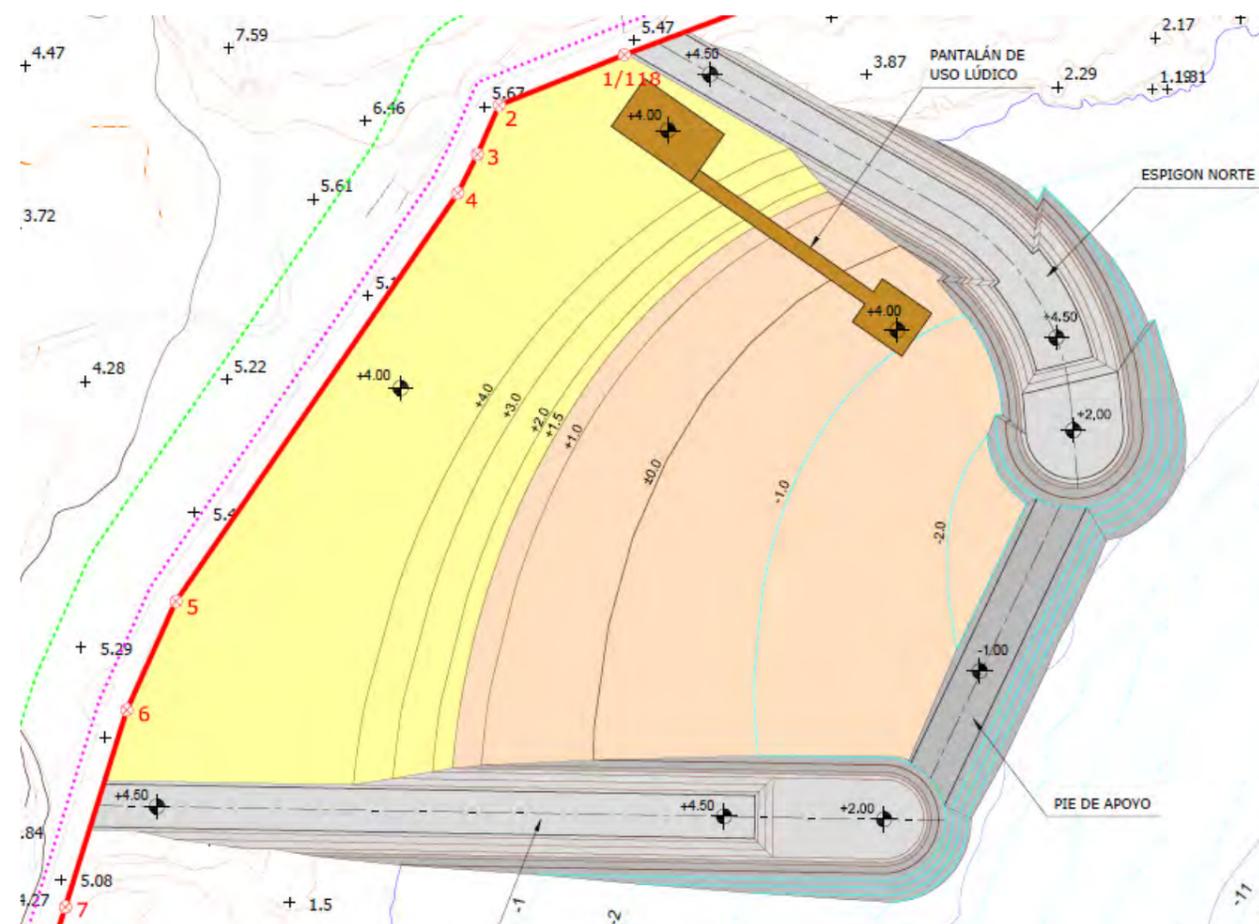


# PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)



TOMO III. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Autor del Proyecto

F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA  
Ing. de Caminos, C. y P.; Col. nº 11.275

Empresa Consultora



SEPTIEMBRE DE 2017



## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

0	21-09-17	Edición final	JEG	OPF	JEG
B	21-06-17	Emisión para Comentarios del Cliente	JEG	OPF	JEG
A	19-06-17	Emisión para Comentarios Internos	JEG	OPF	JEG
<b>Revisión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Descripción</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>Aprobado</b>



## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 EXPOSICIÓN DEL OBJETO DEL PROYECTO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 FUNDAMENTOS DE DERECHO APLICABLES A LA CALIFICACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO     Y MOTIVACIÓN DE LA APLICACIÓN DE UNA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL     ORDINARIA .....</b>	<b>1</b>
1.2.1 DEFINICIÓN DE LOS ÓRGANOS SUSTANTIVO Y AMBIENTAL .....	1
1.2.2 MOTIVACIÓN DE LA APLICACIÓN DE UNA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL ORDINARIA .....	1
<b>1.3 MARCO LEGAL.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
<b>1.6 FUENTES DE INFORMACIÓN UTILIZADAS.....</b>	<b>4</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 OBJETO DEL PROYECTO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>5</b>
2.2.1 CONCEPCIÓN GENERAL DE LAS ALTERNATIVAS.....	5
2.2.1.1 Antecedentes.....	5
2.2.2 PROPUESTA DE ALTERNATIVAS .....	6
2.2.2.1 Alternativa 1 .....	6
2.2.2.2 Alternativa 2.....	8
2.2.2.3 Alternativa 3.....	8
2.2.3 ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS .....	9
2.2.3.1 Principales características de cada actuación .....	9
2.2.3.2 Valoración de las alternativas.....	10
2.2.4 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	12
2.2.4.1 Características generales de la alternativa 2 .....	12

2.2.4.1.1	Aportación de arena.....	12	3.7.1	FORMAS DE EQUILIBRIO EN PLANTA Y PERFIL .....	28
2.2.4.1.2	Pie de apoyo del perfil de la playa .....	12	3.7.1.1	Formas de equilibrio de una playa en planta.....	28
2.2.4.1.3	Espigones de contención laterales.....	12	3.7.1.1.1	Formulaciones existentes .....	28
2.2.4.2	Análisis del funcionamiento de la alternativa 2 mediante el programa SMC .....	13	3.7.1.1.2	Resultados obtenidos .....	29
2.2.5	PROPUESTA FINAMENTE SELECCIONADA.....	14	3.7.1.2	Análisis del perfil transversal .....	34
2.2.5.1	Descripción de las obras.....	14	3.7.1.2.1	Zonificación del perfil de playa. Profundidades activa y de cierre.....	34
2.2.5.1.1	Espigones y Pie de playa .....	14	3.7.1.2.2	Perfil de equilibrio .....	34
2.2.5.1.2	Aportación de arena.....	16	3.7.2	ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSPORTE LITORAL .....	38
2.2.5.1.3	Pantalán para uso lúdico.....	16	3.7.2.1	Metodologías para el cálculo de la capacidad de transporte longitudinal de sedimentos.....	38
2.2.5.1.4	Balance de materiales .....	16	3.7.2.2	Cálculo del transporte longitudinal mediante formulaciones .....	38
<b>3.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL MEDIO. INVENTARIO AMBIENTAL.....</b>	<b>17</b>	3.7.2.2.1	Fórmula del CERC .....	39
<b>3.1</b>	<b>METEOROLOGÍA.....</b>	<b>17</b>	3.7.2.2.2	Fórmula de Kamphuis.....	40
<b>3.2</b>	<b>CALIDAD DEL AIRE.....</b>	<b>17</b>	3.7.2.2.3	Fórmula de Van Rijn.....	40
<b>3.3</b>	<b>TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.....</b>	<b>17</b>	3.7.2.2.4	Implementación de las fórmulas.....	41
<b>3.4</b>	<b>NATURALEZA GEOLÓGICA Y SEDIMENTARIA DE LOS FONDOS.....</b>	<b>18</b>	3.7.2.2.5	Cálculo de la capacidad de transporte longitudinal .....	41
3.4.1	MARCO GEOLÓGICO GENERAL.....	18	3.7.2.3	Cálculo mediante modelado numérico .....	42
3.4.2	GEOMORFOLOGÍA .....	19	3.7.2.3.1	Conceptos previos sobre el modelo utilizado .....	42
3.4.3	EDAFOLOGÍA .....	19	3.7.2.3.2	Resultados del modelo numérico .....	43
3.4.4	SUBSTRATOS LITORALES .....	19	3.7.2.4	Comentarios respecto al transporte de sedimentos .....	45
3.4.5	SEDIMENTOLOGÍA LOCAL .....	20	3.7.3	BALANCE SEDIMENTARIO Y EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA.....	45
<b>3.5</b>	<b>OCEANOGRAFÍA: MAREA, OLEAJE, VIENTO Y CORRIENTES.....</b>	<b>22</b>	3.7.3.1	Evolución de la línea de costa.....	45
3.5.1	MAREA .....	22	3.7.3.1.1	Consideraciones generales .....	45
3.5.2	OLEAJE.....	22	3.7.3.1.2	Evolución histórica .....	46
3.5.3	VIENTO .....	23	3.7.3.1.3	Evolución futura.....	46
3.5.4	CORRIENTES .....	24	3.7.3.2	Balance sedimentario.....	46
<b>3.6</b>	<b>CALIDAD DEL AGUA .....</b>	<b>25</b>	<b>3.8</b>	<b>ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS .....</b>	<b>47</b>
<b>3.7</b>	<b>DINÁMICA LITORAL.....</b>	<b>28</b>	<b>3.9</b>	<b>ESTUDIO DE BIONOMÍA Y BIOCENOSIS EXISTENTES. COMUNIDADES NATURALES .....</b>	<b>49</b>
			3.9.1	OBJETIVO, ALCANCE Y METODOLOGÍA.....	49

3.9.2	FRANJA LITORAL EMERGIDA .....	51	3.15.3	ORDENACIÓN DEL LITORAL Y DEL MEDIO MARINO .....	73
3.9.3	BIODIVERSIDAD MARINA DE LAS ISLAS CANARIAS .....	52	3.15.3.1	Zonificación del medio marino .....	73
3.9.4	BIONOMÍA BENTÓNICA.....	52	3.15.3.2	Unidades Litorales Homogéneas .....	74
3.9.4.1	Piso supramareal .....	53	3.15.3.3	Alternativas de ordenación del medio marino.....	74
3.9.4.1.1	Biocenosis de la roca supramareal (RS) .....	53	3.15.3.4	Conclusiones.....	75
3.9.4.1.2	Biocenosis de los charcos supramareales .....	54	<b>3.16 INTERACCIONES ECOLÓGICAS CLAVES .....</b>	<b>76</b>	
3.9.4.2	Piso Intermareal .....	54	3.16.1	ELEMENTOS GENERADORES DE IMPACTO .....	76
3.9.4.2.1	Biocenosis intermareal de gravas y cantos .....	55	3.16.2	ELEMENTOS RECEPTORES DE IMPACTO .....	76
3.9.4.2.2	Biocenosis de la Roca intermareal (Comunidad de la roca mesolitoral inferior y superior) .....	55	3.16.3	MECANISMOS DE GENERACIÓN DEL IMPACTO .....	77
3.9.4.2.3	Biocenosis de charcos intermareales .....	58	3.16.3.1	Sobre el medio abiótico .....	77
3.9.4.2.4	Poblamientos nitrófilos intermareales sobre sustrato duro ...	59	3.16.3.2	Sobre el medio biótico.....	77
3.9.4.3	Piso Submareal.....	61	3.16.3.3	Sobre el medio antrópico .....	77
3.9.4.3.1	Biocenosis de algas fotófilas de la Roca Infralitoral.....	61	3.16.4	MATRIZ CAUSA / EFECTO.....	78
3.9.4.3.2	Biocenosis de Rodófitas calcáreas Incrustantes con erizos. Asociaciones Arbacia lixula y Paracentrotus lividus infralitoral superior. Diadema africanum formador del Blanquizal en infralitoral inferior.....	66	<b>3.17 ESTUDIO COMPARATIVO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL ACTUAL Y LA SITUACIÓN AMBIENTAL TRAS LA ACTUACIÓN .....</b>	<b>78</b>	
3.9.5	CARACTERIZACIÓN DE LA BIOCENOSIS DE BLANQUIZAL .....	68	<b>4. IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS.....</b>	<b>80</b>	
3.9.6	CONCLUSIONES .....	69	<b>4.1 DESCRIPCIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS ASOCIADOS A LA OBRA .....</b>	<b>80</b>	
<b>3.10 ACTIVIDAD PESQUERA.....</b>	<b>71</b>		4.1.1	DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS .....	80
<b>3.11 ELEMENTOS ANTRÓPICOS.....</b>	<b>71</b>		4.1.2	VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS .....	81
<b>3.12 PATRIMONIO HISTÓRICO Y CULTURAL.....</b>	<b>71</b>		4.1.3	FICHAS DE LOS IMPACTOS .....	82
<b>3.13 PAISAJE .....</b>	<b>71</b>		4.1.3.1	Impactos sobre el medio abiótico .....	82
<b>3.14 USOS MARINOS.....</b>	<b>72</b>		4.1.3.2	Sobre el medio biótico.....	86
<b>3.15 CONSIDERACIONES AMBIENTALES DEL PLAN INSULAR DE ORDENACIÓN DE LANZAROTE (PIOL) .....</b>	<b>72</b>		4.1.3.3	Sobre el medio antrópico .....	89
3.15.1	UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS.....	72	<b>4.2 MATRIZ DE IMPACTOS.....</b>	<b>90</b>	
3.15.2	UNIDADES DE DIAGNÓSTICO.....	73	<b>5. CUANTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS REPERCUSIONES DEL PROYECTO EN LA RED NATURA 2000 .....</b>	<b>92</b>	
			<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS.....</b>	<b>93</b>	

<b>6.1</b>	<b>EN LA ZONA DE OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES (ÁRIDOS Y ESCOLLERA) Y TRANSPORTE HASTA LA ZONA DE APORTACIÓN.....</b>	<b>93</b>	<b>8.1.2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES INCLUIDAS EN EL PROYECTO .....</b>	<b>102</b>
6.1.1	MEDIDAS PREVENTIVAS O MODERADORAS .....	93	8.1.2.1	Espigones y Pie de playa.....	102
6.1.2	MEDIDAS CORRECTORAS O REDUCTORAS .....	94	8.1.2.2	Aportación de arena .....	104
6.1.3	MEDIDAS COMPENSATORIAS .....	94	8.1.2.3	Pantalán para uso lúdico.....	104
<b>6.2</b>	<b>EN LA ZONA DE APORTACIÓN.....</b>	<b>94</b>	<b>8.2</b>	<b>ALTERNATIVAS ANALIZADAS .....</b>	<b>104</b>
6.2.1	MEDIDAS PREVENTIVAS O MODERADORAS .....	94	8.2.1	ANTECEDENTES.....	104
6.2.2	MEDIDAS CORRECTORAS O REDUCTORAS .....	95	<b>8.3</b>	<b>INVENTARIO AMBIENTAL.....</b>	<b>106</b>
6.2.3	MEDIDAS COMPENSATORIAS .....	95	<b>8.4</b>	<b>PRINCIPALES IMPACTOS GENERADOS.....</b>	<b>106</b>
<b>6.3</b>	<b>OTRAS MEDIDAS GENERALES .....</b>	<b>95</b>	8.4.1	SOBRE EL MEDIO ABIÓTICO.....	106
6.3.1	MEDIDAS PREVENTIVAS O MODERADORAS .....	95	8.4.2	SOBRE EL MEDIO BIÓTICO .....	106
6.3.2	MEDIDAS CORRECTORAS O REDUCTORAS .....	95	8.4.3	SOBRE EL MEDIO ANTRÓPICO .....	107
6.3.3	MEDIDAS COMPENSATORIAS .....	95	<b>8.5</b>	<b>MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS .....</b>	<b>108</b>
<b>6.4</b>	<b>MATRIZ DE IMPACTOS RESIDUALES .....</b>	<b>96</b>	8.5.1	EN LA ZONA DE OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES (ÁRIDOS Y ESCOLLERA) Y TRANSPORTE HASTA LA ZONA DE APORTACIÓN .....	108
<b>7.</b>	<b>PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL.....</b>	<b>97</b>	8.5.1.1	Medidas preventivas o moderadoras .....	108
7.1	OBJETO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL .....	97	8.5.1.2	Medidas correctoras o reductoras.....	108
7.2	MARCO LEGAL.....	97	8.5.1.3	Medidas compensatorias.....	108
7.3	ÁMBITO TERRITORIAL DEL PROGRAMA .....	97	8.5.2	EN LA ZONA DE APORTACIÓN.....	108
7.4	ALCANCE DE LOS TRABAJOS .....	97	8.5.2.1	Medidas preventivas o moderadoras .....	108
7.4.1	FASE PREVIA O PREOPERACIONAL: CON ANTERIORIDAD AL INICIO DE LAS OBRAS .....	97	8.5.2.2	Medidas correctoras o reductoras.....	109
7.4.2	FASE DE OBRAS .....	99	8.5.2.3	Medidas compensatorias.....	109
7.4.3	FASE OPERACIONAL .....	100	8.5.3	OTRAS MEDIDAS GENERALES .....	109
7.5	PRESUPUESTO .....	100	8.5.3.1	Medidas preventivas o moderadoras .....	109
<b>8.</b>	<b>DOCUMENTO DE SÍNTESIS.....</b>	<b>102</b>	8.5.3.2	Medidas correctoras o reductoras.....	109
8.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	102	8.5.3.3	Medidas compensatorias.....	109
8.1.1	OBJETO DEL PROYECTO .....	102	8.5.4	MATRIZ DE IMPACTOS RESIDUALES .....	109
			<b>8.6</b>	<b>PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL .....</b>	<b>110</b>

## Apéndice 1. Planos

### Índice de figuras

Figura 1.-	Espacios Naturales Protegidos próximos a la zona de actuación (Fuente: elaboración propia) .....2	Figura 19.-	Batimetría de detalle de la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia a partir de la DGC) ..... 18
Figura 2.-	Formas de equilibrio en planta de la nueva playa en ausencia de espigón norte que modifique la forma en planta (Fuente: Elaboración propia .....6	Figura 20.-	Unidades geológicas principales en la isla de Lanzarote y zona de actuación (círculo rojo) (Fuente: www. http://www.geoparque Lanzarote.org/geologia/) ..... 19
Figura 3.-	Formas de equilibrio en planta de la Alternativa 1 en su versión inicial (Fuente: Elaboración propia) .....7	Figura 21.-	Geomorfología de la zona de estudio (Fuente: PIOL) ..... 19
Figura 4.-	Formas de equilibrio en planta de la Alternativa 1 en su versión final (Fuente: Elaboración propia) .....7	Figura 22.-	Tipos de suelo en la zona de estudio (Fuente: PIOL) .....20
Figura 5.-	Planta detallada de la Alternativa 1 (Fuente: Elaboración propia) .....7	Figura 23.-	Substratos litorales en la zona de estudio (Fuente: PIOL) .....20
Figura 6.-	Planta de la Alternativa 2 (Fuente: Elaboración propia) .....8	Figura 24.-	Fotografía de los fondos marinos en la zona de actuación: zona intermareal –izquierda- y sumergida –derecha- (Fuente: elaboración propia) .....20
Figura 7.-	Planta detallada de la Alternativa 2 (Fuente: Elaboración propia) .....8	Figura 25.-	Ubicación de las muestra de arena en la playa de Los Charcos (Fuente: DGSCM) .....21
Figura 8.-	Planta de la Alternativa 3 (Fuente: Elaboración propia) .....9	Figura 26.-	Ubicación de las muestra de arena en la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM) .....21
Figura 9.-	Planta detallada de la Alternativa 3. (Fuente: Elaboración propia) .....9	Figura 27.-	Distribución de la frecuencia del residuo meteorológico (Fuente: PPEE) .....22
Figura 10.-	Perfil de aportación con arena marina(Fuente: elaboración propia) ..... 12	Figura 28.-	Direcciones de incidencia del oleaje (Fuente: elaboración propia) .....23
Figura 11.-	Comparación de los resultados de propagación del oleaje (arriba) y corrientes de rotura (abajo) entre la situación actual (izquierda) y situación tras la construcción de la alternativa 2 (derecha). Oleaje morfológico del NE (Fuente: elaboración propia) ..... 13	Figura 29.-	Coeficientes de propagación Kp y direcciones de oleaje en el punto 1 situado en el extremo norte de la zona de estudio y en el que se han registrado alturas de ola algo superiores (Fuente: elaboración propia) .....23
Figura 12.-	Transporte de sedimentos en la nueva playa causado por el oleaje morfológico del NE. Izquierda: situación actual; derecha: situación tras la construcción de la alternativa 2 (Fuente: elaboración propia) ..... 14	Figura 30.-	Rosa de viento en el punto SIMAR 4060020 (Fuente: PPEE) .....24
Figura 13.-	Planta de la Alternativa finalmente escogida (Fuente: elaboración propia) ..... 14	Figura 31.-	Función de distribución escalar de Vv (Fuente: elaboración propia) .....24
Figura 14.-	Secciones tipo de los espigones (Fuente; elaboración propia) ..... 16	Figura 32.-	Esquema de la circulación noratlántica y las principales corrientes marinas superficiales .....25
Figura 15.-	Sección tipo y alzado del pantalán (Fuente: elaboración propia) ..... 16	Figura 33.-	Detalle de la dirección de la corriente de Canarias, junto con los principales vientos generadores .....25
Figura 16.-	Diagrama de temperaturas mínima, media y máxima mensuales en Teguisse (Fuente: www.climate-data.org) ..... 17	Figura 34.-	Distribución de la temperatura superficial en Canarias durante la realización de los trabajos de campo .....26
Figura 17.-	Diagrama de precipitaciones y temperaturas medias mensuales en Teguisse (Fuente: www.climate-data.org) ..... 17	Figura 35.-	Toma de muestras de agua (Fuente: elaboración propia) .....26
Figura 18.-	Batimetría de la zona obtenida de la Carta Náutica nº 600 .izquierda- y 605 –derecha- (Fuente: IHM) ..... 18	Figura 36.-	Localización de puntos de vertido en la zona (Fuente: Gobierno de Canarias) .....26
		Figura 37.-	Resultado de los ensayos biológicos del agua en la Estación 1 (Fuente: Biolab) .....27
		Figura 38.-	Resultado de los ensayos biológicos del agua en la Estación 2 (Fuente: Biolab) .....27
		Figura 39.-	Conexión de agua con instalaciones hoteleras (Fuente: elaboración propia) .....28
		Figura 40.-	Calidad de las aguas en la playa de Los Charcos (Fuente: Ministerio de Sanidad y Política Social) .....28
		Figura 41.-	Definición esquemática de la planta de una bahía en equilibrio (Fuente: Hsu y Evans) .....29

Figura 42.- Valores de los coeficientes C0, C1 y C2 de la formulación parabólica (Fuente: Hsu y Evans).....	29	Figura 61.- Límites de incidencia del oleaje en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia) .....	41
Figura 43.- Forma en planta de equilibrio estático. Playas encajadas no afectadas por desembocaduras (Fuente: GIOC (Universidad de Cantabria)).....	30	Figura 62.- Alineación media de la batimetría en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia) ....	42
Figura 44.- Puntos en los que se ha calculado la dirección del flujo medio de energía (Fuente: DGSCM) .....	31	Figura 63.- Capacidad de transporte longitudinal en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia) .....	42
Figura 45.- Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de El Jablillo (Fuente: DGSCM) .....	31	Figura 64.- Vectores transporte de sedimentos correspondientes al oleaje morfológico. De arriba abajo y de izquierda a derecha: NNE, NE, E, SE y S. La escala gráfica de los vectores es diferente en cada caso, como puede apreciarse en las gráficas del Apéndice 1 (Fuente: elaboración propia) .....	44
Figura 46.- Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de El Jablillo (Fuente: DGSCM) .....	32	Figura 65.- Vectores transporte de sedimentos correspondientes al oleaje asociado a Hs12. De arriba abajo y de izquierda a derecha: NNE, NE, E, SE y S. La escala gráfica de los vectores es diferente en cada caso, como puede apreciarse en las gráficas del Apéndice 1. La línea azul discontinua representa la profundidad activa (Fuente: elaboración propia) .....	44
Figura 47.- Nomenclatura empleada para las 3 sub-playas (Fuente: DGSCM).....	32	Figura 66.- Ejemplo de variación del transporte longitudinal (fórmula de Van Rijn) en función de la dirección de incidencia del oleaje. Valores positivos: NE-SW; valores negativos: SW-NE (Fuente: elaboración propia) .....	45
Figura 48.- Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM) .....	33	Figura 67.- Tipología costera de la zona de estudio (Fuente: elaboración propia). .....	45
Figura 49.- Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM) .....	33	Figura 68.- Fotografías aéreas histórica de la línea de costa en el ámbito de la zona de actuación en 1982, 1990, 1998, 2005, 2009 y 2015 (Fuente: Grafcan y GoogleMaps) .....	46
Figura 50.- Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM) .....	33	Figura 69.- Fotografías aéreas histórica de la línea de costa en la zona de actuación en 1982, 1990, 1998, 2005, 2009 y 2015 (Fuente: Grafcan y GoogleEarth) .....	47
Figura 51.- Localización de la profundidad activa en la zona de estudio (Fuente: elaboración propia) .....	35	Figura 70.- Ubicación de los ZECs y ZEPAs en la isla de Lanzarote (Fuente: Cabildo de Lanzarote) .....	48
Figura 52.- Localización de los perfiles reales de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM) .....	36	Figura 71.- LIC "Espacio Marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura" (Fuente: magrama) ....	48
Figura 53.- Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 1 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM) .....	37	Figura 72.- Límite del L.I.C. ESZZ15002 cerca de la zona de proyecto (Fuente: Gobierno de Canarias) .....	49
Figura 54.- Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 2 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM) .....	37	Figura 73.- Zona de la caracterización inicial y ubicación de estaciones (Fuente: elaboración propia).....	50
Figura 55.- Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 3 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM) .....	37	Figura 74.- Diagrama propuesto por Tuya et al, 2004 en la estructuración de las poblaciones de Diadema africanum, respecto a sus características biológicas y tipo de fondo.....	50
Figura 56.- Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 4 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM) .....	37	Figura 75.- Vista panorámica de la zona (Fuente: elaboración propia) .....	51
Figura 57.- Relación entre II y PI a partir de datos de campo (Fuente: Shore Protection Manual, 1984).....	39	Figura 76.- El paseo limita la zona superior del área de estudio (Fuente: elaboración propia) .....	51
Figura 58.- Calibración del modelo de Bailard para la definición de Ks (Fuente: Coastal Engineering Manual, 2002) .....	40	Figura 77.- En esta fotografía aérea se marca la posición de la duna, fuera de la zona de actuación, junto a la playa de los Charcos. Se puede observar como es atravesada por un camino (Fuente: elaboración propia).....	51
Figura 59.- Calibración del modelo de Del Valle para la definición de Krms (Fuente: Coastal Engineering Manual, 2002) .....	40		
Figura 60.- Criterios de signo del programa LONGTRANS (Fuente: elaboración propia) .....	41		

Figura 78.- En esta fotografía aérea se marca la posición de la duna, fuera de la zona de actuación, junto a la playa de los Charcos. Se puede observar como es atravesada por un camino (Fuente: elaboración propia) .....	51	Figura 95.- Como se aprecia en la imagen, el sustrato de este charco se encuentra tapizado por diversas especies de algas entre las que destacan Dictyota dichotoma, Corallina elongata, Dilophus fasciola y Padina pavonica (Fuente: elaboración propia) .....	59
Figura 79.- Número de especies distribuidas por rango de profundidad (Biodiversidad taxonómica de Canarias. Gobierno de Canarias 2003).....	52	Figura 96.- En este detalle del poblamiento del charco; destaca la esponja Verongia aerophoba y varios individuos del erizo Arbacia lixula (Fuente: elaboración propia) .....	60
Figura 80.- Zonación general de los fondos marinos presentes en las Islas Canarias .....	53	Figura 97.- Poblamientos puntuales de Ulva spp, en el intermareal de la zona de estudio (Fuente: elaboración propia) .....	60
Figura 81.- Vista del piso supramareal en la zona norte del área de estudio (Fuente: elaboración propia) .....	54	Figura 98.- Ulva sp en un charco intermareal (Fuente: elaboración propia) .....	60
Figura 82.- Vista del piso supramareal en la zona intermedia del área de estudio (Fuente: elaboración propia).....	54	Figura 99.- Detalle del aspecto del fondo compuesto por arenas gruesas y muy gruesas, junto a cantos y bloques de gran tamaño (Fuente: elaboración propia) .....	61
Figura 83.- En la zona de transición entre el piso supramareal e intermareal, se pueden localizar algún pequeño charco (Fuente: elaboración propia) .....	54	Figura 100.- Esquema de las distintas sucesiones determinadas en la construcción de capas del sistema fital de algas según Riedl 1966. ....	62
Figura 84.- Al fondo de la imagen, en una tonalidad más oscura, se observa la banda ocupada por los cantos intermareales (Fuente: elaboración propia).....	55	Figura 101.- En la parte central de la imagen se observa el alga invasora Asparagopsis armata (Fuente: elaboración propia) .....	63
Figura 85.- Gran superficie rocosa intermareal para el asentamiento de las biocenosis (Fuente: elaboración propia).....	56	Figura 102.- Aspecto típico del fotófilo situado a poca profundidad. El recubrimiento de la roca es total por parte de algas como Dictyota dichotoma, Dilophus fasciola, Halopteris scoparia, Corallina elongata. También se observa en la parte central el pez Coris julis (Fuente: elaboración propia) .....	63
Figura 86.- Gran densidad de individuos de Chthamalus stellatus en el área de estudio (Fuente: elaboración propia).....	56	Figura 103.- En la imagen se aprecia la progresiva disminución de la cobertura vegetal y la presencia cada vez más notoria del blanquizar, a 3 m de profundidad (Fuente: elaboración propia) .....	64
Figura 87.- Ejemplares de Patella piperata, junto individuos de Littorina striata (a la izquierda de la imagen) (Fuente: elaboración propia) .....	56	Figura 104.- La esponja Verongia aerophoba es muy abundante en los fondos rocosos previos al blanquizar y en el límite con este, como se aprecia en la imagen. Debajo de las esponjas se aprecia gran cantidad de individuos del erizo Diadema africanum (Fuente: elaboración propia) .....	64
Figura 88.- Individuos de Littorina striata (Fuente: elaboración propia) .....	57	Figura 105.- En la parte central de la imagen se observa un ejemplar de Sepia officinalis (Fuente: elaboración propia) .....	64
Figura 89.- Banda de algas cespitosas en la rasa intermareal (Fuente: elaboración propia) .....	57	Figura 106.- Ejemplar de Dicentrarchus labrax (Lubina), sobre un cardumen de Sarpa salpa (Fuente: elaboración propia) .....	65
Figura 90.- En el límite entre el intermareal inferior y el infralitoral superior, es significativa la dominancia de bandas algales compuestas por Dictyota dichotoma, que se pueden observar al fondo de esta imagen (Fuente: elaboración propia).....	58	Figura 107.- A la izquierda de la imagen ejemplares de Mullus surmuletus (salmonete) y a la derecha un ejemplar de Lithognathus mormyrus (mabre) (Fuente: elaboración propia).....	65
Figura 91.- Vista del recubrimiento de la roca intermareal con algas como Padina pavonica, Corallina elongata, junto a especies como Valonia utricularis, Dictyota dichotoma, etc. (Fuente: elaboración propia).....	58	Figura 108.- Ejemplar de lisa, Mugil cephalus (Fuente: elaboración propia) .....	66
Figura 92.- En la parte central de la imagen se observa el alga de carácter invasor Asparagopsis armata (Fuente: elaboración propia) .....	58	Figura 109.- En la parte central de la imagen se observan 2 individuos de Diplodus cervinus (sargo real) y a la izquierda de ellos un ejemplar de Abudedefduf luridus (fula negra) (Fuente: elaboración propia) .....	66
Figura 93.- Vista central y sur de la zona de estudio. A la izquierda de la imagen se aprecia un charco intermareal de grandes dimensiones (Fuente: elaboración propia) .....	59		
Figura 94.- Localización del charco intermareal (Fuente: elaboración propia) .....	59		

Figura 110.- Ejemplar de <i>Thalassoma pavo</i> ( <i>fredi</i> ) (Fuente: elaboración propia) .....	66
Figura 111.- En las zonas más someras se observan individuos de <i>Arbacia lixula</i> que producen ramoneo sobre las rocas eliminando parte de la cobertura algal. Como se observa en la imagen, donde aún se conserva gran parte de las algas fotófilas, su acción es menos destructiva que la de <i>Diadema africanum</i> (Fuente: elaboración propia) .....	66
Figura 112.- La cobertura vegetal queda reducida a las algas costrosas y coralináceas (Fuente: elaboración propia) .....	67
Figura 113.- Cardumen de peces pelágicos de la especie <i>Boops boops</i> (bogas), sobre el blanquikal (Fuente: elaboración propia) .....	68
Figura 114.- Localización de las estaciones de muestreo del blanquikal (Fuente: elaboración propia) .....	68
Figura 115.- Gran densidad de ejemplares del erizo <i>Diadema africanum</i> (Fuente: elaboración propia) .....	69
Figura 116.- Aspecto de la biocenosis de algas fotófilas a poca profundidad, donde no afecta el erizo (Fuente: elaboración propia) .....	69
Figura 117.- Límite de la biocenosis de algas fotófilas y el comienzo del blanquikal. A la izquierda de la imagen se observa un menor recubrimiento algal y los primeros ejemplares de erizos (Fuente: elaboración propia) .....	69
Figura 118.- Ejemplares de <i>Diadema africanum</i> distribuidos por la totalidad del sustrato marino (Fuente: elaboración propia) .....	70
Figura 119.- En apenas 2 m <sup>2</sup> se pueden observar más de 30 individuos de <i>Diadema africanum</i> . La presencia masiva de estos erizos impide el asentamiento de otras especies (Fuente: elaboración propia) .....	70
Figura 120.- Molinos de vientos próximos a la zona de estudio (Fuente: elaboración propia) .....	71
Figura 121.- Unidades de paisaje cerca de la zona de estudio (Fuente: PIOL) .....	71
Figura 122.- Arriba: vista aérea de la zona de actuación; centro: vista desde el extremo suroeste; abajo: vista desde el extremo noreste (Fuente: Google Earth y elaboración propia) .....	72
Figura 123.- Usos marinos en la zona de estudio (Fuente: PIOL) .....	72
Figura 124.- Unidades ambientales terrestres cerca de la zona de estudio (Fuente: PIOL) .....	73
Figura 125.- Unidades ambientales marinas cerca de la zona de estudio (Fuente: PIOL) .....	73
Figura 126.- Unidades de diagnóstico territorial definidas en el Plan Insular de Ordenación Litoral (Fuente: PIOL) .....	75
Figura 127.- Zona de estudio en la que puede apreciarse al fondo el espigón norte de la playa de los Charcos (Fuente: elaboración propia) .....	95
Figura 128.- Planta de la Alternativa finalmente escogida (Fuente: elaboración propia) .....	102

Figura 129.- Secciones tipo de los espigones (Fuente: elaboración propia) .....	104
Figura 130.- Sección tipo y alzado del pantalán (Fuente: elaboración propia) .....	104
Figura 131.- Formas de equilibrio en planta de la nueva playa en ausencia de espigón norte que modifique la forma en planta (Fuente: Elaboración propia) .....	105
Figura 132.- Plantas detalladas de la Alternativas 1, 2 y 3 (Fuente: Elaboración propia) .....	105

### Índice de tablas

Tabla 1.- Conjunto de normativas que han sido tenidas en cuenta en la realización del estudio .....	3
Tabla 2.- Principales características de las alternativas propuestas (Fuente: elaboración propia) ....	10
Tabla 3.- Desglose de los presupuestos aproximados de las alternativas (Fuente: elaboración propia) .....	10
Tabla 4.- Comparación de las diferentes alternativas propuestas (Fuente: elaboración propia) .....	11
Tabla 5.- Resultados de la calidad del aire en 2016 en la Estación Costa Teguisse (Fuente: CEGCA) .....	17
Tabla 6.- Resultados de los análisis granulométricos de la muestra de arena en la playa de Los Charcos (Fuente: DGSCM) .....	21
Tabla 7.- Resultados de los análisis granulométricos de la muestra de arena en la playa de Los Cucharas (Fuente: DGSCM) .....	21
Tabla 8.- Niveles de mar astronómicos en Lanzarote (Fuente: elaboración propia) .....	22
Tabla 9.- Niveles de mar de diseño en Lanzarote (Fuente: elaboración propia) .....	22
Tabla 10.- Tabla de encuentros Hs – Dirección de procedencia (Fuente: elaboración propia) .....	22
Tabla 11.- Tabla de encuentros Hs – Tp (Fuente: elaboración propia) .....	23
Tabla 12.- Alturas de ola de diseño. Tr = 67,72 años, Estima central (Fuente: elaboración propia) .....	23
Tabla 13.- Coordenadas de las estaciones hidrográficas (Fuente: elaboración propia) .....	26
Tabla 14.- Valores medios de las variables en las muestras de agua (Fuente: elaboración propia) .....	26
Tabla 15.- Resultados de la dirección del flujo medio de energía (Fuente: DGSCM) .....	31
Tabla 16.- Profundidades activa y de cierre para diferentes direcciones de oleaje incidentes (Fuente: elaboración propia) .....	34
Tabla 17.- Resultados del transporte de sedimentos obtenido con el programa EROS. El signo (+) indica dirección N-S y el signo (-) dirección S-N (Fuente: elaboración propia) .....	43
Tabla 18.- Caracterización del blanquikal en las 3 estaciones (Fuente: elaboración propia) .....	68

Tabla 19.- Matriz causa / efecto del proyecto (Fuente: elaboración propia) .....	78	Tabla 39.- Presupuesta del Programa de Vigilancia Ambiental (Fuente: elaboración propia) .....	112
Tabla 20.- Comparación de la situación ambiental actual y tras las alternativas de actuación (Fuente: elaboración propia) .....	79		
Tabla 21.- Técnicas empleadas en la valoración de impactos y limitaciones (Fuente: elaboración propia) .....	80		
Tabla 22.- Criterios de valoración del impacto (Fuente: elaboración propia) .....	81		
Tabla 23.- Tipos de impacto considerados (Fuente: elaboración propia) .....	81		
Tabla 24.- Matriz de impactos. Identificación y caracterización de los impactos ambientales negativos con anterioridad a la implantación de medidas reductoras (Fuente: elaboración propia) .....	91		
Tabla 25.- Número de impactos por tipología (Fuente: elaboración propia) .....	91		
Tabla 26.- Identificación de las medidas preventivas y correctoras del impacto (Fuente: elaboración propia) .....	93		
Tabla 27.- Reducción de la intensidad de los impactos (Fuente: elaboración propia) .....	96		
Tabla 28.- Matriz de impacto residual como aplicación de las medidas correctoras propuestas (Fuente: elab propia) .....	96		
Tabla 29.- Alcance de los trabajos para la caracterización del estado preoperacional del medio (Fuente: elaboración propia) .....	98		
Tabla 30.- Programa de muestreo para el seguimiento de la calidad del medio terrestre (Fuente: elaboración propia) .....	100		
Tabla 31.- Programa de muestreo para el seguimiento de la calidad del agua (Fuente: elaboración propia) .....	100		
Tabla 32.- Programa de muestreo para el seguimiento de la calidad del sedimento (Fuente: elaboración propia) .....	100		
Tabla 33.- Propuesta indicativa de los trabajos de control a realizar, que se adaptará a las condiciones particulares de cada fase de las obras (Fuente: elaboración propia) .....	101		
Tabla 34.- Presupuesta del Programa de Vigilancia Ambiental (Fuente: elaboración propia) .....	101		
Tabla 35.- Comparación de las diferentes alternativas propuestas (Fuente: elaboración propia) ....	105		
Tabla 36.- Matriz de impactos. Identificación y caracterización de los impactos ambientales negativos con anterioridad a la implantación de medidas reductoras (Fuente: elaboración propia) .....	107		
Tabla 37.- Reducción de la intensidad de los impactos (Fuente: elaboración propia) .....	109		
Tabla 38.- Matriz de impacto residual como aplicación de las medidas correctoras propuestas (Fuente: elab propia) .....	110		

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 EXPOSICIÓN DEL OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de este proyecto es la definición de las actuaciones a llevar a cabo la creación de una nueva playa en el extremo norte de la zona conocida como 'Costa Teguisse', en el T.M. de Teguisse (isla de Lanzarote, provincia de Las Palmas de Gran Canaria). Las obras consisten fundamentalmente en la aportación de arena de origen terrestre obtenida en el yacimiento terrestre situado junto a la ciudad de El Marsa (Sáhara), y unos espigones que estabilicen la arena vertida en la nueva playa. Asimismo se incluye la construcción de un pantalán para uso lúdico de los bañistas.

### 1.2 FUNDAMENTOS DE DERECHO APLICABLES A LA CALIFICACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO Y MOTIVACIÓN DE LA APLICACIÓN DE UNA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL ORDINARIA

#### 1.2.1 DEFINICIÓN DE LOS ÓRGANOS SUSTANTIVO Y AMBIENTAL

Los artículos 5.1.d y e de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental definen órgano sustantivo como aquel "órgano de la Administración pública que ostenta las competencias para adoptar o aprobar un plan o programa, para autorizar un proyecto, o para controlar la actividad de los proyectos sujetos a declaración responsable o comunicación previa" y órgano ambiental como aquel "órgano de la Administración pública que realiza el análisis técnico de los expedientes de evaluación ambiental y formula las declaraciones estratégica y de impacto ambiental, y los informes ambientales".

Las obras desarrolladas en el presente Proyecto deben ser construidas en Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT), por lo que, de acuerdo a la Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas y el Reglamento General de Costas, aprobado por el Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, corresponde a la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCyM) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) su aprobación y el otorgamiento de la correspondiente concesión de ocupación de bienes de dominio público marítimo-terrestre.

El artículo 11 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental establece que "corresponde al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente<sup>1</sup> ejercer las funciones atribuidas por esta ley al órgano ambiental cuando se trate de la evaluación ambiental de planes, programas o proyectos que deban ser adoptados, aprobados o autorizados por la Administración General del Estado y los organismos públicos vinculados o dependientes de ella".

<sup>1</sup> Antigua denominación del actual Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

Por consiguiente los órganos sustantivo y ambiental en este caso son:

- Órgano sustantivo: Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).
- Órgano ambiental: Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (DGCEM) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).

#### 1.2.2 MOTIVACIÓN DE LA APLICACIÓN DE UNA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL ORDINARIA

Dado que el órgano ambiental pertenece a la Administración General del Estado, será de aplicación la legislación ambiental estatal, en particular la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, la cual establece en su artículo 7 que:

"1. Serán objeto de una **evaluación de impacto ambiental ordinaria** los siguientes proyectos:

a) **Los comprendidos en el anexo I**, así como los proyectos que, presentándose fraccionados, alcancen los umbrales del anexo I mediante la acumulación de las magnitudes o dimensiones de cada uno de los proyectos considerados.

b) **Los comprendidos en el apartado 2, cuando así lo decida caso por caso el órgano ambiental**, en el informe de impacto ambiental de acuerdo con los criterios del anexo III. (...)

d) Los proyectos incluidos en el apartado 2, **cuando así lo solicite el promotor.**

2. Serán objeto de una **evaluación de impacto ambiental simplificada**:

a) **Los proyectos comprendidos en el anexo II.**

b) **Los proyectos no incluidos ni en el anexo I ni el anexo II que puedan afectar de forma apreciable, directa o indirectamente, a Espacios Protegidos Red Natura 2000."**

El **Anexo I** (proyectos que han de ser sometidos a evaluación ordinaria) **incluye**, entre otros proyectos, los siguientes:

"Grupo 9. Otros proyectos.

a) **Los siguientes proyectos cuando se desarrollen en Espacios Naturales Protegidos, Red Natura 2000 y Áreas protegidas por instrumentos internacionales, según la regulación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad: (...)**

4.º **Dragados fluviales cuando el volumen extraído sea superior a 20.000 metros cúbicos anuales, y dragados marinos cuando el volumen extraído sea superior a 20.000 metros cúbicos anuales."**

En este caso el promotor ha de presentar un **Estudio de Impacto Ambiental (EIA)**, que tras ser sometido a información pública y estudiado por el órgano ambiental concluirá con una **Declaración de Impacto Ambiental (DIA)**.

El **Anexo II** (proyectos que han de ser sometidos a evaluación de impacto ambiental simplificada) **incluye**, entre otros proyectos, los siguientes:

Grupo 3. Perforaciones, dragados y otras instalaciones mineras e industriales. (...)

d) **Extracción de materiales mediante dragados marinos** excepto cuando el objeto del proyecto sea mantener las condiciones hidrodinámicas o de navegabilidad.

Grupo 7. Proyectos de infraestructuras. (...)

e) **Obras de alimentación artificial de playas** cuyo volumen de aportación de arena supere los 500.000 metros cúbicos o bien **que requieran la construcción de diques o espigones**. (...)

h) **Obras costeras destinadas a combatir la erosión y obras marítimas que puedan alterar la costa**, por ejemplo, por la construcción de diques, malecones, espigones y otras obras de defensa contra el mar, excluidos el mantenimiento y la reconstrucción de tales obras y las obras realizadas en la zona de servicio de los puertos."

En este caso el promotor ha de presentar un **Documento Ambiental** que tras ser sometido a información pública y estudiado por el órgano ambiental concluirá con un **Informe de Impacto Ambiental**.

El **Anexo III** (criterios para determinar si un proyecto del Anexo II debe someterse a evaluación de impacto ambiental ordinaria) tiene en cuenta las características del proyecto, su ubicación y las características de su impacto potencial.

En el apartado 3 del presente documento se efectúa una descripción del proyecto. Baste decir que las obras consisten fundamentalmente en la aportación de arena de origen terrestre obtenida de un yacimiento del Sáhara, la construcción de unos espigones que establezcan la arena vertida en la nueva playa y un pantalán para uso lúdico de los bañistas, sin que se contemple la realización de dragados del fondo marino. La escollera a emplear será obtenida de canteras en explotación y cuya operación ya ha sido aprobada técnica y ambientalmente. Por consiguiente se está en los supuestos de los apartados e) y h) del Grupo 7 del Anexo II, lo que implica la necesidad de someter el proyecto a evaluación de impacto ambiental simplificada.

La Figura 1.- muestra los Espacios Naturales Protegidos próximos a la zona de actuación y puede apreciarse que la obra se realizará dentro del LIC "Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura", con código ESZZ15002. Dado que en la actuación no se prevé la realización de dragado del fondo marino no se está dentro del supuesto a.4) ni en ninguno otro del Grupo 9 del Anexo I (que incluye aquellos proyectos que debe ser sometidos a evaluación de impacto ambiental ordinaria).

Por todo ello, teniendo en cuenta que no se prevé la extracción de arena marina ni de ningún otro tipo de material dentro de ningún Espacio Natural Protegido y por tanto el Proyecto no se incluye en

ninguna hipótesis del Anexo I en opinión de este consultor, sería suficiente con que el Proyecto fuera sometido a evaluación de impacto ambiental simplificada, ya que sí se incluye dentro de algunas de las hipótesis del Anexo II (apartados e) y h) del Grupo 7).

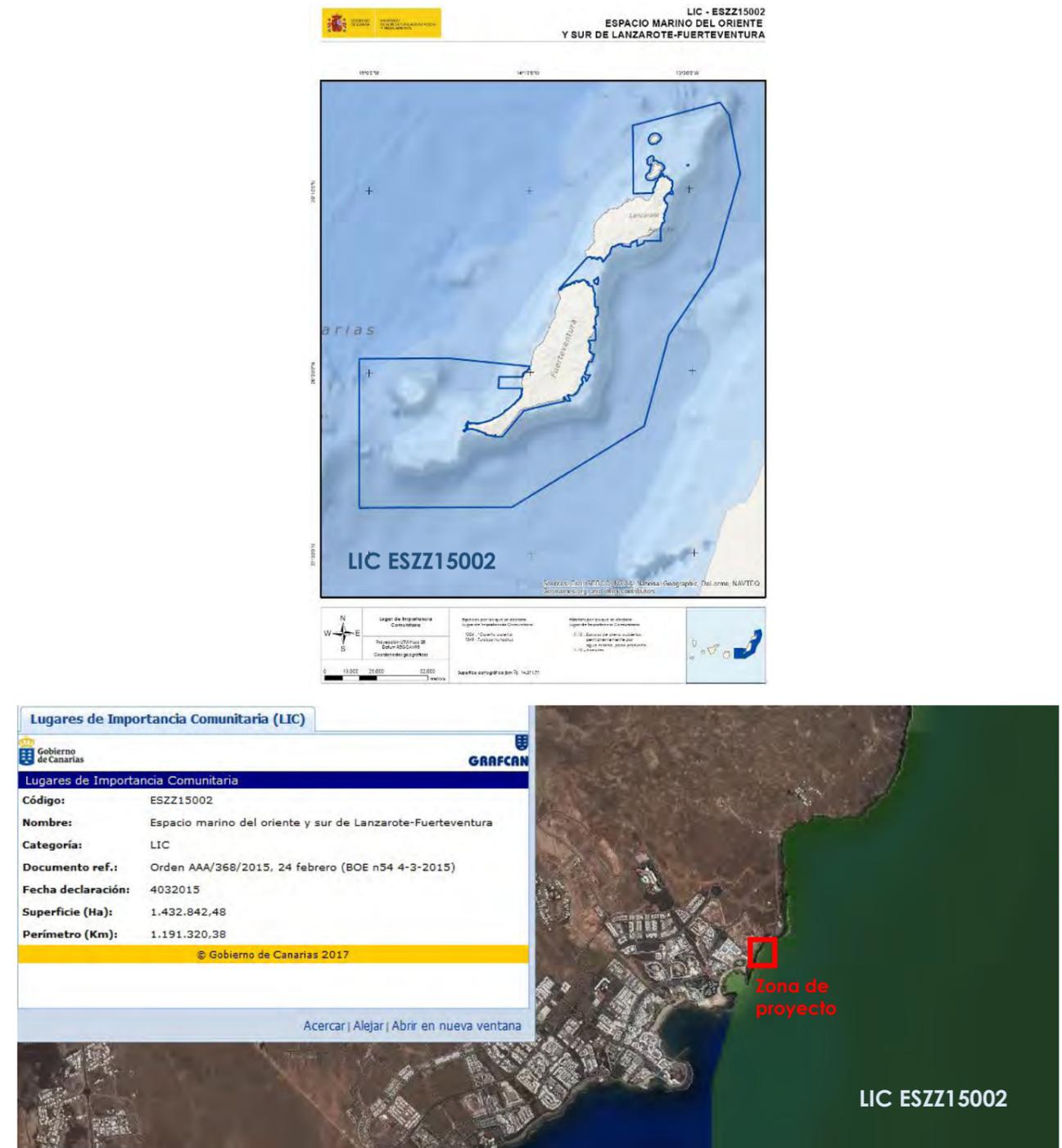


Figura 1.- Espacios Naturales Protegidos próximos a la zona de actuación (Fuente: elaboración propia)

No obstante lo anterior, la Ley de la C.A. de Canarias 14/2014, de 26 de diciembre, de Armonización y Simplificación en materia de Protección del Territorio y de los Recursos Naturales establece en su artículo 23 que:

1. Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental ordinaria los siguientes proyectos: (...)

e) **Los proyectos y actividades incluidas en el anexo II de esta ley cuando se pretendan ejecutar en áreas críticas de especies catalogadas, según lo establecido en el artículo 56.1 de la Ley 41/2007, del Patrimonio Natural y la Biodiversidad, o en zonas o superficies que formen parte de la Red Natura 2000.**"

El **Anexo II** de dicha Ley **incluye**, entre otros proyectos, los siguientes:

"Grupo 7. Proyectos de infraestructuras.

e) **Obras de alimentación artificial de playas** cuyo volumen de aportación de arena supere los 500.000 metros cúbicos o **que requieran la construcción de diques o espigones.**(...)

i) **Obras costeras destinadas a combatir la erosión y obras marítimas que puedan alterar la costa**, por ejemplo, por la construcción de diques, malecones, espigones y otras obras de defensa contra el mar, excluidos el mantenimiento y la reconstrucción de tales obras y las obras realizadas en la zona de servicio de los puertos."

Por consiguiente el presente proyecto entra dentro del Anexo II de la ley canaria y se desarrollará en un Espacio Natural de la Red Natura 2000, por lo que de acuerdo a la Ley 14/2014 debe ser sometido a evaluación de impacto ambiental ordinaria.

Por todo ello finalmente **el promotor**, en virtud de lo establecido en el artículo 7.1.d de la Ley 21/2013, **ha decidido someter el proyecto al procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinaria.**

### 1.3 MARCO LEGAL

La legislación aplicable a estos estudios sigue las directivas de la Unión Europea y la normativa desarrollada por las diferentes administraciones con competencias en materia medioambiental (estatal y autonómica); en la Tabla 1 se recopilan las principales disposiciones que son de aplicación. Comprende, fundamentalmente, los aspectos referidos a la protección de especies singulares (especialmente las praderas de fanerógamas marinas) y espacios naturales, así como los procedimientos de evaluación del impacto y la legislación específica de costas.

Asimismo se han tenido en cuenta las indicaciones del Plan Insular de Ordenación de Lanzarote (PIOL) y del Plan General de Ordenación de Teguisse.

Tabla 1.- Conjunto de normativas que han sido tenidas en cuenta en la realización del estudio.

Evaluación del impacto ambiental
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Directiva 97/11/CE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.</li> <li>• Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental</li> <li>• Ley 14/2014, de 26 de diciembre, de Armonización y Simplificación en materia de Protección del Territorio y de los Recursos Naturales. (C.A. de Canarias)</li> </ul>
Normativa básica de Puertos y Costas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante</li> <li>• Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas</li> <li>• Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas.</li> </ul>
Vertidos y gestión de los materiales de dragado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orden 10833/1976, de 26 de mayo de 1976, que supone la adhesión de España a los convenios de Oslo y Londres sobre el vertido al mar de sustancias contaminantes.</li> <li>• Real Decreto 258/89, de 10 de marzo, por el que se establece la normativa general sobre vertidos de sustancias peligrosas desde tierra a mar.</li> <li>• "Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo terrestre" elaboradas por la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas en 2.014</li> </ul>

### 1.4 PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

El presente informe constituye un documento técnico de carácter ambiental en el que a partir de la descripción en profundidad de las condiciones actuales del medio, se identifican los impactos más importantes que se producirán a consecuencia de la obra proyectada, el establecimiento de medidas correctoras y la propuesta de un programa de seguimiento ambiental.

Los estudios de evaluación de ambiental constituyen un instrumento de análisis de los proyectos de obras en las que cabe suponer "a priori" alguna alteración sobre la calidad del medio ambiente, con el fin de identificar las principales incidencias negativas y proponer las medidas oportunas. La realización de estas evaluaciones son obligatorias en determinados proyectos que se recogen en la normativa.

