de equilibrio de la playa	7
5.4 Cubicación del volumen de relleno	11
6 DIMENSIONAMIENTO DEL PASEO PEATONAL Y PASARELA	13
7 DIMENSIONAMIENTO DEL MURETE LÍMITE DE LA PLAYA.....	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.-	Planta de excavación de la playa de Balito	3
Figura 2.-	Modelo del terreno del estado actual de la playa de Balito	4
Figura 3.-	Modelo del terreno correspondiente al estado posterior a los trabajos de excavación del fondo marino.....	5
Figura 4.-	Planta de la plataforma sumergida a la cota -4,00m.....	5
Figura 1.-	Modelo del terreno correspondiente al estado posterior a los trabajos de ejecución de la plataforma.....	6
Figura 2.-	Perfil biparabólico propuesto.....	7
Figura 3.-	Desarrollo de los perfiles teóricos de asomeramiento (Dean 1) y de rotura (Dean 2)	9
Figura 4.-	Sección tipo de diseño de la playa propuesta en la playa de Balito.....	10
Figura 5.-	Forma en planta de la solución propuesta de la nueva playa del barranco de Balito.....	11
Figura 6.-	Modelización del terreno posterior al aporte de arenas D50=1 mm y colocación de escolleras para la regeneración de la playa de Balito en los márgenes laterales	12
Figura 7.-	Sección tipo del murete.....	13

1 INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se describe la metodología y formulaciones empleadas para el dimensionamiento de la solución adoptada para la regeneración y acondicionamiento de la playa de Balito, localizada en el término municipal de Mogán (Gran Canarias).

El objetivo principal de la actuación proyectada consiste en llevar a cabo la mejora de la funcionalidad y accesibilidad de la playa, respetando las condiciones naturales del frente litoral que se traducirán en una notable mejora de la calidad paisajística y ambiental de su entorno.

La actuación propuesta incluye la excavación del terreno natural formado por materiales sueltos (tierras, gravas y bolos) para albergar un nuevo perfil compuesto por arena gruesa de 1 mm, con una anchura mínima de playa seca de 60 metros, desde la pleamar. Además, se contempla la ejecución de un paseo peatonal en el trasdós de la nueva playa y la introducción de servicios de playa.

Para garantizar la estabilidad del relleno y minimizar el volumen de aporte necesario, se considera la construcción de una plataforma sumergida a la cota -4,00 m, orientada en la dirección del flujo medio de energía.

A modo resumen, el conjunto de actuaciones incluidas para el desarrollo del proyecto se dividen en cuatro fases principales:

- FASE 1: Trabajos de demolición de estructura de hormigón, desbroce, excavación de los terrenos existentes para su posterior acopio y tratamiento de clasificación y machaqueo de los productos de excavación.
- FASE 2: Construcción de una plataforma a 4 metros de profundidad que se extiende hasta superar la profundidad de cierre del perfil.
- FASE 3: Relleno del recinto excavado con arena gruesa de 1 mm procedente del machaqueo y colocación de escollera de protección.
- FASE 4: Ejecución del paseo peatonal en el trasdós de la playa, pasarela de conexión con la urbanización Monte Balito y acondicionamiento y dotación de servicios de playa. En el tramo de la playa se dispondrá de un murete de hormigón en masa de separación entre el paseo y la playa.

2 CRITERIOS DE DISEÑO

Los parámetros que definen las variables de diseño de la actuación establecidas con el objetivo de cumplir con los criterios técnicos y funcionales son los siguientes:

- La vida útil mínima de la obra, de acuerdo a R.O.M. 1.0-09 para obras de regeneración y defensa de la costa es de 15 años con una probabilidad máxima de fallo $pf_{ELU} = 0,2$, lo que proporciona un periodo de retorno $T_R = 68$ años.
- La tasa de incremento anual del nivel del mar en la zona de actuación con base en la información obtenida del visor C3E "*Cambio Climático en la Costa de España*", es de 0,235 cm/año = 2,35 mm/año.
- La forma en planta de equilibrio se ha estimado a partir de la dirección de flujo medio estimada en N238S.
- La profundidad de cierre resultado del análisis de las condiciones de oleaje incidente, extraídas del Anejo nº 4, es de $h^* = 6,1$ metros, aplicando la formulación de Birkemeier.
- El perfil teórico de equilibrio se estimará mediante un perfil de Dean biparabólico considerando un parámetro de ajuste $K = 0,65$.
- El material de aportación serán arenas de machaqueo ($D_{50} = 1\text{mm}$) procedentes de los productos sobrantes de la excavación.
- La cota de inicio del perfil sumergido es la cota de pleamar que se establece a la cota +2,50 metros, con una pendiente progresiva en playa seca del 2%.