En el caso de una evaluación de impacto ambiental ordinaria el promotor debe presentar ante el órgano sustantivo un Estudio de Impacto Ambiental con el siguiente contenido:

- a) Descripción general del proyecto y previsiones en el tiempo sobre la utilización del suelo y de otros recursos naturales. Estimación de los tipos y cantidades de residuos vertidos y emisiones de materia o energía resultantes.
- b) Exposición de las principales alternativas estudiadas, incluida la alternativa cero, o de no realización del proyecto, y una justificación de las principales razones de la solución adoptada, teniendo en cuenta los efectos ambientales.

c) Evaluación y, si procede, cuantificación de los efectos previsibles directos o indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto sobre la población, la salud humana, la flora, la fauna, la biodiversidad, la geodiversidad, el suelo, el subsuelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el cambio climático, el paisaje, los bienes materiales, incluido el patrimonio cultural, y la interacción entre todos los factores mencionados, durante las fases de ejecución, explotación y en su caso durante la demolición o abandono del proyecto.

Cuando el proyecto pueda afectar directa o indirectamente a los espacios Red Natura 2000 se incluirá un apartado específico para la evaluación de sus repercusiones en el lugar, teniendo en cuenta los objetivos de conservación del espacio.

- d) Medidas que permitan prevenir, corregir y, en su caso, compensar los efectos
- e) adversos sobre el medio ambiente.
- f) Programa de vigilancia ambiental.
- g) Resumen del estudio y conclusiones en términos fácilmente comprensibles.

## 1.5 OBJETIVOS

El objetivo global del presente Estudio es común con cualquier evaluación de impacto y se basa en aportar los criterios que permitan el diseño de la obra objeto de análisis en condiciones que produzcan un mínimo impacto sobre el entorno de acuerdo con el marco normativo de aplicación.

Esto supone la consecución de una serie de objetivos generales y parciales, que se corresponden con las distintas fases de desarrollo de los trabajos:

- Realización de un inventario ambiental completo con la descripción del entorno del proyecto y análisis de las principales interacciones de tipo ecológico.
- Examen de las alternativas técnicamente viables, que son consideradas a nivel de anteproyecto, y justificación de la solución adoptada en función de su idoneidad ambiental.
- Análisis de las características básicas del proyecto a fin de identificar todos los elementos susceptibles de generar alguna acción ambiental de tipo negativo.
- Identificación y evaluación del impacto sobre los principales elementos del medio (agua, comunidades naturales, medio litoral, paisaje, etc.) en base al conocimiento del medio obtenido a través de los trabajos de campo realizados, tanto de la solución escogida como en cada una de las alternativas que puedan estar planteadas a nivel técnico.
- Propuesta de medidas correctoras encaminadas a minimizar el impacto residual y
- Elaboración de un programa de vigilancia y seguimiento ambiental, tanto a corto como a largo plazo.

## 1.6 FUENTES DE INFORMACIÓN UTILIZADAS

El conocimiento de las condiciones del medio sobre el que se actuará se resuelve en un doble plano de observación:

- a) Características generales sobre un marco espacial y temporal amplio, a base de la recopilación y análisis de los antecedentes disponibles. Esta fase del trabajo es muy importante cuando se trata de un entorno de comportamiento marcadamente estacional (como es el caso del Mediterráneo) y en el que la campaña de muestreo abarca únicamente una situación determinada del ciclo anual. El conjunto de la información documental referida a las condiciones climáticas, hidrográficas, ecológicas y socioeconómicas utilizadas se relaciona en el capítulo de bibliografía.
- b) Características particulares del medio en el área de actuación a base de los estudios básicos realizados sobre la zona y que aportan los antecedentes fundamentales para la realización del análisis del impacto. En este caso, el estudio que aporta el antecedente básico para la descripción de las condiciones del medio son los trabajos de campo realizados por MARCIGLOB CONSULTANCY SOLUTIONS durante marzo de 2017. Estos trabajos han consistido en la confirmación de la caracterización geomorfológica de los fondos, la recogida de muestras de agua para su posterior análisis en laboratorio, así como el estudio de la caracterización bionómica de los fondos de la zona de estudio. Todo ello se ha en la zona de aportación de arena y de construcción de los espigones.

A partir del tipo de obra y su magnitud (fundamentalmente vertido de 20.656 m<sup>3</sup> de arena origen terrestre y 27.448 m<sup>3</sup> de escollera) así como las medidas mitigadoras que se adoptarán, de acuerdo al apartado 6.4 de este Estudio de Impacto Ambiental, se considera que la obra no va a afectar a dicho espacio natural de una manera significativa.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

### 2.1 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del "Proyecto Básico de una nueva playa en la zona norte de 'Costa Teguisse'; T.M. de Teguisse (isla de Lanzarote)" es la caracterización de la zona de actuación desde diferentes puntos de vista (meteorológico, oceanográfico, dinámica litoral, ambiental...), la propuesta de diferentes alternativas de actuación para la construcción de una nueva playa en el extremo norte de la zona conocida como 'Costa Teguisse', consistente en la aportación de arena de origen terrestre y la construcción de espigones para su estabilización, la elección de la más adecuada tras un análisis técnico, ambiental y económico y el desarrollo de la propuesta seleccionada a nivel de Proyecto Básico. El acceso peatonal a la nueva playa queda garantizado por la existencia del actual paseo marítimo.

### 2.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Además de las propias actuaciones estructurales requeridas para la realización de la propuesta estudiada, cualquier proyecto admite tres familias básicas de alternativas (además de la alternativa cero que representaría no actuar ante la regresión de la playa lo que evidentemente no resolvería el problema). En el caso del presente proyecto esto se concreta en:

- **Alternativas de proceso.** Consisten por un lado en la procedencia de la arena empleada (marina o terrestre) y por otro lado en las distintas posibilidades de resolver en planta el problema planteado considerando en aquellos casos que sea factible alguno de los procedimientos alternativos de "carácter blando", es decir, consistentes en exclusivamente la aportación de arena

Por lo que respecta a la procedencia de la arena en el proyecto solamente se ha planteado el empleo de arena de origen terrestre, dado el gran impacto ambiental que provocan los dragados en el medio marino del archipiélago canario. El empleo de arena terrestre procedente de canteras de la isla presenta una serie de problemas:

- Se caracteriza por tener un tamaño medio alto, superior a  $D_{50} = 1 \text{ mm}$  o  $2 \text{ mm}$ , lo cual provoca tras su vertido en las playas taludes muy elevados, mucho más que la arena marina, lo que puede dificultar el acceso a personas con problemas de movilidad
- Suelen tener aristas cortantes (lo que resulta muy incómodo para los bañistas),
- Finalmente suelen presentar un elevado porcentaje de elementos finos (que pueden superar el 5 % y hasta el 10 %) y que provocan turbidez en el agua sobre todo en la zona de rompientes y tienden a producir cementaciones parciales en la arena de la playa seca, formando terrones o galletas en unos casos, e incluso formando extensiones de terreno duro que se asemejan a un pavimento compactado. Esta situación se aleja mucho del aspecto más apreciado en la arena de una playa; que no es otro que el de presentar un conjunto de granos sin cohesión entre sí, en el que los granos fluyen libremente al ser desplazados de su posición de equilibrio.

Si bien existen sistemas para reducir el porcentaje de finos, los otros dos problemas no pueden ser resueltos. Por todo ello finalmente se ha escogido una procedencia de sedimento que se ha empleado en otras regeneraciones de playas en las Islas Canarias y que es el uso de arena terrestre procedente de África, en particular de la zona de Sáhara, y que es transportada hasta las islas en buque. Se trata de arenas medias, redondeadas y con un porcentaje de finos muy bajo (1 %) que les confieren cualidades muy similares a la arena de origen marino, que como se ha dicho sería la óptima, en el caso de que hubiera disponibilidad.

Por lo que respecta a las diferentes posibilidades de resolución de las necesidades, cuando se trata de crear una nueva playa y la ampliación hacia tierra no es posible por razones urbanísticas (existencia de una trama urbana acorde a la planificación urbanística municipal), biológicas (de interés de las comunidades terrestres) o físicas (existencia de paseos marítimos, acantilados, etc.), no existen alternativas posibles a la de aportación de arena, ya sea por la técnica de alimentación completa, rigidización total o alguna intermedia.

En la mayor parte de las obras de ampliación o acondicionamiento de playas, que obedece principalmente a la necesidad de mantener estable la línea de costa frente a la erosión y a la subida del nivel del mar sin olvidar los condicionantes socioeconómicos, se plantean además del aporte de arena obras adicionales que permitan su estabilización a medio y largo plazo (espigones).

En el caso que no se construyesen dichos espigones el transporte litoral en la zona (del orden de  $10.000 \text{ m}^3/\text{año}$ ) erosionaría rápidamente la nueva playa ya que aguas arriba no existe sedimento que pueda ser arrastrado por la corriente litoral y reemplace al vertido en la nueva playa. Por todo ello se plantearán alternativas con espigones ya que son las únicas aptas desde el punto de vista funcional (se considera que no es planteable ni económica ni ambientalmente la aportación periódica de  $10.000 \text{ m}^3/\text{año}$  de arena para el mantenimiento de la nueva playa).

- **Alternativas de volumen.** Consiste en disminuir las necesidades de préstamos a base de reducir la anchura de playa seca. No es por tanto una alternativa comparable en el sentido de que no satisface los mismos objetivos planteados en el Proyecto en cuando a la anchura final de la playa.
- **Alternativas de localización.** Dado que en este caso la ubicación de la actuación está claramente fijada (frente al futuro hotel) las alternativas de localización consisten básicamente en la definición de las zonas de extracción de la arena, que como ya se ha dicho, va a ser de procedencia africana.

#### 2.2.1 CONCEPCIÓN GENERAL DE LAS ALTERNATIVAS

##### 2.2.1.1 Antecedentes

En el Anejo nº 4 de este proyecto se efectuó un completo análisis de la dinámica litoral del tramo de costa en el que se pretende construir una nueva playa con objeto de conocer los principales

condicionantes físicos que intervendrán en su dimensionamiento. Las principales conclusiones de dicho estudio son las siguientes:

- La dinámica costera viene controlada fundamentalmente por los oleajes procedentes de los sectores NNE y NE, con una frecuencia de presentación conjunta del 76,46 %.
- El flujo medio de energía del oleaje en el extremo norte de la playa es 74° N.
- El valor potencial del transporte longitudinal neto de sedimentos es de 10.000 m<sup>3</sup>/año y su dirección es de N a S, si bien en algunos episodios (oleajes de componente sur) el sedimento se movilizaría potencialmente de S a N.
- La forma en planta de las playas próximas controladas por la presencia de salientes (espigones, cabos, etc.) ajusta razonablemente bien a la formulación parabólica de Hsu y Evans.
- La forma en perfil de las playas próximas ajustan razonablemente bien al perfil de equilibrio de Dean con estrán lineal.
- No existe en la zona de actuación especies florísticas o faunísticas de especial interés o grado de protección que impidan su ocupación con arena o espigones.

## 2.2.2 PROPUESTA DE ALTERNATIVAS

De acuerdo con todo lo anterior las alternativas de la playa deben consistir en un aporte inicial de arena que asegure una adecuada anchura de playa seca y unos espigones que establezcan dicha arena e impidan que sea arrastrada hacia el S por las corrientes litorales. Se considera necesaria una anchura mínima de 45 m entre el límite trasero de la nueva playa (actual paseo marítimo) y la curva de nivel +1,50 m<sup>(2)</sup> (que coincide aproximadamente el nivel medio del mar, NMM = +1,59 m).

Téngase en cuenta que en el caso que se proyectase la aportación de arena sin el espigón situado al sur no se podría garantizar la estabilidad de dicho sedimento, ya que la ausencia de arena más al N impediría su recuperación natural de la nueva playa y por tanto sufriría graves erosiones en un corto periodo temporal. Por otro lado el espigón situado más al norte permite modificar la forma en planta de la nueva playa, pues en caso contrario sería perpendicular al flujo medio (74° N), es decir, muy oblicua a su límite posterior (paseo marítimo), lo que supondría que una playa continua a lo largo de todo el tramo de proyecto tendría en su extremo sur una anchura claramente excesiva, como puede apreciarse en la Figura 2.- .

Por todo ello se han propuesto inicialmente tres alternativas de actuación, que han sido denominadas 1, 2 y 3 y que incluyen tanto un espigón sur de retención de la arena como un espigón norte que condicione la forma en planta de la playa.

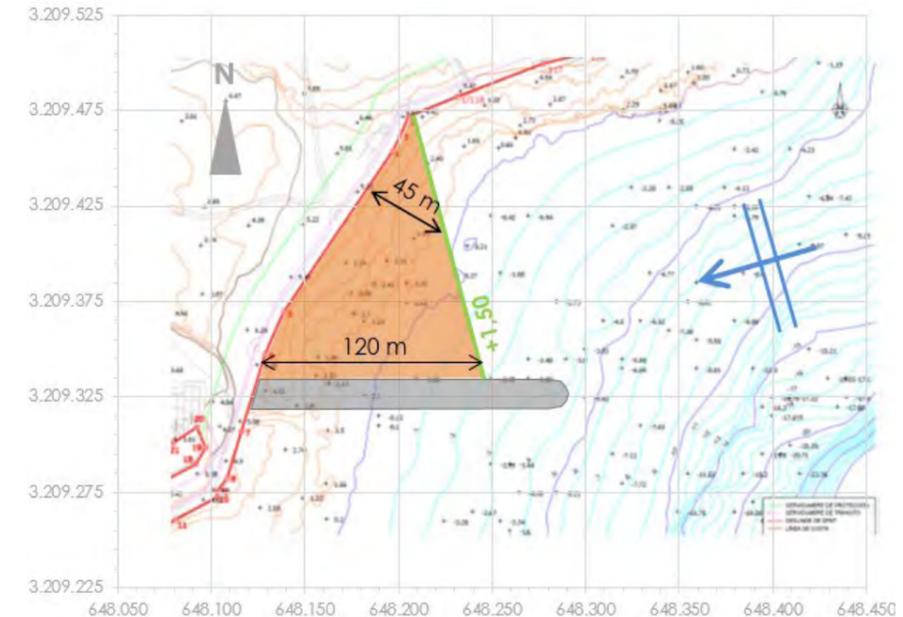


Figura 2.- Formas de equilibrio en planta de la nueva playa en ausencia de espigón norte que modifique la forma en planta (Fuente: Elaboración propia)

### 2.2.2.1 Alternativa 1

La alternativa 1 comprende las siguientes actuaciones:

- Aportación de 20.260 m<sup>3</sup> de arena de un tamaño medio de grano D<sub>50</sub> = 0,35 mm que permita una anchura mínima de playa seca de 45 metros medidos a la cota +1,50 m.
- Construcción de dos espigones sensiblemente perpendiculares a la costa, que sirvan de apoyo lateral a la arena aportada, con una cota máxima de coronación +4,50. El arranque de ambos espigones se sitúa en los límites de la parcela donde va a construirse el nuevo hotel (punto 1/118 del deslinde del DPMT en el norte y zona intermedia entre los puntos 6 y 7 en el sur, en cualquier caso evitando afección a la entrada / salida de aguas existente en esa zona.
- Construcción de un espigón sumergido de pie de apoyo coronado a la cota -1,00 que sirva de apoyo del perfil sumergido de la nueva playa (dado que el perfil de la nueva playa es más tendido que el del fondo marino no se producirá la intersección de ambos perfiles, por lo que resulta necesario la creación de un obstáculo sobre el que se apoye la arena).

La planta con el ajuste parabólico de la curva de nivel +1,50 m se muestra en la Figura 3.-

Puede apreciarse que toda la nueva playa está dentro del límite de la afección (línea de color amarillo discontinua) generada por el extremo del espigón norte, el cual provoca la difracción del oleaje y la forma curva en planta de la playa. La curva de nivel +1,50 m que permite conseguir una anchura de 45 m en la zona crítica (en este caso, a la altura del punto 4 del deslinde) implica que en el extremo sur la anchura de playa seca sea de 90 m, valor del todo excesivo. El motivo de esta morfología de playa

<sup>2</sup> Se recuerda que en el presente proyecto el nivel de referencia de las cotas es el Cero Hidrográfico (CH), situado 1,513 m por debajo del nivel de referencia topográfico o NMMAr (Nivel Medio del Mar en Arrecife)

se explica por la posición del polo de difracción (que como se ha dicho es el que controla la forma en planta de la playa). En caso que el polo (extremo del espigón norte) se desplace hacia el sur la morfología de la playa cambiará y basculará en sentido horario (precisamente en ello se basan las alternativas 2 y 3).

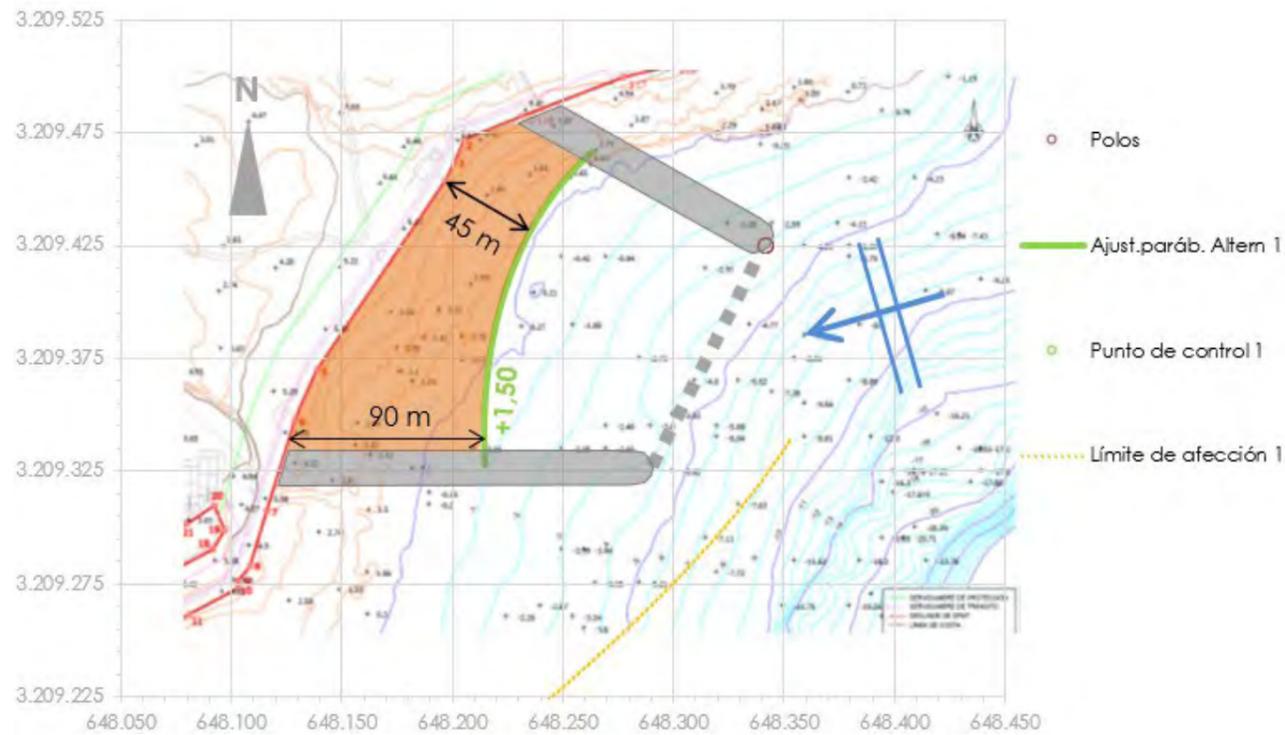


Figura 3.- Formas de equilibrio en planta de la Alternativa 1 en su versión inicial (Fuente: Elaboración propia)

Con objeto de reducir la excesiva anchura de playa en el extremo sur se ha planteado una discontinuidad de las curvas de nivel mediante la construcción de un pequeño espigón intermedio que separa la playa en dos y permite retranquear una respecto a la otra, tal como se muestra en la Figura 4.-

De esta manera la mitad norte de la playa se mantiene respecto a la versión inicial, manteniéndose los 45 m de anchura mínima, mientras que a la mitad sur se le aplica un retranqueo de unos 13 m, que permite reducir la anchura mínima hasta los 45 m recomendable y la anchura máxima en el extremo meridional hasta los 77 m.

En esa misma figura se aprecia que si la curva de nivel +1,50 de la mitad sur se prolongase en la mitad norte (línea discontinua) no se conseguiría la anchura mínima de 45 m en el punto 4 del deslinde, sino que pasaría a 35 m, motivo por el que esta solución no ha sido la propuesta.

La planta detallada finalmente propuesta para la Alternativa 1 se muestra en la Figura 5.- y en el plano A6.1. La superficie de playa seca medida a la cota +1,50 es 7.926 m<sup>2</sup>.

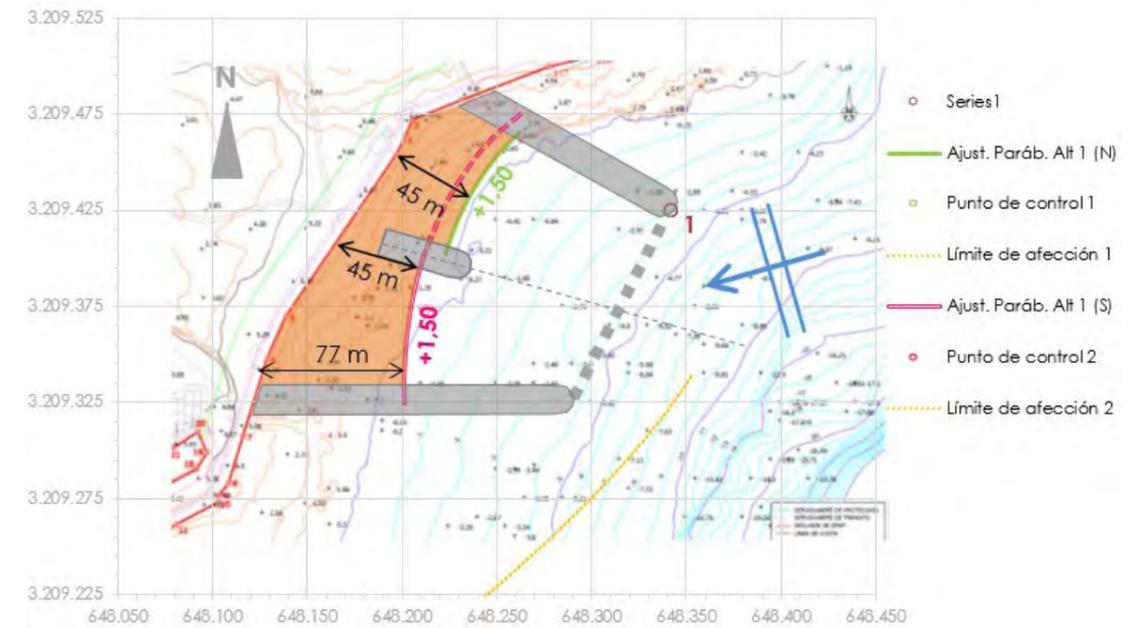


Figura 4.- Formas de equilibrio en planta de la Alternativa 1 en su versión final (Fuente: Elaboración propia)

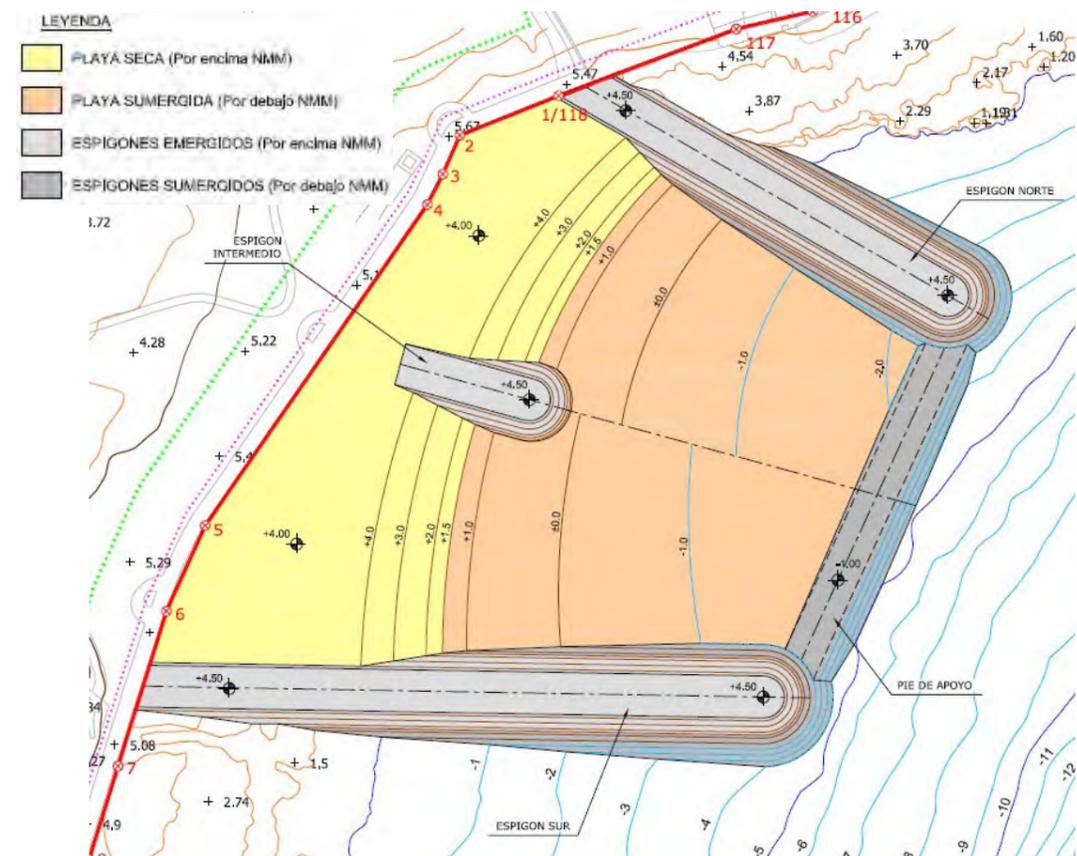


Figura 5.- Planta detallada de la Alternativa 1 (Fuente: Elaboración propia)

2.2.2.2 Alternativa 2

La alternativa 2 comprende las siguientes actuaciones:

- Aportación de 21.887 m<sup>3</sup> de arena de un tamaño medio de grano D<sub>50</sub> = 0,35 mm que permita una anchura mínima de playa seca de 45 metros medidos a la cota +1,50 m.
- Construcción de dos espigones sensiblemente perpendiculares a la costa, que sirvan de apoyo lateral a la arena aportada, con una cota máxima de coronación +4,50. El espigón sur es el mismo que en la propuesta 1, mientras que en el caso del espigón norte, el tramo inicial (arranque) también es el mismo, si bien su extremo se ha desplazado hacia el SSW una distancia de 35 m, por lo que el espigón tiene una forma en planta curva, aproximadamente en "f".
- Construcción de un espigón sumergido de pie de apoyo coronado a la cota -1,00 que sirva de apoyo del perfil sumergido de la nueva playa.

La propuesta inicial de planta con el ajuste parabólico de la curva de nivel +1,50 m se muestra en la Figura 6.-

Puede apreciarse que toda la nueva playa está dentro del límite de la afección (línea de color amarillo discontinua) generada por el extremo del espigón norte, el cual provoca la difracción del oleaje y la forma curva en planta de la playa. La forma en planta de la playa nueva se adapta relativamente bien al actual paseo marítimo, de manera que la anchura de la playa seca es relativamente constante: en los extremos norte y sur de la playa los anchos son de 55 m y 70 m.

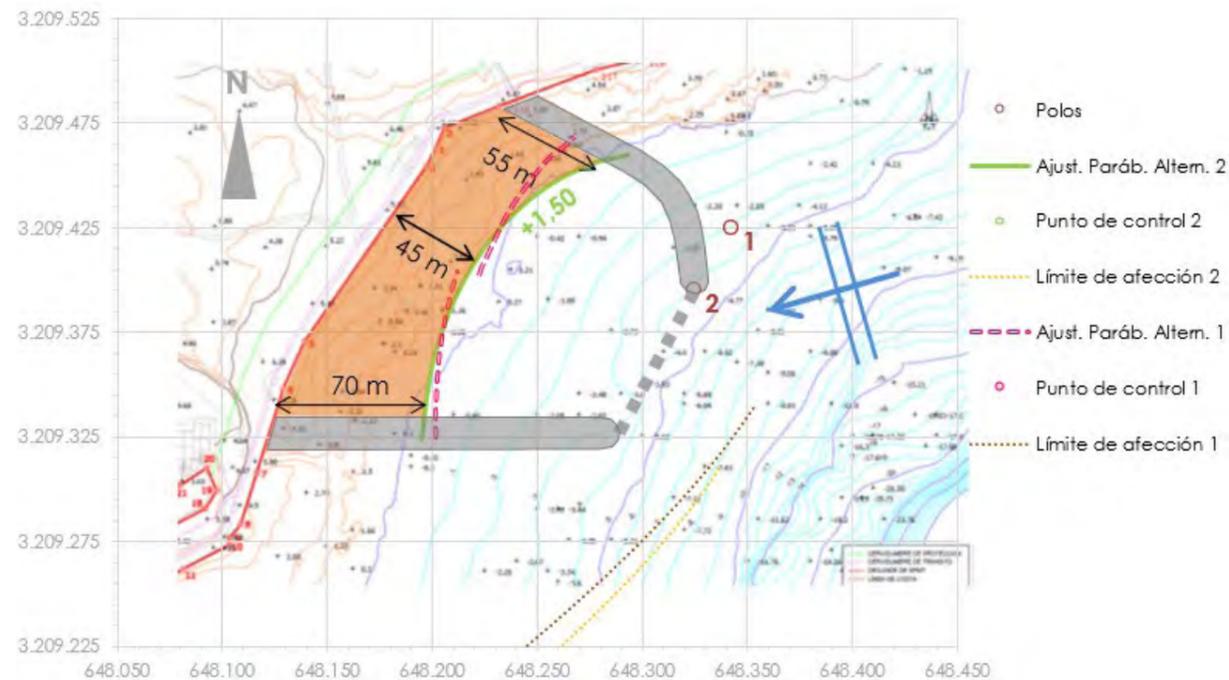


Figura 6.- Planta de la Alternativa 2 (Fuente: Elaboración propia)

Con objeto de permitir una comparación rápida con la alternativa 1, en la Figura 6.- también se presenta el extremo del espigón norte de dicha propuesta 1 (punto 1), así como su forma en planta (línea discontinua), cuyas diferencias con la de la propuesta 2 son pequeñas.

La planta detallada finalmente propuesta para la Alternativa 2 se muestra en la Figura 7.- y en el plano A6.2. La superficie de playa seca medida a la cota +1,50 es 8.654 m<sup>2</sup>.

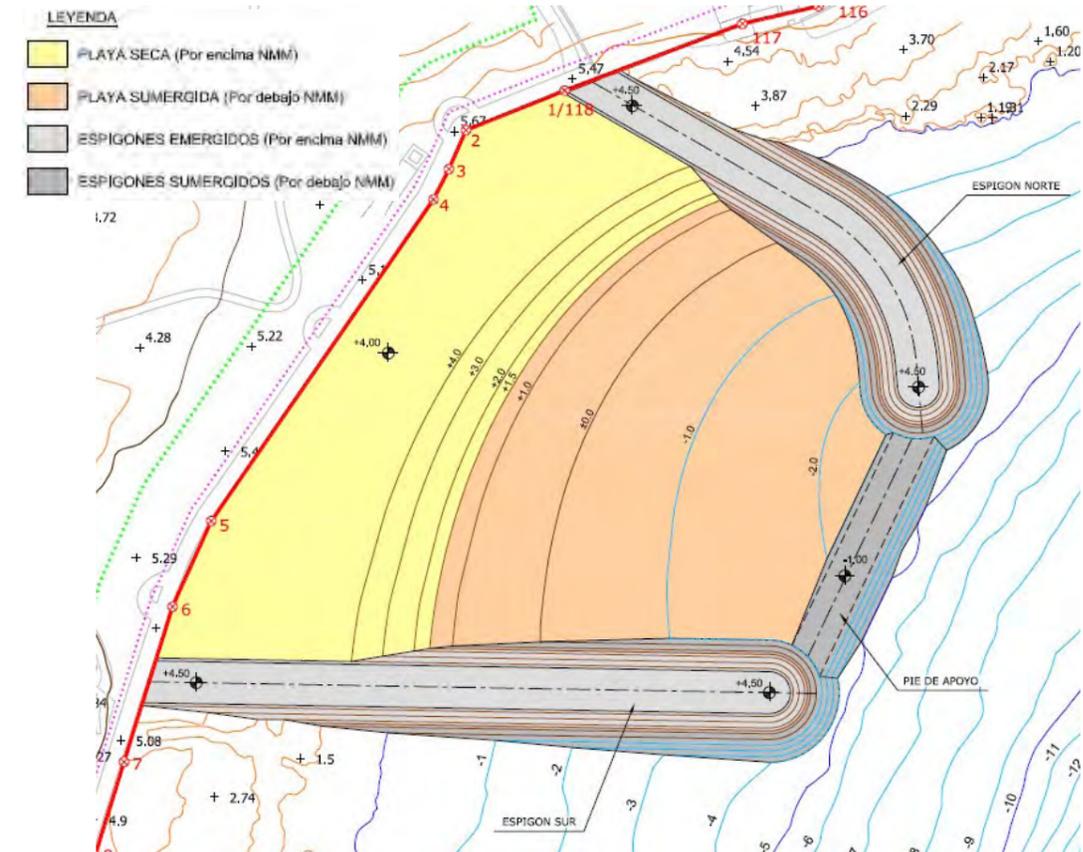


Figura 7.- Planta detallada de la Alternativa 2 (Fuente: Elaboración propia)

2.2.2.3 Alternativa 3

La alternativa 3 comprende las siguientes actuaciones:

- Aportación de 22.430 m<sup>3</sup> de arena de un tamaño medio de grano D<sub>50</sub> = 0,35 mm que permita una anchura mínima de playa seca de 45 metros medidos a la cota +1,50 m.
- Construcción de dos espigones que sirvan de apoyo lateral a la arena aportada, con una cota máxima de coronación +4,50. El espigón sur es el mismo que en la propuesta 1 y 2, mientras que en el caso del espigón norte, el tramo inicial (arranque) también es el mismo, si bien su extremo se ha desplazado hacia el SSW una distancia de 25 m respecto al de la propuesta 2, por lo que el espigón tiene una forma en planta curva, aproximadamente en "f".

- Construcción de un espigón sumergido de pie de apoyo coronado a la cota -1,00 que sirva de apoyo del perfil sumergido de la nueva playa.

La propuesta inicial de planta con el ajuste parabólico de la curva de nivel +1,50 m se muestra en la Figura 8.-

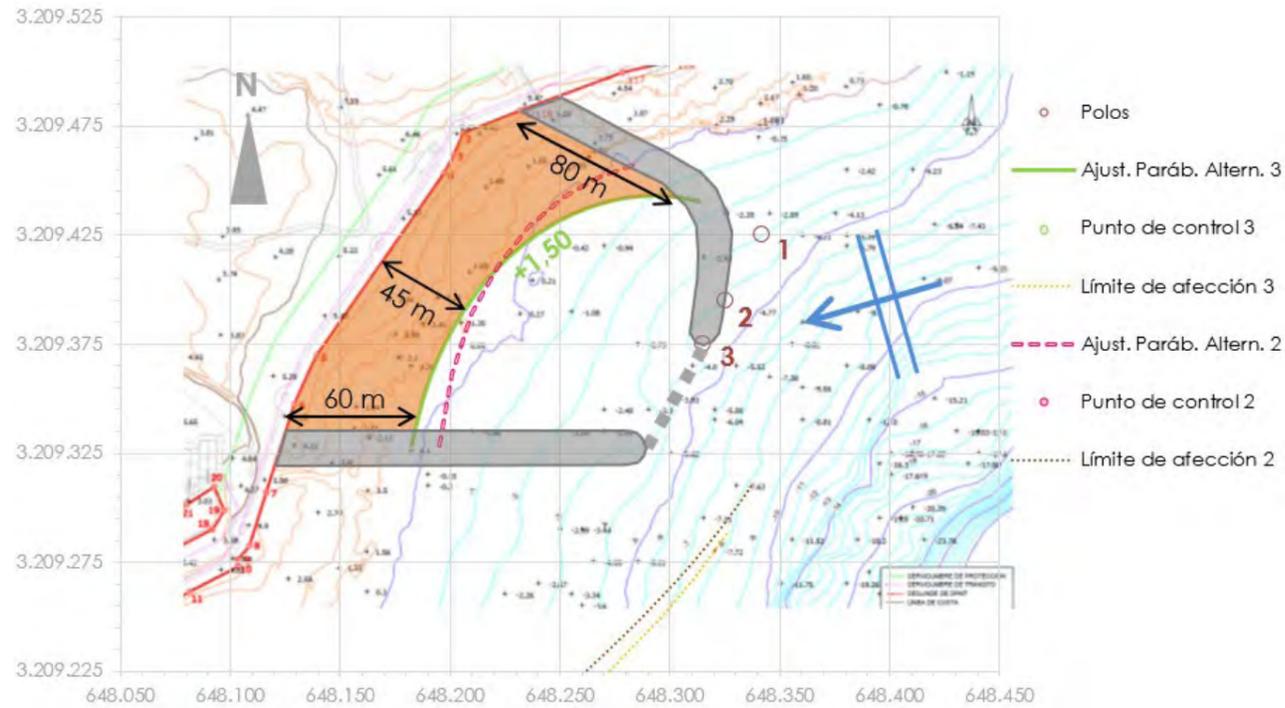


Figura 8.- Planta de la Alternativa 3 (Fuente: Elaboración propia)

Puede apreciarse que toda la nueva playa está dentro del límite de la afección (línea de color amarillo discontinua) generada por el extremo del espigón norte, el cual provoca la difracción del oleaje y la forma curva en planta de la playa. La forma en planta de la playa nueva ha basculado bastante en sentido horario (como consecuencia del desplazamiento del polo de difracción hacia el sur), de manera que la anchura de la playa seca en los extremos norte y sur son de 80 m y 60 m.

Con objeto de permitir una comparación rápida con la alternativa 2, en la Figura 8.- también se presenta el extremo del espigón norte de dicha propuesta 2 (punto 2), así como su forma en planta (línea discontinua), cuyas diferencias con la de la propuesta 2 son significativas, pudiéndose apreciar el basculamiento al que se hacía referencia en el apartado anterior.

La planta detallada finalmente propuesta para la Alternativa 3 se muestra en la Figura 9.- y en el plano A6.3. La superficie de playa seca medida a la cota +1,50 es 8.761 m<sup>2</sup>.

### 2.2.3 ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

Se ha efectuado una comparativa entre las diferentes soluciones (incluyendo la Alternativa 0 consistente en no efectuar ninguna actuación), en la que se han considerado los siguientes aspectos, a los cuales se les ha aplicado diferentes coeficientes de ponderación  $p_i$  (de manera que  $\sum p_i = 1,0$ ):

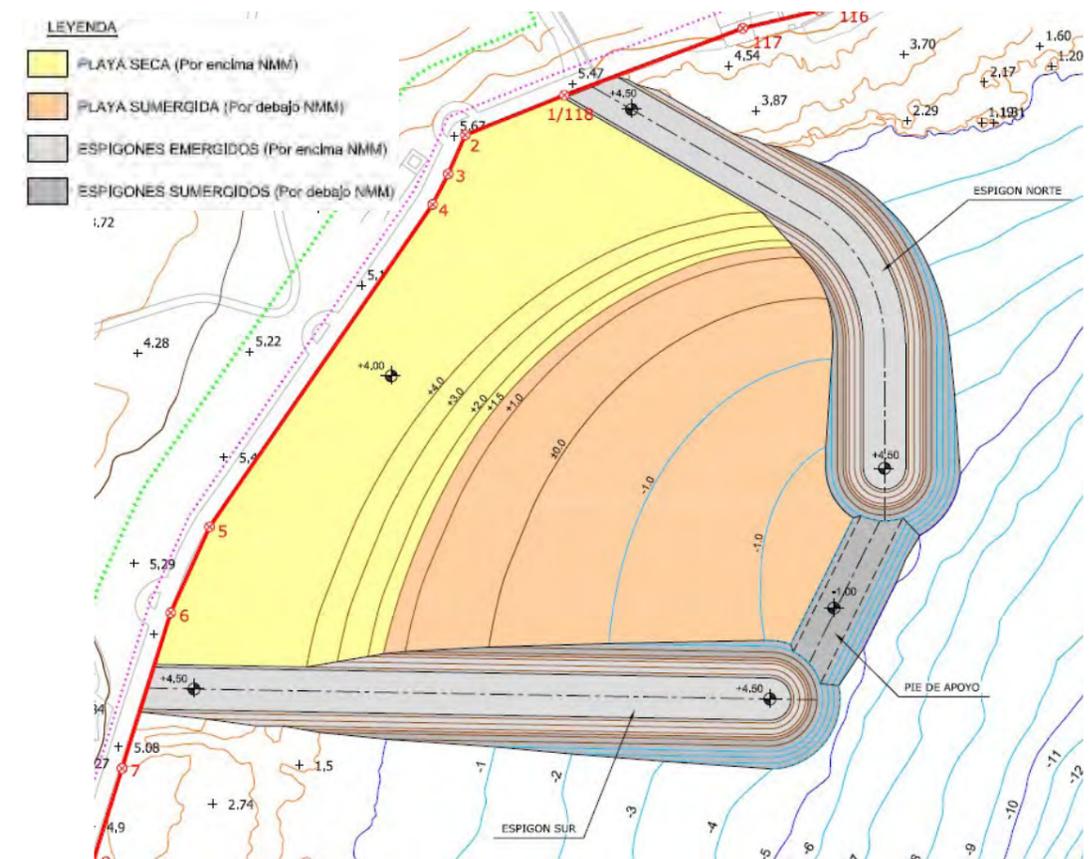


Figura 9.- Planta detallada de la Alternativa 3. (Fuente: Elaboración propia)

- Aspectos técnicos (grado de funcionalidad);  $p = 0,30$ .
- Impacto ambiental;  $p = 0,30$ .
- Aspectos económicos, distinguiendo entre
  - Inversión;  $p = 0,25$
  - Costes de mantenimiento;  $p = 0,15$

Previamente a la valoración de las alternativas se resumen las principales características de cada actuación.

#### 2.2.3.1 Principales características de cada actuación

En la Tabla 2.- se muestran las principales características de las alternativas propuestas.

Tabla 2.- Principales características de las alternativas propuestas (Fuente: elaboración propia)

Parámetro	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Superficie de playa seca (cota +1,50)	7.926 m <sup>2</sup>	8.654 m <sup>2</sup>	8.761 m <sup>2</sup>
Anchura mínima/media/máxima	45 / 56 / 77 m	45 / 57 / 70 m	45 / 62 / 80 m
Longitud total de espigones	443,2 m	380,3 m	374,6 m
Longitud de espigones a la cota +4,5	322,6 m	296,2 m	312,1 m
Volumen de aportación de arena	20.260 m <sup>3</sup>	21.887 m <sup>3</sup>	22.430 m <sup>3</sup>
Volumen de aportación de escollera	30.192 m <sup>3</sup>	29.713 m <sup>3</sup>	31.944 m <sup>3</sup>
Superficie total ocupada	26.816 m <sup>2</sup>	26.532 m <sup>2</sup>	26.259 m <sup>2</sup>
Presupuesto aproximado (sin IGIC)	1.769.046 €	1.817.590 €	1.908.454 €

El desglose de los presupuestos aproximados se muestra en la Tabla 3.- .

Tabla 3.- Desglose de los presupuestos aproximados de las alternativas (Fuente: elaboración propia)

		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
<b>1. APORTACIÓN DE ARENA</b>				
m3 Extracción, transporte y vertido de arena	Prec. Unit.	30,00 €/m3	30,00 €/m3	30,00 €/m3
	Medición	20.260,20 m3	21.886,90 m3	22.430,05 m3
	<b>Presupuesto</b>	<b>607.805,96 €</b>	<b>656.607,00 €</b>	<b>672.901,56 €</b>
<b>2. ESPIGONES LATERALES</b>				
m3 Suministro y colocación de escollera	Prec. Unit.	24,25 €/m3	24,25 €/m3	24,25 €/m3
	Medición	26.544,93 m3	27.152,55 m3	30.260,78 m3
	<b>Presupuesto</b>	<b>643.831,30 €</b>	<b>658.568,75 €</b>	<b>733.956,96 €</b>
<b>3. ESPIGÓN DE PIE</b>				
m3 Suministro y colocación de escollera	Prec. Unit.	24,25 €/m3	24,25 €/m3	24,25 €/m3
	Medición	3.647,03 m3	2.560,82 m3	1.683,59 m3
	<b>Presupuesto</b>	<b>88.456,40 €</b>	<b>62.111,03 €</b>	<b>40.834,34 €</b>
<b>4. OTROS</b>				
PA Imprevistos	Prec. Unit.	100.500 €/PA	103.500 €/PA	108.750 €/PA
	Medición	1,00	1,00	1,00
	<b>Presupuesto</b>	<b>100.500,00 €</b>	<b>103.500,00 €</b>	<b>108.750,00 €</b>
PA Programa de Vigilancia Ambiental	Prec. Unit.	30.000 €/PA	30.000 €/PA	30.000 €/PA
	Medición	1,00	1,00	1,00
	<b>Presupuesto</b>	<b>30.000,00 €</b>	<b>30.000,00 €</b>	<b>30.000,00 €</b>
PA Estudio de Seguridad y Salud	Prec. Unit.	13.400 €/PA	13.800 €/PA	14.500 €/PA
	Medición	1,00	1,00	1,00
	<b>Presupuesto</b>	<b>13.400,00 €</b>	<b>13.800,00 €</b>	<b>14.500,00 €</b>
PA Gestión de residuos	Prec. Unit.	2.600 €/PA	2.800 €/PA	2.800 €/PA
	Medición	1,00	1,00	1,00
	<b>Presupuesto</b>	<b>2.600,00 €</b>	<b>2.800,00 €</b>	<b>2.800,00 €</b>
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)		1.486.593,66 €	1.527.386,78 €	1.603.742,86 €
GASTOS GENERALES Y BENEFICIO INDUSTRIAL (19 %)		282.452,80 €	290.203,49 €	304.711,14 €
<b>PRESUPUESTO DE INVERSIÓN (PI)</b>		<b>1.769.046,46 €</b>	<b>1.817.590,27 €</b>	<b>1.908.454,00 €</b>
IGIC (7 %)		123.833,25 €	127.231,32 €	133.591,78 €
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (PBL)</b>		<b>1.892.879,71 €</b>	<b>1.944.821,59 €</b>	<b>2.042.045,78 €</b>

### 2.2.3.2 Valoración de las alternativas

Cada alternativa ha sido valorada en función de los aspectos anteriormente mencionados (técnicos, ambientales y ecoómicos) entre 0 (muy negativa o muy baja) y 3 (muy positiva o muy alta), incluyendo una gama de colores entre el rojo (para un valor 0) y el verde intenso (para un valor 3). Todo ello se muestra en la Tabla 4.- .

Los criterios seguidos en la puntuación de cada aspecto se indican a continuación:

- **Aspectos técnicos.** Se ha tenido en cuenta el grado de solución con lo que cada alternativa resuelve la creación de la nueva playa, para lo cual se ha considerado tres parámetros: i) anchura media de playa (a la cota +1,50), ii) superficie de playa seca (también a la cota +1,50) y iii) sensación de confort de los usuarios, a los que se ha dado la misma ponderación. Estos aspectos han sido valorados de [0] a [3] para cada alternativa y posteriormente ponderados por un factor 1/3, de manera que pueda obtenerse un máximo de [3] y un mínimo de [0].
  - *Anchura de playa seca:* las anchuras medias de la playa son para las alternativas 1, 2 y 3 respectivamente 56 m, 57 m y 62 m (en este caso se considera que una anchura de playa excesiva es incómoda para los bañistas y por tanto es negativa). Las Alternativas 1 y 2 son las que tienen una anchura media óptima (56 y 57 m) pero sus anchuras máximas son respectivamente 77 y 70 m (especialmente alta en el primer caso), por lo que se le ha otorgado un puntaje muy alto [3] a la alternativa 2 y una puntuación alta [2,75] a la propuesta 1, mientras que la alternativa 3 ha sido valorada con un puntaje medio [2] pues sus anchuras máximas son excesivas. Por lo que respecta a la Alternativa 0, que no implica la creación de playa, ha sido considerada como muy negativa y puntuada con [0].
  - *Superficie de playa seca:* las superficies de playa seca son respectivamente 7.926 m<sup>2</sup>, 8.654 m<sup>2</sup> y 8.761 m<sup>2</sup> (en este caso se considera que la valoración debe ser más alta cuanto mayor sea la superficie de playa ya que el rendimiento que el promotor va a poder obtener de la misma se incrementa). La Alternativa 3 es la que genera la mayor superficie de playa, por lo que se le ha otorgado el mayor puntaje [3,0], seguida de la alternativa 2, con un puntaje medio/alto [2,75] y de la alternativa 1, con un puntaje medio [2], ya que su diferencia con las otras dos es mayor. Por lo que respecta a la Alternativa 0, que no implica la creación de playa, ha sido considerada como muy negativa y puntuada con [0].
  - *Sensación de confort de los usuarios:* obviamente este aspecto es muy subjetivo pero en términos generales una playa muy cerrada y protegida por los espigones suele ser valorada negativamente, ya que la calidad del agua suele ser peor (debido a una menor renovación) y las panorámicas quedan más interrumpidas por las obras de estabilización, especialmente en situación de bajamar. Consecuentemente la mejor alternativa sería la 1, a la que se ha otorgado un puntaje alto [2,75]<sup>(3)</sup>, seguido de la alternativa 2, con un puntaje medio/alto

<sup>3</sup> No se aplica la máxima puntuación [3] ya que la existencia del espigón intermedio, pese a su escasa longitud, puede ser recibido negativamente por los usuarios.

[2,5] y la alternativa 3, con un puntaje medio [2]. Por lo que respecta a la Alternativa 0, que no implica la creación de playa, ha sido considerada como muy negativa y puntuada con [0].

De esa manera la puntuación por aspectos técnicos de las alternativas queda del siguiente modo: Alternativa 0 =  $(0 + 0 + 0) / 3 = [0,00]$ ; Alternativa 1 =  $(2,75 + 2 + 2,75) / 3 = [2,50]$ ; Alternativa 2 =  $(3 + 2,75 + 2,5) / 3 = [2,75]$  y Alternativa 3 =  $(2 + 3 + 2) / 3 = [2,33]$ .

- **Impacto ambiental.** Se han considerado 3 aspectos (ocupación de superficie del fondo marino, impacto paisajístico y empleo de recursos naturales –arena y escollera–) a los que se ha dado la misma ponderación. Estos aspectos han sido valorados de [0] a [3] para cada alternativa y posteriormente ponderados por un factor 1/3, de manera que pueda obtenerse un máximo de [3] y un mínimo de [0].
  - *Ocupación de superficie del fondo marino:* las diferencias entre las tres alternativas son mínimas (en el entorno del 2%). Teniendo en cuenta que las superficies ocupadas son de poca magnitud (2,6 Ha) así como el valor ambiental menor de los fondos marinos ocupados (tal como se ha comprobado en el apartado 3.9), a las tres alternativas se les ha dado una puntuación media [2], mientras que la Alternativa 0, al no ocupar superficie, ha sido valorada como muy alta, con [3].
  - *Impacto paisajístico:* la Alternativa 0 al no incluir ninguna actuación tiene impacto nulo, por lo que se ha puntuado como muy positiva, con una valoración de [3]; el resto han sido valoradas inversamente proporcional a la longitud de espigones emergidos, ya que estos limitarán parcialmente la vista a los usuarios<sup>4</sup>: la alternativa 1 ha sido valorada con un puntaje bajo [1,5], la alternativa 2 con una puntuación media [2] y la Alternativa 3 con un puntaje medio/bajo [1,75].
  - *Empleo de recursos:* el volumen de áridos (arenas + escolleras) necesario para la ejecución de las obras son de 50.452 m<sup>3</sup>, 51.600 m<sup>3</sup> y 54.374 m<sup>3</sup> para las alternativas 1, 2 y 3 respectivamente. La Alternativa 0, al no incluir ninguna actuación no necesita recursos ha sido valorada con una puntuación muy alta [3] y el resto de manera inversamente proporcional al volumen de áridos requerido, valorando la alternativa 3, que requiere el mayor volumen, con una puntuación baja [1,5], la alternativa 1 con el menor volumen con una puntuación media [2] y la alternativa 2, que requiere un volumen intermedio, con una puntuación media/baja [1,75].

De esa manera la puntuación por impacto ambiental de las alternativas queda del siguiente modo: Alternativa 0 =  $(3 + 3 + 3) / 3 = [3,00]$ ; Alternativa 1 =  $(2 + 1,5 + 2) / 3 = [1,83]$ ; Alternativa 2 =  $(2 + 2 + 1,75) / 3 = [1,92]$  y Alternativa 3 =  $(2 + 1,75 + 1,5) / 3 = [1,75]$ .

<sup>4</sup> En cualquier caso se ha tenido en cuenta que los espigones coronarán a la cota +4,50, es decir, solamente 0,5 m por encima de la berma horizontal de la playa donde se ubicarán los bañistas e incluso por debajo de la cota del paseo marítimo existente (+5,0), por lo que la interrupción de las vistas será muy parcial. Pese se ha considerado conveniente penalizar bastante la puntuación de las alternativas en esta cuestión.

- **Inversión:** la Alternativa 0 al no incluir ninguna actuación tiene una inversión nula, por lo que se ha puntuado con [3,00] y el resto de manera inversamente proporcional a su presupuesto. No obstante, se ha tenido en cuenta que la diferencia del presupuesto de las tres propuestas es pequeña (inferior al 3% en el caso de la alternativa 2 y al 8 % el caso de la alternativa 3, como puede apreciarse en la Tabla 4.- ) pero que se trata en cualquier caso de una inversión alta en proporción a la superficie de playa creada, por lo que se ha valorado la solución más costosa con una puntuación baja [1,5] y la de menor inversión con una puntuación media [2]. De este modo la Alternativa 1 ha sido puntuada con [2], la Alternativa 2 con [1,75] y la Alternativa 3 con [1,5].
- **Coste de mantenimiento.** En este caso las 3 alternativas propuestas tienen un comportamiento similar. Se ha dado un puntaje mínimo [0,00] a la Alternativa 0 ya que, al no incluir la creación de una nueva playa, requeriría eventuales actuaciones periódicas de mantenimiento que permitiesen la creación de zonas de baño. A las 3 alternativas propuestas se les ha otorgado un puntaje alto [2,50], pues no se prevé que se tengan que realizar importantes actuaciones de mantenimiento.

Puede comprobarse en la Tabla 4.- que la solución mejor resulta ser la Alternativa 2 con una puntuación de **2,21 puntos** (correspondiente a una valoración media-alta) y por tanto será la desarrollada en el Proyecto Básico, si bien cabe destacar que la Alternativa 1 obtiene una valoración muy similar: una puntuación de 2,18 (correspondiente también a media-alta). En el siguiente apartado se explica con mayor detalle las características de la propuesta finalmente seleccionada.