3 TRABAJOS DE EXCAVACIÓN Y ACOPIO

Los trabajos de excavación que se contemplan consideran las siguientes actuaciones:

- Se realizará un desbroce y retirada de la capa superficial ($1.341,5 \text{ m}^3$) en una profundidad de 0,25 m en las áreas donde se localizan restos de vegetación.
- A continuación se efectuará una excavación del terreno natural para formar un recinto de profundidad variable en el que quede contenido el relleno para la formación del nuevo perfil de playa. El volumen total de excavación, incluida la excavación del perfil sumergido, de la playa seca y la retirada de bolos de la zona intermareal asciende a $45.850,18 \text{ m}^3$.
- La excavación del perfil sumergido se ejecutará hasta la cota -3,00 m para retirar los rellenos existentes, sin sobrepasar, en ningún caso, la roca.
- En la playa seca, se ejecutará la excavación del sedimento existente en toda su superficie. El nivel de excavación a alcanzar será el necesario para tener a lo largo de todo el perfil de relleno un espesor mínimo de arena de 1 metro.

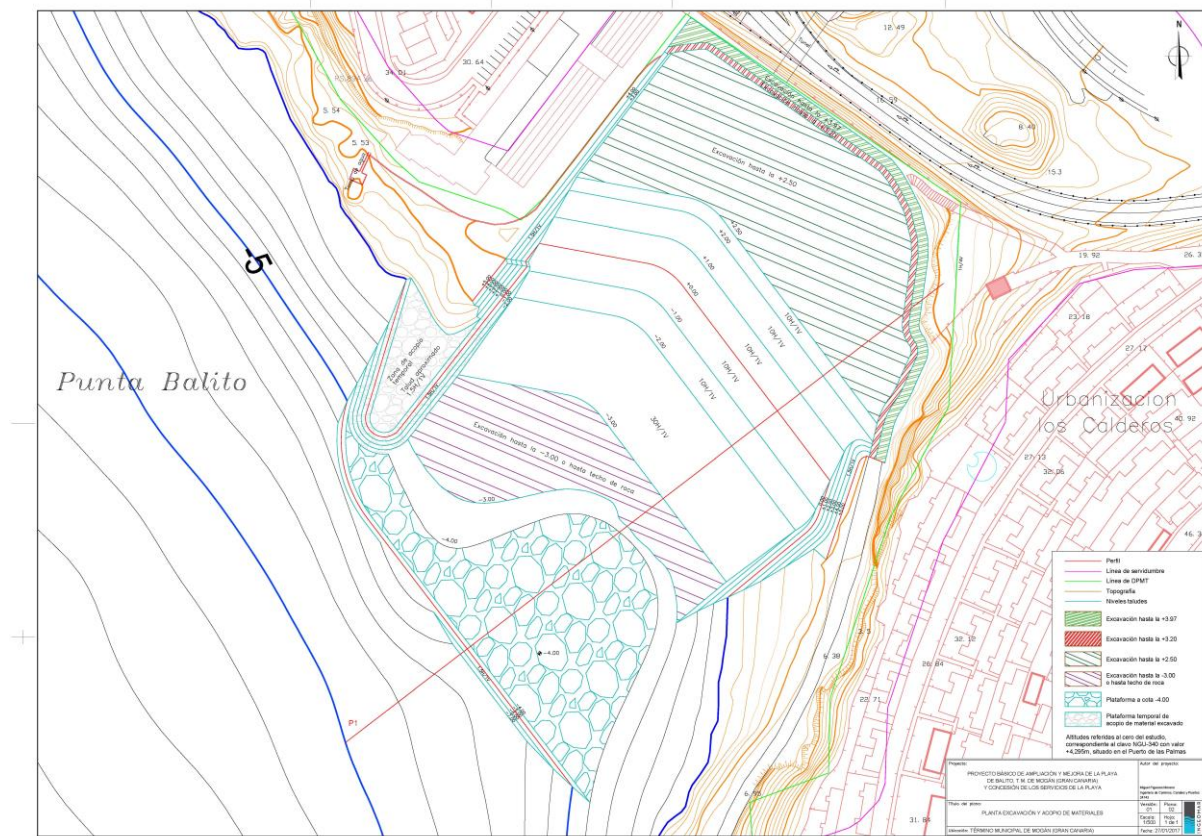


Figura 1.- Planta de excavación de la playa de Balito

De forma simultánea, parte del material excavado será acopiado, de forma provisional, en el límite este del recinto, formando una plataforma de acopio de orientación SSW que quede coronada a la cota +1,00 m, según se especifica en Planos, con un volumen total de 2.820 m³.

La ubicación de este acopio proporcionará protección a la playa, evitando la salida de sedimentos del recinto en caso de producirse temporales de componente sur durante los trabajos de excavación. De esta manera, la playa seca se deja libre para efectuar los trabajos de excavación y efectuar el tratamiento de criba y clasificación del material excavado.

El volumen de excavación se ha determinado por diferencia de las superficies correspondientes al estado actual y al estado futuro tras ejecutar los trabajos de excavación hasta las cotas indicadas en los planos de Proyecto. El procedimiento empleado en la cubicación consiste en primer lugar en generar las superficies actual y posterior a la excavación mediante programa CAD. Los modelos del terreno generados se pueden exportar como archivos de puntos xyz en el software Surfer 7 y aplicando la metodología de interpolación más adecuada llevar a cabo la cubicación del volumen contenido entre ambas superficies interpoladas.