Tabla 4.- Comparación de las diferentes alternativas propuestas (Fuente: elaboración propia)

Criterio	Alternativa				
	0	1	2	3	
<b>Aspectos Técnicos (p = 0,30)</b>	Subtotal	0,00	2,50	2,75	2,33
	Anchura de playa seca	0,00	2,75	3,00	2,00
	Superficie de playa seca	0,00	2,00	2,75	3,00
	Confort de los usuarios	0,00	2,75	2,50	2,00
<b>Aspectos ambientales (p = 0,30)</b>	Subtotal	3,00	1,83	1,92	1,75
	Superficie ocupada	3,00	2,00	2,00	2,00
	Impacto paisajístico	3,00	1,50	2,00	1,75
	Empleo de recursos	3,00	2,00	1,75	1,50
<b>Coste de Inversión (p = 0,25)</b>	3,00	2,00	1,75	1,50	
<b>Coste de Mantenimiento (p = 0,15)</b>	0,00	2,50	2,50	2,50	
<b>PUNTUACIÓN TOTAL</b>	<b>1,65</b>	<b>2,18</b>	<b>2,21</b>	<b>1,98</b>	

LEYENDA	
[0,00-0,75]	Muy bajo (Muy negativo)
[0,76-1,50]	Bajo (Negativo)
[1,51-1,75]	Medio-Bajo (Neutro-Negativo)
[1,76-2,00]	Medio (Neutro)
[2,01-2,50]	Medio-Alto (Neutro-Positivo)
[2,51-2,75]	Alto (Positivo)
[2,76-3,00]	Muy alto (Muy positivo)

## 2.2.4 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

### 2.2.4.1 Características generales de la alternativa 2

Tal como se ha comentado anteriormente, en este capítulo se va a desarrollar desde un punto de vista técnico la alternativa seleccionada (la nº 2). La Alternativa 2 está compuesta de las siguientes actuaciones, que a continuación se detallan.

- Aportación de arena.
- Espigones laterales situados en ambos extremos de la playa para la retención lateral de la arena.
- Pie de apoyo del perfil de la playa.

#### 2.2.4.1.1 Aportación de arena

El objeto de la aportación de arena es la creación de una playa seca con una anchura mínima de 45 metros (medidos sobre la isobata +1,50 m, muy próxima al Nivel Medio del Mar, NMM).

Ante la ausencia de yacimientos submarinos con arena de calidad en las proximidades de la zona de proyecto y de canteras de arena terrestre válida para su uso en regeneraciones de playas, se ha adoptado, de acuerdo con el cliente, el empleo de arena procedente del Sahara, caracterizada por un tamaño medio  $D_{50} = 0,35$  mm.

El perfil de playa que se empleará en la cubicación del material requerido es el perfil de equilibrio con estrán lineal (o con modelo de disipación en la zona de rotura) con parámetro A el promedio de los obtenidos mediante las fórmulas de Dean y de Hanson & Kraus, ya que es el que mejor se adapta a las características actuales de las playas próximas (tal como se vio en el Anejo nº 4). Este perfil se aplicará considerando el nivel del mar en la cota +1,50 m. La cota de la berma superior de la playa se ha fijado en la +4,00 m para tener en cuenta los efectos del cambio climático (ver Anejo nº 4). La Figura 10.- muestra el perfil de aportación dibujado sobre un perfil medio de la actual playa.

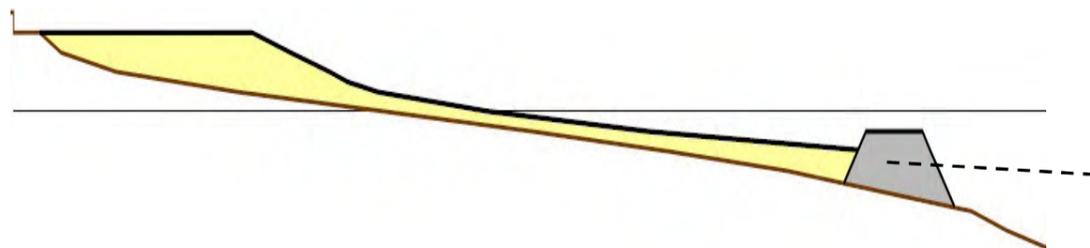


Figura 10.- Perfil de aportación con arena marina(Fuente: elaboración propia)

#### 2.2.4.1.2 Pie de apoyo del perfil de la playa

En la Figura 10.- puede apreciarse que la pendiente de la playa sumergida es menor que la del terreno existente, por lo que no resulta posible su intersección. Por todo ello se requiere la construcción de una barrera sobre la cual se apoye el perfil sumergido de la playa.

Sus principales características del espigón de pie de apoyo son las siguientes:

- Cota de coronación: -1,00 m, de manera que haya un resguardo vertical de aproximadamente 1,00 m entre su coronación y el perfil de arena sumergido.
- Longitud: 63 m (medidos a la cota +1,00).
- Alineación: 26° N.

#### 2.2.4.1.3 Espigones de contención laterales

Con objeto de evitar las pérdidas de arena en la playa debidas al transporte longitudinal (con una dirección neta de norte a sur) en el extremo meridional de la nueva playa se ha incluido un espigón aproximadamente perpendicular a la playa que efectúe una contención lateral de la arena y que se ha denominado espigón sur. Su punto de arranque se ha escogido de manera que no afecte a la entrada/salida de agua situada en esa zona.

Además, con objeto de adaptar la forma en planta de la playa a la deseada, se incluye un segundo espigón en el extremo septentrional de la playa en cuyo extremo el oleaje se difracte, y genere frentes curvos de oleaje que modelen la planta de la playa. Asimismo este espigón, se ha denominado espigón norte, cumple una segunda función: la contención lateral de la arena durante los episodios de oleaje procedente del sur que provocan un transporte de la arena de sur a norte, que si bien son menos frecuentes que los oleajes del N y del E sí tienen una probabilidad de presentación. Su punto de arranque (junto al punto 1/118 del deslinde del DPMT) se ha escogido de manera que la maquinaria necesaria para su ejecución pueda entrar y salir desde los actuales accesos.

Las características de estos espigones se exponen a continuación.

#### Espigón sur

- Longitud: 180 m medidos hasta su intersección con el fondo (168 m medidos en su coronación).
- Cota de coronación: +4,50 m, es decir, 0,5 m por encima de la cota de la berma superior de la playa, de manera que también tenga un efecto de barrera frente al transporte eólico.
- Alineación: 91° N.

#### Espigón norte

- Longitud: 137 m medidos hasta su intersección con el fondo (129 m medidos en su coronación).
- Cota de coronación: +4,5 m, es decir, 0,5 m por encima de la cota de la berma superior de la playa, de manera que también tenga un efecto de barrera frente al transporte eólico.
- Alineación: 120° N(en el arranque) y 175° N (en el tramo final), con un tramo de transición curvo con un radio de 50 m en su eje.

#### 2.2.4.2 Análisis del funcionamiento de la alternativa 2 mediante el programa SMC

Los patrones de transporte sedimentario de la alternativa 2 han sido obtenidos empleando la metodología descrita en los Anejos nº 3 y nº 4 y que se utilizó para caracterizar la situación actual. Para ello se ha empleado los siguientes módulos del modelo MOPLA (MORfodinámica de PLAYas) del programa SMC (Sistema de Modelado Costero)

- OLUCA: que permite obtener el patrón de oleaje
- COPLA: para la obtención del patrón de corrientes generadas por la rotura del oleaje
- EROS: para la obtención del transporte de sedimentos generado por el oleaje y corrientes.

En el Apéndice 1 del Anejo nº 6 se muestran los resultados gráficos obtenidos para los diferentes escenarios de oleaje estudiados (oleajes morfológicos y oleajes asociados a una excedencia de 12 h/año procedentes de las direcciones NNE, NE, E, SE y S). En particular se presentan los resultados de propagación de oleaje, de corrientes de rotura del oleaje y del transporte de sedimentos debidos al efecto conjunto de oleaje y corriente (en este último caso y teniendo en cuenta que el campo vectorial de corrientes y de transporte de sedimentos es muy similar –como puede comprobarse en los Anejos nº 3 y nº 4– se presenta un “zoom” de la playa para que los vectores transporte de sedimentos pueda ser apreciados con más detalle

Puede apreciarse que el patrón tanto de oleaje como de corrientes es muy similar respecto a la situación actual y solamente sufre modificaciones en el entorno inmediato de las obras. En la Figura 11.- se muestra la comparación del oleaje incidente y de las corrientes de rotura generadas para el oleaje morfológico del NE (que es el más representativo de la dinámica litoral por ser el que produce una mayor movilización del sedimento –más del 90 %–, tal como se vio en el apartado 3.7.2.2.5.

En cualquier caso el diseño planteado, con espigones laterales que estabilizan la arena y la protegen del oleaje incidente y una forma en planta compatible con la presencia de dichos espigones, que modifican la incidencia del oleaje difractándolo, ofrece como resultado una playa sumamente estable en la que el transporte longitudinal de sedimentos es prácticamente inexistente, como puede verse en la Figura 12.- correspondiente al oleaje morfológico del NE; el más representativo de la dinámica sedimentaria tal como se ha explicado más arriba. En dicha figura puede comprobarse

- por un lado que el nuevo espigón norte interrumpe el flujo sedimentario con dirección N-S existente en la actualidad (flujo potencial, tal como se explicó pues en la actualidad en esta zona no hay sedimento movilizable por el oleaje) y que la afección al sur de la actuación es mínima pues en la actualidad en esa zona los vectores transporte son prácticamente nulos y
- por otro lado que el transporte longitudinal de sedimentos a lo largo de la nueva playa es inexistente, lo cual indica la gran estabilidad que tendrá la nueva playa.

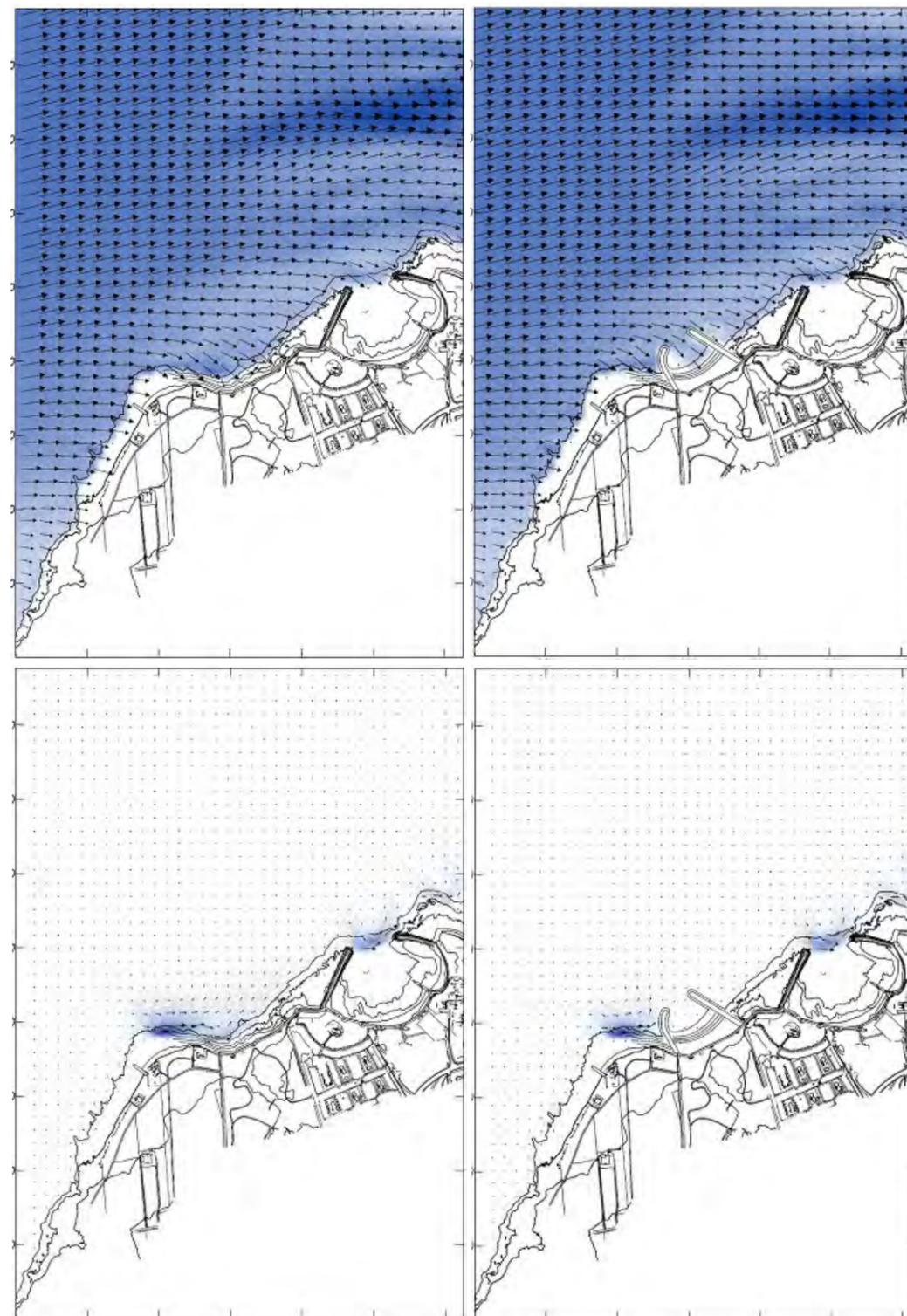


Figura 11.- Comparación de los resultados de propagación del oleaje (arriba) y corrientes de rotura (abajo) entre la situación actual (izquierda) y situación tras la construcción de la alternativa 2 (derecha). Oleaje morfológico del NE (Fuente: elaboración propia)

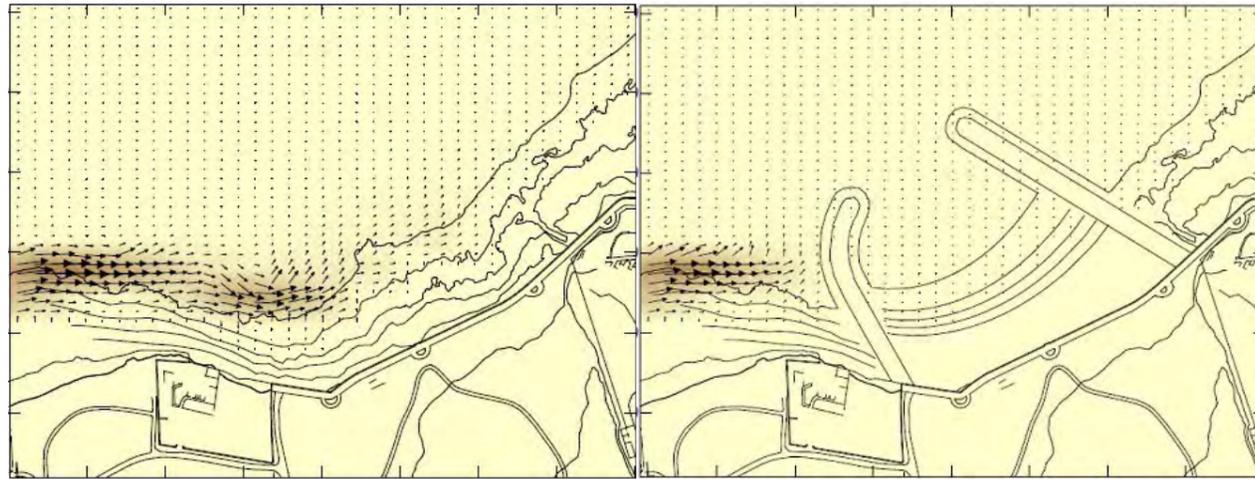


Figura 12.- Transporte de sedimentos en la nueva playa causado por el oleaje morfológico del NE. Izquierda: situación actual; derecha: situación tras la construcción de la alternativa 2 (Fuente: elaboración propia)

### 2.2.5 PROPUESTA FINAMENTE SELECCIONADA

Por todo lo expuesto anteriormente, la alternativa finamente seleccionada es la denominada Alternativa 2.

Adicionalmente a las actuaciones anteriormente explicadas se ha añadido la construcción de un pantalán en el extremo norte de la playa que pueda ser utilizado como solárium por los bañistas. Su cota de coronación será la +4,00, es decir, la misma que la de la berma superior de la playa (y algo inferior a la de los espigones, +4,50), de manera que el impacto paisajístico no se vea incrementado.

La planta finalmente propuesta se muestra en la Figura 13.- .

A continuación se describe con más detalle la alternativa seleccionada y que será desarrollada en el Proyecto Básico.

#### 2.2.5.1 Descripción de las obras

Los elementos más significativos de la actuación propuesta son:

- Creación de una nueva playa mediante arena de origen terrestre extraída procedente de un yacimiento situado en el Sáhara.
- Construcción de dos espigones en los extremos norte y sur con objeto de estabilizar la arena vertida y de un pie sumergido (coronado a la cota -1,00 m CH) para contener el perfil sumergido que formará la arena vertida
- Construcción de un pantalán para el uso lúdico de los bañistas.

A continuación se describen los elementos más significativos de la actuación.

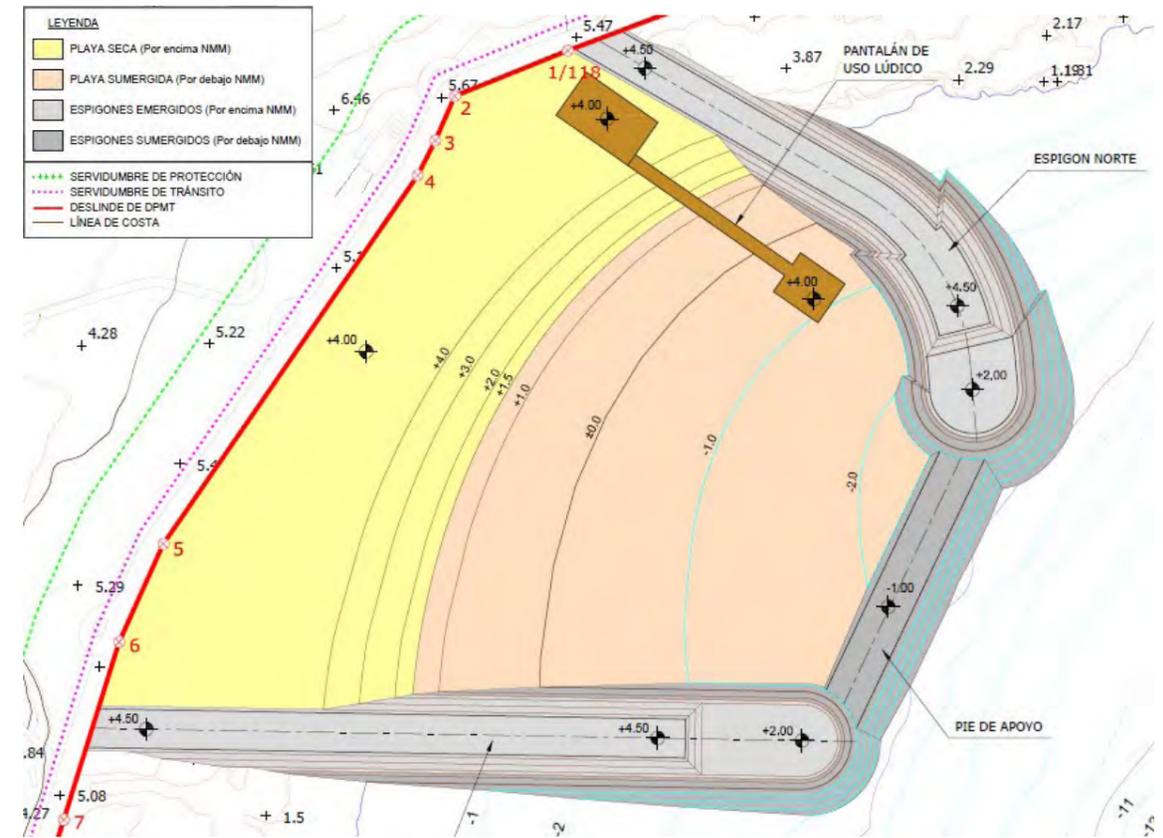
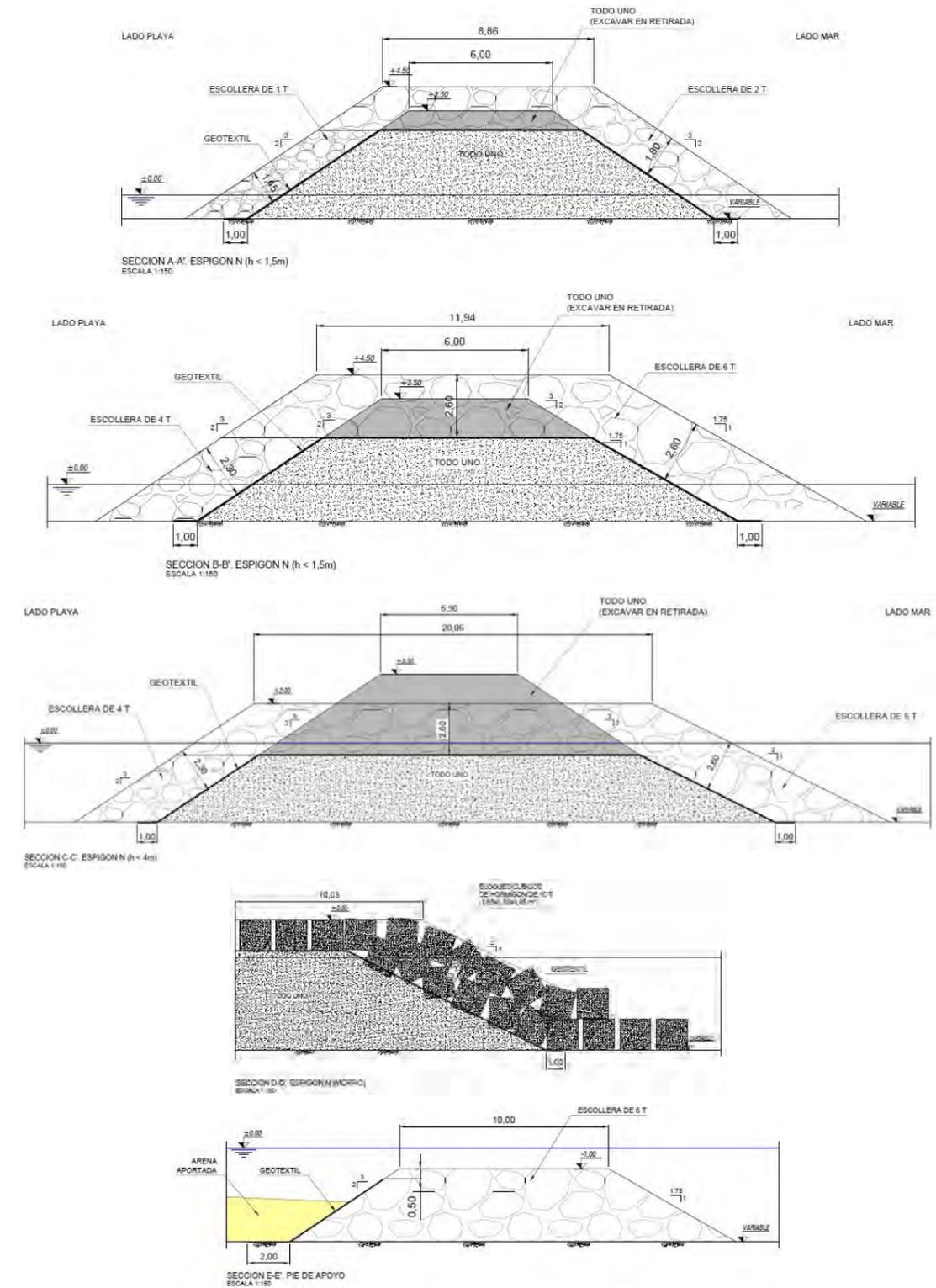


Figura 13.- Planta de la Alternativa finalmente escogida (Fuente: elaboración propia)

#### 2.2.5.1.1 Espigones y Pie de playa

- Espigón situado al norte de la playa. Está formado por 4 secciones tipo:
  - Sección tipo A: corresponde al arranque y alcanza una profundidad de hasta -1,50 m. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,00 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota +2,70 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 2.000 kg en el talud exterior (con pendiente 1,5H:1V) y en la coronación (con una anchura de 8,86 m a la cota +4,50 m) y por dos capas de escollera de 1.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V)
  - Sección tipo B: corresponde al tronco entre las profundidades -1,50 y -3,00 m. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,00 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota +1,90 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 6.000 kg en el talud exterior (con pendiente 1,75H:1V) y en la coronación (con una anchura de 11,94 m a la cota +4,50 m) y dos capas de escollera de 4.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V).

- Sección tipo C: corresponde al tronco entre las profundidades -3,00 y -4,00 m. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,90 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota -0,60 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 6.000 kg en el talud exterior (con pendiente 2H:1V) y en la coronación (con una anchura de 20,06 m a la cota +2,00 m) y por dos capas de escollera de 4.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V).
- Sección tipo D: corresponde al morro. La sección de revolución está formada por un núcleo de todo uno coronado a la cota +0,35 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de bloques cúbicos de hormigón de 10,5 toneladas (1,65 x 1,65 x 1,65 m<sup>3</sup>) en el talud exterior (con pendiente 2H:1V) y una capa de bloques en la coronación (con una semianchura de 10,03 m a la cota +2,00 m).
- Pie de playa. Está formado por 1 sección tipo:
  - Sección tipo E. La sección está formada por escollera de 6.000 kg que corona a la cota -1,00 m con una anchura de 10 m y con unos taludes 1,75H:1V por el lado mar y 1,5H:1V por el lado tierra. En la zona de contacto con la arena vertida se dispone un filtro de geotextil.
- Espigón situado al sur de la playa. Está formado por 3 secciones tipo:
  - Sección tipo F: corresponde al arranque y alcanza una profundidad de hasta -3,00 m. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,00 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota +2,70 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 2.000 kg en el talud exterior (con pendiente 1,5H:1V) y en la coronación (con una anchura de 8,86 m a la cota +4,50 m) y por dos capas de escollera de 1.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V)
  - Sección tipo G: corresponde al tronco entre las profundidades -3,00 y -4,00 m CH. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,00 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota +0,20 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 2.000 kg en el talud exterior (con pendiente 2H:1V) y en la coronación (con una anchura de 16,36 m a la cota +2,00 m) y por dos capas de escollera de 1.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V).
  - Sección tipo H: corresponde al morro. La sección de revolución está formada por un núcleo de todo uno coronado a la cota +0,35 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de bloques cúbicos de hormigón de 10,5 toneladas (1,65 x 1,65 x 1,65 m<sup>3</sup>) en el talud exterior (con pendiente 1,5H:1V) y una capa de bloques en la coronación (con una semianchura de 8,20 m a la cota +2,00 m).



En la Figura 14.- se presentan estas secciones tipo.

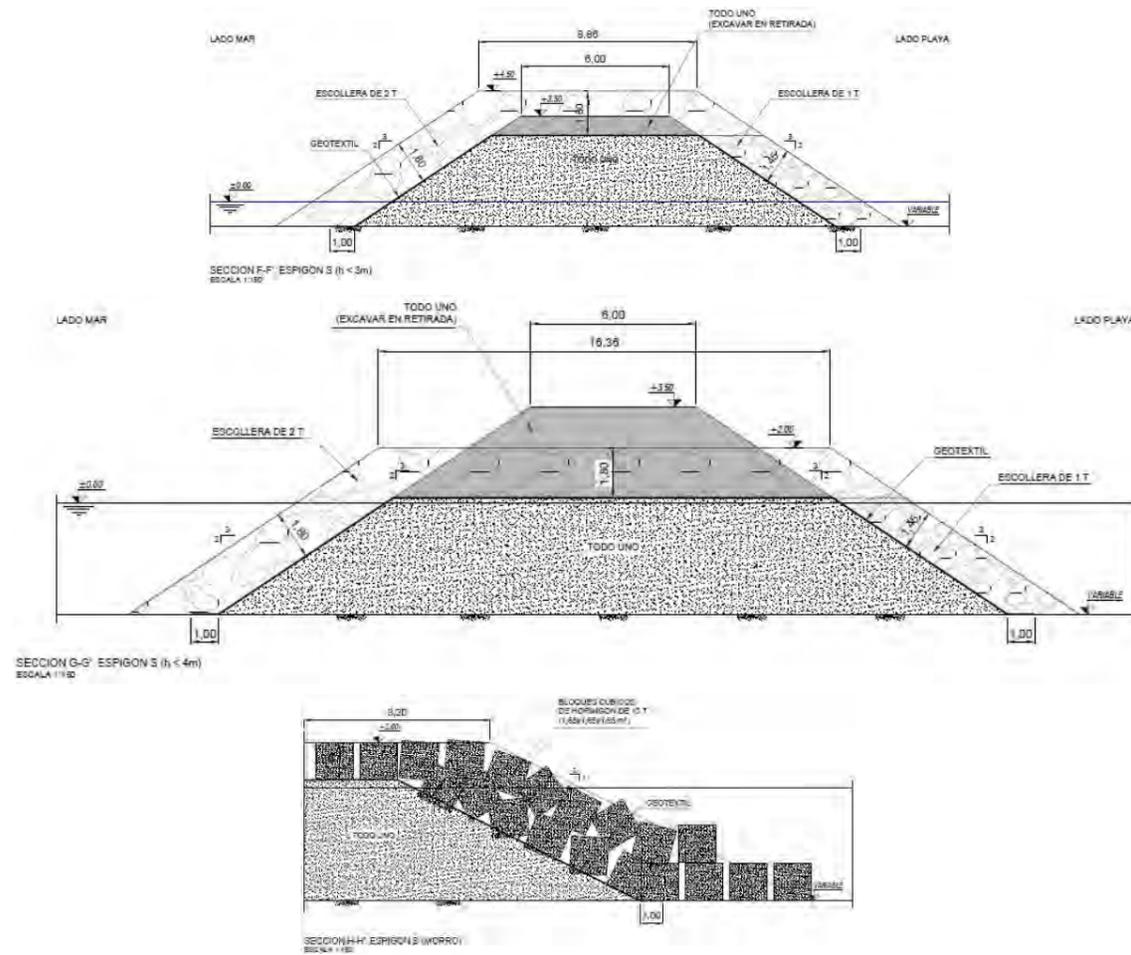


Figura 14.- Secciones tipo de los espigones (Fuente; elaboración propia)

### 2.2.5.1.2 Aportación de arena

La nueva playa será creada mediante arena de aportación de origen terrestre (de un yacimiento del Sáhara) con un tamaño medio  $D_{50} = 0,35$  mm. El volumen de aportación ha sido obtenido a partir del perfil teórico de equilibrio con estrán lineal coronado a la cota +4,00 y teniendo en cuenta el incremento de la pendiente conforme la playa está más protegida por el espigón norte.

### 2.2.5.1.3 Pantalán para uso lúdico

Junto al espigón norte se ha dispuesto un pantalán para uso lúdico, tiene una anchura de 3 m y una longitud de 43,75 m. Arranca en la berma superior de la nueva playa, donde se dispone una plataforma de madera tratada de 12,00 x 20,00 m<sup>2</sup> y se adentra hacia el mar, hasta llegar aproximadamente a la profundidad actual de -1,75 m (-1,00 m de la nueva playa), donde es rematado por una plataforma de 12,40 x 10,60 m<sup>2</sup>. La cota de coronación superior de esta estructura es la +4,00, coincidente con la de la berma de la nueva playa.

El tablero del pantalán y de la plataforma final está formado por unas vigas de hormigón armado HA-35 de forma "pi" ( $\pi$ ) con un canto de 0,60 m y una longitud de 10,00 m, encima de las cuales se dispone una capa de compresión de espesor  $e = 20$  cm de hormigón HA-35. Sobre esta capa se dispone un entarimado de madera tratada con un espesor total de 0,25 m, que permita el uso y tránsito peatonal. Las vigas se apoyan sobre unas pilas con una sección de 1,80 x 2,50 m<sup>2</sup> formadas por bloques de hormigón en masa HM-30 cimentados sobre unas banquetas de escollera de 1.000 kg con unas dimensiones en coronación de 2,80 x 3,50 m<sup>2</sup>, enrasadas con grava. La cota de cimentación de cada pila es variable entre al +1,50 y la -0,50 en función de la profundidad existente en la zona. En la Figura 15.- se presentan la sección tipo y alzado del pantalán.

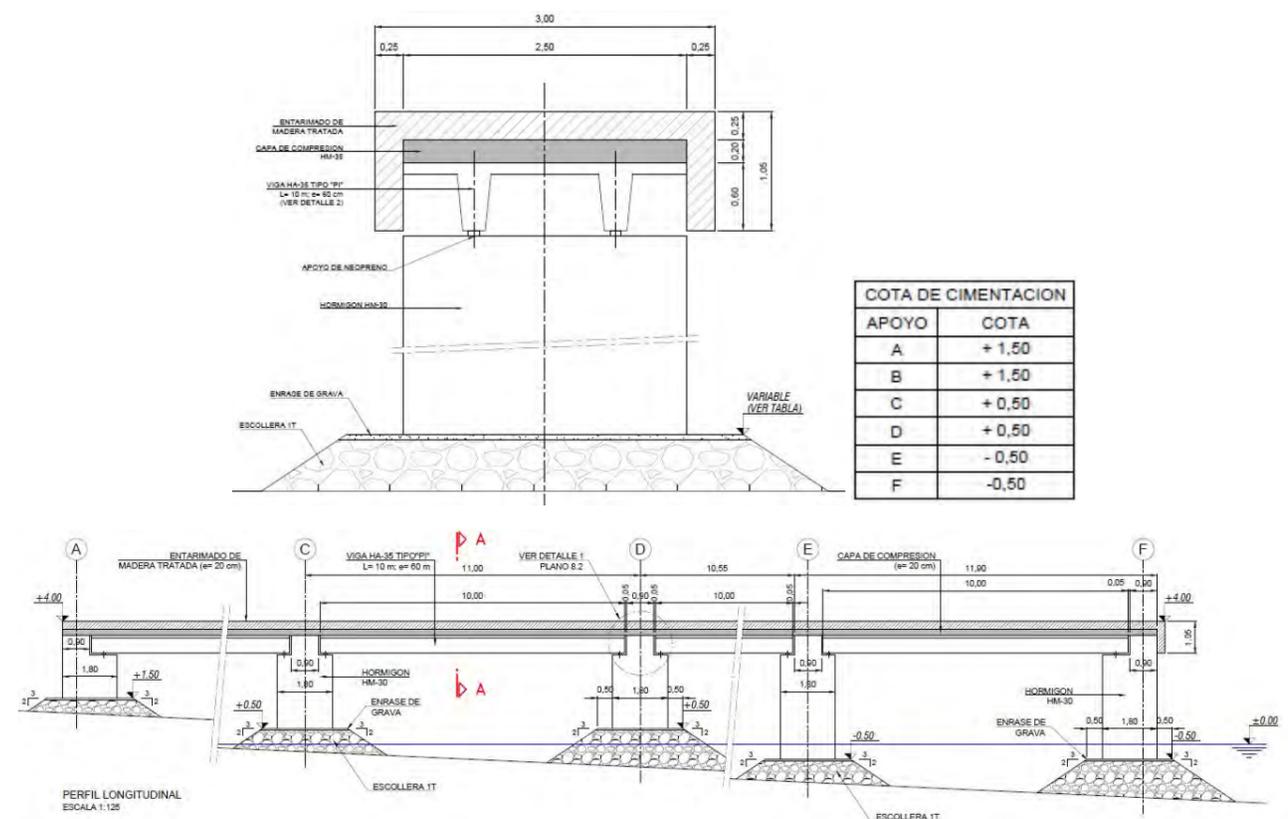


Figura 15.- Sección tipo y alzado del pantalán (Fuente: elaboración propia)

### 2.2.5.1.4 Balance de materiales

Las magnitudes básicas del proyecto son:

Arena para la creación de la nueva playa:	20.656 m <sup>3</sup>
Escolleras de aportación:	27.448 m <sup>3</sup>
Hormigones:	2.254 m <sup>3</sup>

### 3. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO. INVENTARIO AMBIENTAL

#### 3.1 METEOROLOGÍA

El clima de Teguisse es del tipo desértico y se considera BWh de acuerdo al sistema de clasificación Köppen-Geiger.

La temperatura media anual está en los 18,2° C. Los inviernos son atemperados, de manera que la media mensual de enero (el más frío) oscila entre 11,7° y 17,8° C, con un valor promedio de 14,7° C. Los veranos son muy secos y calurosos, aunque la marinada atenúa los efectos de las temperaturas elevadas. Las temperaturas medias mensuales de agosto (el más cálido) se sitúan entre 18,0 y 26,5° C con un valor promedio de 22,2° C. La proximidad al mar hace que la humedad siempre sea bastante elevada. La variación en la temperatura anual está alrededor de 7,5 ° C.

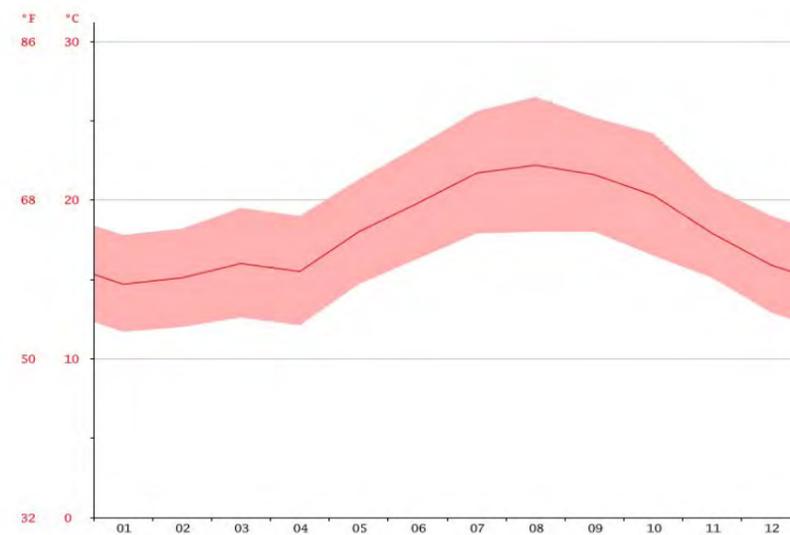


Figura 16.- Diagrama de temperaturas mínima, media y máxima mensuales en Teguisse (Fuente: [www.climate-data.org](http://www.climate-data.org))

Las precipitaciones son escasas y la media anual se sitúa en los 164 mm. El verano es la estación más seca, de manera que durante julio y agosto la precipitación media mensual es de 0 mm. El invierno es la estación más lluviosa, alcanzándose en diciembre los 35 mm y en enero los 33 mm. Por consiguiente, la diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 35 mm.

#### 3.2 CALIDAD DEL AIRE

De acuerdo con la información del CEGCA (centro de Evaluación y Gestión de la Calidad del Aire en Canarias) la calidad del aire en Costa Teguisse durante 2016 fue buena, no superándose los valores umbrales de los diferentes contaminantes medidos, tal como se muestra en la Tabla 5.-

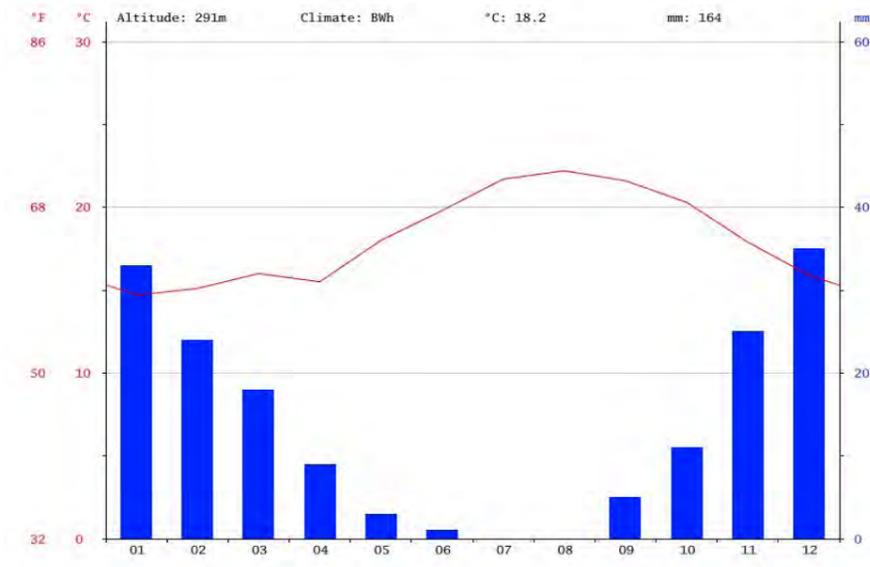


Figura 17.- Diagrama de precipitaciones y temperaturas medias mensuales en Teguisse (Fuente: [www.climate-data.org](http://www.climate-data.org))

Tabla 5.- Resultados de la calidad del aire en 2016 en la Estación Costa Teguisse (Fuente: CEGCA)

Contaminante	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	O <sub>3</sub>
Promedio horario	7,1	7,5	19,3	6,8	74,8
Máximo horario	34,0	120,0	400,0	117,0	124,0
Mínimo horario	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0
<b>Valor límite horario</b>	<b>350</b>	<b>200</b>			<b>240</b>
<b>Valor límite anual</b>		<b>40</b>	<b>40</b>	<b>26</b>	

#### 3.3 TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA

La información topográfica y batimétrica empleada en el presente proyecto ha sido obtenida de las siguientes fuentes:

- Cartas Náuticas nº 600 y 605 del Instituto Hidrográfico de la Marina (ver Figura 18.- ),
- Levantamiento topo-batimétrico de detalle obtenido del "Estudio Ecocartográfico del litoral de las Islas de Lanzarote, Graciosa y Alegranza" (2002) y que se presenta en el Anejo nº 2 del proyecto (ver Figura 19.- ). Más detalle acerca del alcance y metodología de los trabajos realizados se presentan en el Anejo nº 2 del Proyecto.

El nivel de referencia del levantamiento realizado en el Estudio Ecocartográfico fue el Cero Hidrográfico (C.H.), que está situado 1,51 m por debajo del nivel de referencia topográfico del IGN (el Nivel Medio del Mar en Arrecife, o NMMAR). Éste es el nivel de referencia de las altitudes considerado en el Proyecto.

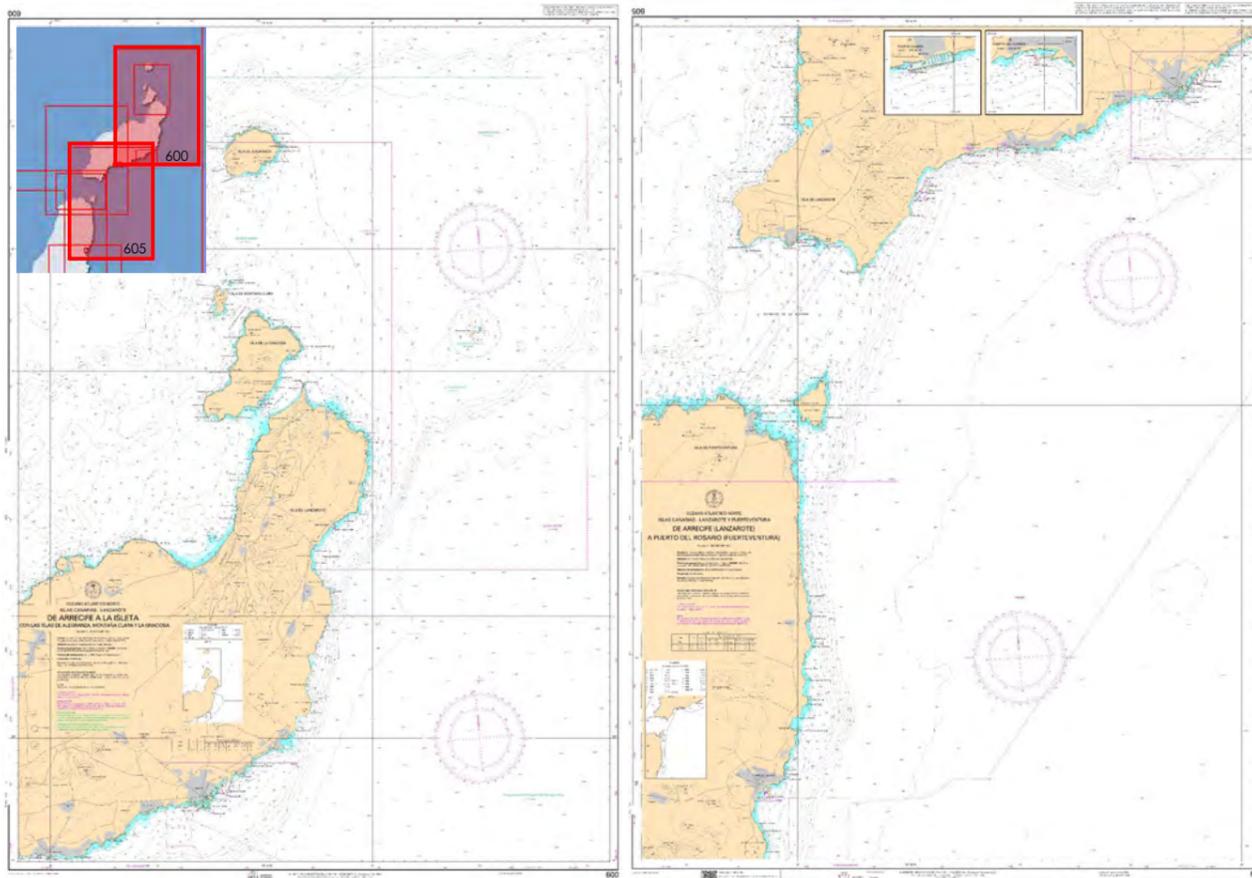


Figura 18.- Batimetría de la zona obtenida de la Carta Náutica nº 600 .izquierda- y 605 –derecha- (Fuente: IHM)

### 3.4 NATURALEZA GEOLÓGICA Y SEDIMENTARIA DE LOS FONDOS

#### 3.4.1 MARCO GEOLÓGICO GENERAL

Lanzarote, como todas las demás Islas Canarias, es el efecto de los procesos geológicos derivados de la apertura del Atlántico, iniciado en el Mesozoico, y agravado más recientemente por la presión existente en esta zona generado por el giro de África en el sentido de las agujas del reloj iniciado en la orogenia alpina del Terciario. Al comienzo de la apertura del Atlántico, comenzaron las emisiones de lava sin aflorar a la superficie hasta hace unos 20 millones de años en la vecina Fuerteventura y 11 millones de años en la isla de Lanzarote.

La historia geológica de Lanzarote se divide en tres fases:

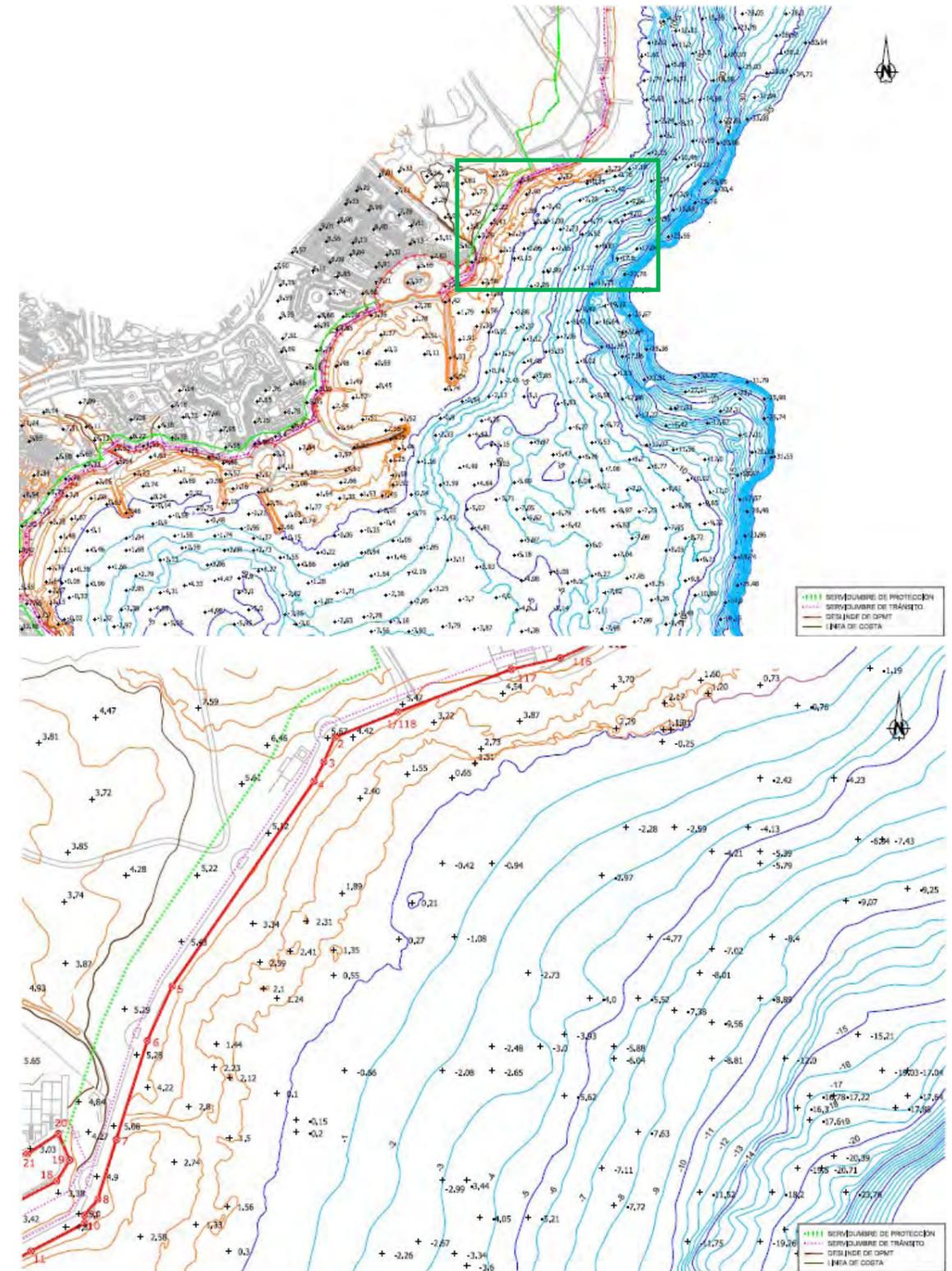


Figura 19.- Batimetría de detalle de la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia a partir de la DGC)

- En una primera fase, hace 11 millones de años, durante el Mioceno, aparecen los restos más antiguos en la zona de Famara, al norte de la isla, y en los Ajaches, al sur. Actualmente, los procesos erosivos han dismantelado estas formaciones. Su morfología es la de edificios erosionados que han evolucionado a formas acarcavadas con una buena red de drenajes caracterizados por valles en forma de "U" actualmente secos y áridos. Característico de estas formaciones es el risco de Famara, donde se encuentra la mayor altitud en la isla, unos 600 m. El punto más alto de Lanzarote se encuentra aquí, en las peñas del Chache con una altura de 671 m.
- Una segunda fase es la que abarca la evolución de la morfología de Lanzarote desde el Mioceno hasta el Pleistoceno, que se caracterizó por los procesos erosivos de las dos formaciones, Famara y Ajaches. Posteriormente, han existido emisiones importantes de material magmático que han dado lugar a la unión de las dos formaciones antiguas. Se trata sobre todo del sector central de la isla que se caracteriza por la existencia de alineaciones de edificios formando los ejes estructurales de la isla, que coinciden con los ejes de formación de Fuerteventura con dirección NE-SO, algunos con avanzado estado de dismantelamiento, con una evolucionada red de drenaje en formas redondeadas, amplios valles, vegas y moderadas penillanuras. Cabe decir que en esta etapa Lanzarote y Fuerteventura estaban unidas por el estrecho de la Bocaina y por la isla de Lobos. La última vez que lo estuvieron fue durante la última glaciación, la glaciación de Würm.
- La tercera fase, geológicamente hablando, no tiene nada característico, aunque es la más importante desde el punto de vista antropocéntrico. Se trata de erupciones acaecidas en los siglos XVII y XVIII con emisiones alineadas paralelas a las de la anterior fase y edificios que no superan los 200 m. pero excelentemente conservados por la poca pluviosidad que se da en la isla y por una política de conservación muy estricta

Las principales unidades geológicas se muestran en la Figura 20.-

Localmente, en la zona de estudio se encuentran materiales del Pleistoceno inferior, si bien también aparecen materiales sedimentarios.

### 3.4.2 GEOMORFOLOGÍA

De acuerdo con el Plan Insular de Ordenación de Lanzarote (en adelante PIOL) la zona de estudio se corresponde desde el punto de vista geomorfológica a la formación de "rampa lávica" (ver Figura 21.- ).

### 3.4.3 EDAFOLOGÍA

De acuerdo con el PIOL la zona de estudio se caracteriza por tener unos suelos poco desarrollados y de clima árido con predominio de versitales y basaltos subcrecientes (ver Figura 22.- ).

### 3.4.4 SUBSTRATOS LITORALES

De acuerdo con el PIOL la costa en la zona de estudio es del tipo "acantilado bajo" y los fondos litorales son del tipo rocoso formados por piedras (ver Figura 23.- ).

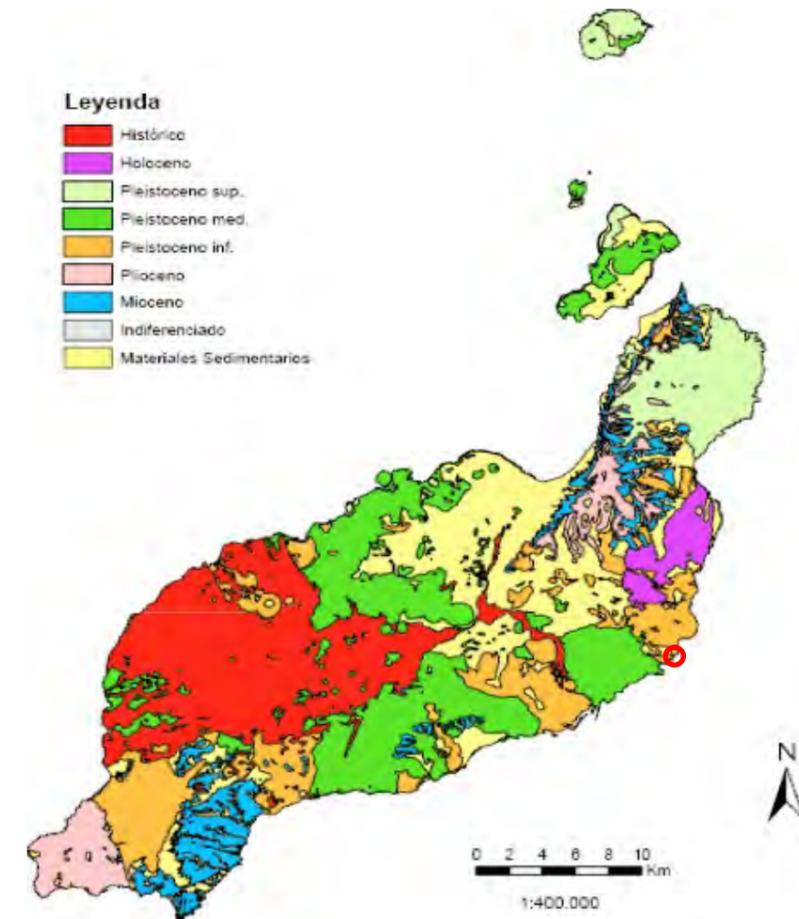


Figura 20.- Unidades geológicas principales en la isla de Lanzarote y zona de actuación (círculo rojo) (Fuente: [www.geoparque Lanzarote.org/geologia/](http://www.geoparque Lanzarote.org/geologia/))



Figura 21.- Geomorfología de la zona de estudio (Fuente: PIOL)

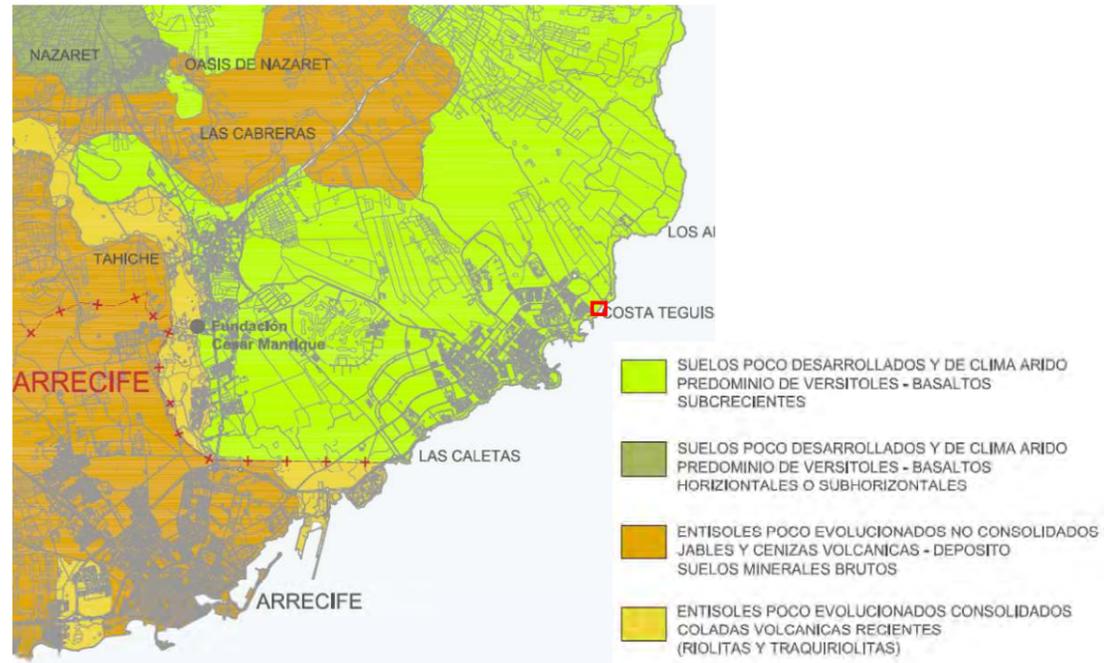


Figura 22.- Tipos de suelo en la zona de estudio (Fuente: PIOL)



Figura 9 (cont.). Substratos litorales en la zona de estudio (Fuente: PIOL)

En las proximidades destaca la presencia de algunas playas de arena: los Charcos y las Cucharas.

### 3.4.5 SEDIMENTOLOGÍA LOCAL

De acuerdo con lo descrito en el apartado anterior en la zona de proyecto no existen fondos sedimentarios, lo cual fue verificado con las inspecciones subacuáticas realizadas (ver Figura 24.- ).

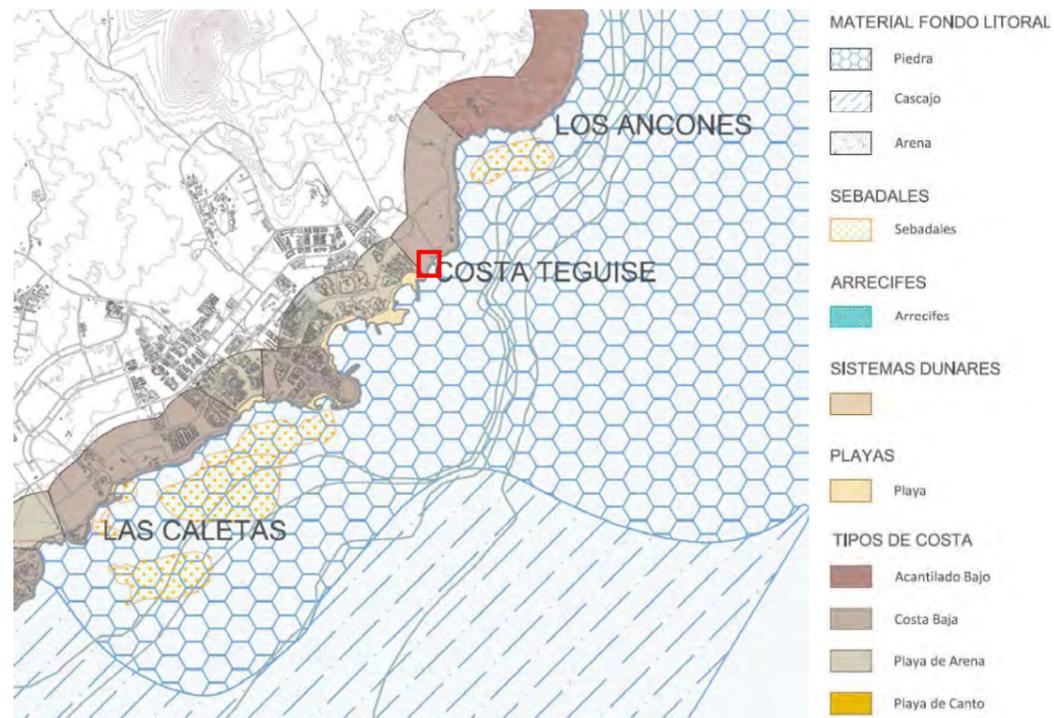


Figura 23.- Substratos litorales en la zona de estudio (Fuente: PIOL)



Figura 24.- Fotografía de los fondos marinos en la zona de actuación: zona intermareal –izquierda- y sumergida – derecha- (Fuente: elaboración propia)

Por consiguiente no han podido realizarse análisis granulométricos en la zona de actuación. No obstante se ha recopilado la información sedimentarias de las playas próximas obtenidas del

"Proyecto de mejora del frente litoral entre las playas de El Jablillo y Las Cucharas, T.M. de Teguisse (Isla de Lanzarote)" encargado por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM).

En particular se muestran los resultados de las muestras obtenidas en la playa de los Charcos (situada inmediatamente al sur de la zona de actuación) y de la playa de Las Cucharas (algo más al sur). Parada una de estas dos playas se presenta la ubicación de las muestras de arenas (Figura 25.- y Figura 26.- ), así como los resultados de los análisis granulométricos (Tabla 6.- y Tabla 7.- ).

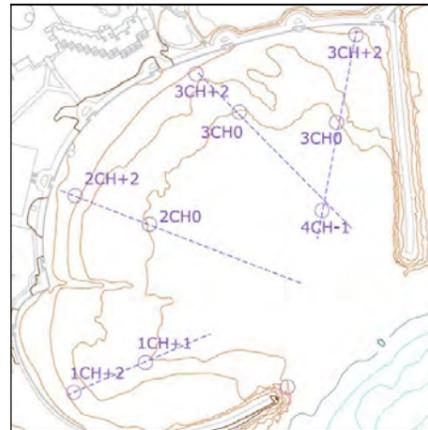


Figura 25.- Ubicación de las muestra de arena en la playa de Los Charcos (Fuente: DGSCM)

Tabla 6.- Resultados de los análisis granulométricos de las muestra de arena en la playa de Los Charcos (Fuente: DGSCM)

		Muestra								
		1CH+2	1CH+1	2CH+2	2CH+0	3CH+2	3CH+0	4CH+2	4CH+0	4CH-1
Peso retenido por tamiz (g)	4	0,0000	0,8720	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2477
	2	0,0000	43,0332	0,0000	0,4315	0,0000	0,2711	0,0000	0,0000	2,8614
	1	0,8499	52,5118	0,3282	1,1441	1,1361	1,0581	0,2164	0,7340	56,4846
	0,8	2,1514	1,8957	0,9275	2,2492	1,1747	4,5594	0,2061	4,0000	11,2102
	0,5	26,2284	1,0237	26,8122	24,4446	33,5740	24,5065	34,9304	24,7340	21,4914
	0,25	54,1567	0,3791	56,8208	58,8480	51,7427	60,2151	54,3843	60,1702	6,5899
	0,18	10,2523	0,1896	9,6318	8,9832	8,3381	6,2929	7,9341	8,8085	0,3344
	0,1	6,2151	0,0948	5,3082	1,9394	3,0522	1,9363	2,2772	1,5532	0,5203
	0,062	0,1461	0,0000	0,1712	1,5286	0,9821	0,8896	0,0515	0,0000	0,1982
	<0,062	0,0000	0,0000	0,0000	0,4315	0,0000	0,2711	0,0000	0,0000	0,0619
<b>D50 (mm)</b>		0,38	1,85	0,38	0,39	0,41	0,40	0,41	0,39	1,12
<b>MODA</b>		AM	AMG	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AMG

Puede apreciarse que en la playa de Los Charcos el sedimento es mayoritariamente arena media (AM) con un par de muestras de arena muy gruesa (AMG), estando el tamaño medio en el entorno de D<sub>50</sub> = 0,40 mm, mientras que en las playas de Las Cucharas el sedimento es también mayoritariamente arena media (AM) si bien hay varias muestras de arenas finas (AF), estando el tamaño medio en el entorno de D<sub>50</sub> = 0,30 mm.

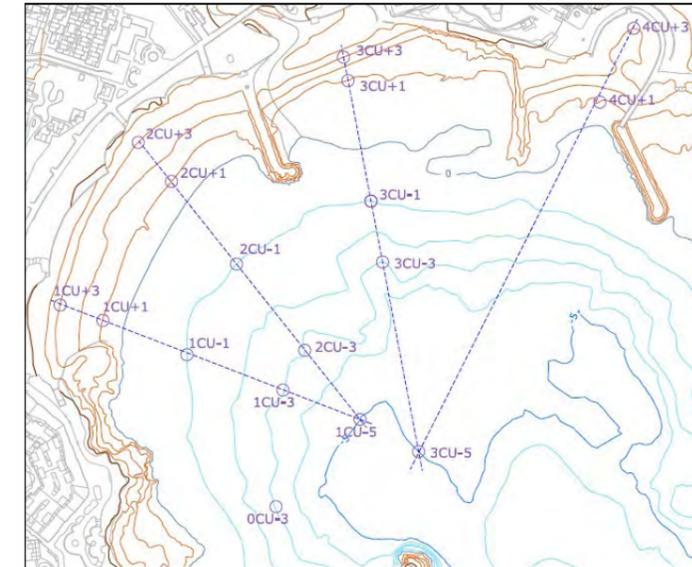


Figura 26.- Ubicación de las muestra de arena en la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

Tabla 7.- Resultados de los análisis granulométricos de las muestra de arena en la playa de Los Cucharas (Fuente: DGSCM)

		Muestra							
		0CU-3	1CU+3	1CU+1	1CU-1	1CU-3	1CU-5	2CU+3	2CU+1
Peso retenido por tamiz (g)	4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	2	0,1876	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	1	2,7522	0,0702	0,4276	0,6774	0,3317	0,7580	0,0000	0,0612
	0,8	4,4410	0,1204	0,4210	1,0469	0,3980	0,4322	0,0101	0,0966
	0,5	6,3487	16,8991	25,6037	8,1084	0,8458	6,0137	0,1793	18,0175
	0,25	34,5582	71,7511	61,5473	55,4449	41,9071	59,8028	82,3699	69,0225
	0,18	28,8194	7,7471	6,3298	17,2431	15,0415	16,9521	11,0106	6,9538
	0,1	19,9687	3,3116	5,4159	15,9602	35,6053	14,2701	6,2670	5,6660
	0,062	2,7209	0,1004	0,2548	1,2932	5,3400	1,6901	0,1631	0,1824
<0,062	0,2033	0,0000	0,0000	0,2258	0,5307	0,0810	0,0000	0,0000	
<b>D50 (mm)</b>		0,25	0,36	0,38	0,30	0,22	0,30	0,33	0,36
<b>MODA</b>		AF	AM	AM	AM	AF	AM	AM	AM

		Muestra								
		2CU-1	2CU-3	3CU+3	3CU+1	3CU-1	3CU-3	3CU-5	4CU+3	4CU+1
Peso retenido por tamiz (g)	4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	2	0,0000	0,0000	0,2140	0,1293	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1293
	1	0,6774	0,3317	1,6037	0,9051	0,6774	0,3317	0,7580	0,3721	0,9051
	0,8	1,0469	0,3980	0,0512	0,4973	1,0469	0,3980	0,4322	0,6159	0,4973
	0,5	8,1084	0,8458	24,0736	26,8550	8,1084	0,8458	6,0137	21,2984	26,8550
	0,25	55,4449	41,9071	71,5829	69,8230	55,4449	41,9071	59,8028	66,7693	69,8230
	0,18	17,2431	15,0415	2,4327	1,6909	17,2431	15,0415	16,9521	7,7624	1,6909
	0,1	15,9602	35,6053	0,0418	0,0995	15,9602	35,6053	14,2701	3,0536	0,0995
	0,062	1,2932	5,3400	0,0000	0,0000	1,2932	5,3400	1,6901	0,1283	0,0000
	<0,062	0,2258	0,5307	0,0000	0,0000	0,2258	0,5307	0,0810	0,0000	0,0000
<b>D50 (mm)</b>		0,30	0,22	0,40	0,40	0,30	0,22	0,30	0,37	0,40
<b>MODA</b>		AM	AF	AM	AM	AM	AF	AM	AM	AM

### 3.5 OCEANOGRAFÍA: MAREA, OLEAJE, VIENTO Y CORRIENTES

En el Anejo nº 3 se presenta un completo estudio de clima marítimo en el que se han analizado las condiciones de marea, oleaje y corrientes en la zona de estudio y cuyas principales conclusiones se recogen a continuación.

#### 3.5.1 MAREA

La marea astronómica (debida a la interacción de la Tierra, la Luna y el Sol principalmente) es en esta zona de régimen semidiurno, es decir, con dos pleamares y dos bajamares al día.

A partir de los registros del mareógrafo ARRE del Puerto de Arrecife se obtienen los siguientes niveles de mar más significativos debidos a la marea astronómica medidos respecto al Cerro Hidrográfico (CH), que es el nivel de referencia topográfico empleado en el Proyecto.

Tabla 8.- Niveles de mar astronómicos en Lanzarote (Fuente: elaboración propia)

Nivel del mar	r/CH
Máxima Pleamar Astronómica : PMMA <sup>5</sup> =	<b>+3,27 m</b>
Pleamar Media: PM =	<b>+2,48 m</b>
Nivel Medio del Mar: NMM =	<b>+1,59 m</b>
Bajamar Media: BM	<b>+0,71 m</b>
Mínima Bajamar Astronómica : BMMI <sup>6</sup> =	<b>-0,01 m</b>

Si se tiene en cuenta el efecto de la marea meteorológica (debida a la presión atmosférica y viento principalmente) estos niveles de mar se modifican ligeramente (como mucho ±20 cm). En la Figura 27.- se muestra la distribución de frecuencias del residuo meteorológico (diferencia entre el nivel del mar total y el debido a la marea astronómica).

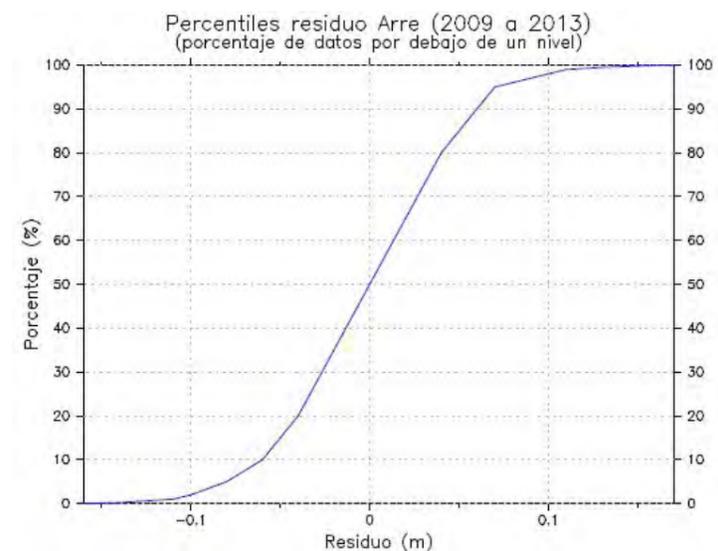
De este modo los niveles de marea total (astronómica más meteorológica asociados a diferentes períodos de retorno (o niveles de mar de diseño) se muestran en la Tabla 9.- .

Tabla 9.- Niveles de mar de diseño en Lanzarote (Fuente: elaboración propia)

Nivel	Máximo astronómico	Tr = 5 años	Tr = 50 años	Tr = 500 años
Pleamar	+3,27 m r/CH	+3,40 m r/CH	+3,48 m r/CH	+3,57 m r/CH
Bajamar	-0,01 m r/CH	-0,10 m r/CH	-0,18 m r/CH	-0,25 m r/CH

<sup>5</sup> La PMMA también es conocida como PMVE = Pleamar Máxima Viva Equinoccial.

<sup>6</sup> La BMMI también es conocida como BMVE = Bajamar Mínima Viva Equinoccial.



Residuo (m)	% acumulado
-0,16	0,05
-0,15	0,10
-0,14	0,20
-0,13	0,50
-0,11	1,00
-0,10	2,00
-0,08	5,00
-0,06	10,00
-0,04	20,00
0,00	50,00
0,04	80,00
0,06	90,00
0,07	95,00
0,10	98,00
0,11	99,00
0,13	99,50
0,15	99,80
0,16	99,90
0,17	99,95

Figura 27.- Distribución de la frecuencia del residuo meteorológico (Fuente: PPEE)

#### 3.5.2 OLEAJE

El régimen medio del oleaje (es decir, aquel representativo de un año climático medio) en alta mar puede caracterizarse a través de la tabla de encuentros o de probabilidades conjuntas de H<sub>s</sub> (altura de ola significativa) y dirección media de procedencia y de la tabla de encuentros de H<sub>s</sub> (altura de ola significativa) y T<sub>p</sub> (período pico), las cuales se muestran en la Tabla 10.- y Tabla 11.- . Los datos han sido obtenidos del punto 4060020 de la base de datos SIMAR de Puertos del Estado (PPEE).

Tabla 10.- Tabla de encuentros H<sub>s</sub> – Dirección de procedencia (Fuente: elaboración propia)

Dirección	0,0-0,2	0,2-0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	Total (%)
N		2,1162	0,6330	0,0219	0,0002						2,771
NNE		12,7954	11,8465	0,8232	0,0419						25,507
NE		6,3059	25,3877	14,5547	3,8369	0,7399	0,1024	0,0179	0,0033		50,949
ENE		0,7639	1,7887	0,5051	0,0649	0,0056	0,0006				3,129
E		0,3247	1,2998	0,7909	0,2635	0,0474	0,0117	0,0025			2,741
ESE		0,1183	0,4184	0,4491	0,2498	0,0651	0,0082	0,0016	0,0010		1,311
SE		0,0563	0,1729	0,0785	0,0293	0,0072	0,0008				0,345
SSE		0,0294	0,1197	0,0318	0,0062	0,0010					0,188
S		0,0431	0,2059	0,0614	0,0114	0,0066	0,0004				0,329
SSW		0,1300	0,4984	0,2413	0,0944	0,0171	0,0027	0,0010			0,985
SW		0,2246	0,5536	0,1921	0,0256	0,0058	0,0023				1,004
WSW		1,4013	1,4669	0,1705	0,0111	0,0012					3,051
W		1,2027	0,4879	0,0217	0,0012						1,713
WNW		0,6530	0,2643	0,0070	0,0010						0,925
NW		0,6553	0,2391	0,0088	0,0002						0,903
NNW		0,7801	0,2668	0,0086	0,0002						1,056
Escalar	3,092	27,600	45,650	17,967	4,638	0,897	0,129	0,023	0,004	0,000	100,000

Tabla 11.- Tabla de encuentros Hs – Tp (Fuente: elaboración propia)

Hs (m)	Tp (s)											
	<2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	>20	TOTAL (%)
<0.5		0,824	6,486	6,532	6,349	5,753	3,19	1,028	0,406	0,084	0,01	30,662
0,5-1,0		0,623	11,508	19,307	5,097	2,807	3,722	1,814	0,66	0,095	0,023	45,656
1,0-1,5		0,004	2,161	11,997	2,658	0,247	0,31	0,373	0,195	0,023	0,009	17,977
1,5-2,0			0,495	1,995	2,086	0,025	0,011	0,021	0,018	0,002		4,653
2,0-2,5			0,026	0,199	0,631	0,04						0,896
2,5-3,0				0,024	0,088	0,017						0,129
3,0-3,5				0,004	0,009	0,01						0,023
3,5-4,0						0,003						0,003
4,0-4,5												0,000
<b>TOTAL (%)</b>	<b>0,000</b>	<b>1,451</b>	<b>20,676</b>	<b>40,058</b>	<b>16,918</b>	<b>8,902</b>	<b>7,233</b>	<b>3,236</b>	<b>1,279</b>	<b>0,204</b>	<b>0,042</b>	<b>100,000</b>

De todas las direcciones que pueden incidir en la zona de estudio (y que se muestran en la Figura 28.-) las de mayor frecuencia de presentación son el NE (50,95 %), seguido del NNE (25,51 %) y del ENE (3,13 %). Por lo que respecta a las alturas de ola Hs los valores más frecuentes están en el intervalo 0,5 – 1,0 m, seguido del 0,2 – 0,5 m y 1,0 – 1,5 m.

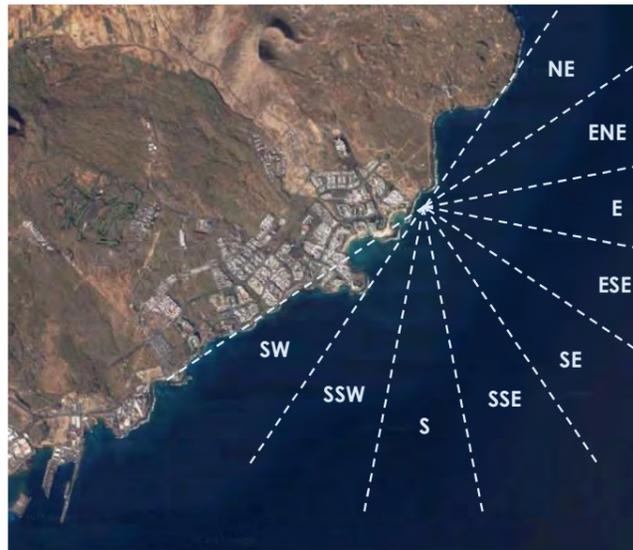


Figura 28.- Direcciones de incidencia del oleaje (Fuente: elaboración propia)

En cuanto a los períodos pico los valores más frecuentes están en el intervalo 6 – 8 s, seguido del 4 – 6 s y del 8 – 10 s, si bien en cada intervalo de Hs los valores de Tp más frecuente van variando ligeramente. Así para Hs < 1,5 m los períodos más frecuentes son 6 < Tp < 8 s, mientras que para 1,5 < Hs < 3,0 m los períodos más frecuentes son 8 < Tp < 10 s.

<sup>7</sup> Los oleajes de esta dirección incidirán en la zona de estudio tras refractarse y difractarse en la punta de Tope

Por lo que respecta al oleaje de diseño (asociado a los temporales más energéticos) en la Tabla 12.- se muestran para las diferentes direcciones las alturas de ola en alta mar asociadas a período de diseño de las obras (que resultan ser Tr = 67,72 años).

Tabla 12.- Alturas de ola de diseño. Tr = 67,72 años, Estima central (Fuente: elaboración propia)

Estima Central (EC)

Dirección	Hs,R (m)	K <sub>G</sub>	Hs,dif (m)	T <sub>p</sub> (s)	K <sub>r</sub>	Hs,o (m)
NNE	3,92	0,55	2,16	8,5	1,00	2,16
NE	3,92	1,00	3,92	10,9	1,00	3,92
ENE	3,92	0,95	3,72	9,6	1,00	3,72
E	3,92	0,95	3,72	8,6	1,00	3,72
ESE	3,92	1,00	3,92	8,9	1,00	3,92
SE	3,92	0,90	3,53	8,3	1,00	3,53
SSE	3,92	0,90	3,53	8,3	1,00	3,53
S	3,92	0,90	3,53	8,3	1,00	3,53
SSW	3,92	0,95	3,72	8,6	1,00	3,72
SW	3,92	0,90	3,53	8,3	1,00	3,53

Límite Superior de la Banda de Confianza del 90% (L.S.B.C.90%):

Dirección	Hs,R (m)	K <sub>G</sub>	Hs,dif (m)	T <sub>p,50%</sub> (s)	K <sub>r</sub>	Hs,o (m)
NNE	4,24	0,55	2,33	8,7	1,00	2,33
NE	4,24	1,00	4,24	11,3	1,00	4,24
ENE	4,24	0,95	4,03	10,0	1,00	4,03
E	4,24	0,95	4,03	9,0	1,00	4,03
ESE	4,24	1,00	4,24	9,3	1,00	4,24
SE	4,24	0,90	3,82	8,7	1,00	3,82
SSE	4,24	0,90	3,82	8,7	1,00	3,82
S	4,24	0,90	3,82	8,7	1,00	3,82
SSW	4,24	0,95	4,03	9,0	1,00	4,03
SW	4,24	0,90	3,82	8,7	1,00	3,82

En su propagación desde alta mar hasta la costa modifica sus características, principalmente la altura de ola y la dirección, por lo cual se ha efectuado un completo estudio numérico de propagación del oleaje, que se resumen en la Figura 29.-, en la que se muestran los coeficientes de propagación K<sub>p</sub> (es decir, la relación entre la altura de ola local y la altura de ola en alta mar) y las direcciones locales en función del período de oleaje y la dirección de procedencia en alta mar.

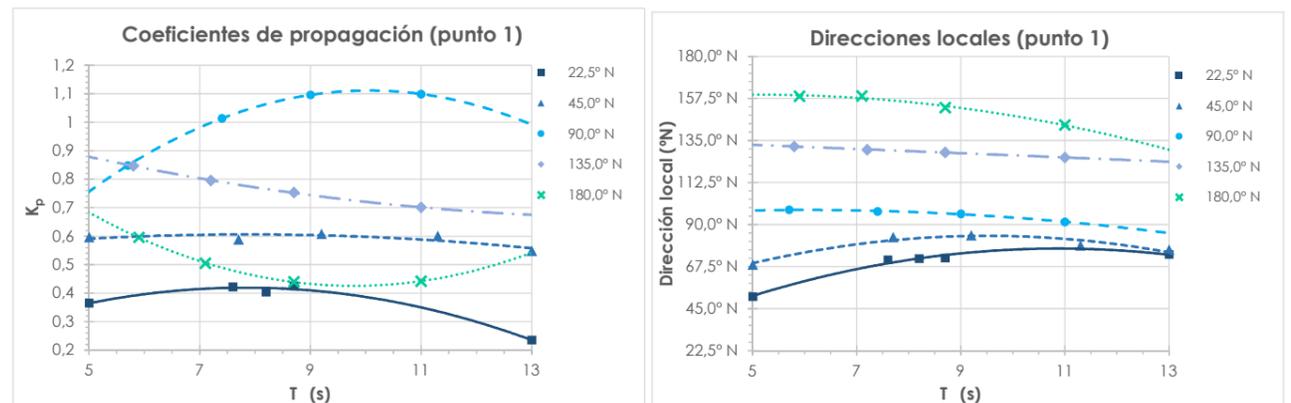


Figura 29.- Coeficientes de propagación K<sub>p</sub> y direcciones de oleaje en el punto 1 situado en el extremo norte de la zona de estudio y en el que se han registrado alturas de ola algo superiores (Fuente: elaboración propia)

### 3.5.3 VIENTO

En Canarias los vientos reinantes (los más frecuentes) son los alisios, procedentes del primer cuadrante y que mantienen un oleaje forzado durante la mayor parte del invierno y casi todo el verano. Los temporales más intensos se presentan varias veces en invierno, golpeando los litorales norte y noroeste,

provocando una intensa acción erosiva en las costas dispuestas en esa orientación. Esto se refleja en la mayor abundancia de salientes, entrantes y bajos.

La Figura 30.- muestra en forma de rosa de vientos, las frecuencias de presentación del viento en cada sector direccional. Puede apreciarse que hay un claro predominio del sector NNE, seguido del N y del NE, ya que entre ambos suman una frecuencia anual superior al 68 %.

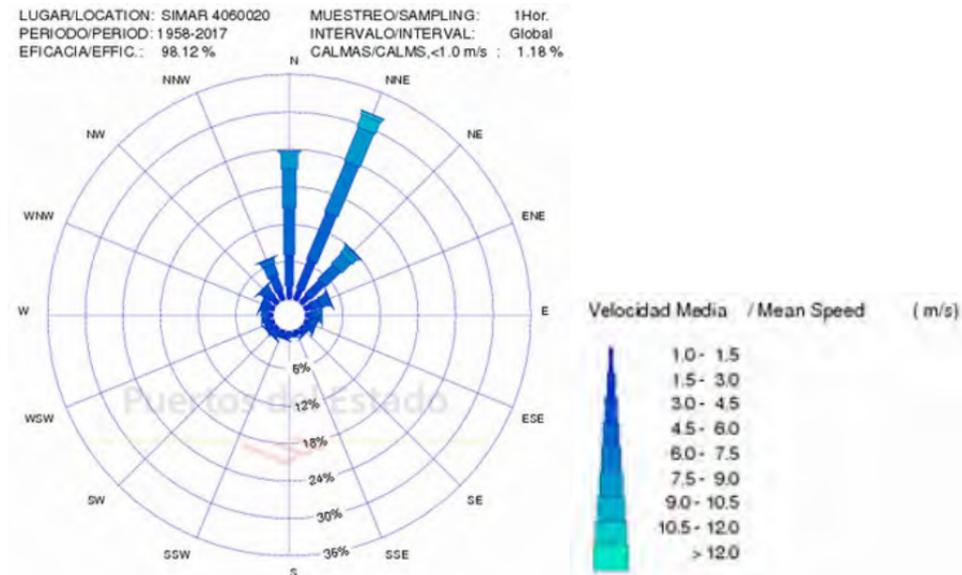


Figura 30.- Rosa de viento en el punto SIMAR 4060020 (Fuente: PPEE)

En la Figura 31.- se muestra la función de distribución media escalar de la velocidad del viento  $V_v$  (también conocida como régimen medio anual de  $V_v$ ), habitualmente representada como  $F(V_v)$ , que representa las probabilidades medias de no excedencia:  $F(V_v^*) = P(V_v \leq V_v^*)$ .

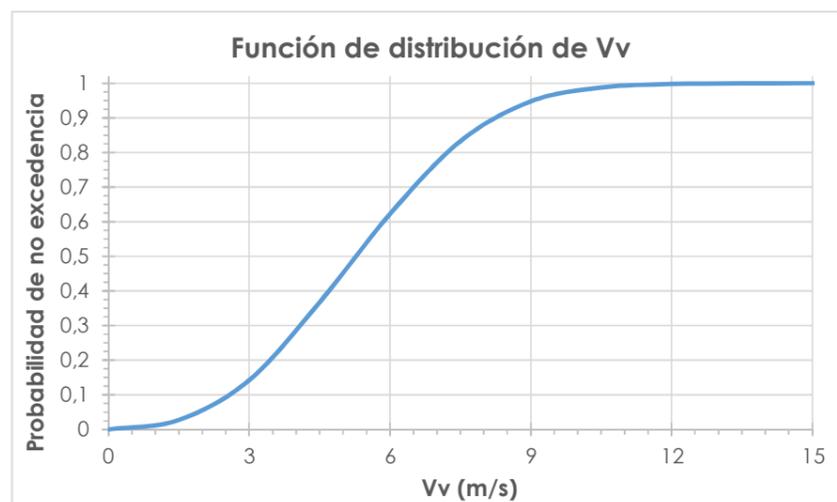


Figura 31.- Función de distribución escalar de  $V_v$  (Fuente: elaboración propia)

De dicha función de distribución se desprende que la velocidad media del viento con una probabilidad de excedencia del 50 % es  $V_v = 5,25$  m/s y que la velocidad con una probabilidad de excedencia del 10 % es  $V_v = 8,25$  m/s.

### 3.5.4 CORRIENTES

Las corrientes son movimientos generalmente no periódicos, de masas de agua de mar. Estos movimientos pueden tener lugar en distintas capas a diferentes profundidades o bien entre ellas.

Los agentes generadores de las corrientes son diversos: la acción del viento sobre la superficie del agua, las diferentes densidades de masas líquidas en contacto (especialmente en estuarios y en general en salidas al mar de aguas continentales), las sobrelevaciones locales del nivel medio, la influencia de la topografía costera. Atendiendo al proceso de generación se pueden clasificar las corrientes en cinco tipos:

- Corrientes generales
- Corrientes locales inducidas por el viento
- Corrientes locales inducidas por el oleaje
- Corrientes de marea
- Corrientes inducidas por la desembocadura de aguas continentales

Los parámetros principales que definen las características de una corriente son su dirección o rumbo, que indican el lugar hacia donde se dirigen y la deriva o velocidad diaria.

Desde el punto de vista de la ingeniería de costas y puertos, las corrientes más importantes son las que tienen lugar en la zona próxima a la costa, dado que son las únicas susceptibles de afectar sensiblemente a las playas, bahías, estuarios y a las obras en ellas presentes. Las corrientes generales (de gran escala) y las inducidas por la desembocadura de aguas continentales carecen de importancia por tanto en este proyecto, no obstante se efectuará una descripción de las corrientes generales. Los otros tres tipos (debidas a viento, oleaje y marea) se describen en los siguientes puntos.

La isla de Lanzarote, al igual que el resto de islas del archipiélago canario, está situada en el paso de la rama descendente de la corriente del golfo, conocida como la corriente fría de canarias, que fluye en dirección sur-suroeste y transporta aguas relativamente septentrionales (ver Figura 32.- y Figura 33.- ).

Es más intensa en invierno, con valores que exceden los 65 cm/s, en su centro, manteniéndose fuerte en primavera y disminuyendo en verano, para alcanzar el mínimo en otoño (Molina, 1976). En las proximidades de la costa la regularidad del movimiento de las masas de agua se altera por la influencia de las mareas y la topografía, originándose variaciones locales en la intensidad y dirección. A este sistema se suman las circulaciones de masas de agua en forma de remolinos que se originan al sur de las islas, a consecuencia del paso de la corriente. Estos pueden tener sentido anticiclónico ó ciclónico, generando situaciones de baja ó alta productividad biológica respectivamente, debido al descenso ó ascenso de las masas de agua que provocan.



Figura 32.- Esquema de la circulación noratlántica y las principales corrientes marinas superficiales



Figura 33.- Detalle de la dirección de la corriente de Canarias, junto con los principales vientos generadores

Como se ha comentado, los únicos agentes capaces de producir corrientes importantes en esta zona son las corrientes locales inducidas por el viento, por las mareas y las inducidas por el oleaje. En general las corrientes inducidas por el viento son de poca magnitud y las corrientes de marea solamente tienen relevancia en zonas donde se produce un angostamiento, como por ejemplo estuarios, canales entre islas, etc. En cambio, las producidas por la rotura del oleaje son más importantes en zonas expuestas, como es el caso. Por todo ello se efectuó un modelado numérico para obtener el campo de corrientes generado por la rotura del oleaje y que se presentan en el Anejo nº 3 del Proyecto.

En el caso de corrientes generadas por un viento con velocidad de 9 m/s (asociado a una probabilidad de excedencia de sólo el 5%) las magnitudes de las corrientes generadas son de  $V_c = 6 \text{ cm/s}$ .

### 3.6 CALIDAD DEL AGUA

En el entorno del archipiélago canario la temperatura superficial del agua oscila, normalmente, entre 17-18 °C en invierno y 22-23 °C en verano. La temperatura aumenta hacia las islas occidentales, entre 1 y 2 °C, desapareciendo estas diferencias a medida que aumenta la profundidad, siendo poco patentes a unos 500 m de profundidad, e inexistentes a unos 1800 m de profundidad (con temperaturas de unos 5°C). Existe una termoclina estacional, desarrollada desde finales de primavera hasta el invierno, donde desaparece por el efecto de la mezcla vertical. La capa de mezcla tiene un espesor de unos 100 m de profundidad. Por otro lado la termoclina permanente durante todo el año se sitúa a unos 800 m de profundidad. El modelo de distribución vertical de la temperatura se aproxima al típico de un mar templado, pero con un proceso de mezcla menos intenso.

La salinidad superficial también aumenta conforme se gana distancia respecto a la costa africana, con unos valores anuales entre 36-37 ‰. Las principales masas de agua son la central noratlántica, entre 100 y 800 m, con 19 °C -8 °C y 36.7 ‰-35.1‰ (valores extremos del diagrama T-S) y la mediterránea entre 1120 y 1225 m con 11.9 °C y 36.5 ‰.

En general, las aguas que rodean a las islas Canarias son básicamente oceánicas y oligotróficas, lo cual contribuye a limitar la capacidad productiva de los ecosistemas marinos. Es una situación típica de muchas islas tropicales y subtropicales, con ecosistemas litorales bastante diversificados y frágiles, fácilmente vulnerables debido a las bajas densidades de las especies y las complejas interrelaciones existentes entre las mismas. Por tanto, respecto a las concentraciones de nutrientes, estas son muy bajas y constantes en la capa eufótica (sin presencia de la productividad primaria vegetal), igualmente en la capa fótica también son reducidas, con variaciones estacionales debido a la rotura de la y termoclina. Las variaciones son más significativas para los fosfatos y nitratos. No hay grandes cambios debido a la inexistencia de fuertes procesos de mezcla vertical que aprovisionen de nutrientes suficientes las capas más profundas.

La Figura 34.- muestra la distribución tipo de la temperatura superficial durante la realización de la campaña de trabajos de campo (cuyos resultados se muestran a continuación). Debido a los intensos vientos alisios reinantes durante estos días, se produjo una intensificación del afloramiento subsahariano, caracterizado por aguas frías y profundas. Consecuentemente las islas más cercanas a la costa africana (Lanzarote y Fuerteventura) se ven rodeadas de aguas más frías que las islas más occidentales.

Para analizar la calidad de las aguas en la zona de estudio se ubicaron 2 estaciones hidrográficas de control en las coordenadas mostradas en la Tabla 13.-

En ellas se efectuó la lectura continua a lo largo de la columna de agua de temperatura, pH, salinidad y O<sub>2</sub> disuelto. Debido a la reducida profundidad correspondiente a las 2 estaciones de medición y a la

considerable homogeneidad en los valores encontrados en la columna de agua analizada, se procede a relacionar en la Tabla 14.- los valores medios (seguidos por la desviación en el valor detectada en profundidad) determinados para cada uno de los parámetros medidos.

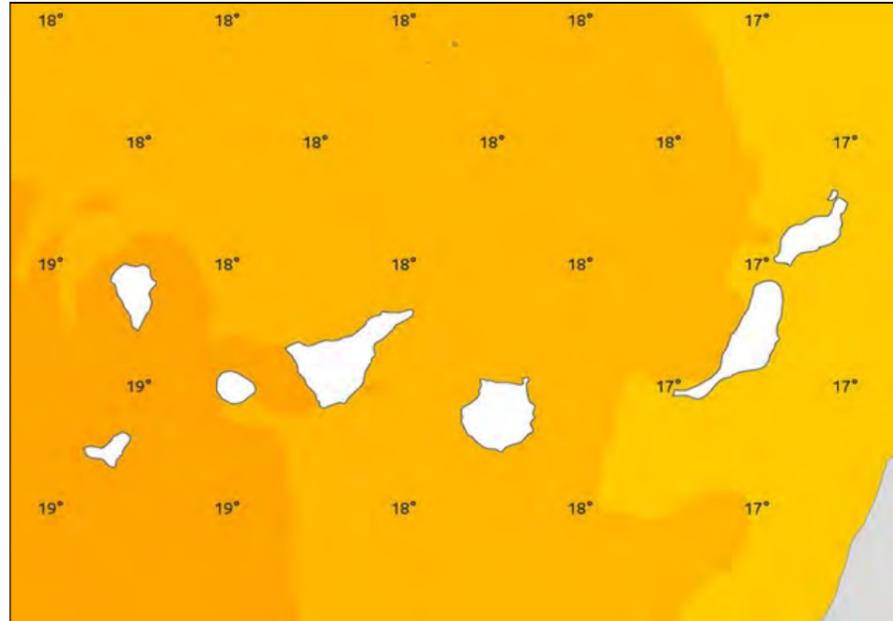


Figura 34.- Distribución de la temperatura superficial en Canarias durante la realización de los trabajos de campo

Tabla 13.- Coordenadas de las estaciones hidrográficas (Fuente: elaboración propia)

Estación	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z
E1 (Sur)	648.274,13	3.209.294,54	-4
E2 (Norte)	648.361,53	3.209.400,93	-6

Tabla 14.- Valores medios de las variables en las muestras de agua (Fuente: elaboración propia)

Estación	T (°C)	Salinidad (ppm)	O <sub>2</sub> (mg/l)	pH
E1 (Sur)	17,21 ± 0,07	36,80 ± 0,04	8,54 ± 0,09	8,04 ± 0,11
E2 (Norte)	17,43 ± 0,10	36,77 ± 0,05	8,66 ± 0,11	8,03 ± 0,10

Además se pudo comprobar que la visibilidad en toda el área de estudio tiene el mismo valor que la profundidad (se pudo divisar el fondo desde la superficie en todo momento). Los valores de salinidad obtenidos (36,80 ‰), son los normales en la zona para una situación anual intermedia invernal, en consonancia con los valores de temperatura para esta época del año.

De acuerdo al Anexo I del Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño, los parámetros que obligatoriamente deben ser evaluados en las aguas de baño

costeras son los Enterococos intestinales y de *Escherichia coli*. Por todo ello, se recogió una muestra intermedia de la columna de agua en ambas estaciones (ver Figura 35.- ), para realizar un posterior análisis de las concentraciones de Enterococos intestinales y de *Escherichia coli* en el laboratorio cualificado Biolab Siete Mares S.L., ubicado en Arrecife, al que se llevaron las muestras directamente desde su recolección.



Figura 35.- Toma de muestras de agua (Fuente: elaboración propia)

Los resultados de las analíticas (ver Figura 37.- y Figura 38.- ) registran unos recuentos de menos de 30 colonias por muestra, lo que refleja que la calidad del agua puede considerarse Excelente.

Tal como se recoge en el correspondiente Censo publicado por el Gobierno de Canarias (ver Figura 36.- ), no aparece en la zona de estudio ni cerca de ella ningún punto de vertido desde tierra al mar, quedando el más próximo en el extremo Sur de la playa de Las Cucharas.

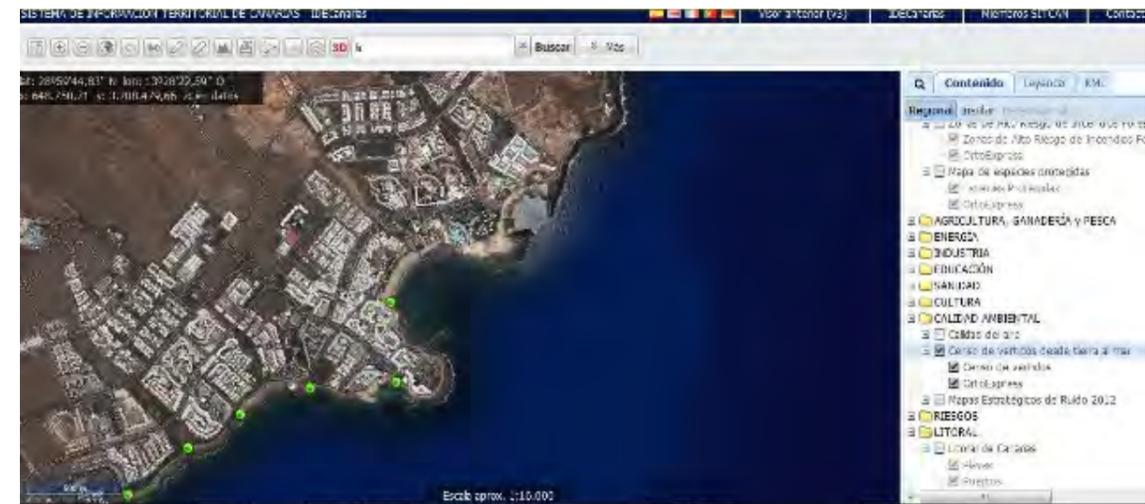


Figura 36.- Localización de puntos de vertido en la zona (Fuente: Gobierno de Canarias)



**INFORME DE ENSAYO**

Nº de Muestra: 609744



**Identificación de la Muestra**

Descripción de la muestra	AGUA DE MAR	Fecha Toma Muestra	24/02/2017 13:00:00
Recogida por	CLIENTE	Fecha de recepción	24/02/2017
Condiciones de la recepción de la muestra	CORRECTA	Fecha Inicio Análisis	24/02/2017
		Fecha Final Análisis	26/02/2017
		Fecha Emisión Informe	27/02/2017
Lugar de Recogida:	PUNTO SUR		

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE BAÑO**

Parámetros investigados	Resultado	Unidades	Límite de detección	Nivel permitido	P.N.T.
Recuento de E.coli	2.7E+1	ufc/100ml		VER TABLA(Ç)	PE-BL-25
Recuento de Enterococos	2.2E+1	ufc/100ml		VER TABLA(Ç)	PE-BL-27

**Normativa de Referencia**

(ç) RD 1341/2007 del 11 de octubre. Sobre gestión de la calidad de las aguas de baño:

Agua Continental			
	Suficiente**	Buena*	Excelente*
Enterococos(ufc o NMP/100ml)	330	400	200
E. coli(ufc o NMP/100ml)	900	1000	500
Agua Costera y de transición			
	Suficiente**	Buena*	Excelente*
Enterococos(ufc o NMP/100ml)	185	200	100
E. coli(ufc o NMP/100ml)	500	500	250

\*Con arreglo a la evaluación del percentil 95. Véase el anexo II RD.

\*\*Con arreglo a la evaluación del percentil 90. Véase el anexo II RD.

- En los resultados expresados en notación científica; las cifras significativas se multiplican por el exponente de 10 respectivo. Por ej. 1.2E+4 = 12000
- Los resultados marcados con NE son números estimados.
- El presente informe solo afecta a la muestra analizada. No deberá reproducirse sin autorización expresa de Biolab Siete Mares S.L.
- Las incertidumbres están calculadas y a disposición del cliente.
- LS/BL: Laboratorio subcontratado por Biolab Siete Mares S.L.

Yanixet González Chávez  
Responsable Técnico

Figura 37.- Resultado de los ensayos biológicos del agua en la Estación 1 (Fuente: Biolab)



**INFORME DE ENSAYO**

Nº de Muestra: 609745



**Identificación de la Muestra**

Descripción de la muestra	AGUA DE MAR	Fecha Toma Muestra	24/02/2017 13:00:00
Recogida por	CLIENTE	Fecha de recepción	24/02/2017
Condiciones de la recepción de la muestra	CORRECTA	Fecha Inicio Análisis	24/02/2017
		Fecha Final Análisis	26/02/2017
		Fecha Emisión Informe	27/02/2017
Lugar de Recogida:	PUNTO NORTE		

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE BAÑO**

Parámetros investigados	Resultado	Unidades	Límite de detección	Nivel permitido	P.N.T.
Recuento de E.coli	3.9E+1	ufc/100ml		VER TABLA(Ç)	PE-BL-25
Recuento de Enterococos	1.5E+1	ufc/100ml		VER TABLA(Ç)	PE-BL-27

**Normativa de Referencia**

(ç) RD 1341/2007 del 11 de octubre. Sobre gestión de la calidad de las aguas de baño:

Agua Continental			
	Suficiente**	Buena*	Excelente*
Enterococos(ufc o NMP/100ml)	330	400	200
E. coli(ufc o NMP/100ml)	900	1000	500
Agua Costera y de transición			
	Suficiente**	Buena*	Excelente*
Enterococos(ufc o NMP/100ml)	185	200	100
E. coli(ufc o NMP/100ml)	500	500	250

\*Con arreglo a la evaluación del percentil 95. Véase el anexo II RD.

\*\*Con arreglo a la evaluación del percentil 90. Véase el anexo II RD.

- En los resultados expresados en notación científica; las cifras significativas se multiplican por el exponente de 10 respectivo. Por ej. 1.2E+4 = 12000
- Los resultados marcados con NE son números estimados.
- El presente informe solo afecta a la muestra analizada. No deberá reproducirse sin autorización expresa de Biolab Siete Mares S.L.
- Las incertidumbres están calculadas y a disposición del cliente.
- LS/BL: Laboratorio subcontratado por Biolab Siete Mares S.L.

Yanixet González Chávez  
Responsable Técnico

Figura 38.- Resultado de los ensayos biológicos del agua en la Estación 2 (Fuente: Biolab)

Se ha detectado en el límite Sur de la zona de estudio, un punto de conexión artificial del agua de mar con una infraestructura interior del hotel Sand Beach, consistente en un sistema de piscina-playa en la que el agua entra en la fase de llenante y sale en vaciante (ver Figura 39.- ). Esta recirculación no parece influir con la calidad del agua en la zona, tal como se puede comprobar dada la ausencia de especies nitrófilas asociadas a ambientes con síntomas de degradación o alteración ambiental.



Figura 39.- Conexión de agua con instalaciones hoteleras (Fuente: elaboración propia)

Por su proximidad a la zona de estudio, y con objeto de contrastar los resultados con otra información histórica, se presentan en la Figura 40.- los resultados correspondientes a diversas analíticas bacteriológicas realizadas desde en las aguas de la playa de Los Charcos (coordenadas UTM X,Y: 647.828,79, 3.209.104,84), para la valoración de la aptitud de sus aguas para el baño. Estas mediciones forman parte del Sistema de Información Nacional de aguas de baño, Ministerio de Sanidad y Política Social.

Fecha Toma	Escherichia coli	Enterococo	Fecha Toma	Escherichia coli	Enterococo
13/02/2017	71 UFC/100 mL	89 UFC/100 mL	17/08/2015	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
14/11/2016	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	03/08/2015	0 UFC/100 mL	5 UFC/100 mL
17/10/2016	11 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	20/07/2015	4 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
19/09/2016	15 UFC/100 mL	31 UFC/100 mL	06/07/2015	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
05/09/2016	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	22/06/2015	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
31/08/2016	35 UFC/100 mL	6 UFC/100 mL	08/06/2015	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
01/08/2016	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	11/05/2015	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
18/07/2016	0 UFC/100 mL	10 UFC/100 mL	13/04/2015	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
04/07/2016	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	16/03/2015	200 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
20/06/2016	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	10/11/2014	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
06/06/2016	36 UFC/100 mL	89 UFC/100 mL	13/10/2014	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
11/05/2016	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	23/09/2014	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
09/05/2016	120 UFC/100 mL	380 UFC/100 mL	08/09/2014	22 UFC/100 mL	6 UFC/100 mL
11/04/2016	9 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	18/08/2014	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
14/03/2016	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	28/07/2014	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
22/02/2016	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	14/07/2014	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
09/11/2015	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	01/07/2014	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
19/10/2015	170 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	10/06/2014	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
21/09/2015	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	19/05/2014	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
07/09/2015	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	21/04/2014	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
Registro de analíticas (*)			07/04/2014	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL

Figura 40.- Calidad de las aguas en la playa de Los Charcos (Fuente: Ministerio de Sanidad y Política Social)

Ninguno de los controles realizados en las aguas determinó una inaptitud de la zona para el baño

### 3.7 DINÁMICA LITORAL

#### 3.7.1 FORMAS DE EQUILIBRIO EN PLANTA Y PERFIL

##### 3.7.1.1 Formas de equilibrio de una playa en planta

###### 3.7.1.1.1 Formulaciones existentes

Las playas encajadas son muy frecuentes en las costas que presentan salientes, como cabos rocosos, diques, espigones, etc. Es comúnmente aceptado que las playas formadas bajo el ataque persistente de un oleaje de fondo tipo *swell* que se difracta en estos salientes (a partir de ahora polos), son las playas más estables generadas por la naturaleza.

En términos de estabilidad estas bahías están en equilibrio dinámico si se produce transporte litoral a lo largo de ellas y en caso contrario se habla de equilibrio estático.

Algunos autores (Silvester, Le Blond, Ho, Rea y Komar, Garau...) estudiaron este fenómeno, llegando a la conclusión que la configuración de equilibrio de este tipo de playas encajadas se reproducía de una forma fiel mediante una espiral logarítmica tangente a un tramo recto paralelo a los frentes del oleaje medio incidente, cuya ecuación es:

$$R = K \cdot e^{\theta \cot \alpha} = K \cdot e^{\theta \tan \varphi}$$

siendo:

- K una constante que depende del tramo angular de la espiral
- $\alpha$  el ángulo constante entre la tangente y el radiovector en un punto de la espiral
- $\theta$  el ángulo variable en radianes entre el origen y el radiovector de un punto determinado
- $\varphi$  el ángulo complementario de  $\alpha$  ( $\varphi = 90^\circ - \alpha$ )

La comprobación experimental (Garau) parecía indicar que para las playas de arena encajadas del Mediterráneo español el ángulo  $\varphi$  valía  $30^\circ$ , estando situado el polo de la espiral en el punto de difracción del oleaje.

No obstante, posteriormente se comprobó que esta curva no ajustaba con total precisión ni los puntos más alejados del polo ni los más cercanos, sirviendo exclusivamente en la zona intermedia. De hecho una configuración estable de este tipo de playas presenta en la zona más alejada del polo un tramo prácticamente rectilíneo que es tangente a una espiral logarítmica la cual enlaza a su vez con otro tramo prácticamente circular en las proximidades del polo. En condiciones de equilibrio el tramo rectilíneo es paralelo a las crestas del oleaje medio incidente. Existen formulaciones empíricas que permiten estimar cuál es la forma en planta de playas ubicadas en la zona de sombra de un cabo o elemento de protección. Hsu y Evans (1989) propusieron para la forma en planta de una playa la expresión parabólica:

$$\left(\frac{R}{R_0}\right) = C_0 + C_1\left(\frac{\beta}{\theta}\right) + C_2\left(\frac{\beta}{\theta}\right)^2$$

donde:

- $R_0$  es la distancia entre el polo y el punto de la línea de costa más alejado del obstáculo en el que no existe influencia del polo (punto de control),
- $\beta$  es el ángulo entre el frente del oleaje incidente y la línea de control, que une el polo de difracción con el punto de control (ver Figura 41.-),
- $\theta$  es el ángulo entre el frente del oleaje y el radio  $R$  (ver Figura 41.-),
- $C_0$ ,  $C_1$  y  $C_2$  son unos coeficientes con unos valores universales que dependen de  $\beta$  (ver Figura 42.-).