A continuación se incluyen las salidas gráficas del programa Surfer 7 de los dos estados considerados, donde se pueden visualizar las cotas y niveles resultantes del proceso de interpolación en un mallado o grid:

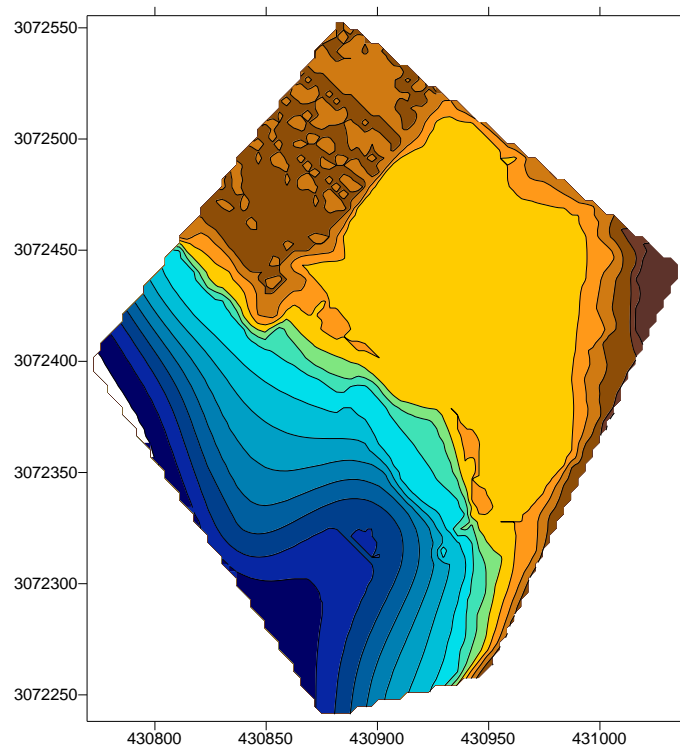


Figura 2.- Modelo del terreno del estado actual de la playa de Balito

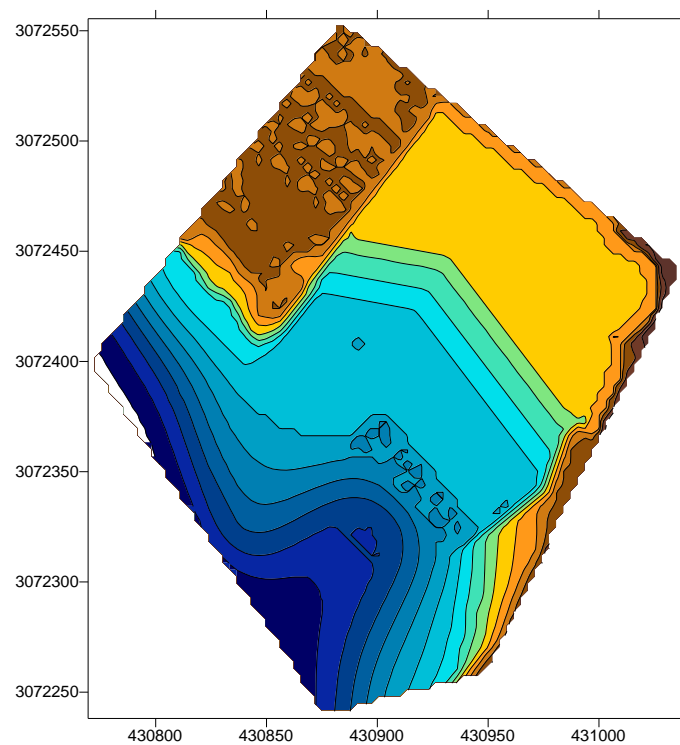


Figura 3.- Modelo del terreno correspondiente al estado posterior a los trabajos de excavación del fondo marino

Como resultado se obtiene un volumen total de excavación de 45.850,18 m³.

4 CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA SUMERGIDA

Con el material de mayor tamaño, que reúna las características adecuadas de tamaño, forma y resistencia, se completará una plataforma sumergida orientada aproximadamente en la dirección del flujo medio de energía, que alcance en su borde exterior, hacia mar adentro, la cota -4,00 m. Para la formación de dicha plataforma se empleará un total de 4.500 m³ de rocas y piedras extraídas de la zona intermareal y un total de 4.408 m³ del material excavado de la playa que cumpla con las características adecuadas respecto al tamaño mínimo exigido.

La plataforma servirá de apoyo y sujeción del perfil de la futura playa, fundamentalmente en la zona central de la ensenada, donde se alcanzan profundidades elevadas, y proporcionará mejores condiciones de abrigo a la futura playa al provocar la rotura de los oleajes extremos que alcancen la costa con alturas de ola superiores a 3,00 metros.