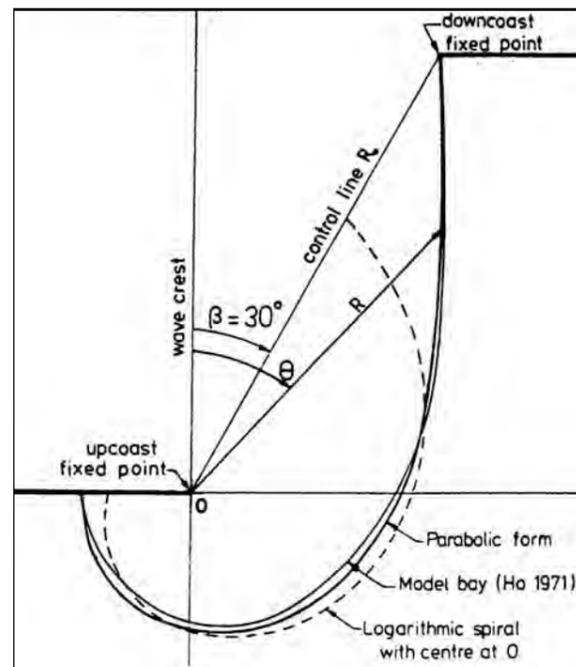


Figura 41.- Definición esquemática de la planta de una bahía en equilibrio (Fuente: Hsu y Evans)

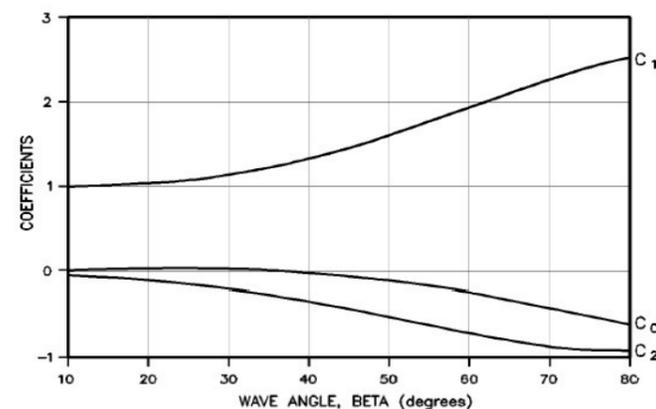


Figura 42.- Valores de los coeficientes  $C_0$ ,  $C_1$  y  $C_2$  de la formulación parabólica (Fuente: Hsu y Evans)

Uno de los problemas que plantea la formulación de Hsu y Evans es la ausencia de información para localizar el punto de control, es decir, el punto hasta el cual la curva resulta válida y a partir del cual comienza el tramo rectilíneo. González (1995) desarrolló una metodología para el diseño de playas encajadas a partir de la formulación de Hsu y Evans que permitía determinar el valor del ángulo  $\beta$ , es decir, la situación del punto de control. A partir del análisis de playas encajadas de la costa atlántica y mediterránea española obtuvo la siguiente expresión para el valor de  $\beta$ :

$$\beta = 90^\circ - \text{atag} \left( \frac{\sqrt{1,286 + 2,268 \frac{Y}{L}}}{\frac{Y}{L}} \right) \pm 5^\circ$$

donde  $Y$  es la distancia entre el polo de difracción y el tramo rectilíneo medido en la dirección perpendicular al oleaje dominante y  $L$  es la longitud de onda en el polo calculada con el período significante  $T_{s12}$ , es decir el superado 12 horas al año.

En la Figura 43.- se muestra de forma resumida la metodología para obtener la forma en planta de equilibrio.

Esta formulación fue obtenida para playas encajadas no afectadas por desembocaduras. En las playas adyacentes a las desembocaduras la planta de equilibrio se ve modificada por la existencia del bajo exterior, por lo que, además de la difracción que puedan generar las puntas o cabos, se debe tener el efecto que dicho bajo exterior genera en la forma en planta de la playas.

Asimismo la existencia de reflexiones del oleaje en acantilados, espigones, muelles, etc, puede provocar variaciones en la forma en planta de la línea de costa no recogidas por dicha fórmula.

### 3.7.1.1.2 Resultados obtenidos

La metodología anteriormente explicada va a ser la empleada para estudiar si las playas existentes en la zona de estudio están en equilibrio, para lo cual se ha utilizado el programa **SMC** desarrollado por el GIOC para la antigua Dirección General de Costas.

Dado que en la zona de proyecto no existen playas, se ha decidido emplear la información obtenida del "Proyecto de mejora del frente litoral entre las playas de El Jablillo y Las Cucharas, T.M. de Teguisse (Isla de Lanzarote)", encargado por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM), en el que se analizaron las playas del Jablillo y de Las Cucharas.

Los parámetros que se necesitan para poder aplicar dicha formulación son la dirección del flujo medio del oleaje, la distancia entre el polo de difracción y la línea de costa ( $Y$ ) y la longitud de onda en el polo de difracción ( $L$ ) para cuyo cálculo se requiere el valor de su profundidad ( $d$ ) y de  $T_{s12}$ .

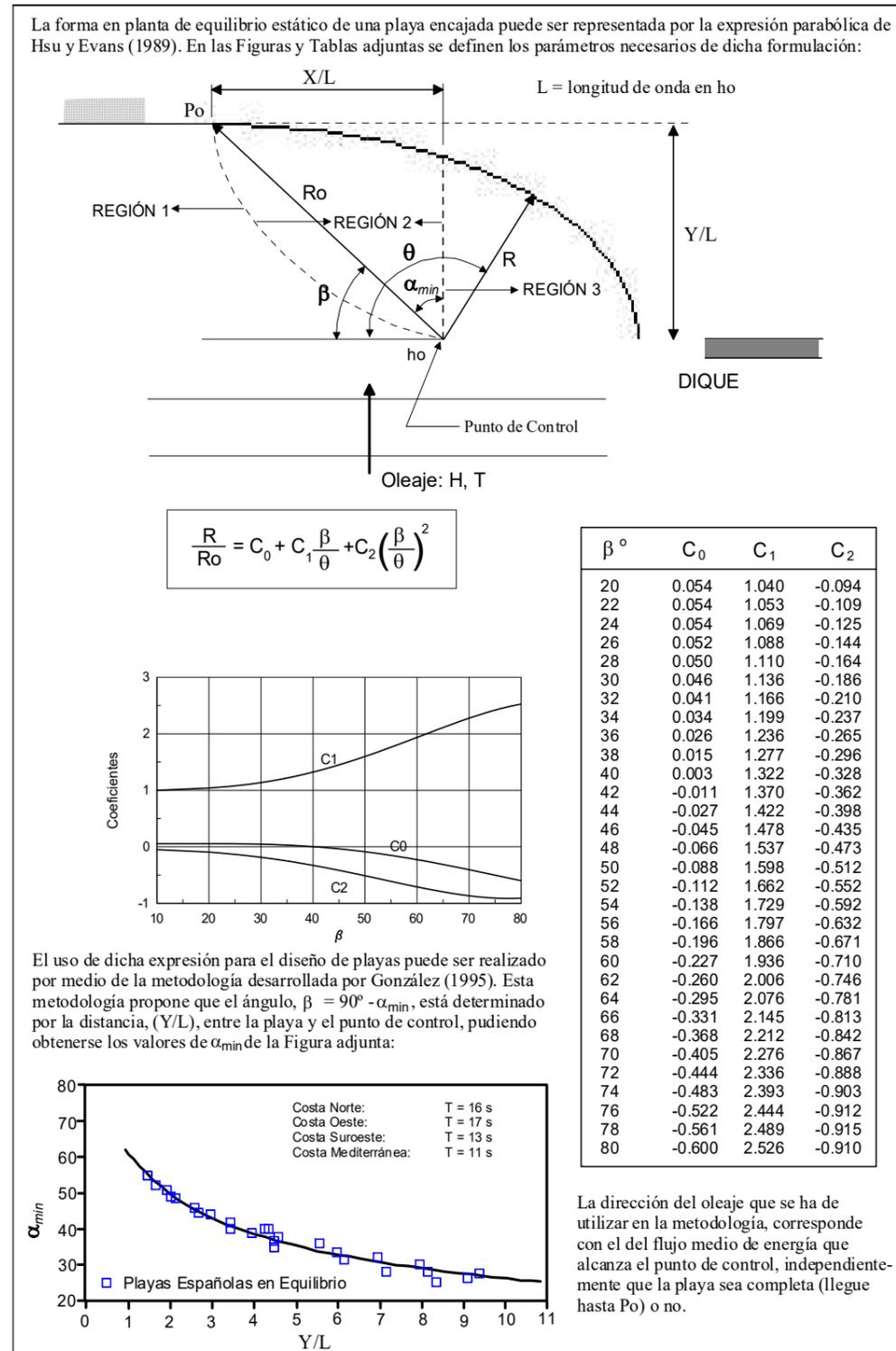


Figura 43.- Forma en planta de equilibrio estático. Playas encajadas no afectadas por desembocaduras (Fuente: GIOC (Universidad de Cantabria))

**Definición del polo de difracción**

El primer paso consiste en la definición del polo de difracción. En el caso de la playa del Jablillo los polos son los extremos de los espigones situados a poniente (ver Figura 45.- ), mientras que en el caso de la playa de Las Cucharas son los extremos de los diferentes espigones existentes en la zona (ver Figura 48.- ).

**Dirección del flujo medio de energía**

El siguiente paso es la obtención de la dirección del oleaje representativo. Dado que la forma en planta de una playa no es capaz de responder instantáneamente a los cambios de dirección del oleaje y tiende a ubicarse en una posición en equilibrio con las condiciones medias energéticas del oleaje, la dirección de los frentes que ha de utilizarse en el estudio de la forma en planta es la definida por el flujo medio anual de energía,  $\vec{F}_p$ .

$$\vec{F}_p = \frac{\sum_{ij} (\vec{F}_{i,j} \times p_{i,j})}{\sum_{ij} p_{i,j}}$$

donde  $\vec{F}_{i,j}$  es el flujo de energía del oleaje asociado al intervalo de altura 'i' del sector direccional 'j' y  $p_{i,j}$  es el peso asociado, en este caso su probabilidad o frecuencia de presentación (ver Anejo nº 3).

En el caso que se disponga de la base de datos de oleaje en alta mar, el cálculo se resuelve transformando cada registro de oleaje en alta mar en un registro a pie de playa y calculando el flujo de energía de cada registro, de manera que el flujo medio anual de energía será el promedio de los flujos de energía de todos los registros.

En el caso que no se disponga de la base de datos de oleaje en alta mar el cálculo puede realizarse de manera aproximada a partir de las tablas de encuentro  $H_{50}$  - Dirección local y  $H_{50}$  -  $T_p$  de acuerdo al esquema mostrado a continuación.

- La tabla de encuentros  $H_{50}$  -  $T_p$  es subdividida en tres tablas para tener en cuenta el efecto del período de oleaje: una asociada a  $T_{p,10\%}$ , otra asociada a  $T_{p,50\%}$  y la tercera asociada a  $T_{p,90\%}$ . La frecuencia de cada caso  $H_{50,i,j}$  será  $f_{ij} = p_{ij} * p(T_p)$ , donde  $p_{ij}$  es la probabilidad que aparece en la tabla de encuentros  $H_{50}$  -  $T_p$  y  $p(T_p,i)$  la probabilidad asociada al período pico considerado: en el caso de  $T_{p,10\%}$  es 30%, en el caso de  $T_{p,50\%}$  es 40% y en el caso de  $T_{p,90\%}$  es 30%.
- Los valores  $H_{50,i,j}$  de cada tabla son propagados hasta la playa de Sant Sebastià. Para ello en primer se obtiene el coeficiente de propagación  $K_p$ , que de acuerdo al Anejo nº 2 es función del período de oleaje y la dirección en aguas profundas  $K_p = f(T_p, D_0)$ , de manera que  $H_{50,local,i,j} = H_{50,i,j} * K_p(T_p,i, D_0,i,j)$ . En segundo lugar se obtiene la dirección local del oleaje, que de acuerdo al Anejo nº 2 es función del período de oleaje y la dirección en aguas profundas  $D_{local} = f(T_p, D_0)$ , de manera que  $D_{local,i,j} = D_{local}(T_p,i, D_0,i,j)$ .

- Posteriormente se calcula el flujo de energía del oleaje local, que es función de  $H_{slocal,ij}$  y  $D_{local,ij}$ .
- Finalmente se efectúa la suma vectorial de los flujos de energía de cada caso ij, de manera que  $F_x = \sum F_{x,ij} \cdot \rho_{ij} \cdot \rho(T_p)$  y  $F_y = \sum F_{y,ij} \cdot \rho_{ij} \cdot \rho(T_p)$ .
- La dirección del flujo medio de energía del oleaje vendrá dada por  $\text{atan}(F_x/F_y)$ .

Siguiendo esta metodología se calculó la dirección del flujo medio en diferentes puntos a lo largo de la costa (ver Figura 44.-), cuyos resultados se muestran en la Tabla 15.-

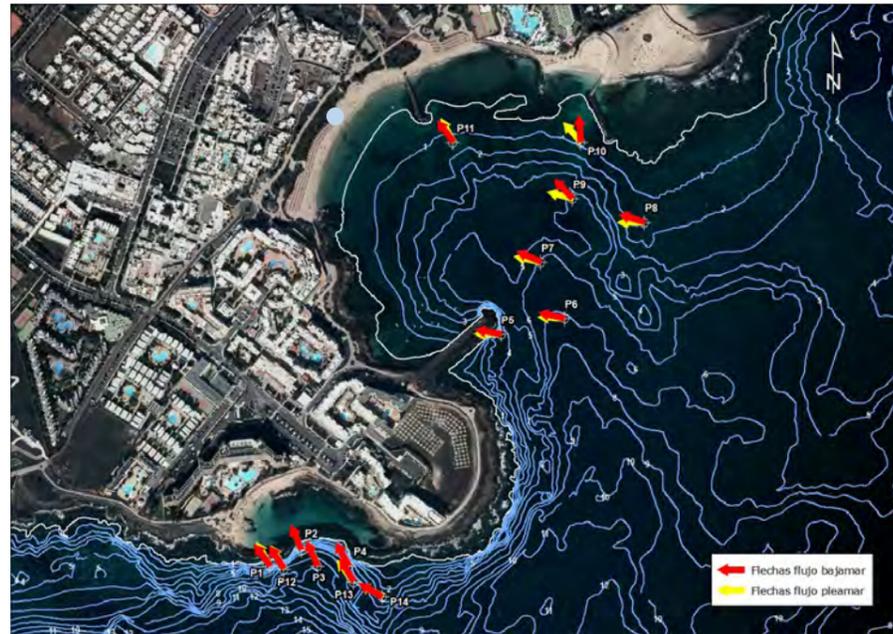


Figura 44.- Puntos en los que se ha calculado la dirección del flujo medio de energía (Fuente: DGSCM)

Tabla 15.- Resultados de la dirección del flujo medio de energía (Fuente: DGSCM)

Puntos	Coordenadas UTM		Flujos medios en bajamar		Flujos medios en pleamar		Flujo medio de cálculo
	X	Y	Flujo N	Flujo	Flujo N	Flujo	Flujo
P1	647146	3208054	323	N37W	329	N31W	N34W
P2	647199	3208080	336	N24W	336	N24W	N24W
P3	647225	3208054	336	N24W	335	N25W	N25W
P4	647278	3208054	331	N29W	329	N31W	N30W
P5	647530	3208438	280	N80W	271	N89W	N85W
P6	647636	3208465	282	N78W	272	N88W	N83W
P7	647597	3208557	293	N67W	282	N78W	N72W
P8	647769	3208624	287	N73W	270	N90W	N82W
P9	647650	3208664	316	N44W	284	N76W	N60W
P10	647663	3208756	356	N4W	317	N43W	N23W
P11	647451	3208756	323	N37W	332	N28W	N33W
P12	647169	3208049	327	N33W	330	N30W	N31W
P13	647285	3208027	328	N32W	323	N37W	N35W
P14	647333	3208002	300	N60W	297	N63W	N61W

No obstante debe tenerse en cuenta que estos valores han sido obtenidos tras un proceso numérico,

por lo que los valores reales pueden diferir en algunos grados, de modo que es recomendable probar varios valores de la dirección media de oleaje alrededor de este valor para conseguir el ajuste óptimo.

Por lo que respecta a la zona de actuación, el flujo medio de energía del oleaje tiene la dirección 85,5° N.

### Ajustes realizados

#### Playa de El Jablillo

En el mencionado "Proyecto de mejora del frente litoral entre las playas de El Jablillo y Las Cucharas, T.M. de Teguisse (Isla de Lanzarote)" se comenta lo siguiente.

"Un análisis puramente teórico de la configuración de una playa encajada como la de Jablillo indicaría que la forma en planta de equilibrio de la playa se encuentra gobernada por dos puntos de difracción (P4 y P6) localizados en los extremos de los diques. Sin embargo, configuración rocosa de todo el tramo Este y central de la playa (y la consecuente inexistencia de arena en el mismo), provocan que sólo sea P4 el que configure la forma del tramo arenoso situado al Oeste (única superficie útil en la actualidad). Además, al no estar la playa confinada en perfil debido a la escasa longitud de la rasa rocosa, cada vez que la playa pierde arena, la línea de costa va retranqueándose hasta que se llega a una distancia donde ya se anulan las pérdidas.



Figura 45.- Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de El Jablillo (Fuente: DGSCM)

La playa actualmente presenta una forma en planta de equilibrio compatible con la cantidad de arena existente en la misma. El problema es que a medida que ésta vaya perdiendo material con los temporales, la línea de costa se irá retranqueando. Por otra parte, el perfil aunque está apoyado sobre una laja rocosa, ésta no trabaja como tal. La laja rocosa escasamente alcanza unos 40 m y de acuerdo con la longitud de onda de los oleajes y la profundidad, se necesitaría una longitud de unos 90 – 100 m para garantizar que el dique incidente se disipe y permita una playa más adelantada. Cualquier actuación que pretenda mejorar las condiciones de baño y solarium de la playa, debe ir orientada a reducir la alta energía que recibe la playa durante eventos de temporal.

En las tres figuras siguientes se presenta el ejercicio de calibración de la forma en planta realizado, pudiéndose apreciar como P4 gobierna la forma en planta del tramo arenoso para 3 carreras de marea diferentes. Adicionalmente el punto P5 es el encargado de curvar las líneas de orilla en sus áreas de sombra".



Figura 46.- Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de El Jablillo (Fuente: DGSCM)

#### Playa de las Cucharas

En el mencionado "Proyecto de mejora del frente litoral entre las playas de El Jablillo y Las Cucharas, T.M. de Teguisé (Isla de Lanzarote)" se comenta lo siguiente.

"Por razones prácticas, comencemos estableciendo una nomenclatura para las 3 sub-playas de la playa de Las Cucharas.



Figura 47.- Nomenclatura empleada para las 3 sub-playas (Fuente: DGSCM)

La forma en planta de la playa 1, se encuentra fundamentalmente gobernada por los gradientes de altura de ola que genera el dique Oriental en su extremo (P1) y el espigón central en (P2). En cuanto a la playa 2, la forma en planta está determinada principalmente por la orientación de los frentes de ola en la zona y en menor medida por la difracción en el extremo del espigón intermedio en (P3). Es por esta razón que se aprecia que al este de la playa 2, la línea de costa gira muy poco y el ancho de playa se reduce de manera importante, prácticamente sin la presencia de playa seca.

Cualquier actuación que intente conseguir playa seca en dicha zona, va encaminada a generar un basculamiento local de la línea de costa mediante el giro de los frentes y gradientes de altura de ola. Por otro lado, la forma en planta de la playa 3 se encuentra gobernada localmente por la presencia del dique Oriental (P1). Es de resaltar, que esta última playa existe gracias a la presencia del espigón intermedio con el extremo (P3), dado que éste confina la playa en dicha zona, donde ésta tiende a girar hacia el sur en dirección de la zona central de la ensenada. Las playas 2 y 3, son playas protegidas del oleaje, que tienden a funcionar como playas reflejantes, debido a esto se aprecia en sus perfiles de playa una pendiente mucho mayor comparada con la playa 1 y en su planta formas rítmicas "cups".

Se puede afirmar que las tres playas de Las Cucharas se encuentran actualmente, en una situación estable en cuanto a su forma en planta, sin la evidencia de procesos de erosión y pérdidas del mismo. Bajo condiciones medias de oleaje, prácticamente no se generan corrientes en las playas. Bajo condiciones de temporal, la playa 1 es la más activa en cuanto a energía que recibe, estando más afectada su parte media en cercanías del espigón central, donde la línea de costa muestra un mayor retranqueo.

A continuación se muestran los ajustes de calibración de forma en planta para las playas 1 y 3 de Las Cucharas. A tenor de las respectivas pruebas realizadas, se excluye de este análisis el correspondiente a la Playa 2, dada la rigidización que presenta esta playa en su tramo intermareal, la escasa presencia de arenas en la misma, la presencia de una zona de rambla que en ocasiones puede llevar material procedente de tierra adentro, y la más que probable movilización artificial de la arena existente y la procedente del barranco para la adecuación a los usos de la playa.

La figura siguiente muestra el ajuste para la Playa 1 de Las Cucharas en la situación actual. El punto de control y difracción P1, controla mayoritariamente la configuración global de la misma, siendo el punto P2, el polo encargado de ejercer un efecto difractivo adicional, responsable de curvar localmente el borde en su área de sombra.



Figura 48.- Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

Muy localmente, el tramo central de esta playa viene condicionado por la presencia de un pequeño volumen de escolleras de poco tamaño que impiden la libre basculación o circulación de la arena hacia poniente y levante en función del oleaje existente, originando pequeños tramos de retroceso curvos, tal como muestra la Figura 49.- .

Por último se muestra en la Figura 50.- el ajuste para la Playa 3 de Las Cucharas en la situación actual. El punto de control y difracción P1, que controla mayoritariamente la configuración global en la bahía, es el encargado de girar el frente de oleaje que accede al punto P3, siendo éste último el polo encargado de ejercer un efecto difractivo definitivo que controla la forma en planta de la Playa 3.

Tal como se ha comentado al principio, esta playa existe gracias a la presencia del espigón intermedio con el extremo (P3), dado que éste confina la playa en dicha zona, donde ésta tiende a girar hacia el sur en dirección de la zona central de la ensenada".



Figura 49.- Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)



Figura 50.- Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

### 3.7.1.2 Análisis del perfil transversal

#### 3.7.1.2.1 Zonificación del perfil de playa. Profundidades activa y de cierre

Para poder analizar el comportamiento transversal de las playas se determina en primer lugar la zonificación de su perfil (es decir, en dirección transversal o perpendicular a la línea de costa). Hallermeier (1978) propuso una zonificación del perfil de la playa en función de la variabilidad del perfil y del tipo del transporte dominante, distinguiéndose:

- Zona litoral: en la que se producen grandes cambios del perfil debido tanto al transporte longitudinal como al transversal.
- Zona de asomeramiento o *shoal*: en la que existen pequeños cambios no despreciables en el perfil a lo largo del año fundamentalmente debido al transporte transversal.
- Zona exterior u *offshore*: en la que los cambios del perfil son despreciables.

El límite entre la zona litoral y la de asomeramiento viene dado por la profundidad activa  $d_i$ , y el límite entre ésta y la zona exterior por la profundidad de cierre  $d_c$ .

En 1978 Hallermeier propuso a partir de los resultados de unos ensayos en laboratorio una expresión para el cálculo de la profundidad activa y en 1980 presentó otra fórmula para la obtención de la profundidad de cierre.

$$d_i = 2,28H_{s12} - 68,5 \frac{H_{s12}^2}{gT_{s12}^2}$$

$$d_c = H_{sm}T_{sm} \sqrt{\frac{g}{5000D}}$$

siendo:

- $H_{s12}$  la altura de ola significativa local superada 12 horas al año,
- $T_{s12}$  el período significativo asociado a  $H_{s12}$ ,
- $H_{sm}$  la altura de ola significativa local media anual,
- $T_{sm}$  el período significativo medio anual,
- $D$  el diámetro medio del material situado a una cota  $1,50 d_i$ .

Birkemeier (1985) utilizando numerosos datos medidos en perfiles de playas obtuvo una expresión modificada para  $d_i$ :

$$d_i = 1,75H_{s12} - 57,9 \frac{H_{s12}^2}{gT_{s12}^2}$$

La fórmula que permite la obtención de la profundidad de cierre suele simplificarse por otra más sencilla para la cual no resulta necesario conocer las características del sedimento:

$$d_c = 3,5 \cdot H_{s12}$$

Del estudio de clima marítimo (ver Anejo nº 3) se pueden obtener la altura de ola significativa con probabilidad de ocurrencia de 12 horas/año en aguas profundas así como su período asociado teniendo en cuenta la correlación  $H_s - T_p$  correspondiente y suponiendo que  $T_s = T_p$ . Finalmente a partir de los coeficientes de propagación obtenidos (ver Anejo nº 3) pueden calcularse los valores de  $H_{s,12}$  locales para cada dirección. En la Tabla 16.- se recogen todos los datos anteriores asociados a las direcciones incidentes sobre la playa, así como las profundidades activa y de cierre obtenidas en el extremo norte de la playa (punto 1 en la figura 37 del Anejo nº 3) con la fórmula de Birkemeier.

Tabla 16.- Profundidades activa y de cierre para diferentes direcciones de oleaje incidentes (Fuente: elaboración propia)

Dirección	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW
Frecuencia	25,51%	50,95%	3,13%	<b>2,74%</b>	1,31%	0,35%	0,19%	0,33%	0,99%
A	0,333	0,335	0,309	<b>0,321</b>	0,156	0,267	0,402	0,418	0,334
B	0,230	0,656	0,470	<b>0,715</b>	1,134	0,712	0,416	0,443	0,661
C	1,143	1,471	1,413	<b>1,497</b>	1,983	1,541	1,229	1,171	1,418
$H_{s12,0}$ (m)	1,53	2,70	2,10	<b>2,84</b>	3,09	2,69	2,33	2,64	2,83
$T_{s12}$ (s)	7,6	9,2	7,4	<b>7,4</b>	7,7	7,2	6,7	7,1	7,4
$K_p$	0,417	0,606	0,807	<b>1,013</b>	0,911	0,794	0,690	0,509	0,318
$H_{s12,loc}$ (m)	0,64	1,64	1,69	<b>2,88</b>	2,82	2,13	1,61	1,34	0,90
<b><math>d_i</math> (m)</b>	1,07	2,68	2,65	<b>4,15</b>	4,15	3,22	2,48	2,14	1,49
<b><math>d_c</math> (m)</b>	2,23	5,73	5,92	<b>10,08</b>	9,86	7,47	5,63	4,70	3,15

A efectos de estabilidad del perfil de playa, conviene quedarse con el mayor de estos valores, que corresponde al oleaje del E y del ESE pese a que su probabilidad de presentación es menor y que para el oleaje más frecuente (NE) las profundidades activas y de cierres son considerablemente menores. Por lo tanto:

Profundidad activa,  $d_i = 4,15$  m

Profundidad de cierre  $d_c = 10,08$  m

En la aplicación del perfil de equilibrio, es usual adoptar como valor de profundidad de cierre el límite de la zona litoral  $d_i$ , denominándola  $h^*$ , que en este caso se sitúa en los 4,15 metros.

En la Figura 51.- se muestra la posición de la profundidad activa en la zona de estudio.

#### 3.7.1.2.2 Perfil de equilibrio

##### Formulaciones existentes

Se define perfil de playa como la variación de la profundidad del agua,  $d$ , con la distancia desde la línea de costa,  $x$ , en dirección perpendicular a la misma:

$$d = f(x)$$

El concepto de "perfil de equilibrio" ha sido definido por diversos autores. Así la Enciclopedia de Playas y Costas (Schwartz, 1982) lo define como "un perfil batimétrico que se produce por un clima marítimo y

con un tipo de sedimento particular". Dean (1991) lo define como "el balance entre fuerzas constructivas y destructivas que ocurre en condiciones de oleaje estacionario para un sedimento particular".

Larson (1991) describe el perfil de equilibrio afirmando que "una playa con un tamaño de grano concreto expuesta a unas condiciones de oleaje constantes desarrollará un perfil que no evoluciona en el tiempo".

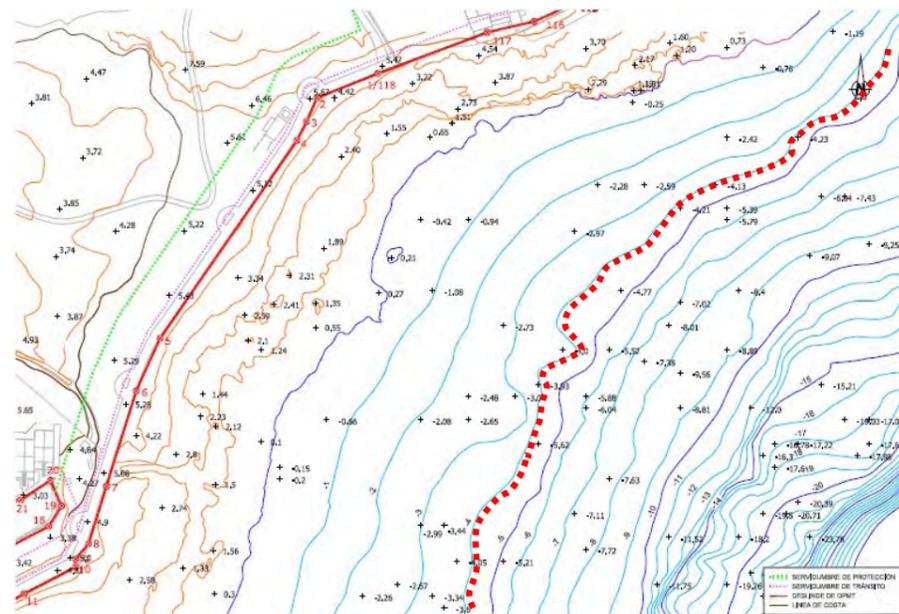


Figura 51.- Localización de la profundidad activa en la zona de estudio (Fuente: elaboración propia)

Evidentemente un perfil tal como está descrito en el párrafo anterior sólo puede ser obtenido en laboratorio, donde se puede fijar el oleaje incidente. En la naturaleza la variación del nivel del mar y del oleaje es constante y por lo tanto un perfil de equilibrio en sentido estricto no existe nunca. No obstante, dado que las variaciones de los diferentes agentes (oleaje, corrientes y mareas) están en principio acotadas, también lo estará la variabilidad del perfil, pudiéndose admitir en la naturaleza la existencia de una situación modal o perfil de equilibrio que sufre variaciones en función del clima marítimo existente. Más aún, es posible reconocer períodos en los que las condiciones de oleaje pueden considerarse constantes y bajo estas condiciones la playa puede desarrollar un perfil de equilibrio.

Perfil de Dean

Se han realizado numerosos trabajos tanto en laboratorio como en el campo con objeto de analizar y cuantificar el concepto de perfil de equilibrio. Bruun (1954) analizó perfiles de playa de la costa danesa del mar del Norte y de Mission Nay (California) y encontró que la media de los perfiles podía ser ajustada mediante la relación:

$$h = A x^{2/3}$$

Dean (1977) analizó 504 perfiles a lo largo de la costa atlántica de los Estados Unidos desde Long Island hasta Méjico y los ajustó por medio de mínimos cuadrados a la expresión

$$h = A x^n$$

obteniéndose valores  $0,1 < n < 1,4$  y  $0,025 < A < 6,31$ . El error cuadrático fue del 16 % y el valor medio del exponente  $n = 0,67$ , análogo al de Bruun. Dean rehizo el análisis del ajuste fijando  $n = 2/3$  y encontró que la dispersión de los valores de A se reducía considerablemente, estando el 99 % de los valores en el rango  $0,0 < A < 0,3$ . Otros autores han obtenido valores diferentes del parámetro n. Así por ejemplo, Wright et al. (1982) propusieron  $n = 2/5$ , Boon y Green (1989)  $n = 1/2$ , Vellinga (1984)  $n = 0,78$ , etc. Existen al menos tres posibles vías de investigación para el desarrollo de una teoría para la determinación del perfil de equilibrio:

- Aproximación cinemática: en la que se intenta determinar el movimiento de las partículas de sedimento (en suspensión o por fondo) mediante la descripción de las fuerzas que actúan sobre ellas.
- Aproximación dinámica: en la que se plantea un balance macroscópico de fuerzas constructivas y destructivas.
- Aproximación empírica: que es puramente descriptiva y representa el intento de ajustar el perfil de playas a las formas más comunes encontradas en la naturaleza, utilizando parámetros determinados mediante ajustes o técnicas de análisis dimensional.

Es posible obtener el perfil potencial  $h = A \cdot x^{2/3}$  a través de cualquiera de estos tres tipos de aproximaciones. Moore (1982) revisó los 504 perfiles analizados por Dean incorporando la información sobre el tamaño de sedimento, además de un gran número de ensayos de laboratorio, obteniendo una gráfica en la que el parámetro A era función del tamaño medio de grano,  $D_{50}$ .

Dean (1987) transformó los datos de Moore expresando A en función de la velocidad de caída del grano 'w' (expresada en m/s) y encontró la relación:

$$A = 0,51 \cdot w^0,44$$

Posteriormente Hanson y Kraus (1989) aproximaron dicha curva a las siguientes expresiones en las que  $D_{50}$  está expresado en mm:

$A = 0,41 \cdot D_{50}^{0,94}$	si	$D_{50} < 0,4$
$A = 0,23 \cdot D_{50}^{0,32}$	si	$0,4 < D_{50} < 10$
$A = 0,23 \cdot D_{50}^{0,28}$	si	$10 < D_{50} < 40$
$A = 0,46 \cdot D_{50}^{0,11}$	si	$D_{50} > 40$

Kriebel et al. (1991) por medio de argumentos energéticos propuso una relación

$$A = 1,05 \cdot w_f^{2/3}$$

Según el *Shore Protection Manual*, la velocidad de caída del grano “ $w_f$ ” se puede calcular, de modo aproximado y para arenas con densidad  $\rho=2,65 \text{ t/m}^3$ , adoptando las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} w_f \text{ (m/s)} &= 1,1 \cdot 10^6 \cdot D \text{ (m)}^2 && D < 0,1 \text{ mm} \\ w_f \text{ (m/s)} &= 273 \cdot D \text{ (m)}^{1,1} && 0,1 \text{ mm} < D < 1 \text{ mm} \\ w_f \text{ (m/s)} &= 4,36 \cdot D \text{ (m)}^{0,5} && D > 1 \text{ mm} \end{aligned}$$

donde D está expresado en metros y  $w_f$  en m/s.

Perfil de equilibrio con modelo de disipación en la zona de rotura

En el caso que en la zona de rotura se aplique el modelo de disipación de Dally (1985) se obtiene la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} h &= m \cdot x && \text{para } h < h_T \\ h &= A \cdot (x - x_0)^{2/3} && \text{para } h > h_T \end{aligned}$$

donde

- A es el parámetro de la formulación de Dean,
- $h_T$  es la profundidad de transición entre el tramo lineal y el parabólico, calculada como  $h_T = (4 \cdot A^3)/(9 \cdot m^2)$ ,
- $x_0 = h_T/m - (h_T/A)^{3/2}$ ,
- m es la pendiente del tramo lineal, pudiéndose emplear para el valor de 'm' la expresión de Kriebel (1991)  $m = 0,15 \cdot (w_f \cdot T/H)^{0,5}$ , siendo H y T la altura de ola y el período de oleaje respectivamente.

Puede apreciarse que lejos de la línea de orilla este perfil es paralelo al de Dean y que cerca de la línea de orilla el perfil se caracteriza por ser rectilíneo, ese decir, por tener un estrán lineal.

Perfil en playas con reflexión

Para perfiles de playas no totalmente disipativas y que por tanto provocan una reflexión parcial del oleaje, González (1995) propuso la expresión

$$x = (h/A)^{3/2} + 9/2 \cdot B \cdot (h/A)^3$$

siendo A y B unos parámetros que pueden ser calculados de acuerdo a las siguientes expresiones obtenidas por Bernabeu et al. (1997):

$$B = 32 \cdot 10^{-4} \cdot \exp[-0,44 \cdot (H/(w_f \cdot T))]$$

$$A = k \cdot w_f^{0,44}$$

$$k = 0,47 + 0,68 \cdot \exp[-0,44 \cdot (H/(w_f \cdot T))]$$

donde H,  $w_f$  y T ya se han explicado anteriormente.

**Aplicación de los perfiles de equilibrio a la playa existente**

Dado que en la zona de proyecto no existen playas de las cuales obtener información batimétrica y sedimentaria, se ha decidido emplear la información obtenida del “Proyecto de mejora del frente litoral entre las playas de El Jablillo y Las Cucharas, T.M. de Teguisse (Isla de Lanzarote)”, encargado por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM), en el que se analizaron las playas del Jablillo y de Las Cucharas.

En el mencionado proyecto se comenta lo siguiente.

“La playa de Las Cucharas se encuentra localizada entre la Baja de Los Charcos y la Punta de Tope, con una orientación NE-SO y longitud de unos 900 m. Esta playa está dividida en tres sectores, en función de la separación que actualmente ejercen las obras existentes.

A partir de la batimetría de la ecocartografía, se han seleccionado dos perfiles para la playa 1, y un perfil para cada una del resto de playas que forman la playa de Las Cucharas (playa 2 y 3). Aplicando el método de los mínimos cuadrados, para cada perfil se ha encontrado el perfil de equilibrio de Dean de mejor ajuste.

En general podemos decir que los perfiles de playa en Las Cucharas responden sensiblemente a perfiles en equilibrio de playas.

Se seleccionaron cuatro perfiles representativos de cada sector de la playa (ver Figura 52.-), los cuales se ajustaron, en los tres niveles de marea, al perfil teórico de Dean calculado con el  $D_{50}$  medio de las muestras granulométricas tomadas del perfil activo de todos los sectores de la playa de Las Cucharas, que obtuvo un valor de 0,30 mm.

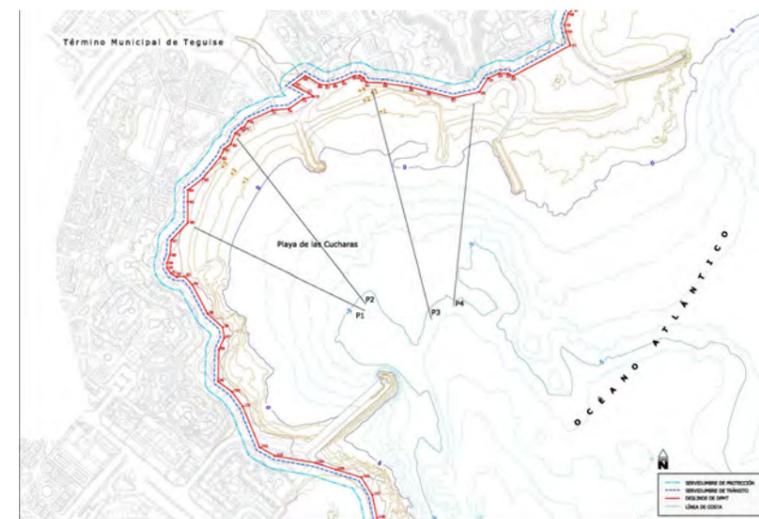


Figura 52.- Localización de los perfiles reales de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

Los resultados obtenidos de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean son expuestos en las siguientes figuras.

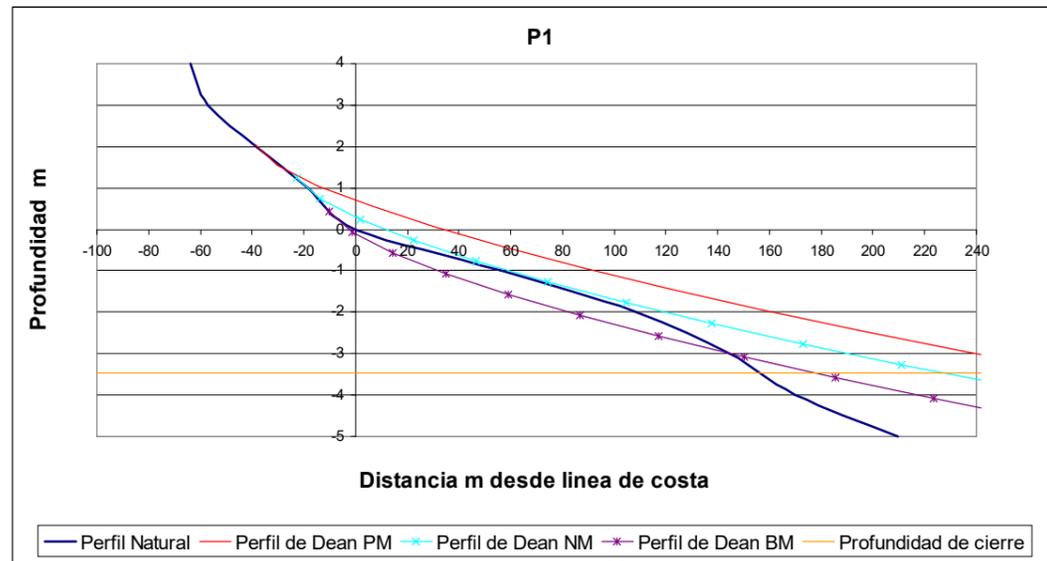


Figura 53.- Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 1 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

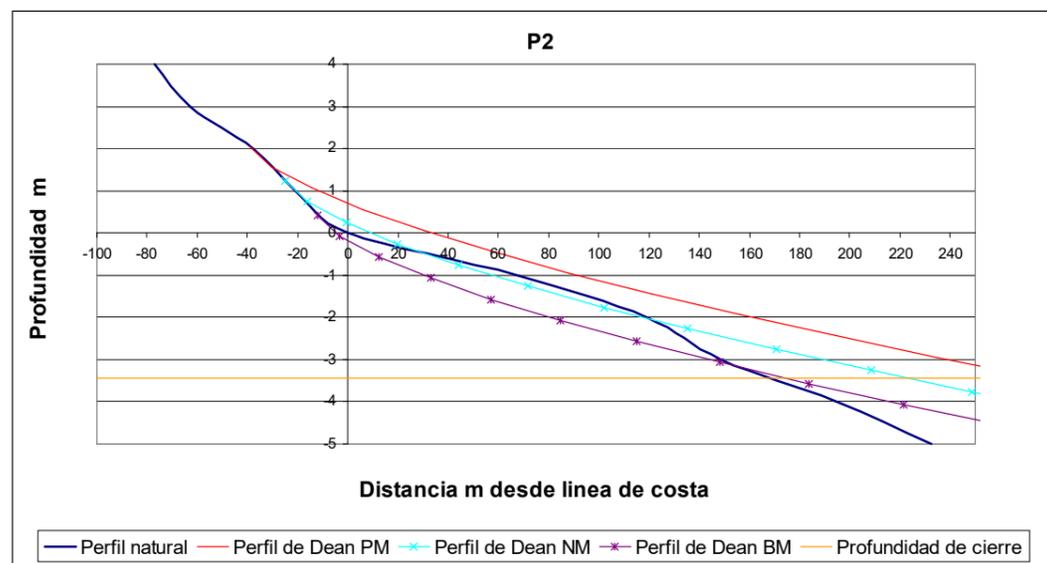


Figura 54.- Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 2 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

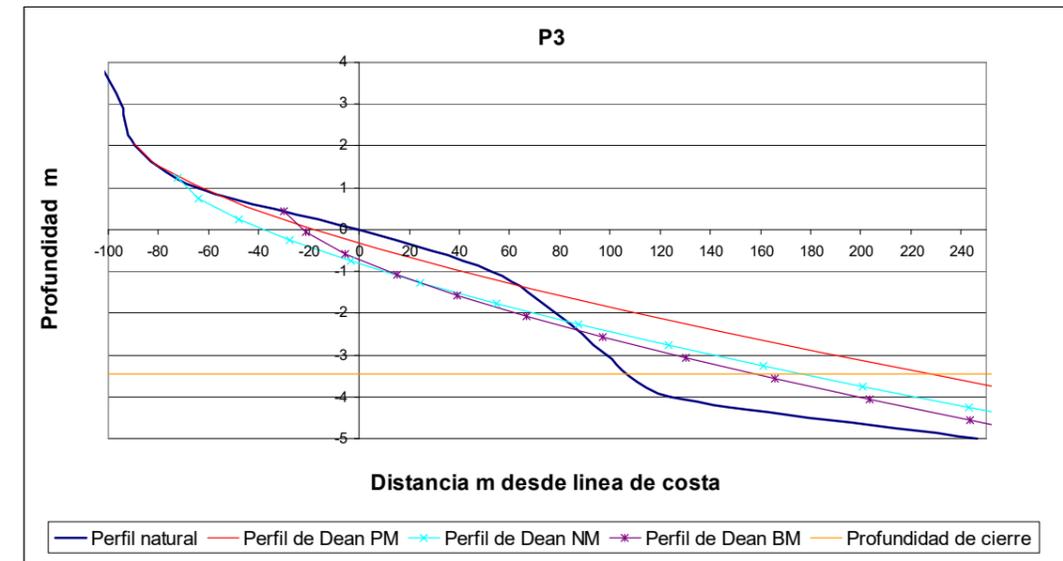


Figura 55.- Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 3 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

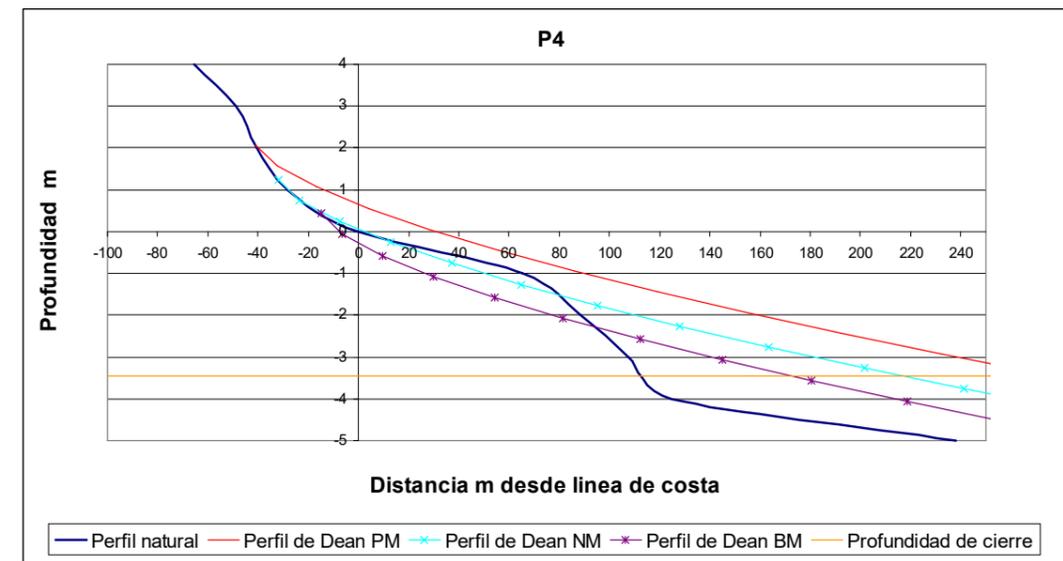


Figura 56.- Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 4 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

A la vista de los resultados, se puede observar que los perfiles 1, 2 y 4 se ajustan mejor al perfil teórico de Dean en el caso del nivel medio de marea, con lo que no habría que realizar otro tipo de ajustes.

Por el contrario, el perfil 3 no se ajusta con el perfil teórico de Dean, debido a la presencia de una extensa plataforma entre la cota 0 y +1 formada por laja rocosa y tramos arenosos intermedios. Igualmente hay que tener en cuenta la escasa presencia de arena en este tramo, donde ni siquiera

existe zona de playa seca. Por estas cuestiones, no podemos considerar que Esta playa esté en equilibrio estático ni dinámico en la actualidad".

Se concluye, por tanto, que el perfil de Dean aplicado desde el nivel medio del mar hacia profundidades inferiores se adapta suficientemente bien a la playa de La Cuchara.

Por lo que respecta a la zona emergida, la experiencia de Marciglob Consultancy Solutions, S.L. indica que el ajuste del perfil teórico de estrán lineal (es decir, con modelo de disipación en la zona de rotura) suele ajustar muy bien a los perfiles reales.

Por todo ello en el diseño de las actuaciones se utilizará el perfil con modelo de disipación en la zona de rotura empleando para el cálculo del parámetro A el promedio de la expresión de Hanson & Kraus y de Dean.

### 3.7.2 ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSPORTE LITORAL

#### 3.7.2.1 Metodologías para el cálculo de la capacidad de transporte longitudinal de sedimentos

La obtención de la tasa del transporte de sedimentos en dirección longitudinal a la costa como consecuencia de las corrientes inducidas por la rotura del oleaje es fundamental para el correcto conocimiento de la dinámica litoral del tramo de costa que se está considerando en el presente estudio.

Para obtener la capacidad de transporte del oleaje, existen los siguientes procedimientos de cálculo:

- La medida directa, "in situ".
- La cubicación de volúmenes retenidos por obras (diques, espigones) situados en los alrededores.
- La determinación de erosiones y acumulaciones en la línea de costa mediante fotografías aéreas a lo largo del tiempo.
- Ensayos a escala reducida.
- Empleo de formulaciones analíticas.
- Estudio mediante modelos matemáticos.

El primer método, el de medida directa, no se utiliza debido al elevado coste que supone llevarlo a cabo y el excesivo plazo de tiempo que es necesario invertir.

La cubicación de volúmenes retenidos por las obras de defensa es un método de gran utilidad y muy utilizado a pesar de que no siempre es posible aplicarlo debido a la inexistencia de obstáculos naturales suficientemente próximos a la zona de estudio o por no disponer de levantamientos topográficos y batimétricos con suficiente precisión para analizar su evolución temporal.

La cuantificación del transporte sólido a partir de las variaciones producidas en la línea de costa debido a las erosiones y acumulaciones del material de las playas mediante restituciones fotogramétricas de fotografías aéreas es un método que resulta aceptable en muchos casos debido a

la simplicidad del proceso y a los resultados bastante aceptables. No obstante el método presenta diversos inconvenientes. Por un lado, las restituciones fotogramétricas se realizan sin tener en cuenta ni los efectos de las mareas astronómica y meteorológica, ni el oleaje, ni la época en la que se realizó la fotografía, por lo tanto, no se tiene en cuenta las diferencias en la línea de orilla debidas al cambio de estación. Por otro lado, dichas restituciones no tienen información acerca del fondo marino ni acerca de las batimétricas, además de introducir los errores propios de la restitución fotogramétrica, que pueden cifrarse en variaciones de la línea de costa de  $\pm 3$  m o incluso mucho más.

Los ensayos a escala reducida en piscinas de oleaje presentan el inconveniente de que resultan muy costosos y además se debe tener especial cuidado con el mantenimiento de una correcta similitud de las escalas de ensayo, sin embargo son muy útiles para establecer cálculos en cuanto a estabildades.

El empleo de formulaciones analíticas es probablemente el método más empleado por su sencillez y rápida implementación. Además existen numerosas formulaciones que pueden ser empleadas con objeto de obtener un cierto rango de variabilidad.

El cálculo del transporte de sedimentos mediante modelos matemáticos es una herramienta muy potente y relativamente poco costosa que permite una obtención rápida y fiable de la capacidad teórica de transporte, que de todas formas debe ser calibrada correctamente.

En este proyecto se ha determinado la capacidad de transporte del oleaje la combinación de dos de estos procedimientos: el empleo de formulaciones analíticas y el modelado numérico.

#### 3.7.2.2 Cálculo del transporte longitudinal mediante formulaciones

El transporte longitudinal potencial de sedimentos puede expresarse en términos del volumen total de sedimento transportado, esto es, incluyendo los huecos entre partículas ( $Q_i$ ) o en términos del peso sumergido de sedimento transportado ( $I_i$ ), que se relacionan mediante la siguiente expresión:

$$I_i = (\rho_s - \rho) \cdot g \cdot (1 - n) \cdot Q_i \quad [N/s]$$

donde

- $\rho_s$  es la densidad del sedimento (habitualmente  $2.650 \text{ kg/m}^3$ , si bien en este caso los resultados de los análisis de las muestras obtenidas 'in situ' indican un valor de  $2.630 \text{ kg/m}^3$ ).
- $\rho$  es la densidad del agua (habitualmente  $1.025 \text{ kg/m}^3$ )
- $n$  es la porosidad del sedimento (habitualmente  $n = 40 \%$ , si bien en este caso los resultados de los análisis de las muestras obtenidas 'in situ' indican un valor  $n = 41,44 \%$ ).

Se habla de transporte potencial (o capacidad de transporte), ya que para producirse debe haber suficiente sedimento en el tramo de costa analizado y los eventuales obstáculos existentes en la costa

(espigones, diques, cañones submarinos...) no deben poder ralentizar o detener dicho flujo sedimentario.

3.7.2.2.1 *Fórmula del CERC*

**Expresión general**

Savage (1962) propuso una ecuación para el cálculo del transporte longitudinal, que posteriormente fue adoptada por el U.S. Army Corp of Engineers en el "Coastal Design Manual" (1966) y que pasó a ser conocida como la fórmula CERC. Posteriormente esta fórmula fue adaptada a los datos de campo disponibles e incluida en las versiones de 1977 y 1984 del "Shore Protection Manual" (SPM).

De acuerdo a esta formulación, el transporte de sedimento (en términos de peso sumergido ( $I_l$ ) es proporcional a la componente longitudinal del flujo de energía del oleaje ( $P_l$ ) de acuerdo con la expresión

$$I_l = K \cdot P_l \quad [N/s]$$

De acuerdo con la teoría de Airy, el valor de  $P_l$  se define como

$$P_l = E_{br} \cdot C_{g,br} \cdot \text{sen}\theta_{br} \cdot \text{cos}\theta_{br} \quad [N/s]$$

donde

- $E_{br}$  es la energía del oleaje evaluada en la zona de rotura:  $E_{br} = \rho \cdot g \cdot H_{br}^2 / 8$ ,
- $\theta_{br}$  es el ángulo entre los frentes de oleaje y la batimetría en la zona de rotura y
- $C_{g,br}$  es la celeridad de grupo en la zona de rotura:  $C_{g,br} = (g \cdot d_{br})^{1/2} = (g \cdot H_{br} / \gamma_{br})^{1/2}$

siendo  $\gamma_{br}$  el índice de rotura, es decir, la relación entre la altura de ola<sup>8</sup> en rotura ( $H_{br}$ ) y la profundidad en la zona de rotura ( $d_{br}$ ), es decir,  $\gamma_{br} = H_{br} / d_{br}$ . De acuerdo a Thornton y Guza (1983) para oleaje irregular definido en términos de altura de ola significativa ( $H_s$ ) puede considerarse  $\gamma_{br} = 0,60$ , mientras que si se trabaja con alturas de ola media cuadráticas ( $H_{rms}$ ) puede tomarse  $\gamma_{br} = 0,42$ .

De este modo se tiene que

$$I_l = K \cdot P_l = K \cdot E_{br} \cdot C_{g,br} \cdot \text{sen}\theta_{br} \cdot \text{cos}\theta_{br}$$

Asumiendo la hipótesis de aguas poco profundas en la zona de rotura, esta expresión puede reescribirse como

$$I_l = K \cdot \frac{\rho \cdot g^{3/2}}{16 \cdot \gamma_{br}^{1/2}} \cdot H_{br}^{5/2} \cdot \text{sen}(2 \cdot \theta_{br})$$

y por tanto

$$Q_l = K \cdot \frac{\rho \cdot g^{3/2}}{16 \cdot \gamma_{br}^{1/2} \cdot (\rho_s - \rho) \cdot (1-n)} \cdot H_{br}^{5/2} \cdot \text{sen}(2 \cdot \theta_{br}) \quad [m^3/s]$$

que es la expresión mediante la cual se presenta habitualmente la ya conocida como fórmula del CERC.

**Cuantificación del coeficiente K**

Un parámetro fundamental al calcular el transporte longitudinal es el coeficiente K, pues relaciona de manera proporcional o lineal dicho transporte y la componente longitudinal del flujo de energía del oleaje<sup>9</sup>. A continuación se presentan diferentes formulaciones existentes para determinar su valor.

Valor de K de acuerdo al "Shore Protection Manual"

A partir del análisis de diferentes mediciones in situ, el "Shore Protection Manual" (ver Figura 57.- ) estableció un valor  $K_s = 0,39$  (en el caso que se utilicen las alturas de ola significantes), que equivaldría a  $K_{rms} = 0,92$  (si se emplean las alturas de ola medias cuadráticas).

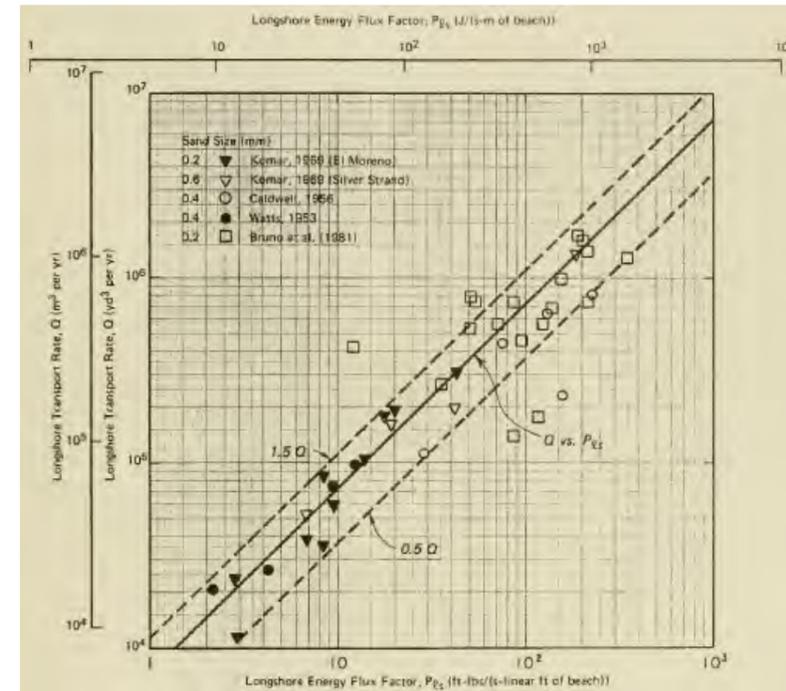


Figura 57.- Relación entre  $I_l$  y  $P_l$  a partir de datos de campo (Fuente: Shore Protection Manual, 1984)

<sup>8</sup> Las alturas de ola que se emplean en esta formulación son o bien la altura de ola significativa ( $H_s$ ) o bien la altura de ola media cuadrática ( $H_{rms}$ ).

<sup>9</sup> En función que en el cálculo de  $P_l$  se emplee  $H_s$  o  $H_{rms}$ , el valor del coeficiente K variará, pudiéndose distinguir entre  $K_s$  (si se utiliza  $H_s$ ) o  $K_{rms}$  (si se emplea  $H_{rms}$ ).

Variación de K en función del parámetro de Iribarren

Kamphuis y Readshaw (1978) observaron una relación entre el valor de K y el número de Iribarren o *surf similarity parameter*, definido como

$$\xi_{br} = \tan\beta_{br} / (H_{s,br}/L_0)^{1/2}$$

donde  $\tan\beta_{br}$  es la pendiente media entre la línea de orilla y la zona de rotura,  $H_{s,br}$  es la altura de ola significativa en rotura y  $L_0$  es la longitud de onda en aguas profundas, definida como  $L_0 = g \cdot T^2 / (2 \cdot \pi)$

Según dichos autores se tiene que

$$K_s = 0,70 \cdot \xi_{br}$$

Variación de K en función del tamaño del sedimento

A partir de resultados de campo (ver Figura 58.-), Bailard (1981, 1984) desarrolló un modelo energético en el cual el coeficiente  $K_{rms}$  era función del ángulo de oleaje en rotura y de la relación entre la máxima velocidad orbital ( $u_{m,br}$ ) y la velocidad de caída del sedimento ( $w_f$ ) de acuerdo a la expresión

$$K_{rms} = 0,05 + 2,6 \cdot \sin^2(2 \cdot \theta_{br}) + 0,007 \cdot u_{m,br} / w_f$$

De acuerdo a la teoría de aguas poco profundas puede considerarse que  $u_{m,br} = 0,5 \cdot \gamma_{br} \cdot (g \cdot d_{br})^{1/2}$ .

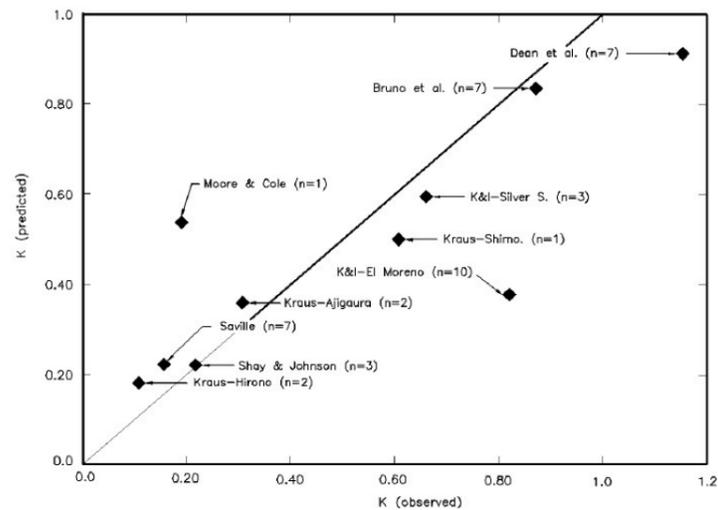


Figura 58.- Calibración del modelo de Bailard para la definición de  $K_s$  (Fuente: *Coastal Engineering Manual*, 2002)

Por su parte Del Valle et al. (1993) presentaron una relación empírica entre el valor  $K_{rms}$  y el diámetro medio del sedimento ( $D_{50}$ ) obtenida a partir de datos de Komar (1988) y datos propios del delta del río Adra (con valores entre 0,40 y 1,50 mm), tal como se muestra en la Figura 59.-

Dicha expresión es

$$K_{rms} = 1,4 \cdot \exp(-2,5 \cdot D_{50}) \quad [D_{50} \text{ expresado en mm}]$$

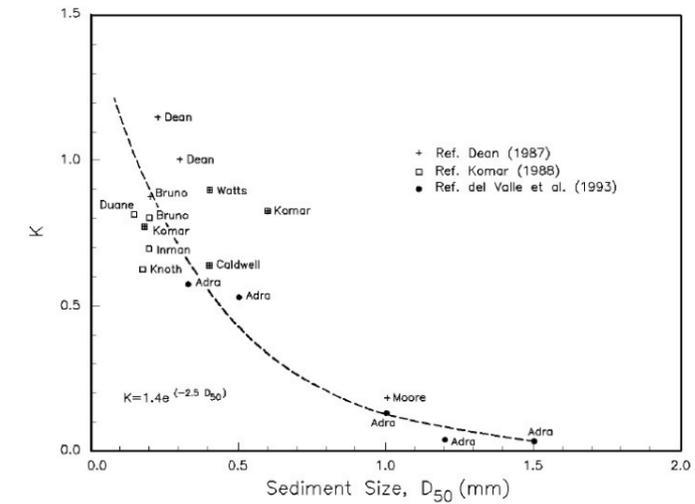


Figura 59.- Calibración del modelo de Del Valle para la definición de  $K_{rms}$  (Fuente: *Coastal Engineering Manual*, 2002)

3.7.2.2.2 *Fórmula de Kamphuis*

Partiendo de una idea similar a la formulación del CERC y basándose en un análisis dimensional y calibraciones con datos de laboratorio y de campo, Kamphuis (1991) propuso la siguiente expresión para el cálculo del transporte longitudinal,

$$Q_l = \frac{0,0013}{(1-n) \cdot (\rho_s - \rho)} \cdot \frac{\rho \cdot H_{s,br}^2}{T_p} \cdot \tan^{0,75} \beta_{cr} \cdot \left(\frac{H_{s,br}}{L_0}\right)^{-1,25} \cdot \left(\frac{H_{s,br}}{D_{50}}\right)^{0,25} \cdot \sin^{0,6}(2 \cdot \theta_{cr}) \quad [m^3/s]$$

donde  $T_p$  es el período pico del oleaje y el resto de parámetros los mismos que se emplean en la fórmula del CERC.

Por consiguiente esta expresión tiene en cuenta simultáneamente la pendiente de la playa y el tamaño medio del sedimento, que como se ha visto anteriormente, son dos de los parámetros que influyen en el valor del transporte de sedimentos, por lo que sus resultados deberían ser más realistas que las anteriores fórmulas.

3.7.2.2.3 *Fórmula de Van Rijn*

A partir de datos de laboratorio, de campo y resultados numéricos, Van Rijn (2001) definió la siguiente expresión para el cálculo del transporte longitudinal

$$Q_l = K_0 \cdot K_{swell} \cdot K_{grain} \cdot K_{slope} \cdot H_{s,br}^{2,5} \cdot V_{eff,L} / [(1-n) \cdot \rho_s] \quad [m^3/s]$$

donde

- $K_0 = 42$
- $K_{swell}$  es el factor de corrección para oleaje swell, definido como  $K_{swell} = 1$  para oleaje de viento y  $K_{swell} = T_{swell}/T_{ref}$  para oleaje de fondo (con  $H_s < 2$  m), siendo  $T_{ref} = 6$  s.
- $K_{grain}$  es el factor de corrección del tamaño de sedimento, definido como  $K_{grain} = D_{50,ref}/D_{50}$ , siendo  $D_{50,ref} = 0,20$  mm (para  $D_{50} > 2$  mm se debe tomar el valor mínimo  $K_{grain,min} = 0,10$ ).
- $K_{slope}$  es el factor de corrección de la pendiente, definido como  $K_{slope} = (\tan\beta/\tan\beta_{ref})^{1/2}$ , siendo  $\tan\beta_{ref} = 0,01$  y  $\tan\beta$  la pendiente media de la playa entre la línea de costa y la isobata  $d = -8$  m y con unos valores límites  $0,75 \leq K_{slope} \leq 1,25$ .
- $V_{eff,L}$  es la velocidad longitudinal efectiva de la corriente en la zona media de surf debida tanto al oleaje como a la marea, definida como  $V_{eff,L} = (V_{wave,L2} \pm V_{tide,L2})^{1/2}$ . Si ambas componentes tienen la misma dirección el signo es positivo y en caso contrario el signo es negativo, siendo
  - $V_{wave,L}$  la componente de la velocidad longitudinal de la corriente inducida por la rotura del oleaje y definida como  $V_{wave,L} = 0,3 \cdot (g \cdot H_{s,br})^{1/2} \cdot \sin(2 \cdot \theta_{br})$ .
  - $V_{tide,L}$  la componente de la velocidad longitudinal de la corriente inducida por la marea y que toma un valor de 0 m/s en caso que no haya marea; 0,1 m/s para micro-mareas; 0,3 m/s para meso-mareas y 0,5 m/s para macro-mareas.

Por consiguiente esta expresión tiene en cuenta simultáneamente la pendiente de la playa y el tamaño medio del sedimento y la existencia de corrientes longitudinales debidas a la marea por lo que sus resultados deberían ser más realistas que las anteriores.

#### 3.7.2.2.4 Implementación de las fórmulas

Todas las fórmulas anteriores han sido empleadas para efectuar el cálculo del transporte potencial o capacidad de transporte longitudinal de sedimentos, para lo cual se ha utilizado el programa matemático **LONGTRANS**, desarrollado por MARCIGLOB.

Los datos de partida de dicho programa son

- Alineación media de la costa ( $\zeta$ ).
- Límites direccionales del fetch, esto es, el abanico de direcciones de oleaje que pueden llegar a la zona de estudio ( $\alpha_{f,max}$  y  $\alpha_{f,min}$ ).
- Características del sedimento (tamaño medio, densidad y porosidad).
- Pendiente media de la playa a lo largo de toda la zona de rotura.
- Velocidad longitudinal neta de la corriente de marea.
- Frecuencias medias de presentación del oleaje en aguas profundas para diferentes sectores direccionales (definidos a través de su dirección media  $\alpha$ ) e intervalos de  $H_s$ .
- Correlación entre  $H_s$  y  $T_p$ .

Todo ello de acuerdo al criterio de signos mostrado en la Figura 60.-

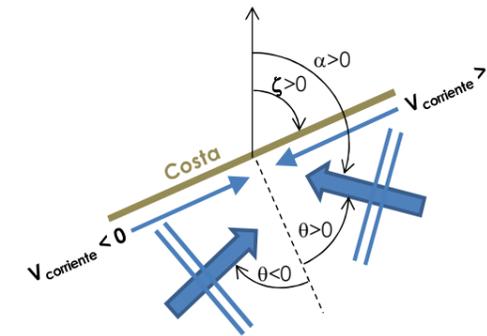


Figura 60.- Criterios de signo del programa LONGTRANS (Fuente: elaboración propia)

El oleaje en alta mar es propagado hacia costa hasta la rotura empleando el programa **REFRAC**, desarrollado por MARCIGLOB.

#### 3.7.2.2.5 Cálculo de la capacidad de transporte longitudinal

Mediante el programa LONGTRANS (ver apartado 3.7.2.2.4) se ha procedido a calcular el transporte potencial en la zona de estudio. En primer lugar se ha procedido a definir los ángulos límites de incidencia del oleaje, que de acuerdo a la Figura 61.- resultan ser  $\alpha_{f,min} = 38,89^\circ$  N y  $\alpha_{f,max} = 210,26^\circ$  N, valores que vienen condicionados por la Punta de Tope (al norte) y la Punta de Las Crucitas (al sur). No obstante dichos límites son teóricos ya que oleajes en alta mar con direcciones menores a  $38,89^\circ$  N o mayores a  $210,26^\circ$  N sí pueden incidir en la zona de estudio tras refractarse. Por todo ello como direcciones límites se tomarán las extremas de los sectores direccionales en los que se encuentran dichos límites teóricos, es decir,  $33,75^\circ$  N y  $213,75^\circ$  N que corresponden a los límites entre los sectores NNE y NE y entre los sectores SSW y SW respectivamente.



Figura 61.- Límites de incidencia del oleaje en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)

En cuanto a la alineación media de la batimetría,  $\zeta$ , de acuerdo con la Figura 62.- toma el valor  $27,3^\circ$  N.

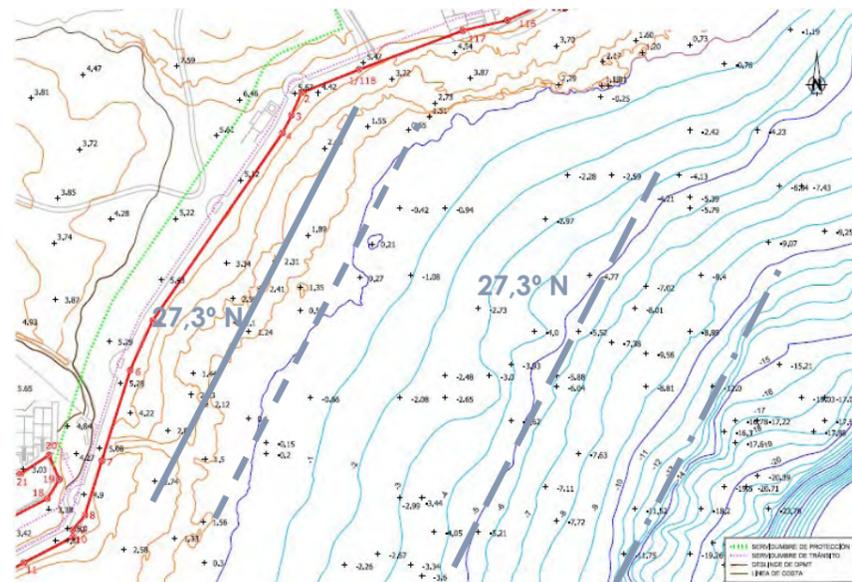


Figura 62.- Alineación media de la batimetría en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)

Tal como se muestra en la Figura 63.- para esta alineación de la costa la capacidad de transporte longitudinal neto de sedimentos es de  $126.923 \text{ m}^3/\text{año}$ , mientras que la capacidad de transporte longitudinal bruto de sedimentos –esto es, sin tener en cuenta el sentido del transporte– es de  $132.510 \text{ m}^3/\text{año}$  (valores obtenidos como promedio de los resultados de las fórmulas de Van Rijn, Kamphuis y CERC con el coeficiente K obtenido a partir de la expresión de Del Valle, que como se comentó son las más fiables al tener en cuenta el tamaño del sedimento<sup>10</sup>). En los cálculos se ha considerado un tamaño medio de sedimento  $D_{50} = 0,35 \text{ mm}$ , similar al existente en las playas más próximas.

La existencia de un transporte longitudinal bruto de un valor muy parecido al neto quiere decir que el transporte mayoritariamente se produce en la dirección neta, es decir, del N a S, siendo por tanto muy poco frecuentes los episodios de oleaje que inducen transporte en sentido contrario (S a N). De hecho el transporte medio de N a S sería de  $129.717 \text{ m}^3/\text{año}$  y el transporte medio de S a N sería de  $2.793 \text{ m}^3/\text{año}$ . De todo lo anterior se concluye que un valor razonable de la capacidad de transporte longitudinal neto en la playa sería de  **$Q_l = 125.000 \text{ m}^3/\text{año}$**  con dirección N-S.

Pese a todo ello, las limitaciones que en este caso presenta la metodología descrita (playa rectilínea sin obstáculos al transporte de arenas y con disponibilidad suficiente de sedimento) aconsejan analizar el transporte de sedimentos mediante modelado numérico que da lugar a resultados más realistas, lo cual se efectúa en el siguiente apartado.

<sup>10</sup> En este caso no se han considerado los resultados obtenidos con la expresión de Kamphuis (que también tiene en cuenta el tamaño del sedimento) pues son exageradamente altos, más del doble que los conseguidos con las fórmulas de CERC (Del Valle) y de Van Rijn.

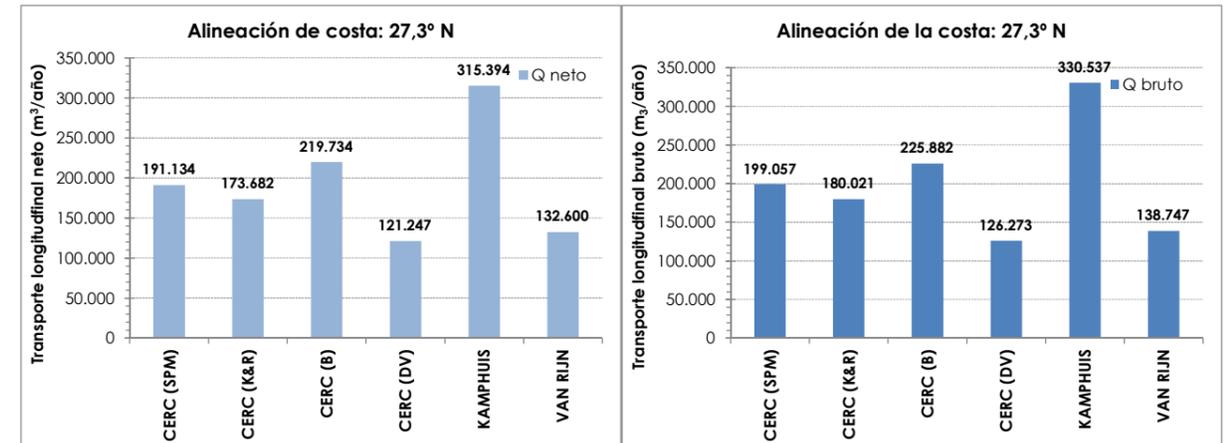


Figura 63.- Capacidad de transporte longitudinal en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)

### 3.7.2.3 Cálculo mediante modelado numérico

Dada la complejidad de la morfodinámica en la zona de rompientes, existe una metodología que permite calcular con mayor aproximación el transporte de sedimentos en las zonas costeras. Dicha metodología consiste en la determinación de los patrones de propagación y rotura del oleaje, la obtención de los tensores de radiación, el cálculo de las corrientes de oleaje a partir de dichos tensores y, finalmente, el transporte de sedimentos inducido conjuntamente por oleaje y corrientes.

Todo ello se ha realizado en el sistema playero de estudio, mediante el programa Sistema de Modelado Costero (**SMC**); desarrollado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (G.I.O.C.) de la Universidad de Cantabria, para la antigua Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente.

#### 3.7.2.3.1 Conceptos previos sobre el modelo utilizado

La utilización de un modelo numérico es un procedimiento muy útil para el cálculo del transporte sedimentario, ya que es una herramienta muy potente y relativamente poco costosa que permite obtener la capacidad teórica de transporte de forma rápida y fiable. De todas maneras estos modelos deben ser siempre validados y calibrados correctamente para obtener resultados satisfactorios. Actualmente en la ingeniería marítima los modelos numéricos son recientes y están en periodo de perfeccionamiento, entre ellos los modelos acerca de la dinámica sedimentaria son los que se encuentran en menor desarrollo.

La modelización del transporte sedimentario se ha realizado con el módulo **EROS** (modelo bidimensional y horizontal de evolución morfológica de una playa). El programa EROS forma parte del Modelo integral de evolución MORfológica de una PLaya debida a la acción del oleaje y a las corrientes de rotura (**MOPLA**), el cual, a su vez se engloba en el modelo de análisis a corto plazo de playas del programa SMC. El concepto "corto plazo" debe entenderse como la escala temporal de

validez del modelo (horas – días). Es decir, estos modelos son útiles para simular el comportamiento de una playa sometida a la acción de un determinado estado de mar.

El modelo EROS es un modelo numérico que resuelve las ecuaciones del flujo de sedimentos dentro de la zona de rompientes, así como los cambios en la batimetría asociados a las variaciones espaciales del transporte de sedimentos. Este modelo requiere como datos de entrada los siguientes:

- Campo del oleaje (calculados con el módulo OLUCA, también perteneciente al MOPLA)..
- Campo de corrientes inducidas por la rotura del oleaje (calculado con el modelo COPLA, también perteneciente al MOPLA).
- Datos de características del sedimento de la playa.

Los campos del oleaje y de corrientes se presentan en el Anejo nº 3 del Proyecto, en el que se ha efectuado la propagación de diferentes casos de oleaje espectral, con las direcciones características de la zona (E, ESE, S y SSW) y con unas alturas de ola correspondientes al oleaje morfológico (aquel que tiene la misma energía que todas las olas de un determinado sector direccional) y al excedido 12 h/año (y cuyos valores de  $H_s$  y  $T_p$  se muestran en el Anejo nº 2). El tamaño de sedimento introducido en el modelo es el que se corresponde con el tamaño medio ( $D_{50}$ ) de las arenas existentes en el sistema susceptibles de ser incorporadas al transporte litoral, que en este caso son del orden de 0,19 mm (ver apartado).

Con el modelo se obtienen resultados sobre el vector transporte de sedimentos en todo el dominio de cálculo, que permite cuantificar magnitudes y sentido del transporte. Para ello se ha aplicado el modelo de Soulsby-Van Rijn (1997), que es una expresión analítica experimental que aproxima de manera bastante aproximada a la formulación para ola-corriente de van Rijn, evaluando tanto el transporte por fondo como por suspensión sobre fondo horizontal (se considera el efecto de la pendiente por fondo en el inicio del transporte). Se ha tomado para los cálculos una viscosidad de remolino de 8 m<sup>2</sup>/s. Para la aplicación del modelo, las ecuaciones se resuelven mediante un método de diferencias finitas sobre una malla rectangular.

### 3.7.2.3.2 Resultados del modelo numérico

Los resultados gráficos del modelo numérico referente al transporte potencial de los 10 escenarios de oleaje analizados se incluyen en el Apéndice 1 del Anejo nº 4.

La tendencia direccional del transporte de sedimentos es muy similar a la de las corrientes de rotura del oleaje que se presentaron en el Anejo nº 3, tal como puede apreciarse en la Figura 64.- (para el oleaje morfológico) y en la Figura 65.- (para el oleaje asociado a  $H_{s12}$ ).

De su análisis en la zona donde se desarrollarán las obras se desprende lo siguiente:

- Los oleajes del NNE tras refractarse intensamente alcanzan la costa con una altura de ola muy reducidas, por lo que tanto las corrientes generadas como su capacidad de transporte

de sedimentos es muy limitada (especialmente en el caso del oleaje morfológico en el que el valor del transporte es prácticamente nulo) y en cualquier caso de dirección N-S.

- Los oleajes del NE son los que producen un transporte longitudinal de sedimentos de mayor intensidad (también con dirección N-S). Al tratarse de los oleajes con mayor frecuencia de presentación es el que al final controla la dinámica sedimentaria en la zona de estudio.
- Los oleajes del E son producidos también un transporte longitudinal de sedimentos de intensidad considerable (con dirección N-S salvo el oleaje morfológico en la mitad sur de la playa donde la dirección se invierte y es S-N).
- Los oleajes del SE provocan un campo de transporte de sedimentos más variable; así para el oleaje morfológico se aprecia alternancia de dirección S-N en ambos extremos de la zona de estudio y de N-S en la zona central (en todos los casos de escasa magnitud), mientras que en el caso del oleaje asociado a  $H_{s12}$ , en la mitad norte el transporte es N-S y en la mitad sur tiene dirección S-N y menor intensidad.
- Los oleajes del S provocan un transporte de sedimentos de S-N, si bien en el caso del oleaje morfológico el transporte de sedimentos es sólo significativo en la mitad sur de la zona de estudio.

Se ha realizado la integración espacial del campo de transporte de sedimentos (que presenta unidades de m<sup>3</sup>/h/m) a lo largo de dos perfiles transversales situados en los 2 extremos de la zona de estudio (P-1 en el extremo norte y P-2 en el extremo sur, cuya ubicación puede apreciarse en la Figura 64.- ), con objeto de poder calcular el transporte. Cada uno de los valores obtenidos para los 10 escenarios de oleaje analizados ha sido posteriormente ponderado por su frecuencia anual de presentación. Debe recordarse que el oleaje morfológico representa la energía de todos los oleajes y por tanto el valor de transporte de sedimentos obtenido sería más representativo de un transporte medio, mientras que los oleajes asociados a  $H_{s12}$  son representativos de unos temporales de intensidad media/alta (con una frecuencia de presentación de una vez al año aproximadamente) y por tanto el valor de transporte de sedimentos obtenido sería más representativo de los episodios de oleaje más energéticos. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 17.- Resultados del transporte de sedimentos obtenido con el programa EROS. El signo (+) indica dirección N-S y el signo (-) dirección S-N (Fuente: elaboración propia)

#### Perfil P-1

Oleaje	NNE	NE	E	SE	S	Transporte neto
Morfológico	0 m <sup>3</sup> /a	+9.091 m <sup>3</sup> /a	+317 m <sup>3</sup> /a	-6 m <sup>3</sup> /a	0 m <sup>3</sup> /a	<b>+9.402 m<sup>3</sup>/a</b>
Excedido 12 h/año	+7 m <sup>3</sup> /a	+750 m <sup>3</sup> /a	+81 m <sup>3</sup> /a	+3 m <sup>3</sup> /a	-3 m <sup>3</sup> /a	<b>+838 m<sup>3</sup>/a</b>

#### Perfil P-2

Oleaje	NNE	NE	E	SE	S	Transporte neto
Morfológico	0 m <sup>3</sup> /a	0 m <sup>3</sup> /a	-209 m <sup>3</sup> /a	-4 m <sup>3</sup> /a	-78 m <sup>3</sup> /a	<b>-291 m<sup>3</sup>/a</b>
Excedido 12 h/año	0 m <sup>3</sup> /a	+179 m <sup>3</sup> /a	+23 m <sup>3</sup> /a	-2 m <sup>3</sup> /a	-16 m <sup>3</sup> /a	<b>+184 m<sup>3</sup>/a</b>

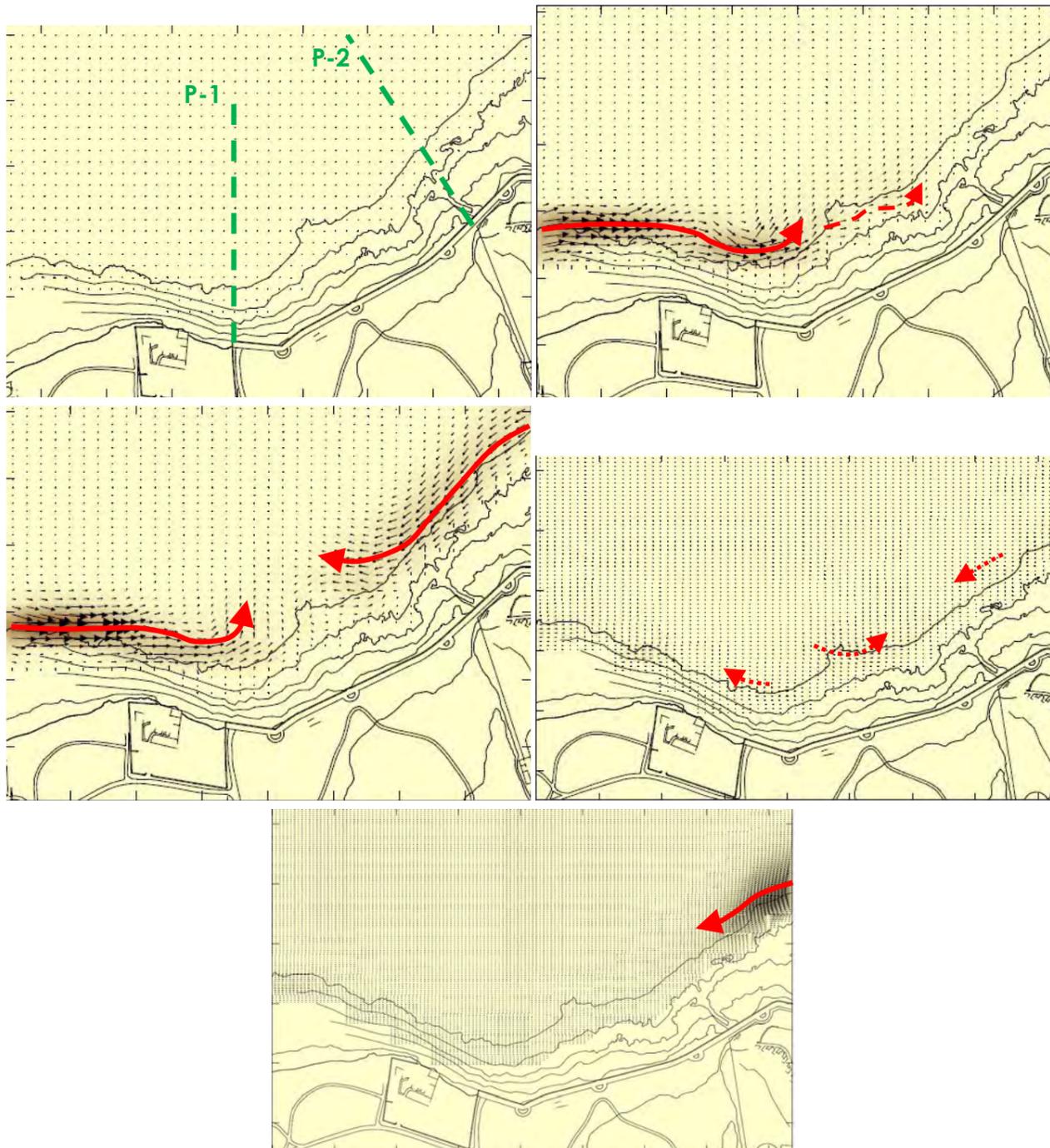


Figura 64.- Vectores transporte de sedimentos correspondientes al oleaje morfológico. De arriba abajo y de izquierda a derecha: NNE, NE, E, SE y S. La escala gráfica de los vectores es diferente en cada caso, como puede apreciarse en las gráficas del Apéndice 1 (Fuente: elaboración propia)

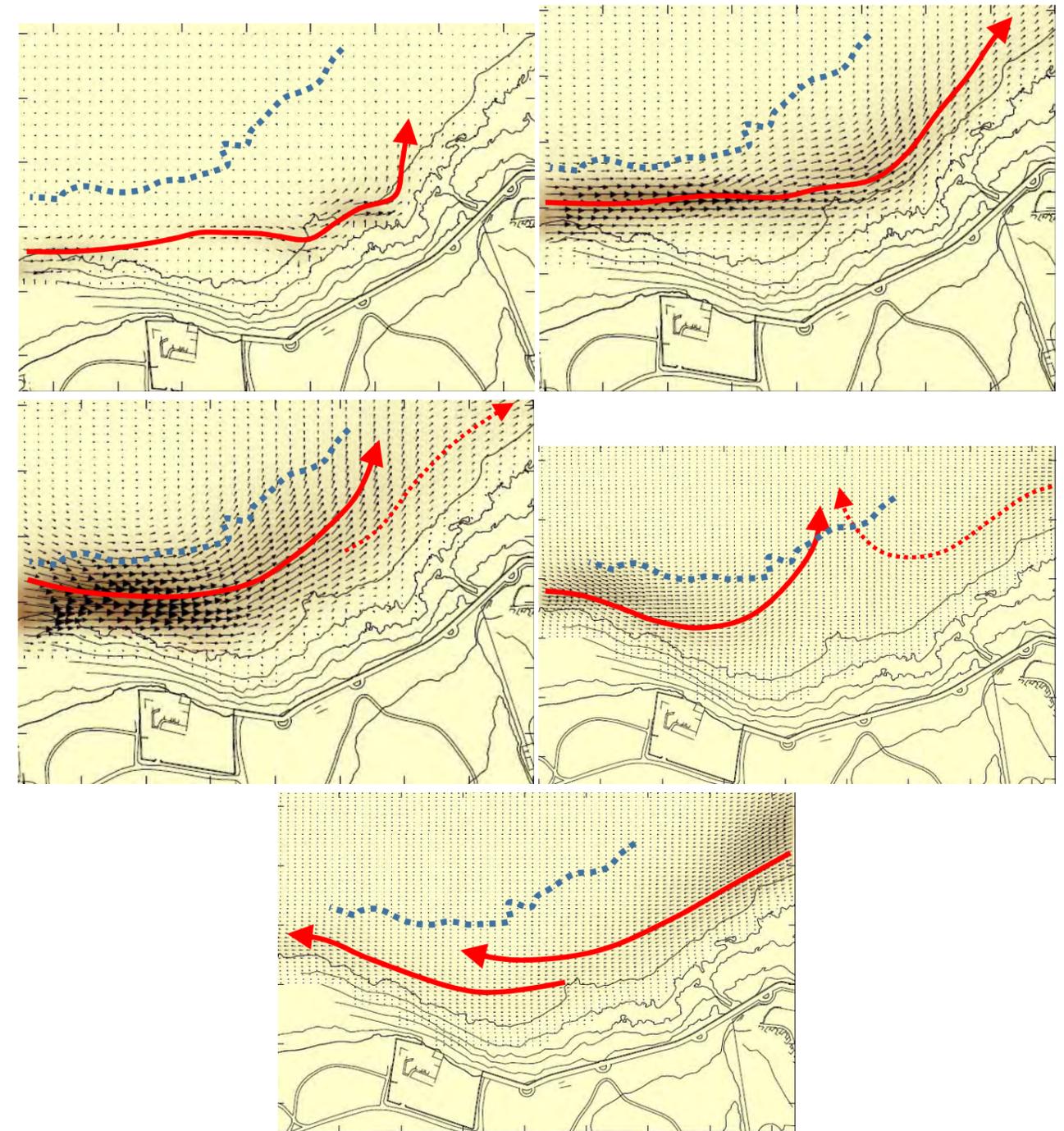


Figura 65.- Vectores transporte de sedimentos correspondientes al oleaje asociado a Hs12. De arriba abajo y de izquierda a derecha: NNE, NE, E, SE y S. La escala gráfica de los vectores es diferente en cada caso, como puede apreciarse en las gráficas del Apéndice 1. La línea azul discontinua representa la profundidad activa (Fuente: elaboración propia)

Se concluye por tanto que en el extremo norte de la zona de estudio el transporte longitudinal neto de sedimentos es  $Q_l = 10.000 \text{ m}^3/\text{a}$  con dirección N-S, mientras que en el extremo sur de la zona de estudio el transporte longitudinal neto de sedimentos es prácticamente nulo ( $Q_l = 300 \text{ m}^3/\text{a}$  con dirección S-N), es decir, unos valores sensiblemente inferior al obtenido mediante las fórmulas analíticas en el apartado 3.7.2.2.5.

No obstante debe tenerse en cuenta que este tipo de modelos de "corto plazo" son muy dependientes de la batimetría empleada en la modelación, de manera que cambios significativos en la misma pueden suponer diferencias considerables en los resultados. Por todo ello su extrapolación para efectuar valoración a medio/largo plazo (por ejemplo, en la determinación del transporte medio anual) debe realizarse con cierta cautela.

#### 3.7.2.4 Comentarios respecto al transporte de sedimentos

El cálculo teórico del transporte longitudinal a partir de formulaciones (CERC, Kamphuis, Van Rijn...) tiene unas limitaciones importantes y se trata de un transporte siempre potencial sin tener en consideración las condiciones locales tanto de la batimetría como de la línea de costa. Por otro lado el modelo numérico resuelve las ecuaciones del flujo de sedimentos dentro de la zona de rompientes, así como los cambios en la batimetría asociados a las variaciones espaciales del transporte de sedimentos. De todos modos ha podido comprobarse que en este caso ambos métodos describen bien la situación del transporte en la zona de manera cualitativa ya que arrojan resultados similares. Así tanto con el programa LONGTRANS como con el EROS se obtiene que la dirección asociada a un mayor transporte es claramente el NE y que los transportes asociados a los oleajes del SE y S tienen una dirección neta contraria (S a N) pero con una intensidad mucho menor, tal como se aprecia en la Figura 66.- (en la que las columnas indican los cálculos analíticos correspondientes al eje de ordenadas izquierdo y la línea discontinua representa los cálculos analíticos mediante modelo numérico y se corresponden al eje de ordenadas derecho).

Por todo ello y teniendo en cuenta todas las consideraciones realizadas se considerará que el transporte longitudinal neto de sedimentos estará alrededor de los  $Q_l = 10.000 \text{ m}^3/\text{año}$  con dirección N-S). Se reitera, no obstante, que estos valores se han obtenido a partir de un tamaño de sedimento  $D_{50} = 0,40 \text{ mm}$  si bien, tal como se ha explicado en el apartado 3.4.4 en esta zona los fondos son rocosos, por lo que se trata de valores exclusivamente potenciales.

En cuanto al alcance espacial de este transporte longitudinal, en la Figura 65.- se compara el campo vectorial de transporte obtenido con los oleajes asociados a  $H_{s12}$  y la profundidad activa (es decir, aquella a partir de la cual el transporte longitudinal deja de ser significativo y en cuyo cálculo se emplea  $H_{s12}$ , tal como se vio en el apartado 3.7.1.2.1). Puede comprobarse que en general los vectores de transporte se encuentran mayoritariamente dentro de la zona denominada 'litoral' (definida entre la línea de costa y la profundidad activa) incluso para los oleaje del NE y del E (que son los más energéticos, es decir, con mayor altura de ola).

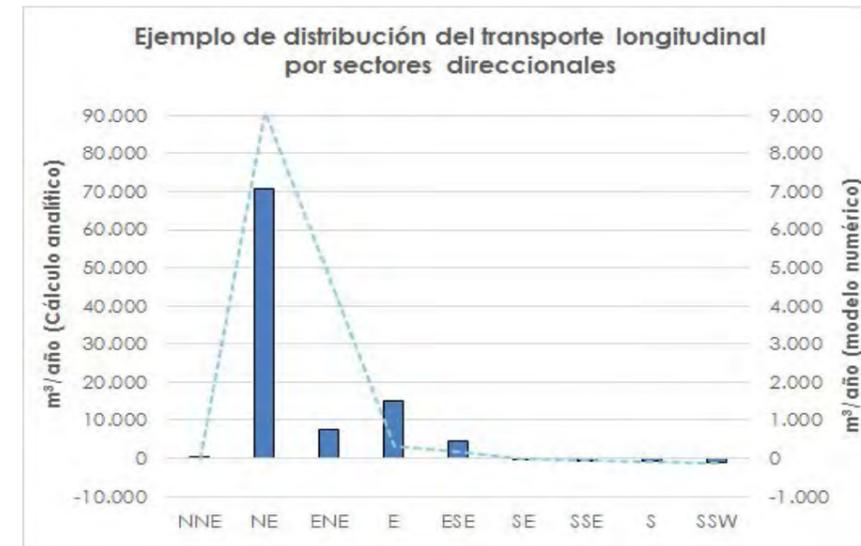


Figura 66.- Ejemplo de variación del transporte longitudinal (fórmula de Van Rijn) en función de la dirección de incidencia del oleaje. Valores positivos: NE-SW; valores negativos: SW-NE (Fuente: elaboración propia)

### 3.7.3 BALANCE SEDIMENTARIO Y EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

#### 3.7.3.1 Evolución de la línea de costa

##### 3.7.3.1.1 Consideraciones generales

El tramo litoral en el cual se incluye la zona en estudio se caracteriza por ser un acantilado bajo con presencia de diferentes elementos pétreos (rocas, bolos, cantos rodados, guijarros...) como puede apreciarse en la Figura 67.-



Figura 67.- Tipología costera de la zona de estudio (Fuente: elaboración propia).

Cerca de la zona de estudio existen dos playas (Los Charcos y Las Cucharas) si bien son artificiales y se construyeron mediante la aportación de arena y la construcción de espigones que la estabilicen.

### 3.7.3.1.2 Evolución histórica

En la Figura 68.- y Figura 69.- se muestran diferentes fotografías aéreas de la zona de actuación entre los años 1982 y 2015.

Puede apreciarse que en la primera fotografía (1982) ya se había construido la playa artificial de Los Charcos (con aportación de arena y unos nuevos espigones con una forma en planta convergente) y que también se había ejecutado el dique existente en el extremo sur de la Bahía de las Cucharas pero no la alimentación artificial de las playas de esta bahía (hay que comentar que en una fotografía anterior de 1966 no se aprecia ninguna de estas dos actuaciones)-

En la siguiente fotografía (1990) ya se había ejecutado la alimentación artificial de la playa de Las Cucharas, con la aportación de arena y la construcción de espigones perpendiculares a la costa.

En el resto de fotografías (1998, 2005, 2009 y 2015) no se aprecian cambios significativos en la línea de costa (debe tenerse en cuenta que estas fotografías fueron tomadas con diferentes niveles de marea por lo que la zona seca/sumergida de las playas varía en cada imagen –avances y retrocesos– si bien la forma en planta se mantiene).

Por lo que respecta al detalle de la zona de actuación (Figura 69.-) se aprecia que la forma de la línea de costa se ha mantenido estable a lo largo de este período temporal (1982-2015). Los avances y retrocesos apreciados se deben a que, como ya se explicó, las fotografías fueron tomadas con diferentes niveles del mar.

### 3.7.3.1.3 Evolución futura

De acuerdo con el apartado anterior, se puede afirmar que las playas en la zona de actuación se seguirán manteniendo estables, con las inevitables pérdidas de sedimento como consecuencia de los temporales más energéticos.

### 3.7.3.2 Balance sedimentario

Para efectuar el balance sedimentario de la zona objeto de estudio, se han considerado los siguientes límites:

Longitudinalmente Al norte: perfil P-1 (ver Figura 64.- )

Al sur: perfil P-2 (ver Figura 64.- )

Transversalmente Por el lado tierra: paseo marítimo

Por el lado mar: isóbata correspondiente a la profundidad de cierre (-10 m)

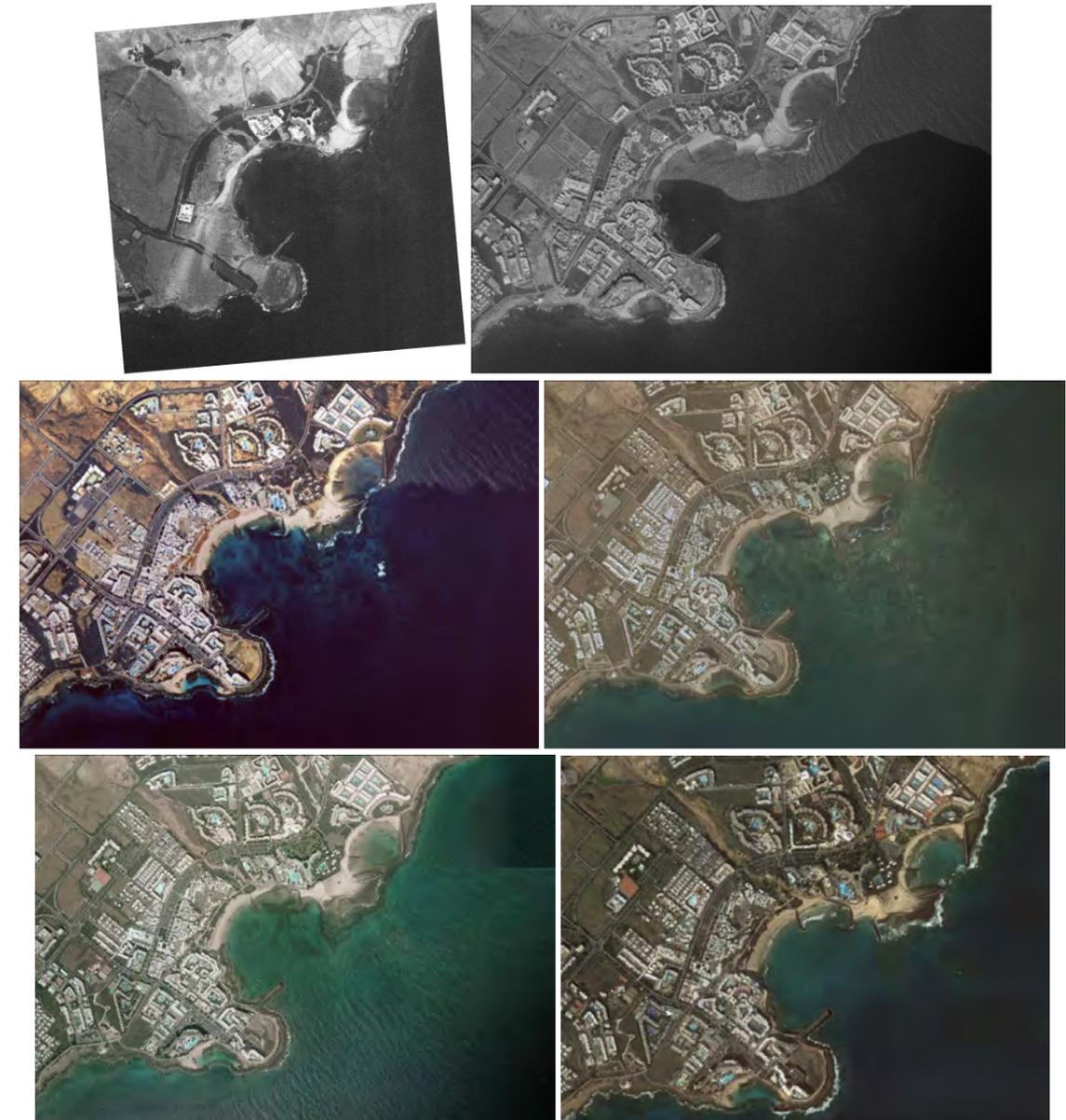


Figura 68.- Fotografías aéreas histórica de la línea de costa en el ámbito de la zona de actuación en 1982, 1990, 1998, 2005, 2009 y 2015 (Fuente: Grafcan y GoogleMaps)



Figura 69.- Fotografías aéreas histórica de la línea de costa en la zona de actuación en 1982, 1990, 1998, 2005, 2009 y 2015 (Fuente: Grafcan y GoogleEarth)

A partir de los resultados mostrados en la Tabla 17.- se concluye que el balance sedimentario en esta zona es

$$\begin{aligned} \text{Balance sedimentario} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_{\text{entrante}} - Q_{\text{saliente}} = Q_{P1} + Q_{P2} + Q_{-10} + Q_{\text{paseo}} = \\ &= +9.402 - (-291) + 0 + 0 = +9.693 \text{ m}^3/\text{año} \end{aligned}$$

Es decir, una ganancia de sedimento de unos 9.500 m<sup>3</sup>/año. Se reitera, no obstante, que estos valores se han obtenido a partir de un tamaño de sedimento D<sub>50</sub> = 0,40 mm si bien, tal como se ha explicado en el apartado 3.4.4 en esta zona los fondos son rocosos, por lo que se trata de valores exclusivamente potenciales. El tamaño de los materiales existentes es lo suficientemente grande como para que el transporte sea prácticamente existente, como corrobora su estabilidad a lo largo de los últimos años, como se ha visto en el apartado 3.7.3.1.2.

### 3.8 ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

La Red Natura 2000 está constituida por dos tipos de espacios: las zonas especiales de conservación (ZEC) y las zonas de especial protección para las aves (ZEPA). La inclusión de una ZEC en la Red Natura 2000 se consolida a través de un proceso en el que los estados miembros proponen el área primero como lugar de importancia comunitaria (LIC).

En la isla de Lanzarote existen hay 11 ZECs terrestres con una superficie total de 26.882 Ha, 1 ZEC. marino-terrestre, y 3 ZECs marinos con una superficie de 3304 Ha. La denominación y superficie de los ZECs con componente marina (cuya ubicación se muestra en la Figura 70.-) es la siguiente.

- "Sebadales de la Graciosa" con código ES 7010020 (1.440 Ha marinas) [nº 3 en la Figura 70.-].
- "Los Jameos" con código ES 7010054 (32,7 Ha terrestres y 243,6 Ha marinas) [nº 5 en la Figura 70.-].
- "Sebadales Guasimeta" con código ES 7010021 (1.162 Ha marinas) [nº 6 en la Figura 70.-].
- "Cagafrecho" con código ES 7011002 (540 Ha marinas) [nº 7 en la Figura 70.-].

Puede apreciarse que ninguno de ellos se encuentra en la zona de estudio.

Más próxima a la zona de proyecto se sitúa la ZEPA "Llanos de La Corona y Tegala Grande" con código ES0000350 (2.751 Ha terrestres) [nº 12 en la Figura 70.-].

En el marco de ampliación de las zonas LICs surgió el proyecto LIFE+ INDEMARES (2009-2014), desarrollado por el antiguo Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), Fundación Biodiversidad, IEO, CSIC y diversas ONGs ambientales, que proporcionó las bases científicas para la ampliación de la Red Natura 2000 en el ámbito marino y como resultado del cual se realizó la propuesta de declaración a la Comisión Europea de 10 nuevos LICs y la declaración por España de 39 ZEPAs. Uno de estos LICs propuestos es el "Espacio Marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura" (codificado como ESZZ15002), que se muestra en la Figura 71.-, cuya la propuesta de inclusión en la lista de lugares de importancia comunitaria de la Red Natura 2000, fue aprobada el año 2015 a través de la Orden AAA/368/2015, de 24 de febrero.

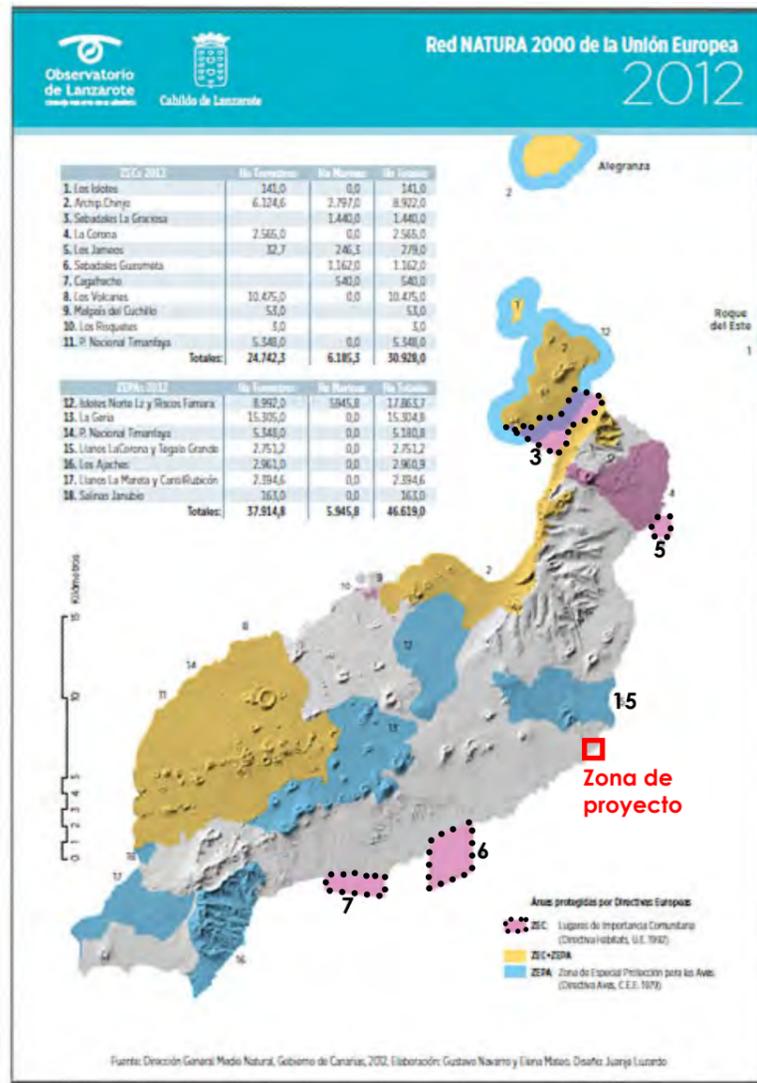


Figura 70.- Ubicación de los ZECs y ZEPAs en la isla de Lanzarote (Fuente: Cabildo de Lanzarote)

En el Diario Oficial de la Unión Europea de 23.12.2016 se publica la Decisión de Ejecución (UE) 2016/2330 de la Comisión de 9 de diciembre de 2016 por la que se adopta la sexta lista actualizada de Lugares de Importancia Comunitaria de la región biogeográfica macaronésica, entre los que se incluye el "Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura", con código ESZZ15002 y una superficie marina de 1.432.842,48 Ha, por lo que dicho espacio puede considerarse oficialmente como LIC.