Figura 4.- Planta de la plataforma sumergida a la cota -4,00m

A continuación se incluye la salida gráfica del programa Surfer 7 tras la ejecución de la plataforma y previo al relleno de la playa:

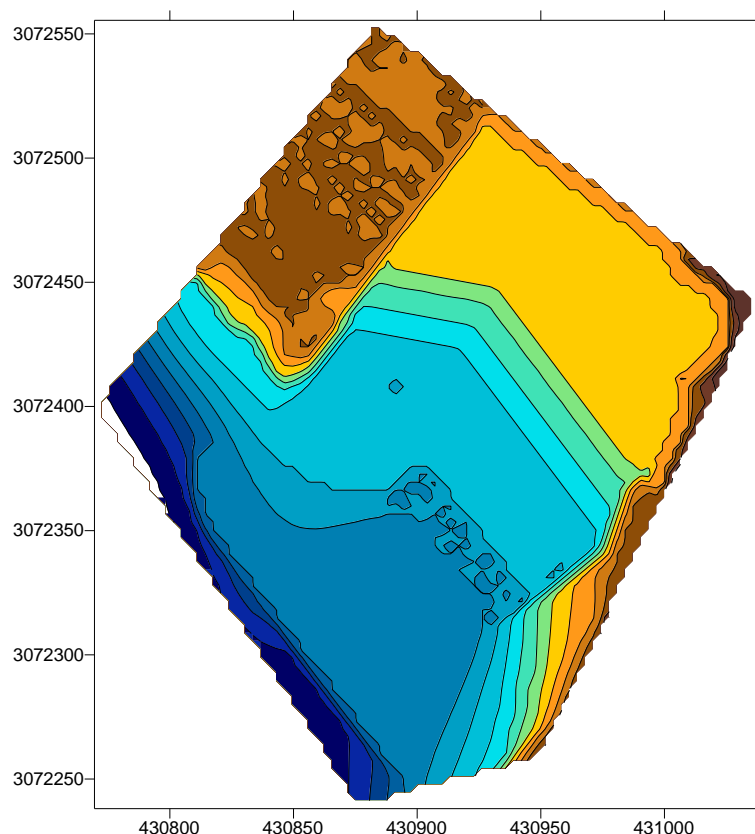


Figura 1.- Modelo del terreno correspondiente al estado posterior a los trabajos de ejecución de la plataforma

5 DIMENSIONAMIENTO DE LA PLAYA DE BALITO

5.1 Características del oleaje

Las características del oleaje de diseño, extraídas del *Anejo 4 Propagación del oleaje*, que son necesarias para el dimensionamiento de la playa son las obtenidas en los nodos P3, P8, P13 y P18, localizados frente a la playa Balito profundidades de 3, 5, 7 y 10 metros, respectivamente.

El principal parámetro que define la planta de equilibrio es el flujo medio de energía del oleaje incidente que se ha determinado considerando las tres condiciones de marea que incorporan la elevación del nivel medio del mar debida al cambio climático en el año horizonte de proyecto (año 2040), correspondientes a la situación de marea mínima (+0,55 m), nivel medio del mar (+1,39 m) y marea máxima (+2,50 m). Los resultados se muestran en la Tabla 1.-:

Nodo	Profundidad (m)	$H_{s,12}$ (m)	$T_{p,12}$ (s)	Dirección de \vec{F} (N=0°, E=90°)
P18	10	3.14	18.97	238.0
P13	7	3.15	19.65	238.5
P8	5	3.54	19.79	230.9
P3	3	3.00	20.30	241.5

Tabla 1.- Altura de ola en los nodos de control para el dimensionamiento de la playa Balito

5.2 Planta de equilibrio de la playa regenerada

Del estudio del flujo medio de energía obtenido en la batimétrica más cercana a la costa, (nodos P2, P3 y P8) se deduce que para las condiciones de oleaje medio la orilla está orientada en su posición de equilibrio.

La línea de orilla de la nueva playa quedará retranqueada 45 metros respecto a su posición actual y orientada en la dirección que define el flujo medio de energía. Esto es N237°S.

La anchura máxima resultante de encajar la nueva playa es de 67 metros y la mínima de 60 metros, medidas desde la cota de pleamar (+2,50 m).

5.3 Perfil de equilibrio de la playa

En playas con carrea de marea significativa como es el caso de la zona de proyecto, el perfil de equilibrio de la playa se define a partir del ajuste a un perfil biparabólico formado por un perfil de asomeramiento y un perfil de rotura.

A continuación se muestra un esquema del modelo de perfil de equilibrio propuesto:

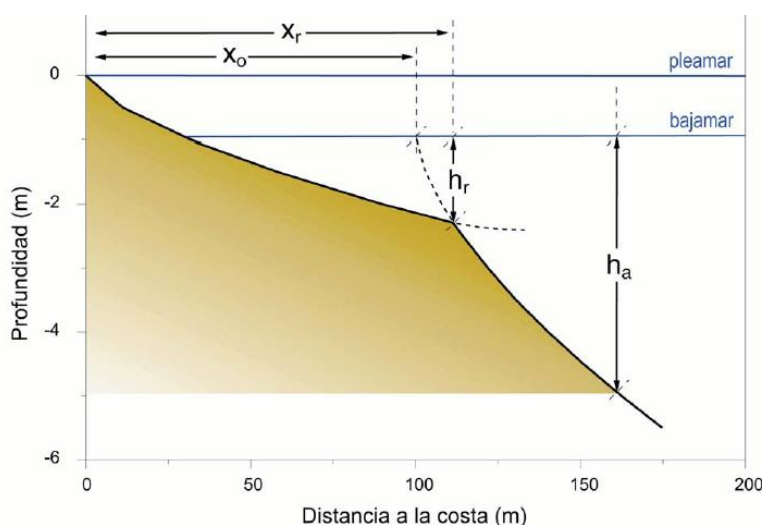


Figura 2.- Perfil biparabólico propuesto

Considerando que la arena de aportación presenta un $D_{50}=1$ mm, se determina el valor de los parámetros que definen los dos perfiles que forman el perfil biparabólico de Dean: (1) A_e del perfil de asomeramiento, sometido a la carrera de marea y; (2) A_s del tramo sumergido donde se desarrolla el perfil de rotura.

La velocidad de caída del grano para una densidad del sedimento de $\rho_s=2.65\text{g/cm}^3$ se estima mediante la siguiente formula:

$$\omega = \begin{cases} 1.1 \cdot D^2 & D < 0.1\text{mm} \\ 273 \cdot D^{1.1} & 0.1\text{mm} < D < 1\text{mm} \\ 4.36 \cdot D^{0.5} & D > 1\text{mm} \end{cases} \quad (1)$$

Para el tamaño de grano de aportación se obtiene una velocidad de caída de grano $\omega=0.1368$ m/s, a partir del cual se calcula el valor del parámetro $A = A_e = A_s$ del perfil de Dean mediante la expresión:

$$A = k \cdot \omega^{0.44} \quad (2)$$

La experiencia empírica del ajuste de la variable K del perfil en la costa sur de Gran Canaria proporciona un valor de 0.65, que es considerado usualmente frente al valor de 0.51 propuesto por Dean para playas con batimetría en el pie con pendiente baja. Por tanto, para el perfil de Playa de Balito se empleará el valor $A = 0.271$.

El inicio del desarrollo del perfil de asomeramiento se sitúa en la cota +2.50 metros, siendo el punto de intersección entre éste y el perfil de bajamar el correspondiente a la profundidad de rotura del oleaje en condiciones de bajamar (+0.55 m). Dicha profundidad de rotura se puede aproximar mediante la expresión:

$$h_r = 0.8 \cdot H_{s,12} = 0.8 \cdot 3.54 = 2.83\text{m} \quad (3)$$

Por lo tanto, el segundo perfil de Dean o perfil de bajamar, en caso de desarrollarse, se iniciaría a la cota:

$$\text{CotaBMVE} - h_r = 0.55 - 2.83 = -2.28\text{m}$$

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, el perfil de playa resultante es el siguiente:

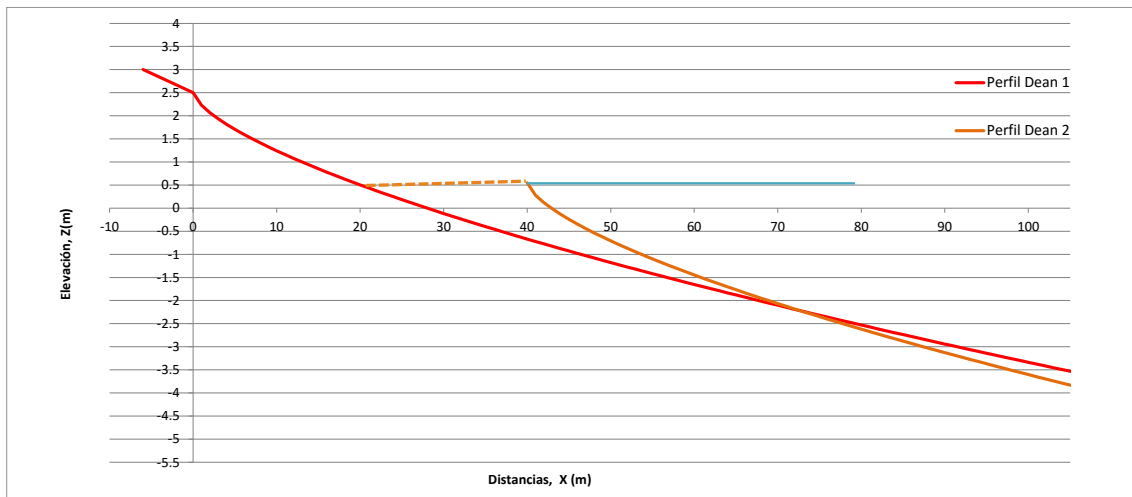


Figura 3.- Desarrollo de los perfiles teóricos de asomeramiento (Dean 1) y de rotura (Dean 2)

La profundidad de cierre de la playa, que se entiende como fin del perfil activo de Dean y que se mide desde el nivel de bajamar mínimo, se calcula mediante la expresión de Birkemeier (1985):

$$h^* = 1.75 \cdot H_{s,12} - 57.9 \left(\frac{H_{s,12}}{gT_s^2} \right) = 6.15\text{m} \quad (4)$$

A continuación se muestra la sección tipo resultante de la playa regenerada para el diámetro de arena $D_{50}=1$ mm considerado. El ajuste del perfil se realiza con el condicionante de inicio en su intersección con la plataforma sumergida a la cota -4 metros.