En cualquier caso es importante destacar que las especies por las que se declara esta zona como lugar de importancia comunitaria son la tortuga boba (1224-Caretta caretta) y el delfín mular (1349-Tursiops truncatus), mientras que los hábitats por los que se declara LIC, son los bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda (cod. 1110) y el hábitat 1170 de arrecifes.

Como se observa en la Figura 72.- la zona de estudio queda incluida dentro de la propuesta de este nuevo LIC ESZZ15002.

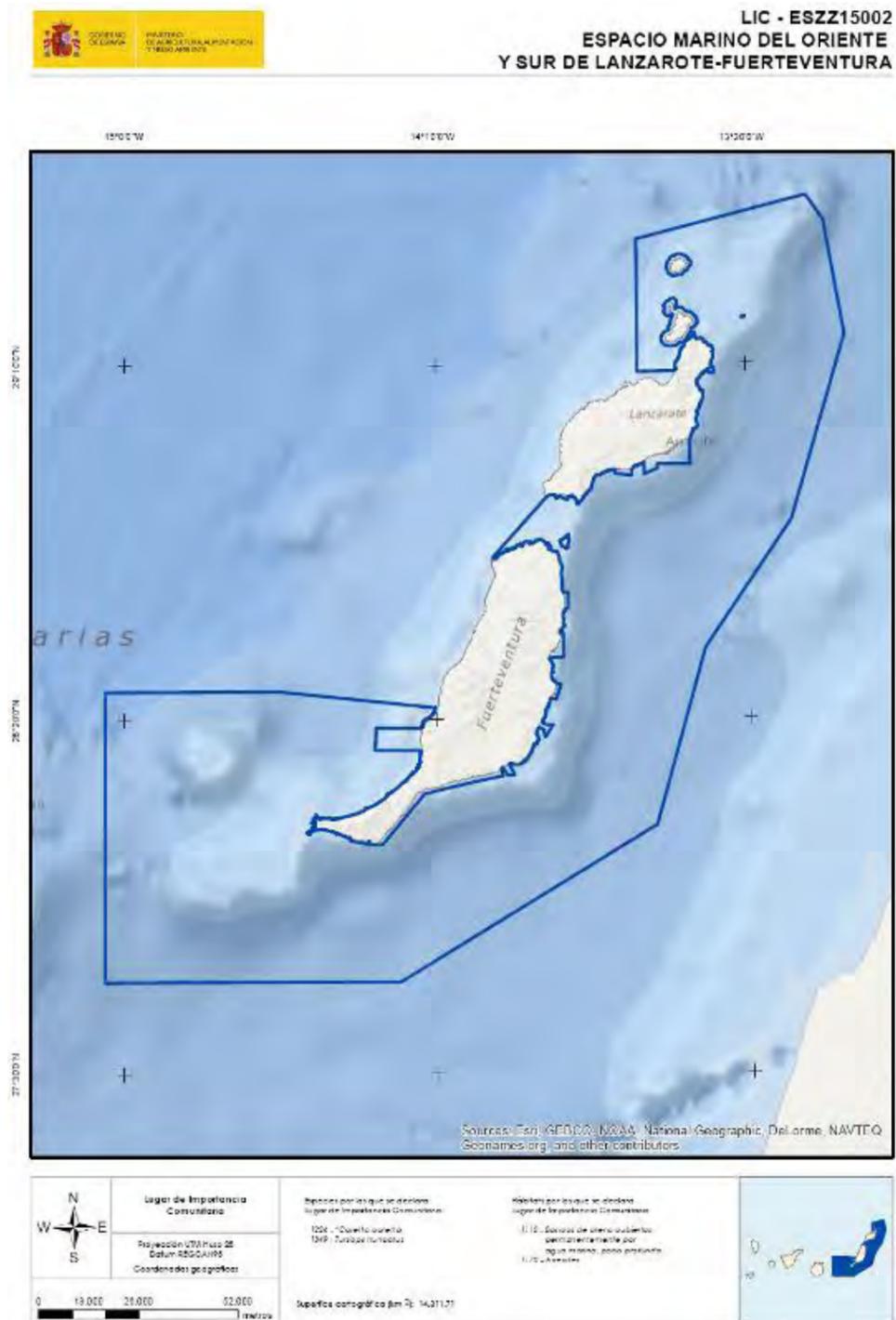


Figura 71.- LIC "Espacio Marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura" (Fuente: MAGRAMA)

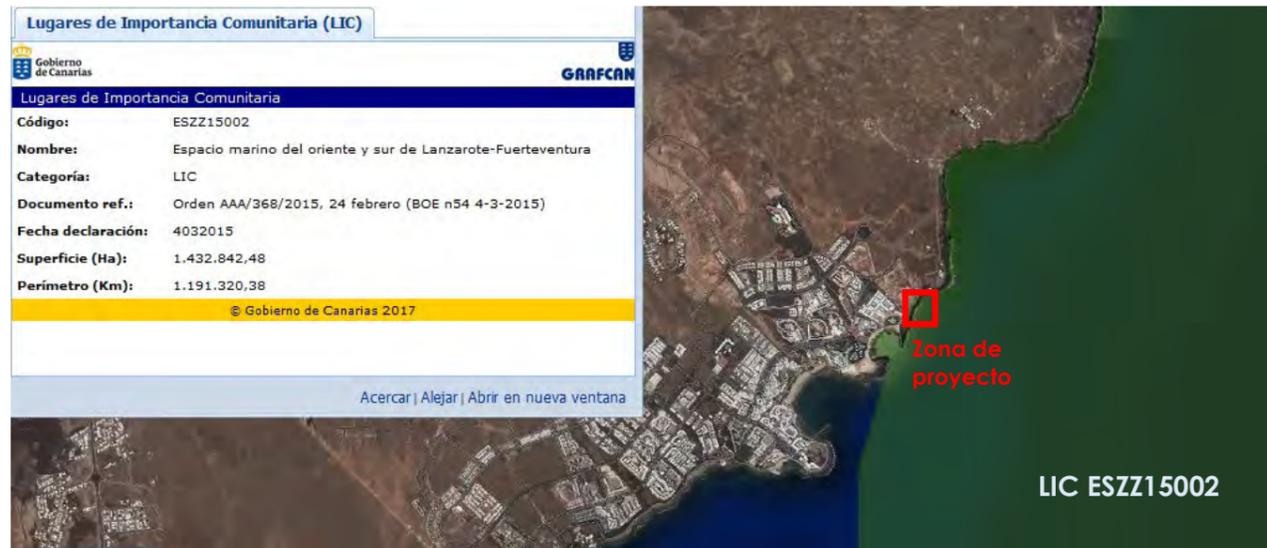


Figura 72.- Límite del L.I.C. ESZZ15002 cerca de la zona de proyecto (Fuente: Gobierno de Canarias)

De acuerdo a lo especificado en el apartado 3.9 ninguna de las especies por las que se declara esta zona como LIC (tortuga bobo y delfín mular, tal como se ha comentado) se han detectado en la zona de estudio ya que estas especies son de hábitos oceánicos.

Tampoco se detecta en la zona de estudio el hábitat "1.110- Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda", mientras que en la mayor parte de la zona analizada se han detectado blanquiales de *Diadema africanum* (en los que la roca aparece desprovista de vegetación por la acción de este erizo) y que no están incluidos dentro del hábitat "1.170- Arrecifes", de acuerdo al propio documento emitido por el proyecto INDEMARES (Almon, B, et al 2014) en el que los autores identificaron 14 comunidades incluidas en dicho hábitat 1.170 y entre las cuales no se encuentran los blanquiales.

### 3.9 ESTUDIO DE BIONOMÍA Y BIOCENOSIS EXISTENTES. COMUNIDADES NATURALES

#### 3.9.1 OBJETIVO, ALCANCE Y METODOLOGÍA

Los trabajos realizados tienen el objetivo fundamental de llevar a cabo una caracterización (inventario) ambiental en la zona costera (playa emergida y sumergida) situada al Norte de la playa de Los Charcos, en el tramo más septentrional de Costa Teguisse (Lanzarote).

El objetivo general es la realización de un inventario y una cartografía temática donde se distinga la distribución de las biocenosis existentes y la caracterización de las distintas comunidades bentónicas asociadas al área de proyecto.

Todo ello se ha efectuado superponiendo a las características morfológicas de la zona, la información bionómica recogida en los trabajos de campo, incluyendo toda la información recopilada sobre la zona.

Con estos objetivos, se llevó a cabo en el mes de marzo de 2017 la correspondiente campaña de campo exhaustiva, consistente en:

- Recorridos de vídeos / buzos con objeto de realizar la caracterización bionómica visual de los fondos.
- Inmersiones puntuales de comprobación donde resultó necesario en función de los resultados que se fueron obteniendo.
- Instalación de estaciones para caracterizar el medio desde el punto de vista biológico.
- Instalación de estaciones para caracterizar el medio desde el punto de vista de calidad de agua (ver apartado 3.6).

El equipo desplazado estuvo compuesto por un equipo multidisciplinar especialista en buceo científico, apoyado por un equipo de gabinete y laboratorio cualificado. Fueron realizadas inspecciones de los distintos biotopos, estableciendo para ello una serie de transectos de exploración biológica, así como análisis de calidad de agua.

Las fuentes cartográficas consultadas y/o tomadas como referencia para posicionamiento y edición fueron:

- Carta Marina 502 y 503, escala 1:50.000, del Instituto Hidrográfico de la Marina.
- Levantamiento topo-batimétrico de detalle descrito en el apartado 3.3.
- Programa informático Mapsource de Garmin.

Para la situación de los trabajos en el mar, se utilizaron posicionadores vía satélite (GPS), marca Garmin GPS 12. Para los sondeos de profundidades se utilizó una sonda marca Humminbird Matrix 97, colocada en la embarcación, una sonda digital de mano portátil marca Hondex PS-7 y los ordenadores de buceo marca Aladin pro.

Tal como se representa en Plano A2.4 Mapa bionómico, resultante de los trabajos de investigación desarrollados, además de la zona de caracterización inicial afectada directamente por las obras (32.000 m<sup>2</sup>) y que se muestra en la Figura 73.-, se han cubierto áreas colindantes hasta el espigón Norte de la playa de Los Charcos (y hasta casi la batimétrica -8 m).

Tal como se explicó en el apartado 3.6 para determinar la calidad de agua, se ubicaron 2 estaciones hidrográficas en las que se efectuó la lectura continua a lo largo de la columna de agua de temperatura, pH, salinidad y O<sub>2</sub> disuelto y en las que se recogió una muestra intermedia de la columna de agua en ambas estaciones, para posterior análisis de las concentraciones de Enterococos intestinales y de *Escherichia coli* en laboratorio cualificado.

Como se muestra en el apartado 3.9.5, dada la relevancia ecológica de las poblaciones de *Diadema africanum*, se realizaron las siguientes tareas para el estudio específico de las mismas:

- Estudios de abundancia (numero individuos por m<sup>2</sup>)
- Tipos de distribución (aleatoria, conjunta, etc.)
- Tipo de blanquízal (moderado, o maduro)

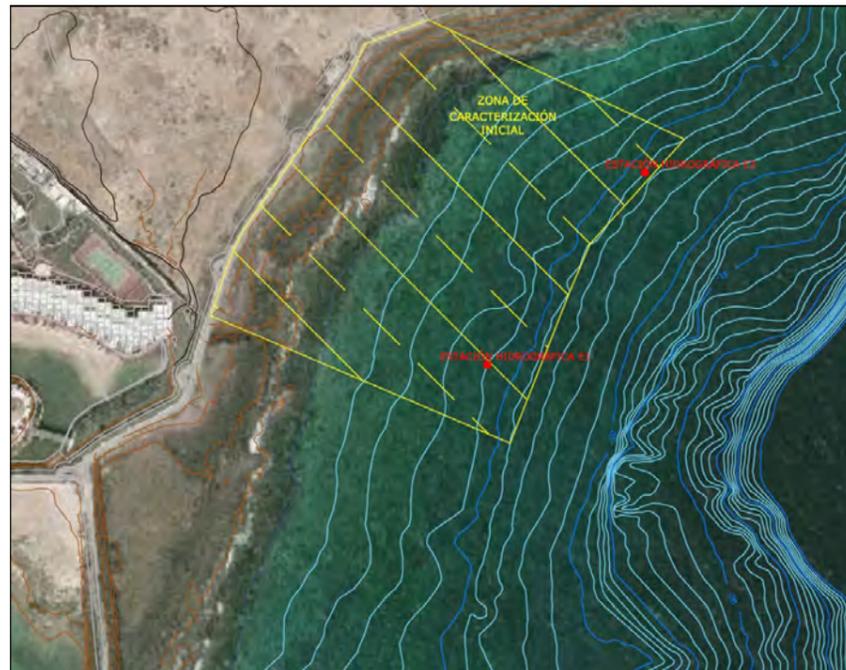


Figura 73.- Zona de la caracterización inicial y ubicación de estaciones (Fuente: elaboración propia)

Para el estudio de la abundancia y caracterización de distribución se escogieron 3 estaciones dentro de la zona de actuación. En cada una de ellas, se realizaron 3 transectos lineales de 50 m. En cada transecto, 2 submarinistas registran la cobertura de fondo ocupada por el erizo abarcando 5 metros a cada lado del transecto principal. Por cada estación se muestrean 1500 m<sup>2</sup> de superficie. Todos estos trabajos metodológicos específicos para el estudio del Blanquízal se apoyan en los trabajos de Tuya, F. et al 2004 y los documentos editados por el Cabildo de Canarias, Campaña de Control del erizo Diadema (ver Figura 74.- ).

Los factores seleccionados en el muestreo son la abundancia, distribución y tipo de fondo.

La caracterización de las comunidades biológicas encontradas incluye su localización espacial, la realización de una documentación visual asociada a cada una de ellas, la extracción de muestras biológicas representativas de su naturaleza si procede y el análisis de algunos parámetros del medio físico sobre el que se asientan.

La campaña de trabajo de campo permitió además identificar los usos que coexisten en la zona de estudio y valorar el estado actual del entorno del ecosistema marino, habiéndose planteado los siguientes objetivos específicos:

- Caracterización bionómica de los fondos, flora y fauna, como resultado de la exploración por transectos del área de estudio.
- Cartografiado que permite localizar las biocenosis existentes.
- Identificación y valoración de las principales afecciones ambientales a las que están sometidas las comunidades biológicas del área de estudio.

Caracterización visual del área de estudio, utilizando documentación gráfica en formato digital y que permite identificar la localización de cada transecto de exploración así como los distintos biotopos y biocenosis existentes.

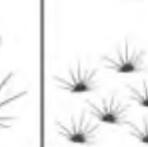
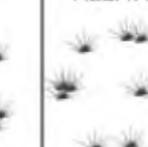
	2 8		
ABUNDANCIA			
	BAJA <2 ind/m <sup>-2</sup>	INTERMEDIA 2-8 ind/m <sup>-2</sup>	ALTA >8 ind/m <sup>-2</sup>
TALLA (Diámetro caparazón)	>5 cm 	<5 cm 	<5 cm 
DISTRIBUCIÓN	ALEATORIA 	AGREGADO 	ALEATORIA 
ALIMENTACIÓN Y ESTATUS TRÓFICO	SELECTIVA: HERVÍBORO		NO SELECTIVA: OMNÍVORO
TIPO DE FONDO	FONDO RICO EN ALGAS 	BLANQUÍZAL MODERADO 	BLANQUÍZAL MADURO 

Figura 74.- Diagrama propuesto por Tuya et al, 2004 en la estructuración de las poblaciones de *Diadema africanum*, respecto a sus características biológicas y tipo de fondo

### 3.9.2 FRANJA LITORAL EMERGIDA

Sobre la parte terrestre litoral, se desarrollan gran cantidad de urbanizaciones, hoteles caminos de accesos y paseos marítimos (ver Figura 75.- y Figura 76.- ). La presencia de áreas de influencia marítimo terrestre de carácter natural, es escasa, ya que la ocupación antrópica de la zona de estudio es prácticamente del 100 %.



Figura 75.- Vista panorámica de la zona (Fuente: elaboración propia)



Figura 76.- El paseo limita la zona superior del área de estudio (Fuente: elaboración propia)

En zonas próximas, el único ambiente destacable está más al Sur, fuera de la zona de actuación, concretamente entre las playas de Los Charcos y Las Cucharas. Se trata de restos de un campo dunar, hoy en día formado por pequeñas dunas que apenas alcanzan el metro de altura y presentan escasa vegetación degradada (ver Figura 77.- ).

Esta área se corresponde con una zona donde se ubicaban un campo de salinas, que tras su abandono y debido al fuerte transporte eólico existente, fueron progresivamente cubiertas por la arena procedente de las playas adyacentes (fundamentalmente Los Charcos), que previamente habían sido regeneradas con arenas de procedencia terrestre.

Esta zona presenta unas características antrópicas evidentes, ya que se encuentra altamente ocupada y transitada (ver Figura 78.- ).



Figura 77.- En esta fotografía aérea se marca la posición de la duna, fuera de la zona de actuación, junto a la playa de los Charcos. Se puede observar como es atravesada por un camino (Fuente: elaboración propia)



Figura 78.- En esta fotografía aérea se marca la posición de la duna, fuera de la zona de actuación, junto a la playa de los Charcos. Se puede observar como es atravesada por un camino (Fuente: elaboración propia)

En diferentes tramos del borde costero, debido a la antropización de la zona, son abundantes las especies vegetales de tipo ornamental, procedentes del ajardinamiento del paseo, urbanizaciones y hoteles, que invaden las zonas costeras.

### 3.9.3 BIODIVERSIDAD MARINA DE LAS ISLAS CANARIAS

La cantidad de especies marinas de fauna, flora, algas y hongos de Canarias asciende a 1.117 familias, 2.619 géneros, 5.232 especies y 63 subespecies, distribuidos en distintos grupos. Las cifras de taxones endémicos, 164 especies y 5 subespecies, son bajas si se comparan con el medio terrestre. Esto se debe a que el mar es un medio uniforme, particularmente en las zonas más profundas, que muestra una menor variación de sus características físicas que los ambientes terrestres, tanto espacial como temporalmente. A su vez, la mayoría de los organismos marinos cuentan en alguna fase de su desarrollo con una alta capacidad de dispersión, y de ahí esta "aparente pobreza" en lo que a la singularidad de sus elementos biológicos constituyentes se refiere.

El origen volcánico de las islas Canarias y su posición en la Macaronesia es el factor más importante en cuanto a la distribución y singularidad de las especies marinas que habitan el archipiélago. Este origen confiere a las islas unas elevadas pendientes en los fondos marinos, limitando el área de los rangos batimétricos y haciendo de la luz el factor crucial que determina la distribución de los ecosistemas. De esta forma entre los 5 y 50 metros se encuentran 2.379 especies, un 45% del total. Esta concentración de especies en una franja tan reducida es una característica de las costas de los ecosistemas insulares (Moro, L et al 2003). En la figura siguiente, se representa el número de especies marinas en cada rango batimétrico, en función de la profundidad de captura.

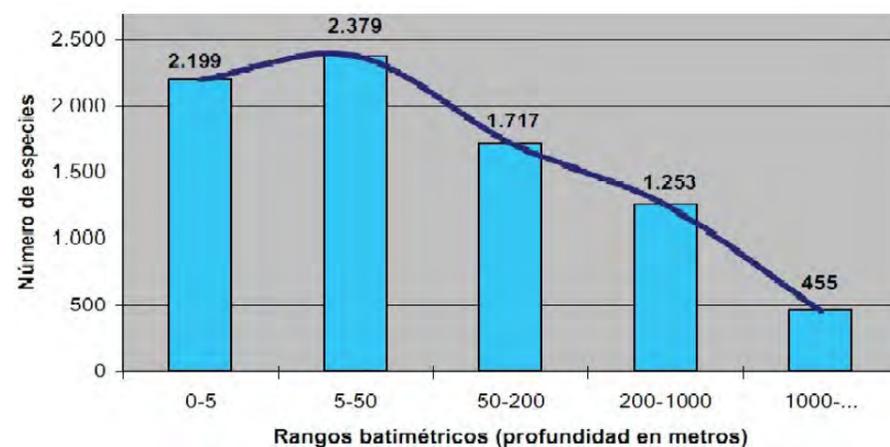


Figura 79.- Número de especies distribuidas por rango de profundidad (Biodiversidad taxonómica de Canarias. Gobierno de Canarias 2003)

El Gobierno español, a iniciativa del Ejecutivo canario, hizo una propuesta en 2004, para declarar las aguas canarias como Zona Marina Especialmente Sensible (ZMES). Este reconocimiento internacional para el mar que circunda Canarias permitiría imponer severas restricciones al tráfico marítimo internacional e interinsular, previniendo así catástrofes ecológicas debida a vertidos contaminantes. En el documento presentado ante la OMI, el Ministerio de Fomento propone que los barcos en tránsito por Canarias cuyo origen o destino no sea un puerto de las islas, sólo pueda atravesar al Archipiélago por dos rutas, una equidistante entre Tenerife y Gran Canaria, y otra entre esta isla y Fuerteventura. El área

que España pretende declarar ZMES sigue una línea poligonal que une los extremos del límite exterior del mar territorial (12 millas náuticas) que rodea el Archipiélago.

### 3.9.4 BIONOMÍA BENTÓNICA

El bentos está formado por el conjunto de organismos vegetales y animales que vive en estrecha relación con el fondo marino. Se puede distinguir entre organismos sésiles, los cuales viven fijados al sustrato, y organismos vágiles, que se desplazan sobre él. Los organismos que viven encima del sustrato se conocen como epibentónicos, mientras que los que habitan dentro del sustrato se les denomina endobentónicos. El bentos presenta una gran heterogeneidad debido a las grandes variaciones ambientales que se producen en cortos desplazamientos en el eje vertical.

Los organismos bentónicos se pueden agrupar en comunidades o biocenosis, entendiéndose como tal un conjunto de poblaciones de especies que se presentan juntas en el espacio y en el tiempo. Se caracteriza por la presencia de un conjunto de poblaciones de especies interrelacionadas entre sí en un área concreta donde se dan unas condiciones ambientales concretas. Es un sistema deficitario que consume más materia que la que produce, por ello su configuración no se puede concebir aislada, sino ligada al plancton. Su producción de materia orgánica se debe, básicamente a los organismos fotosintetizadores, como algas y fanerógamas marinas (productores). Pero en el bentos, los productores no son la única fuente de ingreso de energía y materia. Hay animales suspensívoros o filtradores que se alimentan de las partículas en suspensión que hay en el agua (fitoplancton, zooplancton, detritus). Las esponjas, ascidias, briozoos, cirrípedos, gorgonias, algunos poliquetos y moluscos, son ejemplos de organismos filtradores cuyas necesidades tróficas son independientes del consumo de otros organismos bentónicos. Existe una tercera estrategia resultante de la combinación de la fotosintética y la suspensívora, utilizada por los organismos fotosuspensívoros que se asocian con algas unicelulares, como por ejemplo entre las esponjas y cianofíceas simbióticas o algunas actinias y antozoos con zooxantelas.

Es necesario tener en cuenta dos elementos esenciales para entender la estructura de los ecosistemas marinos canarios. Por un lado, pese a que las Islas presentan una longitud de costa de 1.291 km, sólo poseen 2.256 km cuadrados de plataforma costera (hasta los 50 m de profundidad), que es la zona óptima para el desarrollo de los fotoproductores de fondo (algas y fanerógamas). Por ello, la producción se ve limitada en función de la extensión de la plataforma insular, diferente para cada isla, reduciendo la superficie habitable para las especies litorales. Por otra parte, en función de que la organización del ecosistema se encuentre o no ligada al fondo del mar diferenciaremos entre ecosistemas bentónicos (fondos rocosos abiertos, fondos arenosos abiertos, seadales y comunidades de corales profundos) y pelágicos (costero y de alta mar).

El bentos se separa en dos sistemas, el fital, caracterizado por la presencia de organismos fotosintéticos y el afital, donde estos no existen. El fital se extiende, aproximadamente, hasta el borde de la plataforma continental y se caracteriza por una alta productividad vegetal y animal. El sistema afital incluye la mayor parte del talud continental, la llanura abisal y las grandes fosas oceánicas.

En el Mediterráneo, y las costas meridionales atlánticas (Golfo de Cádiz), se sigue la escuela francesa que distingue cuatro pisos; supralitoral, mediolitoral, infralitoral y circalitoral. Sin embargo para describir las comunidades marinas canarias se seguirá el sistema anglosajón, que distingue en el fital tres pisos, el supramareal, intermareal y submareal. Este último reúne los pisos infralitoral y circalitoral.

Las comunidades biológicas se agrupan en diferentes horizontes o pisos: supramareal (supralitoral), es la zona de influencia marina, pero que no permanece sumergida, intermareal (mediolitoral), es la zona que periódicamente y al ritmo de las mareas queda, a intervalos temporales sumergida y emergida. El submareal (infralitoral), es la zona permanentemente sumergida, salvo en casos de altas presiones o fuertes oleajes que dejen al descubierto los primeros centímetros más superficiales; su límite inferior o profundo se considera el mismo que para el desarrollo de las fanerógamas y/o algas fotófilas. Los pisos circalitoral (abarca desde el límite anterior hasta la profundidad donde dejan de crecer las algas), batial y abisal no se consideran en el presente trabajo por extenderse más allá del dominio marino costero y, por lo tanto, por quedar fuera del ámbito de estudio.

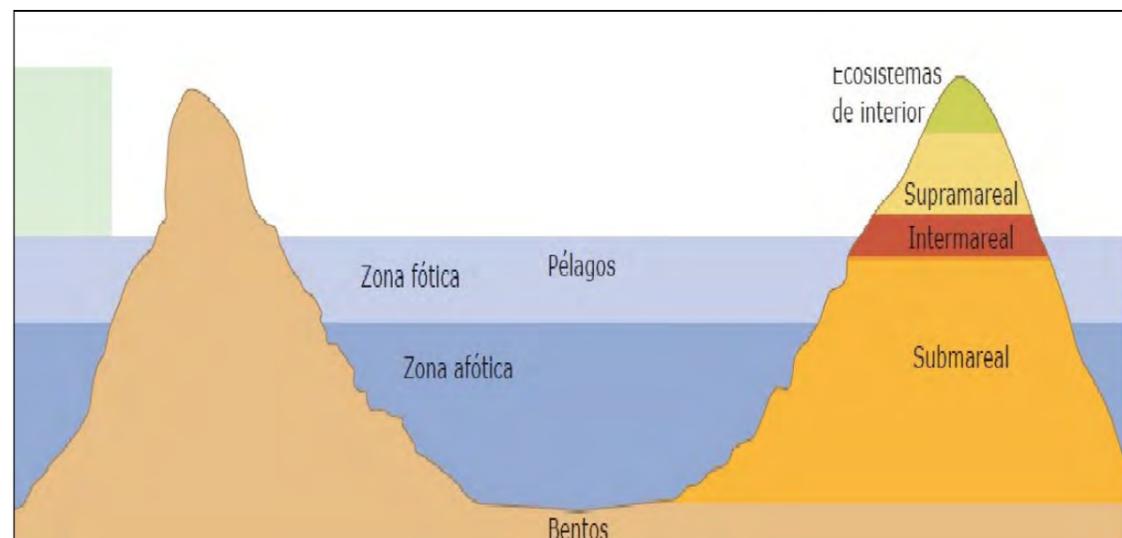


Figura 80.- Zonación general de los fondos marinos presentes en las Islas Canarias

A continuación, se describen las comunidades biológicas que se desarrollan sobre las zonas supramareal, intermareal y submareal del área de proyecto, habiéndose representando sus distribuciones espaciales en el plano A2.4. Mapa bionómico.

#### 3.9.4.1 Piso supramareal

Es la franja que está sometida a la influencia directa de la humectación y las salpicaduras del mar. Este piso queda por encima de la zona de barrido de las olas y nunca se sumerge, a excepción de una pequeña franja que estaría cubierta por el mar en las pleamares correspondientes a las mareas vivas equinocciales.

La primera diferenciación en la distribución de organismos en el medio marino se establece en función del grado de humedad que pueden soportar. En la franja intermedia existente entre las últimas plantas terrestres y la superficie del mar se encuentran los primeros organismos vivos, básicamente marinos. En esta zona el estado de emersión es el habitual, llegando el agua, ocasionalmente, procedente de las salpicaduras del oleaje. Pocas especies consiguen adaptarse a estas duras condiciones de emersión y temperaturas extremas, sin desecarse y manteniendo su metabolismo. Por tanto las comunidades que aquí se desarrollan son pobres en especies y muy homogéneas.

La zona supramareal tiene una anchura variable, dependiendo del grado de exposición al oleaje, inclinación y orientación de la costa. En la zona de estudio, no tiene una gran extensión debido a que todo este litoral se encuentra limitado por paseos marítimos, caminos y urbanizaciones.

En la zona de estudio se han distinguido las siguientes biocenosis:

- Biocenosis de la roca supramareal (RS).
- Biocenosis de los charcos supramareales.

##### 3.9.4.1.1 Biocenosis de la roca supramareal (RS)

Esta zona nunca es mojada directamente por el oleaje, salvo durante los temporales excepcionalmente fuertes, donde los organismos estarán sometidos a las salpicaduras de las olas y a la humectación marina. En general su amplitud depende de la orientación de la costa, su exposición al oleaje y la inclinación del sustrato.

El comienzo del dominio marino viene marcado por el límite superior de los gasterópodos litorínidos. En la parte baja del supramareal, se encuentra una vegetación compuesta por líquenes oscuros y en la parte más inferior, aparecen algas cianofitas formando una banda que continúa por el nivel superior del intermareal. Las cianofitas epilíticas crecen sobre las rocas formando patinas oscuras, mientras que las endolíticas son capaces de perforar las rocas calcáreas mediante secreciones ácidas y formar canales y galerías microscópicas donde viven, protegiéndose de la desecación. También se ha detectado la presencia de moluscos gasterópodos del género *Littorina* y el crustáceo isópodo *Ligia itálica*, así como de otros organismos de características más terrestres como insectos y ácaros. Los *Littorinidos* son herbívoros y se alimentan raspando las cianofíceas, como *Littorina striata* y *Littorina neritoides*.

Este piso supramareal se encuentra afectado por la ocupación urbanística y de infraestructuras, que ha limitado su desarrollo, por lo que se extiende, fundamentalmente, por las áreas de roca natural, entre el límite intermareal y el paseo marítimo existente (ver Figura 81.- y Figura 82.-). En menor medida, también se extiende por el sustrato de carácter artificial, como el espigón situado al sur del área de actuación (en la playa de Los Charcos). Estas obras no son adecuadas para que el desarrollo de estas comunidades sea especialmente óptimo, ya que se trata de superficies pequeñas, estrechas y su carácter artificial hace que no dispongan de una pendiente adecuada.



Figura 81.- Vista del piso supramareal en la zona norte del área de estudio (Fuente: elaboración propia)



Figura 82.- Vista del piso supramareal en la zona intermedia del área de estudio (Fuente: elaboración propia)

#### 3.9.4.1.2 Biocenosis de los charcos supramareales

Con las mismas características de la comunidad de la roca supralitoral, en las charcas supralitorales de Canarias son comunes algunas cianofíceas, copépodos y coleópteros terrestres del género *Ochthebius*, junto a los gasterópodos *Melarhaphé neritoides* o *Nodilittorina punctata*.

En la zona de estudio esta biocenosis se extiende puntualmente por las áreas de roca natural, aunque no alcanzan grandes dimensiones debido a la morfología y pendiente de la zona, y al hecho que la presencia o ausencia de estos charcos en este nivel tan alto de la playa seca suele depender de la

existencia previa de temporales o mareas vivas máximas, así como del nivel de insolación que determina el nivel de evaporación del agua (ver Figura 83.-). Las especies nombradas en este apartado se localizan en la zona, pero tienen la particularidad de que realizan migraciones, incluso diarias, entre los pisos bentónicos "vecinos", por lo que esta alta movilidad puede dificultar su localización en un momento determinado.



Figura 83.- En la zona de transición entre el piso supramareal e intermareal, se pueden localizar algún pequeño charco (Fuente: elaboración propia)

#### 3.9.4.2 Piso Intermareal

Por normal general se trata de un área sometida a periodos de inmersión y emersión, debidos al oleaje y el flujo y reflujo de las mareas, o bien por cambios en el nivel del agua, producidos por variaciones de presión atmosféricas. Presenta unas condiciones ambientales más estables que la zona supralitoral, albergando una mayor riqueza y diversidad biológica. Esta comprendido entre los niveles de pleamar y bajamar de las mareas vivas. Esta zona de mareas se caracteriza por una combinación de condiciones de temperatura, luz, humedad, salinidad y movimientos del agua altamente variables en cortos periodos de tiempo, pero existe un fuerte gradiente vertical en la amplitud de estas variaciones en una distancia corta. Este último aspecto, junto con las diferencias de morfología y orientación del sustrato da lugar a la aparición de innumerables microambientes para los organismos. Consecuentemente, en las islas canarias este piso es el que mayor biodiversidad marina alcanza por m<sup>2</sup>.

Una misma especie no se puede adaptar por igual en todos los niveles del rango vertical. Cada especie es más abundante en aquel nivel donde las condiciones son más favorables para ella; de

manera que su número es menor por encima y por debajo de este nivel, a causa de que las condiciones son más severas ó a que la interacción desfavorable con otras especies mejor adaptadas.

Las comunidades existentes requieren o toleran un cierto grado de inmersión, pero no sobrevivirían si la situación es permanente o semipermanente. Su extensión varía según el hidrodinamismo, la dinámica mareal, la inclinación y orientación del litoral. Generalmente puede dividirse en dos subzonas, una superior, dónde la inmersión es rara y otra inferior, donde las inmersiones son más frecuentes pero no permanentes.

Además de los sustratos blandos intermareales (playas de arenas), en la zona intermareal rocosa, existen dos tipos de ambientes diferentes; las superficies rocosas expuestas al medio aéreo en las bajamares y los charcos. En ambos existe una estratificación vertical, especialmente en los primeros.

En la zona de estudio se han distinguido las siguientes biocenosis:

- Biocenosis intermareal de gravas y cantos.
- Biocenosis de la Roca intermareal (Comunidad de la roca mesolitoral inferior y superior).
- Biocenosis de charcos intermareales.
- Poblamientos nitrófilos intermareales sobre sustrato duro.

#### 3.9.4.2.1 Biocenosis intermareal de gravas y cantos

Este tipo de sustrato es más inestable y contiene menos materia orgánica que los de arenas. Consecuentemente la densidad de organismos es mínima, debido al continuo rozamiento por la acción del oleaje (ver Figura 84.- ).



Figura 84.- Al fondo de la imagen, en una tonalidad más oscura, se observa la banda ocupada por los cantos intermareales (Fuente: elaboración propia)

En los cantos de mayor tamaño, las algas son escasas, generalmente de los géneros *Calothrix* y *Enteromorpha*, desarrollándose en ciertas épocas del año poblaciones de cianofíceas y clorofitas,

La mayor parte de los organismos se encuentran bajo o entre las piedras, como los gasterópodos *Osilius trappei*, *Patella sp* y *Siphonaria grisea*. También aparecen crustáceos, como el cirrípedo *Chthamalus stellatus*, que no es tan abundante como en los fondos rocosos, el decápodo *Pachygrapsus transversus* y el isópodo *Ligia italica*, especie muy común también en el supralitoral. En ocasiones aparecen animales típicos en la cara inferior de las piedras (infralapidícolas).

No obstante, debe señalarse que la franja disponible para el desarrollo de esta biocenosis no es muy amplia y por tanto se encuentra lejos de un estado de óptimo desarrollo.

#### 3.9.4.2.2 Biocenosis de la Roca intermareal (Comunidad de la roca mesolitoral inferior y superior)

En esta biocenosis, la humectación se produce, principalmente, por la acción del oleaje y la inmersión viene determinada por los periodos de pleamar. Por tanto permanece sumergida y emergida sólo durante ciertos periodos de tiempo al día. Su comunidad característica está constituida por diferentes poblaciones de algas, según época y lugar.

En general en la zona intermareal rocosa, existen dos tipos de ambientes diferentes; las superficies rocosas expuestas al medio aéreo en las bajamares y los charcos. En ambos existe una estratificación vertical, especialmente en el primero. Tanto las superficies expuestas en bajamar, como las pozas y charcos es evidente una estratificación vertical de los organismos. En las superficies rocosas la estratificación se manifiesta por la distribución de los organismos en bandas, mas ó menos comprimidas verticalmente. Estas se originan por la diferente respuesta de los organismos a los factores del medio que están relacionados con las mareas, no siendo constante en la composición y número de especies debido a los numerosos factores que interactúan según la época del año, tipo de costa, etc.

En el área de estudio, estas comunidades se desarrollan fundamentalmente sobre las superficies de roca natural, al norte de la playa de los Charcos, así como sobre los espigones artificiales, pero en estos últimos con menos complejidad ya que se trata de ambientes con sustrato artificial. El sustrato rocoso es el dominante en el piso intermareal de la zona de estudio, y por tanto ofrece mucha superficie para el asentamiento de sus biocenosis características (ver Figura 85.- ).

Respecto a la fauna, los cirrípedos torácicos cubren la subzona superior, a menudo muy apiñados, mientras que en la zona inferior predominan animales menos tolerantes. La zona intermareal comienza con una banda más ó menos ancha, de color amarillento correspondiente al cirrípedo *Chthamalus stellatus* (ver Figura 86.- ). Este organismo es un indicador típico de este piso mediolitoral, llegando a densidades de 10000 individuos por m<sup>2</sup>, en algunos puntos del archipiélago canario.

Los Tamalos, necesitan inmersiones diarias, debido a que su alimentación se basa en la filtración del agua. La poca pendiente de estas rasas intermareales, conforman que la distribución horizontal de estos organismos sea más ancha. La densidad de cirrípedos es mayor cuanto más batido es el ambiente. En

este nivel inicial de la banda intermareal, se desarrollan algas cianofitas y aparecen la lapa *Patella piperata* (lapa curvina), principalmente cuando el sustrato es escarpado (ver Figura 87.-).

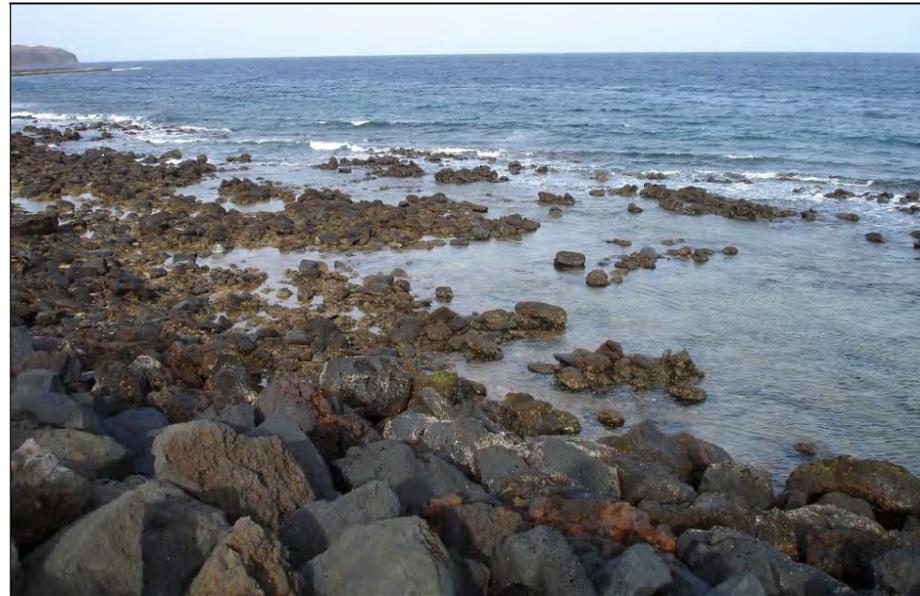


Figura 85.- Gran superficie rocosa intermareal para el asentamiento de las biocenosis (Fuente: elaboración propia)



Figura 86.- Gran densidad de individuos de *Chthamalus stellatus* en el área de estudio (Fuente: elaboración propia)



Figura 87.- Ejemplares de *Patella piperata*, junto individuos de *Littorina striata* (a la izquierda de la imagen) (Fuente: elaboración propia)

En la zona también se pueden observar otros gasterópodos herbívoros raspadores, como *Siphonaria grisea*, *Littorina striata*, *Nodilittorina punctata* y *Melarhaphé neritoides*, que realizan migraciones con la bajamar, así como *Stramonita haemastoma*, que puede ascender para depredar a las especies anteriores (ver Figura 88.- ). Los burgados (*Osilinus atratus*), también realizan migraciones siguiendo el sentido de las mareas. Junto a ellos se puede encontrar a *Thais haemastoma* (púrpura), predador tanto de cirrípedos como de moluscos. Es posible observar también al cangrejo moro (*Grapsus grapsus*) y *Pachygrapsus marmoratus* que pueden aparecer en zonas acantiladas; esta última especie es sustituida por *P. transversus* en fondos de grandes cantos o piedras (callaos).

Debajo de la banda de *Chthamalus stellatus* se desarrolla una primera banda de algas cespitosas como *Gelidium sp*, *Caulacanthus ustulatus*, *Coralináceas*, *Ulva rigida* y *Fucus spirali* (ver Figura 89.- ). Aquí se pueden observar la Lapa, *Patella piperata* (especialmente en zonas escarpadas), que predan sobre los poblamientos algales controlando su desarrollo.

En un nivel algo más inferior del intermareal, y en condiciones óptimas de desarrollo se pueden observar otras algas cespitosas como las coralináceas costrosas, *Corallina elongata*, *Halopteris scoparia* (*Stypocaulom scoparium*), *Jania Rubens*, *Rhodomelaceae* y *Pterocladia capillacea*, *Gelidium pusillum*, junto con pequeños poblamientos de *ulváceas* y *enteromorpha*, e importantes bandas de *Padina pavonica* en el intermareal inferior (en condiciones óptimas, en estas rasas intermareales, podrían desarrollarse hasta 20 especies de algas cespitosas).



Figura 88.- Individuos de *Littorina striata* (Fuente: elaboración propia)



Figura 89.- Banda de algas cespitosas en la rasa intermareal (Fuente: elaboración propia)

Entre estas algas cespitosas suelen habitar gasterópodos como *Patella ulyssiponensis*, *Gibbula candei*, *Osilinus atratus* y *Stramonita haemastoma*. Además, son muy comunes los anélidos poliquetos y los pequeños crustáceos (anfípodos, isópodos y copépodos). En este piso intermareal inferior, se suele alcanzar una mayor diversidad y complejidad de organismos, ya que está influenciado más directamente por los niveles alcanzados en las bajamares, tiene un mayor y más constante nivel de humectación, ya que convive próximamente con el piso infralitoral.

En el caso de la zona de estudio, en este piso presenta unos niveles de diversidad algal medios, con gran abundancia de coralináceas y algas resistentes como *Padina pavonica* y *Dictyota dichotoma*. Bajo este manto y en sus discontinuidades también se pueden observar algas calcáreas incrustantes como *Lithopyllum incrustans*. El número de especies aumenta hacia los niveles más bajos, donde ya aparece un poblamiento típicamente infralitoral empobrecido. Entre las especies más representativas están los antozoos *Anemonia sulcata* y *Aiptasia mutabilis*. Estas especies tienen una afinidad fotófila ya que llevan zooxantelas (algas simbiotas) en sus tejidos y pueden vivir igualmente en el piso infralitoral contiguo.

Es frecuente observar al erizo *Paracentrotus lividus* incrustados en los agujeros que ellos mismos excavan en la roca. También se puede observar el cnidario *Actinia equina* en grietas y pozas. Entre los peces aparecen una serie de especies características de la parte baja mesolitoral y el comienzo de la zona infralitoral, tales como los *Blennius trigloides*, *B. cristatus*, *Gobius paganellus*, *Lepadogaster purpurea*, *Lepadogaster candollei*, *Thalassoma pavo*. La mayoría de estos peces presentan ventosas o aletas pectorales desarrolladas para sujetarse al sustrato y resistir el oleaje, incluso algunas de estas especies llegan a poner puestas pegadas al sustrato.

En situaciones óptimas de desarrollo, por debajo de este nivel, donde dominan las algas cespitosas, comienza la banda de la feofita *Cystoseira abies marina*, caracterizadora de la franja infralitoral ó submareal, y que marca el límite inferior del intermareal y el comienzo del submareal. No obstante en la zona de estudio no se ha observado esta especie ni la banda característica de este piso, lo que indica que esta zona (al igual que sucedía con la Biocenosis de Roca Supramareal) está lejos de sus condiciones óptimas como ha podido comprobarse al detectar una diversidad de especies menor a la potencial y a la observada en otras zonas del archipiélago. En su lugar, se registra una banda dominada por el alga *Dictyota dichotoma* (ver Figura 90.-). Por tanto en la gran mayoría de partes de la zona de estudio, la banda característica es ocupada por especies de crecimiento más rápido y masivo como las coralináceas y las dictyotas.



Figura 90.- En el límite entre el intermareal inferior y el infralitoral superior, es significativa la dominancia de bandas algales compuestas por *Dictyota dichotoma*, que se pueden observar al fondo de esta imagen (Fuente: elaboración propia)

En la transición del nivel más inferior del intermareal hacia el infralitoral superior, se ha observado, especialmente en el intermareal inferior, el alga *Valonia utricularis*, junto a *Padina pavonica*, ocupando superficies significativas de roca (ver Figura 91.- ), así como el alga invasora *Asparagopsis armata* (ver Figura 92.- ).

Asimismo se han observado espongiarios como *Clathrina coriácea*, *Plakortis simplex*, ascidias como *Ascidia mentula*, *Botryllus spp* y equinodermos como *Holothuria spp* y *Ophioderma longicauda*.

#### 3.9.4.2.3 Biocenosis de charcos intermareales

En el intermareal de las áreas rocosas naturales, se pueden observar numerosas pozas y charcos donde se acumula el agua al retirarse la marea. Al sur de la zona de estudio, se puede localizar un charco de grandes dimensiones (ver Figura 93.- y Figura 94.- ).

Las pequeñas masas de agua localizadas en estas pozas, quedan expuestas a las condiciones del medio aéreo y sus características fisicoquímicas se modifican de una manera gradual. Cuando son inundados en la pleamar se produce un retorno brusco a las condiciones de mar abierto, pudiendo ocurrir cambios notables en los valores de salinidad, temperatura y pH, entre otros factores. Estas variaciones son mayores a medida que más alto este situado el charco y menos profundo sea.



Figura 91.- Vista del recubrimiento de la roca intermareal con algas como *Padina pavonica*, *Corallina elongata*, junto a especies como *Valonia utricularis*, *Dictyota dichotoma*, etc. (Fuente: elaboración propia)



Figura 92.- En la parte central de la imagen se observa el alga de carácter invasor *Asparagopsis armata* (Fuente: elaboración propia)



Figura 93.- Vista central y sur de la zona de estudio. A la izquierda de la imagen se aprecia un charco intermareal de grandes dimensiones (Fuente: elaboración propia)



Figura 94.- Localización del charco intermareal (Fuente: elaboración propia)

En los de la parte más alta, las condiciones son más duras, por lo tanto la flora y fauna son exclusivamente intermareales, bien adaptadas a soportar fuertes fluctuaciones de los factores físico-químicos del agua (ver Figura 95.- donde se observa la presencia de *Dictyota dichotoma*, *Corallina elongata*, *Dilophus fasciola* y *Padina pavonica*). En estas charcas altas, las paredes pueden estar casi desnudas, apareciendo sólo cianofíceas y algunas clorofíceas ubiquistas, como *Enteromorpha* y *Ulva* en los bordes. Respecto a la fauna destaca la presencia de pequeños peces que quedan atrapados en los charcos, como diversas especies de góbidos, entre los que destaca por su abundancia *Gobius maderensis*, *Gobius paganellus*, blénidos como *Blennius parvicornis* (barriguda), *Thalassoma pavo*, crustáceos como *Palaemons elegans* (camarón), *Pagurus anachoretus*, *Pachygrapsus marmoratus*.

En los niveles inferiores aparece la misma fauna, conviviendo con otras especies que no toleran cambios muy bruscos y con aquellas más resistentes propias de la zona infralitoral, por tanto hay un aumento apreciable de la diversidad. A las especies descritas anteriormente se han de sumar las lisas

(mugilidae), antozoos como *Anemonia sulcata*, *Aiptasia mutabilis*, *Anthopleura rubripunctata*, *Isaurus tuberculatus* y *Palythoa canariensis*. En las oquedades, *Balanophyllia regia* y la esponja *Hymeniacidon sanguinea*. La mayor parte de la fauna móvil se refugia en grietas o bajo las piedras. Entre los gasterópodos, son comunes *Cerithium rupestre*, *Bittium* spp., *Columbella rustica striata*, *Mitrella ocellata*, *Nassarius pfeifferi*, *Vexillum zebrinum*, *Aplysia* spp. y *Spurilla neapolitana*. También son frecuentes los decápodos *Xantho poressa*, *Eriphia verrucosa*, *Maja* sp., *Palaemon serratus* y *Clibanarius aequabilis*, las estrellas *Coscinasterias tenuispina* y *Marthasterias glacialis*, la ofiura *Ophioderma longicaudum*, los erizos *Paracentrotus lividus* y *Arbacia lixula* (ver Figura 96.- ).

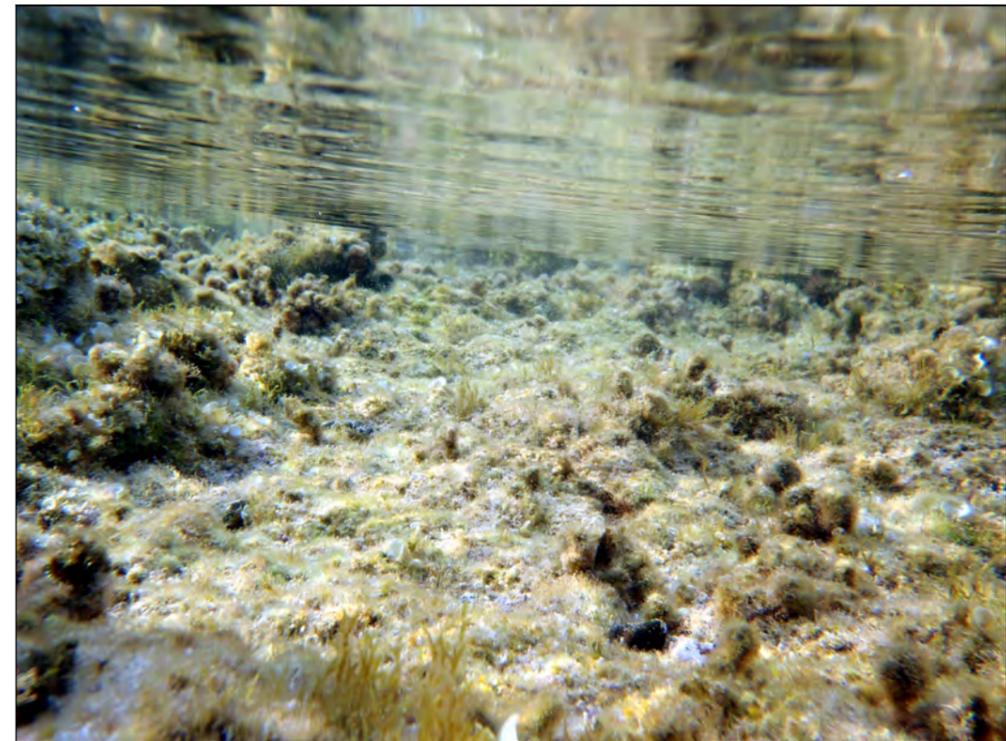


Figura 95.- Como se aprecia en la imagen, el sustrato de este charco se encuentra tapizado por diversas especies de algas entre las que destacan *Dictyota dichotoma*, *Corallina elongata*, *Dilophus fasciola* y *Padina pavonica* (Fuente: elaboración propia)

#### 3.9.4.2.4 Poblamientos nitrófilos intermareales sobre sustrato duro

Esta biocenosis reúne una serie de poblamientos bajo una misma condición; ver favorecido su crecimiento por el grado de contaminación que alcanza el agua. Son otros factores ambientales (luz, hidrodinamismo y cantidad de materia orgánica disuelta en el agua, que actúan de forma sinérgica o acumulativa) los que diferencian en ella diferentes facies. En las poblaciones más superficiales dominan algas ulváceas (*Ulva rigida*, "lechuga de mar", *Enteromorpha compressa*, *E. intestinalis*). En cambio, en aquellas que están completamente sumergidas predomina *Corallina elongata*, pudiendo estar acompañada de *Ulva rigida*. Las especies de algas coralinaáceas, no son indicadoras de contaminación, pero algunas especies sí dominan cuando hay situaciones ambientales desfavorables

para otras especies menos resistentes. Con los fenómenos de eutrofización, se tiene lugar un enriquecimiento con nutrientes, fundamentalmente fosfatos y nitratos, que producen un incremento en la producción primaria. Grandes cantidades de la biomasa producida se hunden hasta el fondo, donde comienza la descomposición por parte de microorganismos, los cuales se multiplican de forma masiva.



Figura 96.- En este detalle del poblamiento del charco; destaca la esponja *Verongia aerophoba* y varios individuos del erizo *Arbacia lixula* (Fuente: elaboración propia)

En el área de estudio, se pueden encontrar poblamientos puntuales de *Ulvaceas* y *Enteromorphas*, especialmente en el intermareal e infralitoral superior (ver Figura 97.- y Figura 98.- ). Su presencia parece responder a causas naturales, ya que no se encuentran asociadas aparentemente a alteraciones, de tipo antrópico, por ejemplo. Se pueden observar en el intermareal superior rocoso, en áreas de desecación y donde se registre alta frecuentación de bañistas. Estas duras condiciones ambientales determinan que sólo puedan desarrollarse este tipo de especies resistentes.

Las algas verdes eurihalinas como *Ulvas* y *Enteromorphas*, toleran grandes variaciones de salinidad. Su evolución poblacional registra un transcurso estacional, mientras que, otras algas resistentes como las del genero *Corallina*, con condiciones de salinidad estables, forman grupos todo el año. En estos ambientes, las comunidades de invertebrados sésiles, se instalan sobre sustratos duros, alimentándose de las abundantes partículas orgánicas flotantes en el agua.