La playa seca se define desde la cota +2.50 m con un estrán lineal con pendiente 12H:1V, hasta la cota +3.00 m, a partir del cual se considera una pendiente media del 2% hasta alcanzar el murete de cierre perimetral de la playa.

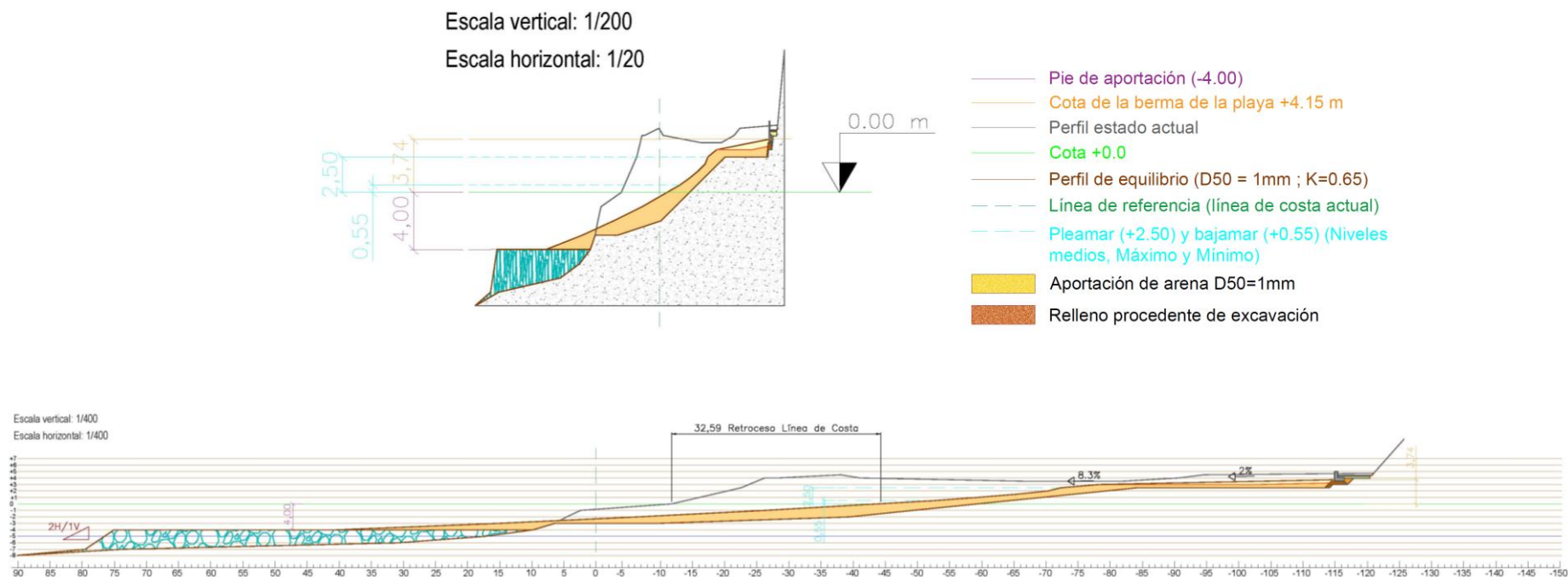


Figura 4.- Sección tipo de diseño de la playa propuesta en la playa de Balito

5.4 Cubicación del volumen de relleno

A partir de las características del oleaje y del material de aportación, se ha representado la planta de equilibrio de la playa y se ha calculado un perfil teórico definido en el apartado 4.3. Se supone que este perfil se mantiene constante a lo largo de toda la longitud de playa y perpendicular a la línea de costa en pleamar, de modo que la planta de la playa resultante es la que se muestra en el plano nº 4. *Planta estado futuro del Documento nº 2. Planos*

A continuación, se representan las curvas de nivel que definen el dimensionamiento de la nueva playa.

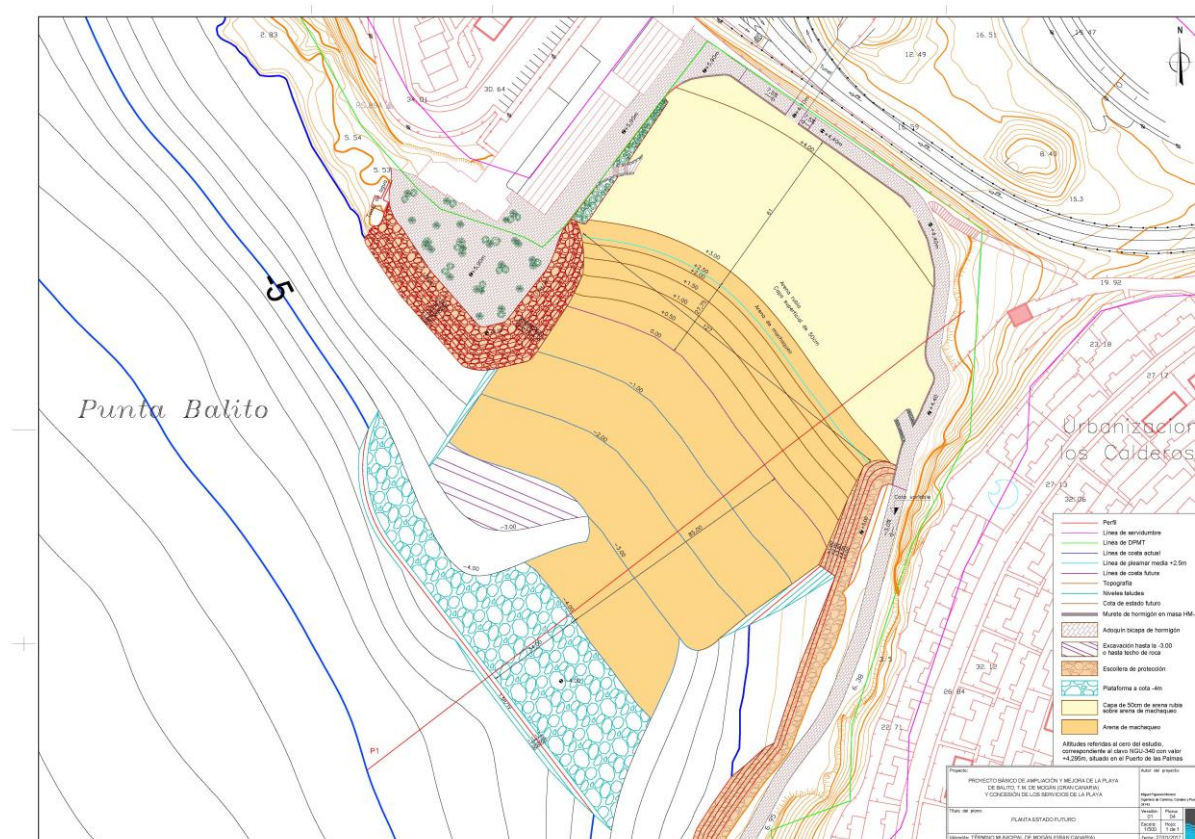


Figura 5.- Forma en planta de la solución propuesta de la nueva playa del barranco de Balito

El volumen de arena ($D_{50}=1\text{ mm}$) necesario para regenerar la playa asciende a $22.777,00\text{ m}^3$. Esta cubicación se ha obtenido por diferencia entre la superficie MDT generada correspondiente al estado futuro de la playa tras la regeneración y la del estado posterior a la excavación del perfil existente.

El material de relleno será procedente del tratamiento de los productos de excavación con un tamaño medio de $D_{50} = 1\text{mm}$, más una capa superficial de arena rubia de $D_{50} = 0.5\text{mm}$ y $0,5\text{m}$ de espesor.

Por otro lado se dispondrán 1.825 m³ de escollera de entre 3 y 4 t en el lado oeste de la playa, para protección frente al oleaje, con un espesor de 2 metros y un talud 1,5H:1V hasta la cota +6,00 metros.

La siguiente figura muestra el modelo del terreno modelado mediante el Surfer 7 tras la actuación:

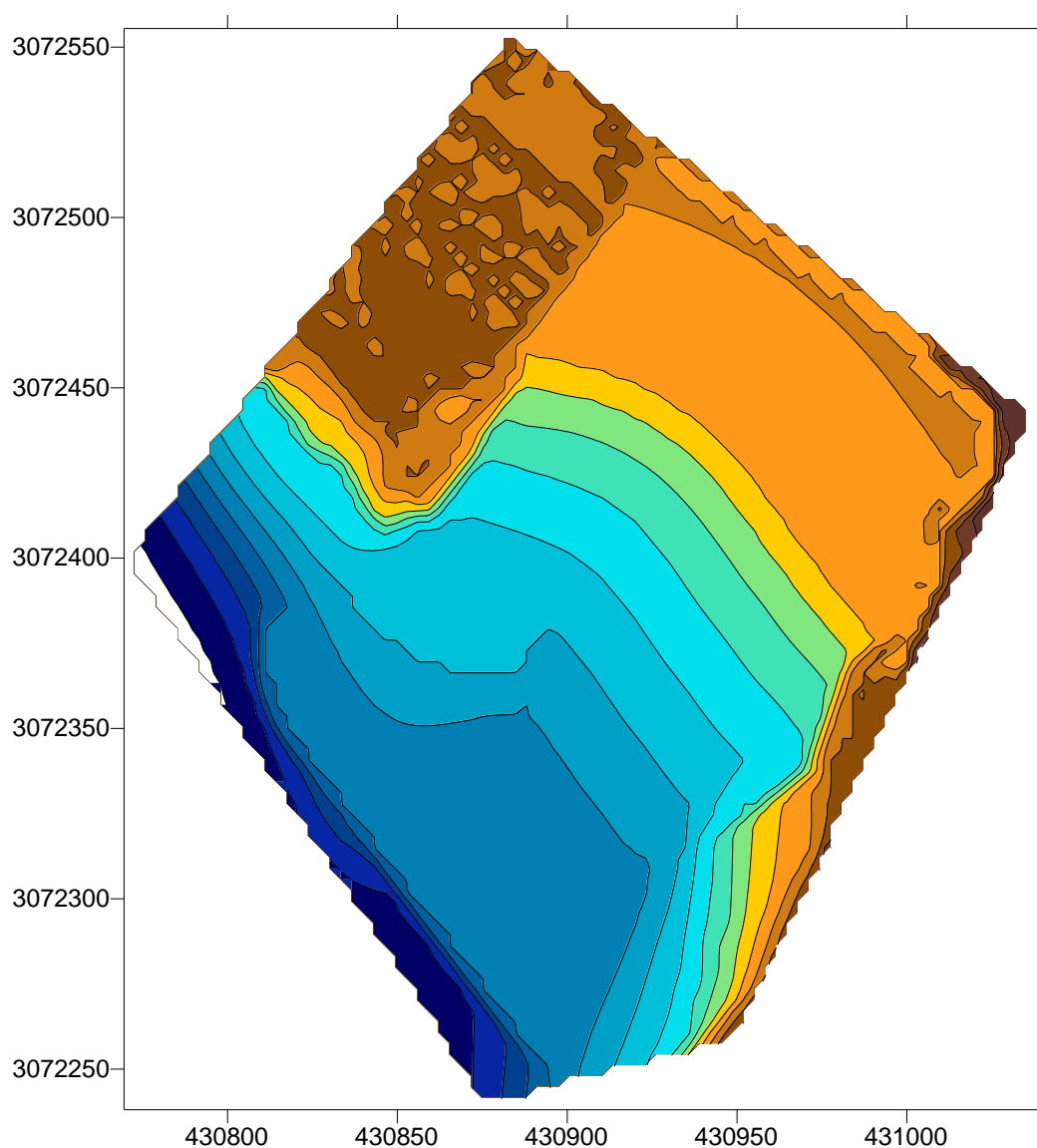


Figura 6.- Modelización del terreno posterior al aporte de arenas D50=1 mm y colocación de escolleras para la regeneración de la playa de Balito en los márgenes laterales

6 DIMENSIONAMIENTO DEL PASEO PEATONAL Y PASARELA

En el trasdós de la playa y en zona de DPMT se ubicará un paseo litoral peatonal, de 5,00 metros de anchura, para facilitar el acceso a la nueva playa y dar continuidad al paseo marítimo a lo largo de la costa, al enlazar el paseo existente delante de los apartamentos Balito Beach con el paseo que bordea, por el lado mar, las instalaciones de Anfi del Mar. La longitud aproximada de todo el paseo será de aproximadamente 450 metros.

En el margen oeste de la playa el paseo discurre paralelo a la línea de deslinde del DPMT, frente a los apartamentos de Balito Beach.

El paseo estará formado por adoquín bicapa de hormigón, rectangular de dimensiones 200x100x80 mm, apoyado sobre una capa de arena de 5 cm sobre base flexible de 30 cm de zahorra natural. La sección del paseo se incluye en el *Plano 5. Perfil tipo de la playa, sección tipo del paseo* incluido en el *Documento nº 2. Planos*.

7 DIMENSIONAMIENTO DEL MURETE LÍMITE DE LA PLAYA

Como límite entre la playa y el paseo litoral se dispondrá un murete de hormigón en masa HM-30 cimentado a la cota +3,5 metros con coronación de tramo vertical a la cota +5,00 metros.

El proceso constructivo del murete se puede resumir de manera esquemática en los siguientes puntos:

- Construcción de banqueta de escollera de 25-50 Kg para cimentación del murete.
- Enrase con grava para regularizar la superficie de apoyo del murete.
- Construcción de la sección de murete proyectada mediante hormigón en masa.

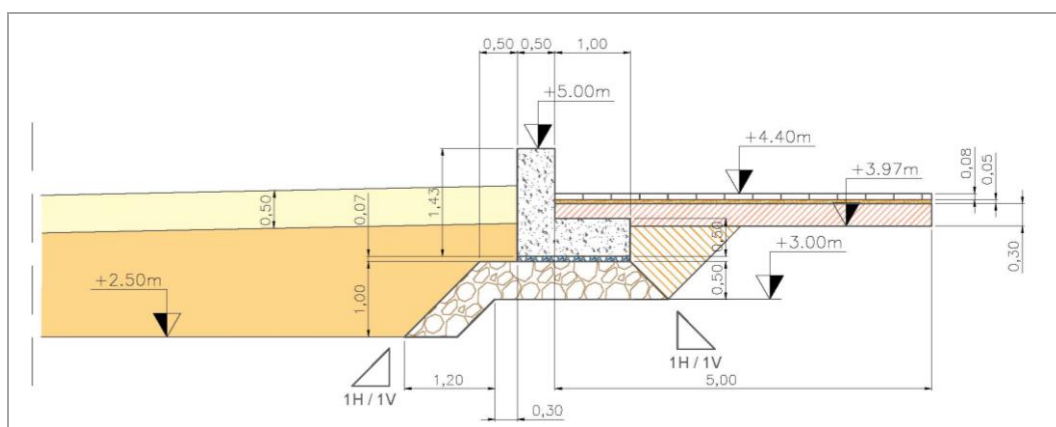


Figura 7.- Sección tipo del murete

Las dimensiones de la cimentación y fuste del murete se indican en el *Plano 5. Perfil tipo de la playa, sección tipo del paseo* incluido en el *Documento nº 2. Planos*.