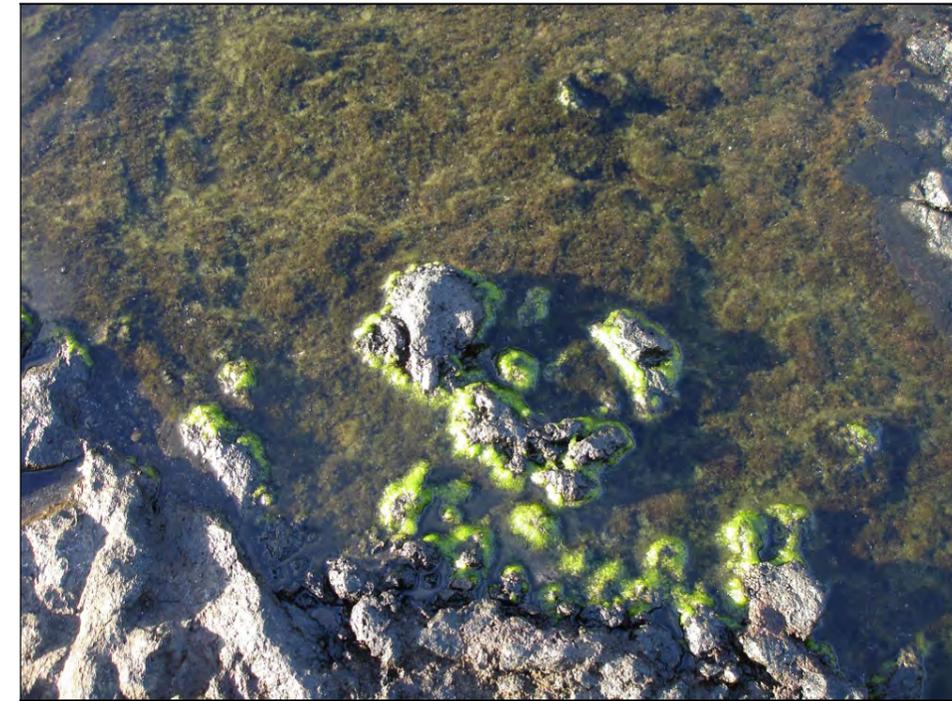


Figura 97.- Poblamientos puntuales de *Ulva spp.*, en el intermareal de la zona de estudio (Fuente: elaboración propia)

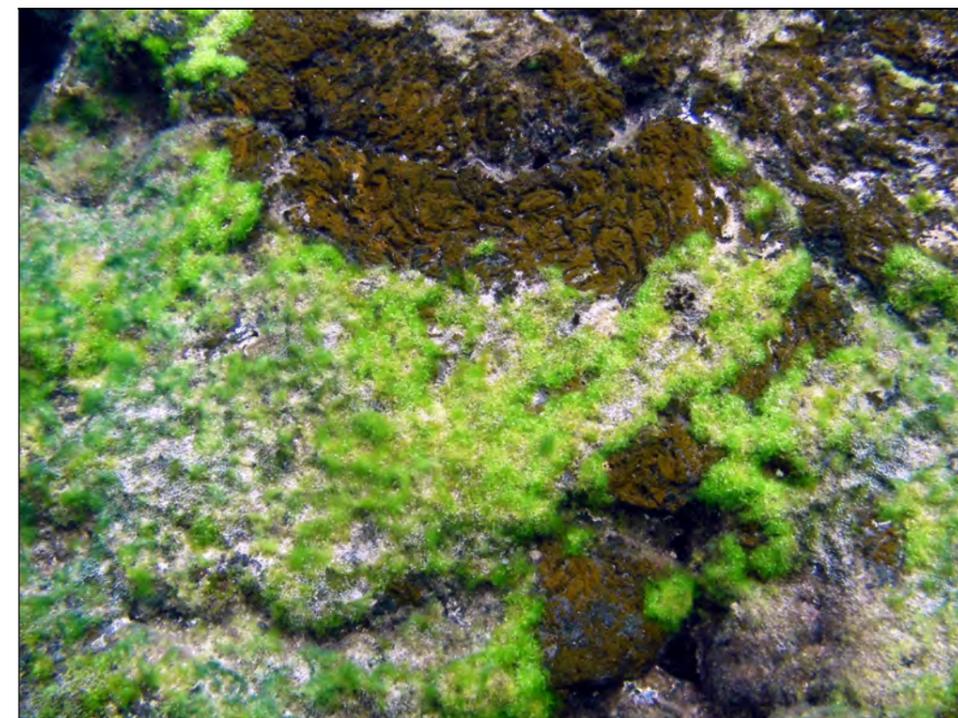


Figura 98.- *Ulva sp* en un charco intermareal (Fuente: elaboración propia)

Por tanto, la presencia de estas algas, se puede asociar a zonas donde exista degradación de materia orgánica por los periodos de desecación intermareales, defecaciones de aves marinas, efectos antrópicos por el paso de bañistas, avenidas de aguas pluviales, y particularmente en la zona debido a aportes de alimento a fauna domestica (alimentación de una colonia de gatos por usuarios de la zona).

#### 3.9.4.3 Piso Submareal

Al descender desde la zona mediolitoral, las condiciones ambientales se van estabilizando y en consecuencia el número de especies aumenta, siendo las comunidades cada vez más complejas. Dentro de la zonación submareal, se estudiará el piso infralitoral, ya que el circalitoral (más profundo) excedería de los límites planteados en el mismo. El infralitoral abarca las zonas que están constante y completamente sumergidas, desde el cero biológico, hasta el límite de distribución de las fanerógamas marinas, o de las algas fotófilas. Solamente puede resultar visible, en parte, durante las bajamares de las mareas vivas. Los límites son variables, ya que el superior depende del grado de exposición de la costa y el inferior de la penetración de la luz, que a su vez depende de la turbidez del agua. En este piso, las comunidades fotófilas están dominadas, tanto fisionómicamente como en biomasa, por los vegetales, ya sean algas o fanerógamas, que ocupan la mayoría del sustrato. En las comunidades esciáfilas, por el contrario, tienden a dominar el componente animal, especialmente el sésil. El movimiento del agua generado por las olas, arremolina las partículas nutritivas y las mantiene en suspensión, este hecho proporciona una gran cantidad de alimento a los invertebrados filtradores sésiles. Esto supone la base para una rica y variada comunidad de especies vegetales, el fital de algas, que es la biocenosis más importante del infralitoral.

En general en el litoral canario se desarrolla una banda de algas macroscópicas, muy diversificada en su composición específica (*Cystoseira*, *Gelidium*, *Corallina*, *Sargassum*, etc) y organizadas espacialmente en relación a las condiciones ambientales de cada zona. Además, estos fondos cubiertos de algas sirven de zona de cría de alevines y refugio de juveniles para muchas especies. Aunque hay especies de algas que sobrepasan los 100 m de profundidad, la zona óptima para el desarrollo de estas comunidades vegetales no suele superar los 50 m. En las islas Canarias, el límite inferior del piso infralitoral suele situarse a unos 40 m cuando queda definido por la fanerógama *Cymodocea nodosa*, o bien 50 m de profundidad cuando lo marca el alga *Caulerpa prolifera*. A partir de esa profundidad comenzaría el piso circalitoral. Sin embargo este límite ha sido desvirtuado por el efecto ramoneador del erizo *Diadema africanum* y su devastador efecto que genera los blanquiales.

En la zona de estudio se han distinguido las siguientes biocenosis:

- Biocenosis de algas fotófilas de la Roca Infralitoral.
- Biocenosis de Rodófitas calcáreas Incrustantes con erizos. Asociaciones *Arbacia lixula* y *Paracentrotus lividus* infralitoral superior. *Diadema africanum* formador del Blanquial en infralitoral inferior.

Fuera de la zona directa de actuación existen unas pequeñas zonas (en el entorno del espigón norte de la playa de Los Charcos) en el que fondo presenta arenas gruesas y muy gruesas.

Estos ambientes son más pobres en especies que los de arenas finas, ya que apenas consiguen retener materia orgánica, por lo que se consideran zonas de importación de materia orgánica con poca densidad de biomasa (normalmente <math><10 \text{ g/m}^2</math>), así como ambientes donde se produce gran filtración y remineralización del agua y sedimento.

El material de grano grueso (guijarros hasta arena fina), es muy permeable para el agua y está compuesto, principalmente, por cuarzo. Entre la macrofauna se puede encontrar se encuentran *Portunidae*, *Mysidaceos*, *nemertinos* (*Lineus geniculatus*), *poliquetos errantes* (*Phyllodoce paretii*, *Diopatra*, *Onuphis*). La mesofauna se encuentra mas desarrollada, opuestamente a lo que sucede con los sedimentívoros debido al pequeño porcentaje de materia orgánica y al gran tamaño de los granos de arena. No obstante el número y superficie unitaria de estas zonas no es lo suficiente como para darles la entidad de biocenosis específica de la zona.



Figura 99.- Detalle del aspecto del fondo compuesto por arenas gruesas y muy gruesas, junto a cantos y bloques de gran tamaño (Fuente: elaboración propia)

#### 3.9.4.3.1 Biocenosis de algas fotófilas de la Roca Infralitoral

Los fondos rocosos intermareales y submareales son mucho más abundantes en Canarias que los arenosos. Los submareales se desarrollan desde el nivel medio del mar (cero biológico), donde comienzan a instalarse especies que no soportan la emersión, hasta una profundidad variable dependiendo del hidrodinamismo. En condiciones normales, los principales factores que determinan

sus límites superior e inferior son, respectivamente, el grado de exposición de la roca al hidrodinamismo y la elevada iluminación exigible para el asentamiento de sus especies algales. Pero en el archipiélago canario, existe un factor añadido, y que actualmente constituye uno de los mayores problemas al que se enfrentan las comunidades bentónicas litorales, el erizo *Diadema africanum*. En la zona de estudio se puede observar claramente esta situación ya que las comunidades de blanquizal dominan el paisaje submarino.

Sobre el sustrato rocoso, generalmente de naturaleza volcánica, situado inmediatamente por debajo del nivel de la bajamar y permanentemente sumergido, las condiciones ambientales son más estables que en los pisos superiores, por lo que la diversidad de comunidades y especies es mayor. La biocenosis de algas fotófilas se encuentra representada por un cinturón más o menos continuo de algas de distintos géneros que varían según el área geográfica. Estas especies proporcionan hábitat a otras epífitas fotófilas y a especies esciáfilas en el estrato inferior privado de luz. Esta comunidad presenta características particulares según las condiciones de hidrodinamismo e insolación. En condiciones óptimas, el gran caracterizador del paisaje submarino, en este piso, sería el componente vegetal frente al animal. Aún así, la fauna de estas comunidades tiene una importante diversidad específica. En ese caso las comunidades aparecen estructuradas y estables, formadas por cuatro capas, o estratos de forma comparable a la vegetación arbustiva terrestre (ver Figura 100.- ).

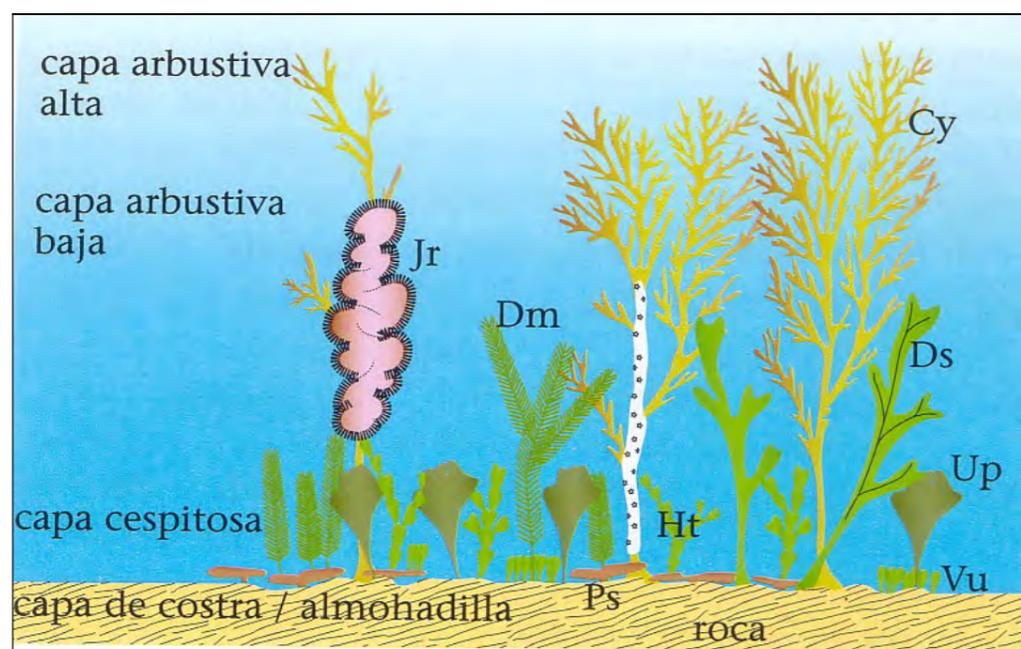


Figura 100.- Esquema de las distintas sucesiones determinadas en la construcción de capas del sistema fital de algas según Riedl 1966.

En la base del sistema se encuentra una capa de costra o de almohadilla: es la más próxima al subsuelo, de manera que los talos de algas coralíneas junto con los tubos calcificados por poliquetos y caracoles vermiformes forman una capa de de cal de varios centímetros de espesor; de

esta forma se forma un sustrato duro (biogénico) secundario, sobre el sustrato rocoso primario. Las algas calcáreas incrustantes de los géneros *Lithophyllum* y *Mesophyllum* desarrollan un papel muy importante en este proceso.

Sobre esta base estaría la capa cespitosa, donde se instalarían pequeñas especies, cuyos talos pueden estar o no calcificados y son capaces de retener el sedimento.

Sobre estos dos niveles aparecería la capa arbustiva baja, formada por algas carnosas, erectas más cortas en la que se mezclan, frecuentemente, diversas especies de algas rojas.

Estas últimas también pueden crecer epífita sobre las algas pardas de la capa arbustiva alta, que a su vez representaría el último nivel en esta sucesión de organismos. Esta capa arbustiva alta estaría formada por las algas de mayor porte como por ejemplo las grandes feofíceas y rodofíceas.

En el archipiélago canario, en condiciones óptimas, esta comunidad de algas fotófilas es, en general, muy diversa, y en ella se pueden encontrar distintas facies con diferentes algas dominantes, en función de la iluminación, la exposición al oleaje, la inclinación y el tipo de sustrato. La facies de *Cystoseira abies-marina*, junto a especies del género *Sargassum*, es característica del infralitoral canario en modo batido, desde el límite superior del piso infralitoral y potencialmente hasta los 35 m de profundidad, pero hoy en día, debido fundamentalmente al efecto del erizo *Diadema africanum* (formador de los blanquizales), es más frecuente encontrarla sólo hasta los 15 m. En la zona de estudio, no se observa un horizonte definido de *Cystoseira abies marina*. En su lugar, esta fécies, ha sido sustituida por facies de *Gelidium* y *Corallina*, junto con facies de *Asparagopsis armata*, *Dictyota dichotoma*, *Dictyota fasciola* y *Padina pavonica*, abundantes en las zonas bien iluminadas. Según algunos estudios científicos como el de Johnston 1969, con la sustitución de la banda de *Cystoseiras* se pasa de tener una producción de 10.5 g Carbono por m<sup>2</sup> y día a otra de 1.5-3 g Carbono por m<sup>2</sup> y día, cuando dominan algas como *Padina pavonica* y *Jania Rubens*, con la consecuente pérdida de productividad y diversidad para el ecosistema marino.

En los fondos de la zona de estudio, la biocenosis de algas fotófilas infralitorales, presenta una distribución característica. En los primeros metros presenta más diversidad y biomasa coincidiendo con las zonas más iluminadas y batidas, donde el erizo *Diadema africanum* no encuentra un hábitat idóneo. A partir de esta profundidad la biomasa algal es menor, pero aún significativa. A medida que se gana en profundidad, aparecen los primeros ejemplares de *Diadema africanum*, predando sobre grandes horizontes algales, como por ejemplo el conformado por el alga *Zonaria tournefortii*, en ese punto la degradación del fondo comienza a ser evidente. En la zona de estudio, de forma generalizada, a partir de unos 30-45 m de distancia desde el límite de bajamar comienza el blanquizal en estado maduro (ver plano A2.4). En el dominio absoluto del blanquizal, únicamente resisten algas coralíneas. Como se verá en este apartado, el infralitoral superior también se encuentra alterado, ya que la facies típica canaria de *Cystoseira abies-marina* ha sido sustituida por especies fotófilas más oportunistas y resistentes (como ya se comentó en el apartado 3.9.4.2.2, en el que se analiza la Biocenosis de la Roca intermareal), sumadas a la proliferación del alga invasora de crecimiento rápido *Asparagopsis armata* (ver Figura 101.- ).



Figura 101.- En la parte central de la imagen se observa el alga invasora *Asparagopsis armata* (Fuente: elaboración propia)

Por tanto, en los primeros metros de profundidad de los fondos someros rocosos del área de estudio, se extiende una biocenosis de algas fotófilas con síntomas de alteración, debido a la sustitución parcial de la comunidad típica, y a la abundancia de especies de origen invasor. Son muy abundantes las coralináceas como *Corallina elongata*, *Halopteris scoparia*, *Halopteris filicina*, junto a *Dictyota dichotoma*, *Padina pavonica*, *Valonia utricularis*, *Wrangelia argus*, *Briopsis plumosa*, *Dilophus fasciola*, *Mesophyllum sp.*, *Litophyllum sp.* (ver Figura 102.-).

Esto implica que en buena parte de la zona de estudio, la banda característica en aguas someras es ocupada por especies de crecimiento más rápido y masivo como las coralináceas, junto a un preocupante dominio de especies de algas invasoras como *Asparagopsis armata*, siendo el infralitoral superior donde se puede encontrar de manera abundante esta especie de origen australiano, que tiene un aspecto de un racimo y forma masas compactas de hasta 25 cm de altura (ver Figura 101.-) y es especialmente visible en la bajamar de mareas vivas. Esta especie, según la zona y dependiendo de la temperatura del agua, permanece todo el año, esta sólo unos meses o incluso puede no aparecer. Se desarrolla en los fondos rocosos no muy profundos y de importante hidrodinamismo, e incluso se la puede observar epífita sobre otras algas.



Figura 102.- Aspecto típico del fotófilo situado a poca profundidad. El recubrimiento de la roca es total por parte de algas como *Dictyota dichotoma*, *Dilophus fasciola*, *Halopteris scoparia*, *Corallina elongata*. También se observa en la parte central el pez *Coris julis* (Fuente: elaboración propia)

Aproximadamente, a partir de los 2 ó 3 m de profundidad, la diversidad algal disminuye y también la biomasa (ver Figura 103.-), efecto que se acentúa a medida que se gana profundidad. Esto se debe a la presencia del erizo *Diadema africanum*.

En estos fondos dominan las coralináceas como *Corallina elongata*, *Halopteris scoparia* (*Stypocaulom scoparium*), *Halopteris filicina*, *Gelidium sp* y diversas especies de algas costrosas calcáreas como *Mesophyllum* y *Lithophyllum*. Se pueden observar amplios horizontes constituidos por el alga *Zonaria tournefortii*, aunque con síntomas de degradación evidente, debido al efecto del erizo *Diadema africanum* muestra predilección por este alga, y es común verlo preñar directamente sobre ella, por tanto generalmente la facies de este alga se encuentra con síntomas de degradación o bien degradada al transformarse el sustrato en blanquizado.

En estos ambientes, llama especialmente la atención la extraordinaria abundancia de la esponja *Verongia aerophoba* en la zona de estudio, de un color amarillo intenso, tal como se puede apreciar en la Figura 104.-

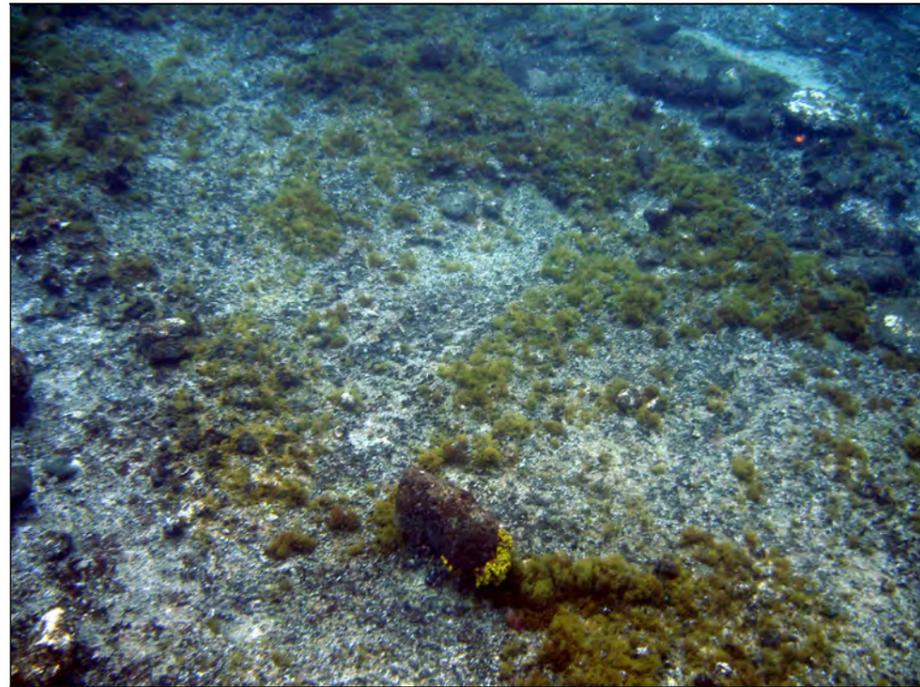


Figura 103.- En la imagen se aprecia la progresiva disminución de la cobertura vegetal y la presencia cada vez más notoria del blanquizado, a 3 m de profundidad (Fuente: elaboración propia)

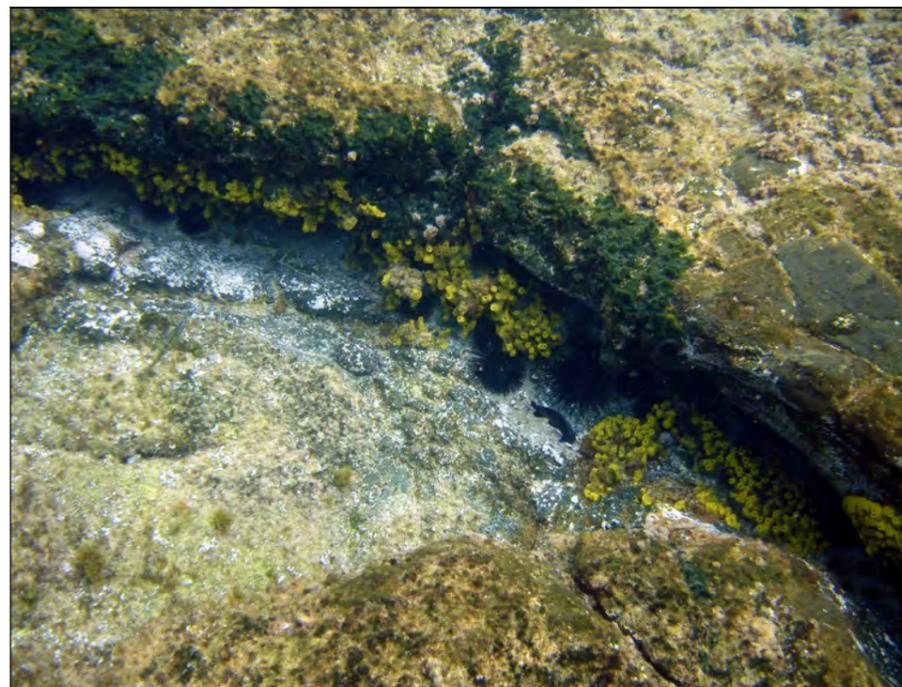


Figura 104.- La esponja *Verongia aerophoba* es muy abundante en los fondos rocosos previos al blanquizado y en el límite con este, como se aprecia en la imagen. Debajo de las esponjas se aprecia gran cantidad de individuos del erizo *Diadema africanum* (Fuente: elaboración propia)

Asociado a la biocenosis del fotófilo infralitoral, se concentra la mayor biomasa y diversidad de fauna de la zona de estudio entre los cuales destacan esponjas como *Verongia aerophoba*, *Phorbas fictitious*, *Hymeniacion sanguinea*, *Ircinia fasciculata*, *Euspongia officinalis*, cnidarios como *Anemonia sulcata*, *Aiptasia mutabilis*, *Alicia mirabilis*, poliquetos como *Spirographis spallanzani*, *P. dumerilii*, *Polydora giardi*, *Polydora caeca*, *Polydora hoplura*, briozoos como *Zoobothryon verticillatum*, crustáceos como *Pagurus anachoretus*, *Pachygrapsus marmoratus*, *Eriphia verrucosa*, *Thorulus cranchii*, *Clibanarius erythropus*, *Calcinus tubularis*, *Galathea bolivari* y *Achaeus gracilis*, moluscos como *Turboella parva*, *Bittium reticulatum*, *Nassarius incrassatum*, *Thais haemastoma*, *Cerithium vulgatum*, *Columbella rustica*, *Fasciolaria lignaria*, isópodos como *D. magnitorata*, los anfípodos: *Caprella pennantis*, *Caprella fretensis* y *Caprella danilevski*, tanaidáceos como *T. dulongii*, equinodermos como *Diadema africanum*, *Arbacia lixula*, *Paracentrotus lividus*, *Ophiodroma longicaudum*. Existen muchas especies de hidrozooos de los géneros *Aglaophenia* y *Sertularella*; *Corynactis viridis*, *Telmatactis sp.*, *Gerardia savaglia*, el poliqueto *P. dumerilii*; el anfípodo *Gammaropsis maculata*; el cangrejo *Pisidia sp.*; y los moluscos: *B. reticulatum*, *M. costulatus*, *Rissoa decorata*, *Pinna rudis*, *Rissoa guerini* y *Marshallora*. Cefalópodos como *Octopus vulgaris*, *Octopus macropus*, *Sepia officinalis* (ver Figura 105.-).



Figura 105.- En la parte central de la imagen se observa un ejemplar de *Sepia officinalis* (Fuente: elaboración propia)

Son típicas de esta comunidad numerosas especies de peces como *Coris julis*, *Thalassoma pavo*, *Blennius zvonimiri*, *B. Gattorugine*, *Parablennius rouxi*, así como gran cantidad de juveniles de *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Diplodus cervinus*, (sargo común, vidriada y sargo real, respectivamente), *Oblada melanura* (oblada), *Boops boops* (boga) *Chelum labrosus* y *Mugil mugil* (lisas), *Salpa sarpa* (salpa), *Pagrus auriga* (sama roquera), *Pomadasy incisus* (roncador), *Sciaena umbra* (corva), el escorpénido *Scorpaena porcus* (Rascacio), *Argyrosomus regius* (corvina real), *Sianea saucages*

(corvina), *Lithognathus mormyrus* (herrera), *Serranus cabrilla* (serrano), *Serranus scriba* (vaquita), *Mycteroperca rubra* (abade), *Parapristipoma Octolineatum* (burrito), *Sphyraena viridensis* (espetón), *Mullus surmuletus* (salmonete), *Pomatomus saltator* (anjova), *Seriola fasciata* (serviola), *Sparisoma cretense* (vieja), *Mycteroperca rubra*, *Gymnothorax unicolor* (morena), *Muraena helena*, *Muraena augusti* (morena negra), *Aulostomus strigosus* (peje trompeta), *Umbrina spp* (verrugatos) y *Pseudocaranx dentex* (jurel).

En los últimos años es significativa la presencia de dos especies de peces, que no encontraban su distribución natural en el archipiélago canario, ó eran muy difíciles de observar, son la Lubina (*Dicentrarchus labrax*) y la Dorada (*Sparus aurata*). A raíz del auge de la acuicultura en Canarias, en los últimos 20 años, debido a fugas de jaulas flotantes, estas dos especies se han adaptado perfectamente a las aguas del archipiélago. Consecuentemente se pueden observar grandes cardúmenes, especialmente de Lubinas, en las zonas más someras del área de estudio. En la Figura 106.- a Figura 110.- se muestran distintas especies de peces muy comunes en la zona.



Figura 106.- Ejemplar de *Dicentrarchus labrax* (Lubina), sobre un cardumen de *Sarpa salpa* (Fuente: elaboración propia)

Aun así, en general, toda la banda de algas fotófilas infralitorales se encuentran fuertemente influenciadas por la presencia del erizo de *Diadema africanum*. De tal forma que hoy en día, la proliferación masiva de este equinodermo, en Canarias en general y en la zona de estudio en particular alcanza tal grado, que es el que realmente define el límite inferior de distribución de las algas fotófilas, en lugar de hacerlo el grado de intensidad lumínica que llega al fondo, como sería lo normal. Su efecto es uno de los principales problemas que afectan al ecosistema marino bentónico canario.

Este erizo prolifera menos en zonas muy batidas, por tanto en estas la banda de algas fotófilas será más ancha que en fondos abrigados.



Figura 107.- A la izquierda de la imagen ejemplares de *Mullus surmuletus* (salmonete) y a la derecha un ejemplar de *Lithognathus mormyrus* (mabre) (Fuente: elaboración propia)



Figura 108.- Ejemplar de lisa, *Mugil cephalus* (Fuente: elaboración propia)

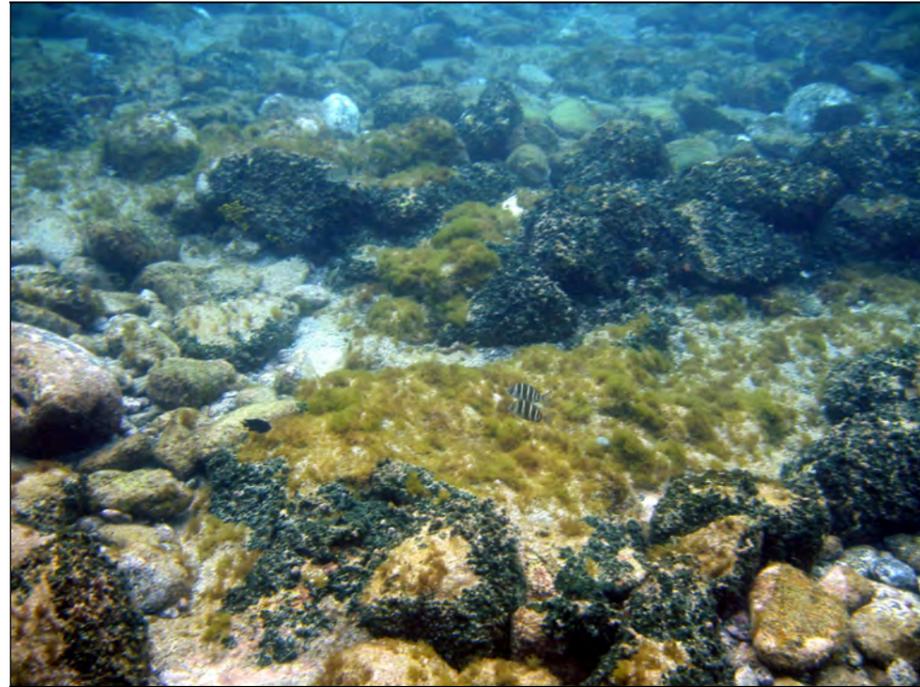


Figura 109.- En la parte central de la imagen se observan 2 individuos de *Diplodus cervinus* (sargo real) y a la izquierda de ellos un ejemplar de *Abudefduf luridus* (fula negra) (Fuente: elaboración propia)



Figura 110.- Ejemplar de *Thalassoma pavo* (fredi) (Fuente: elaboración propia)

En el infralitoral superior, especialmente en la cara externa de los diques de la playa del Charco, la biomasa algal también disminuye rápidamente, coincidiendo con la masiva proliferación de los erizos *Arbacia lixula* y *Paracentrotus lividus*. Estos aprovechan estas zonas más batidas, donde no accede el erizo *Diadema africanum*, para evitar su competencia por el alimento. El resultado final es un blanquizado homólogo al creado por el erizo *Diadema*.

3.9.4.3.2 *Biocenosis de Rodófitas calcáreas Incrustantes con erizos. Asociaciones Arbacia lixula y Paracentrotus lividus infralitoral superior. Diadema africanum formador del Blanquizado en infralitoral inferior.*

A lo largo de los fondos rocosos infralitorales de la zona de estudio, se pueden observar dos tipos de ambientes, creados por especies distintas de erizos. En un nivel más superficial y batido se encuentra una franja correspondiente a la típica comunidad de rodófitas incrustantes con erizos como *Arbacia lixula* y *Paracentrotus lividus*. Este ambiente se puede observar especialmente sobre los bloques rocosos que forman los diques de la playa de los Charcos, al sur de la zona de estudio (ver Figura 111.-).

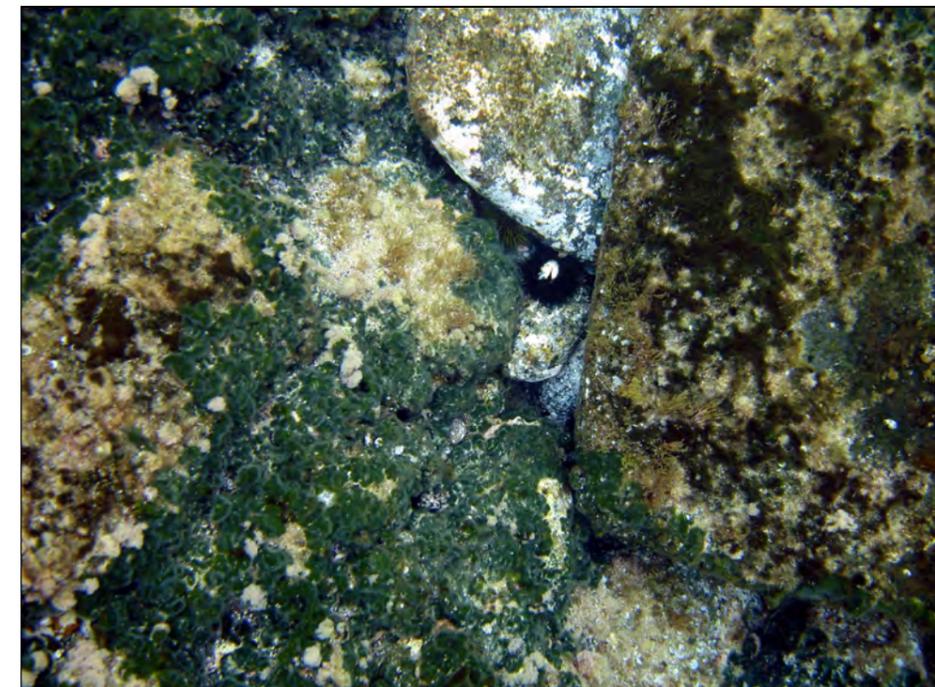


Figura 111.- En las zonas más someras se observan individuos de *Arbacia lixula* que producen ramoneo sobre las rocas eliminando parte de la cobertura algal. Como se observa en la imagen, donde aún se conserva gran parte de las algas fotófilas, su acción es menos destructiva que la de *Diadema africanum* (Fuente: elaboración propia)

En ellos, *Paracentrotus lividus* domina en las superficies horizontales y tolera bien los fondos batidos, mientras que *Arbacia lixula* se instala sobre todo en superficies inclinadas de menor hidrodinamismo. El primero come, sobre todo, algas de talo blando, mientras que el segundo prefiere alimentarse de algas calcáreas (como *Lithophyllum*) que crecen en estas superficies libres de vegetación erecta.

*Paracentrotus lividus*, puede perforar agujeros en las rocas lo que le permite oponerse al fuerte movimiento del agua en zonas expuestas. Donde le es posible domina sobre roca llana expuesta y deja que se mantenga la incrustación de *Lithophyllum*. También se adapta a las cavidades y grietas de las rocas, en cambio, puede sostenerse mejor sobre superficies lisas más escarpadas, aunque no puede perforar agujeros.

El otro ambiente, conocido como blanquizar es generado por el erizo de púas largas *Diadema africanum*. Todas estas especies convierten el sustrato rocoso en superficies prácticamente desprovistas de vegetación a excepción de las únicas algas que resisten, las calcáreas incrustantes. Pero sin embargo el efecto del erizo *Diadema* es más devastador que el de las otras dos especies, debido a la extensión de fondos que afecta y a la propia biología del equinodermo. Este es más voraz que *Paracentrotus lividus* y *Arbacia lixula*, ya que además de algas también puede consumir fanerógamas como *Cymodocea nodosa* (sebadal), e invertebrados sésiles. Según Tuya et al (2001), cada individuo puede consumir entre 0.50 y 0.72 gramos de alga, en peso seco, por día. En caso de escasear la población algal, puede comportarse como un omnívoro, nutriéndose de todo tipo de propágulos, esporas, etc., ya sean de origen vegetal o animal, así como de materia orgánica y detrito. Este comportamiento le permite mantener sus poblaciones en equilibrio dinámico en torno a la capacidad de carga del sistema (Tuya et al, 2001).

El blanquizar es un ambiente natural en las canarias (Mortensen, 1940), pero el problema se ha acentuado en las últimas décadas debido al aumento poblacional de la especie. Según diversos autores puede ser debido a una reorientación de la flota pesquera canaria hacia la pesca demersal costera (Bas et al., 1995), y al empleo por parte de esta (hasta el 70 %) de un arte de pesca no selectivo como es la nasa (Hernández-García et al., 1998).

Se pensaba que el erizo había llegado a las islas, con la importación de larvas desde el Caribe a raíz del descubrimiento de América. Pero según recientes estudios genéticos se ha comprobado que las poblaciones caribeñas son distintas genéticamente a las instaladas en Canarias y resto de la Macaronesia, por lo que se trata de una subespecie del Atlántico oriental. Por tanto se afirma que *Diadema africanum* se encuentra presente en las islas desde antes de la llegada del hombre a las mismas.

En la zona de estudio se extiende por niveles inferiores y de menor hidrodinamismo que las otras dos especies de erizos, su dominio se acentúa conforme se gana en profundidad. En líneas generales alcanza un estadio maduro, ya que la densidad llega a ser muy alta y la falta de cobertura vegetal es prácticamente total (ver Figura 112.-).

A medida que aumenta la profundidad la cobertura vegetal descende por el incremento en la biomasa del erizo, creando ambientes intermedios entre el de algas fotófilas (alterado por la ausencia de especies caracterizadoras como la *Cystoseira abies marina*) y el blanquizar. A partir de los primeros metros de profundidad, (ver plano A2.4), el blanquizar predomina en los fondos del área de estudio. Por tanto, debido al erizo de *Diadema*, el desarrollo de la biocenosis de algas fotófilas está extremadamente limitado hasta los primeros metros profundidad respecto a la capacidad potencial

normal que tendría en base a las condiciones de luminosidad, que sería hasta los 35-40 m de profundidad. Consecuentemente las algas que se observan son escasas debido a la presión a que son sometidas por parte de los herbívoros, dominando las formas calcáreas incrustantes como *Lithophyllum incrustans*, *Mesophyllum spp*, *Lithothamnion spp*, y *Titanoderma spp*.



Figura 112.- La cobertura vegetal queda reducida a las algas costrosas y coralináceas (Fuente: elaboración propia)

Se trata de un blanquizar en estado maduro, con alta densidad de ejemplares. Sobre la roca, únicamente se observan la característica capa de algas costrosas. Estas especies impregnan sus paredes celulares de carbonato cálcico, para evitar ser devoradas. En todos los afloramientos rocosos de la zona de estudio, se ha podido constatar el desarrollo de algas de tipo calcáreo, bien formando un sustrato biogénico secundario sobre los cantos y, bloques y lajas rocosas naturales o bien debido a las concreciones de algas calcáreas que forman estructuras duras de forma aislada. Las principales algas formadoras de estos ambientes son algas coralináceas como *Mesophyllum alternans*, *Lithophyllum incrustans*, *Lithophyllum expansum*, *Lithothamnion purpureum* y *Goniolithon sp*. También se observa el alga costrosa *Hildenbrandia rubra*, que se distribuye en forma de manchas sobre las rocas. Una vez creado el calvero o blanquizar animales como las lapas y peces ramoneadores, predan sobre algas filamentosas colonizadoras impidiendo el nuevo asentamiento vegetal.

Aunque estos erizos suelen realizar migraciones nocturnas y son más activos de noche, se observa una gran abundancia de ejemplares durante el día, pudiendo deberse a la alta competencia por el espacio y el alimento.

En los blanquiales pueden desarrollarse esponjas como *Ircinia spp*, *Verongia aerofoba*, sobre la que vive y se alimenta de ella el opistobranquio *Tylodina perversa*, *Hemimycale columella*, *Batzella inops* y *Anchinoe fictius*. También se observan los cnidarios *Anemonia sulcata* y *Aiptasia mutabilis*, junto a estrellas como *Martasterias glacialis* y *Coscinasterias tenuispina*. También viven en este ambiente los hidrozoos *Squizomavella auriculata*, *Reptaedonella violácea*, así como el ostrón *Spondylus gaederopus*, y holoturias como *Holothuria polii*, *Holothuria spp*.

Entre sus largas púas, o en sus proximidades vive una fauna asociada en la que destacan el Cangrejo araña (*Stenorhynchus lanceolatus*), otros pequeños crustáceos y juveniles de peces como tamboriles y fulas.

Autores como Garrido (2003), demostraron que la diversidad de peces litorales es inversamente proporcional a la densidad de erizos, este patrón se repite generalmente a lo largo de todas las costas canarias. Entre las especies más frecuentes destacan *Coris julis*, *Thalassoma pavo*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Diplodus cervinus*, *Oblada melanura*, *Boops boops*, *Pomadasys incisus* (roncador), *Sciaena umbra* (corva), el escorpénido *Scorpaena porcus* (Rascacio), *Serranus cabrilla* (serrano), *Serranus scriba* (vaquita), *Chilomycterus atringa*, *Canthigaster rostrata*.



Figura 113.- Cardumen de peces pelágicos de la especie *Boops boops* (bogas), sobre el blanquial (Fuente: elaboración propia)

Una de las razones de la expansión del erizo *Diadema* es que tiene pocos predadores, entre ellos se encuentran los prosobranquios *Charonia lampas* y *Charonia variegata* (Bucios), junto peces como el pejeperro *Pseudolepidaplois scrofa*, las samas (*Pagrus spp* y *Dentex spp*, el Bocinegro (*Pagrus pagrus*), los sargos (*Diplodus spp*), el tamboril espinoso (*Chilomycterus atringa*), estrellas de mar de los géneros

*Marthasteria*, *Coscinasterias*, y distintos tipos de gallos (*Ballistidae*). Muchas de estas especies, a pesar de tener escaso valor comercial, se capturan por su interés ornamental, pero ninguna especie por sí sólo mantiene el control de los *Diademas*.

### 3.9.5 CARACTERIZACIÓN DE LA BIOCENOSIS DE BLANQUIZAL

En el apartado 3.9.4.3.2 se ha descrito el modo de distribución general de la biocenosis de blanquial en la zona concreta de estudio. A partir de esta descripción bionómica y de la metodología de análisis detallada en el apartado 3.9.1, se seleccionaron 3 estaciones de control, distribuidas a lo largo de la zona de caracterización, tal como se aprecia en Figura 114.-

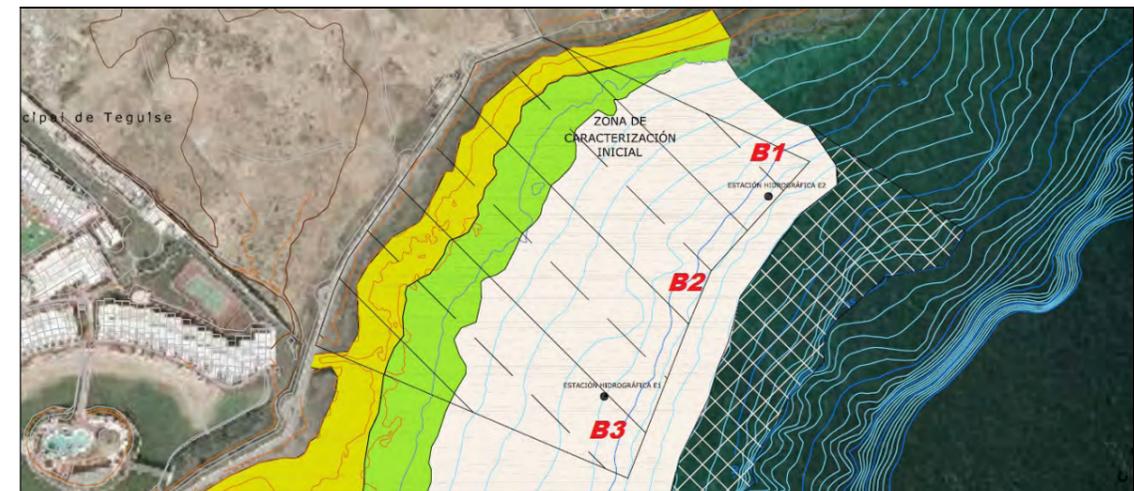


Figura 114.- Localización de las estaciones de muestreo del blanquial (Fuente: elaboración propia)

El resultado de las tres estaciones se muestra en la Tabla 18.- .

Tabla 18.- Caracterización del blanquial en las 3 estaciones (Fuente: elaboración propia)

Estación	Abundancia <i>Diadema</i>	Distribución	Tipo de fondo
<b>B1</b>	Alta >8 ind/m <sup>2</sup>	Aleatoria	Blanquial Maduro
<b>B2</b>	Alta >8 ind/m <sup>2</sup>	Aleatoria	Blanquial Maduro
<b>B3</b>	Alta >8 ind/m <sup>2</sup>	Aleatoria	Blanquial Maduro

Todas las estaciones, se encuentran en un blanquial muy desarrollado, y de similar profundidad (ver Figura 115.- ). Como se observa en el plano A2.4, entre esta biocenosis y el litoral se extiende una banda de algas fotófilas con mayor o menor síntomas de alteración (ver Figura 116.- ), pero en cualquier caso con una limitación en su capacidad de proliferación debido precisamente al blanquial (ver Figura 117.- ). En las zonas más someras, *Diadema africanum* no puede desarrollarse con plenitud, debido a que el hidrodinamismo es un factor limitante para esta especie.



Figura 115.- Gran densidad de ejemplares del erizo *Diadema africanum* (Fuente: elaboración propia)



Figura 117.- Límite de la biocenosis de algas fotófilas y el comienzo del blanquizado. A la izquierda de la imagen se observa un menor recubrimiento algal y los primeros ejemplares de erizos (Fuente: elaboración propia)



Figura 116.- Aspecto de la biocenosis de algas fotófilas a poca profundidad, donde no afecta el erizo (Fuente: elaboración propia)

Como se observa en la anterior secuencia de fotografías de la Figura 115.- a Figura 117.-, los erizos tienen un efecto devastador sobre las poblaciones algales. Tras el efecto de estos, el recubrimiento vegetal, se limita a resistentes algas coralináceas costrosas.

En líneas generales, no se observa un gran espacio de transición en la densidad de erizos. Estos alcanzan un número de ejemplares realmente elevado a una distancia reducida de costa. Debido al elevado número de individuos por m<sup>2</sup>, se puede afirmar, que en el área de actuación el espacio ocupado por los erizos conforman un blanquizado en estado maduro (ver Figura 118.- y Figura 119.-).

### 3.9.6 CONCLUSIONES

El litoral del área de estudio está fuertemente antropizado, ya que su morfología natural ha sido modificada por la construcción de hoteles, urbanizaciones y paseos marítimos. De igual forma, al sur del área de actuación, se han construido espigones para contención de arenas y piscinas artificiales, manteniendo la presión sobre la costa. Estos factores unidos a otros de tipo biológico determinan que, en algunas zonas, las comunidades marinas de presenten niveles significativos de alteración.

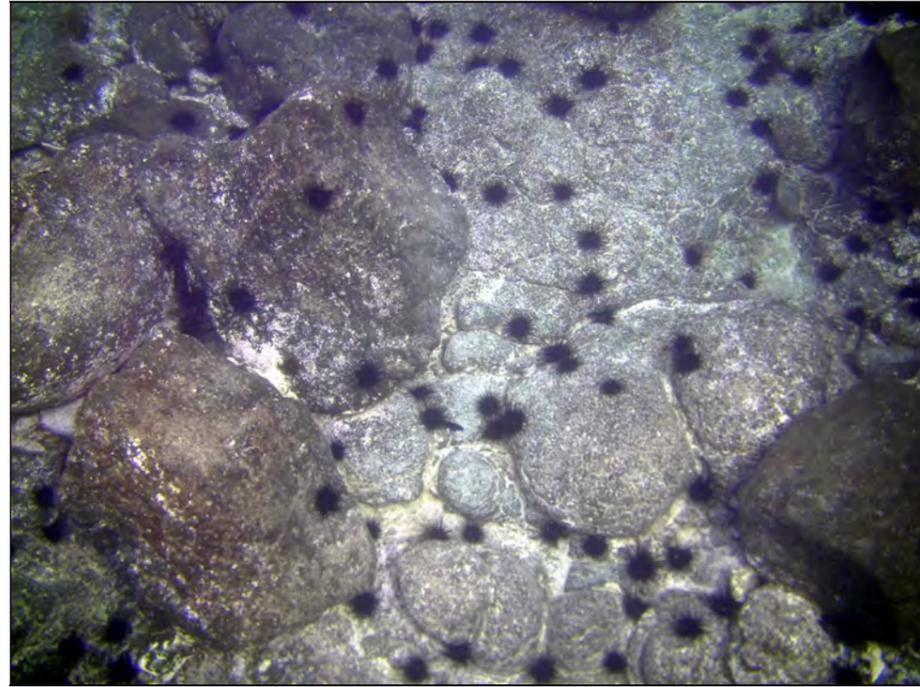


Figura 118.- Ejemplares de *Diadema africanum* distribuidos por la totalidad del sustrato marino (Fuente: elaboración propia)



Figura 119.- En apenas 2 m<sup>2</sup> se pueden observar más de 30 individuos de *Diadema africanum*. La presencia masiva de estos erizos impide el asentamiento de otras especies (Fuente: elaboración propia)

De todas las biocenosis presentes en las zonas intermareal y submareal, es la denominada "Algas fotófilas sobre la roca infralitoral" la que en principio pudiera suscitar mayor interés ambiental. Sin embargo esta biocenosis dista mucho de su estado óptimo, ya que tan sólo dispone de una pequeña franja de entre 30 y 45 m de anchura medidos desde el límite de la bajamar para su distribución (tal como puede apreciarse en el mapa bionómico). A partir de esta zona, la biomasa algal disminuye drásticamente. A medida que se gana en profundidad, aparecen los primeros ejemplares de *Diadema africanum*, predando sobre grandes horizontes algales y la degradación del fondo comienza a ser evidente. Asimismo la biocenosis de algas fotófilas también presenta síntomas de alteración, debido por un lado a la sustitución parcial de la comunidad típica (*Cystoseira abies marina*, que en la zona de estudio ha desaparecido completamente) por especies de amplio espectro ecológico, resistentes y oportunistas (dictyotales, coralináceas, etc) y por otro lado por la significativa presencia de especies de carácter invasor (*Asparagopsis armata*).

Destaca, por tanto, la presencia de una especie de alga invasora como *Asparagopsis armata*, junto al efecto del erizo de *Diadema africanum*. Estas especies de algas y erizos, desvirtúan especialmente, la zonación de especies del piso infralitoral.

De igual forma que ocurre en el resto de islas del archipiélago Canario, el erizo de *Diadema africanum* tiene un efecto devastador sobre las comunidades bentónicas creando ambientes prácticamente desprovistos de vegetación y conocidos como blanquizales. La proliferación masiva de este equinodermo, en la zona de estudio alcanza tal grado, que es el que realmente define el límite inferior de distribución de las algas fotófilas, en lugar de hacerlo el grado de intensidad lumínica que llega al fondo, como sería lo normal. Así en la zona se manifiesta claramente su efecto a partir de los primeros metros de profundidad, donde se puede observar un blanquízal maduro con una ausencia prácticamente total de cobertura vegetal.

Señalar por último, que la zona de actuación queda incluida dentro de la propuesta del nuevo LIC "Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura", tal como se explica en el apartado 3.8. Sin embargo, la zona de actuación no alberga ninguno de los valores ambientales de interés conservacionista atendiendo a las especies objeto de protección por las que se propuso este LIC: la tortuga boba (*Caretta caretta*) y el delfín mular (*Tursiops truncatus*). Ninguna de estas especies, de hábitos oceánicos, se localizan en la zona de actuación ni en las proximidades. Y lo mismo sucede respecto a los hábitats por lo que ese espacio ha sido propuesto como LIC y que son el hábitat 1110.- Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda, no presente en la zona, y el hábitat 1170.- Arrecifes. Así, según el documento emitido por el proyecto INDEMARES (Almon, B, et al 2014) a partir del cual surgió la propuesta de LIC, los autores identificaron 14 comunidades incluidas en la categoría 1170 de la Directiva Hábitats, entre las cuales no figura la comunidad de blanquizales de *Diadema africanum*, en los que la roca aparece desprovista de vegetación por la acción de este erizo, y que es claramente mayoritaria en el ámbito de estudio. Y todo ello teniendo en cuenta que, tal como señalan los autores de dicho estudio de inclusión de LIC, sus investigaciones se centraron en la franja situada entre los 30 y los 2.000 metros de profundidad. Esta cota mínima de los 30 m se encuentra muy alejada del límite de la zona de actuación.

En el plano A2.4 que se presenta en el Apéndice de planos se presenta la cartografía bionómica existente en el ámbito de estudio, a partir del procesamiento de toda la información recopilada en la campaña de campo y en su posterior analítica. Es un plano de identificación de biocenosis superpuesto sobre la topografía y batimetría existente, así como sobre una ortofoto de la zona.

La memoria se acompaña con una serie de cuatro videos recopilados en la campaña de campo, en los que se resumen las imágenes correspondientes a los principales biotopos y biocenosis.

### 3.10 ACTIVIDAD PESQUERA

Teniendo en cuenta las profundidades de la zona de actuación (inferiores a 5 metros) puede afirmarse que en el ámbito de estudio no tiene lugar la práctica pesquera profesional, por lo que se descartan potenciales afecciones a la misma.

### 3.11 ELEMENTOS ANTRÓPICOS

Entre los posibles servicios afectados en la zona de estudio, se descarta la presencia de emisarios o cualquier elemento de origen antrópico en la zona de extracción, la de mayor riesgo de afección al implicar el dragado del fondo marino.

Asimismo en la zona no hay cables submarinos, arrecifes, u otros elementos antrópicos.

### 3.12 PATRIMONIO HISTÓRICO Y CULTURAL

Cerca de la zona de estudio no existe ningún Bien de Interés Cultural (BIC) declarado. Aunque no tengan la calificación de BIC, cerca de la zona de estudio hay 2 molinos de viento (ver Figura 120.- ), si bien están situados por detrás del paseo marítimo existente y por tanto no serán afectados por las obras.



Figura 120.- Molinos de vientos próximos a la zona de estudio (Fuente: elaboración propia)

### 3.13 PAISAJE

Según el Convenio Europeo del Paisaje, paisaje es "cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos". Entre las medidas específicas de dicho Convenio (incluidas en su capítulo 6) figura "calificar los paisajes así definidos, teniendo en cuenta los valores particulares que les atribuyen las Partes y la población interesadas".

De acuerdo al Plan insular de Ordenación de Lanzarote (en adelante PIOL) la zona de estudio está incluida dentro de la *Unidad de paisaje 31. Conurbaciones a lo largo de la línea de costa* (ver Figura 121.- ) con un valor paisajístico limitado, y que constituye el paisaje más antropizado de la isla de Lanzarote.

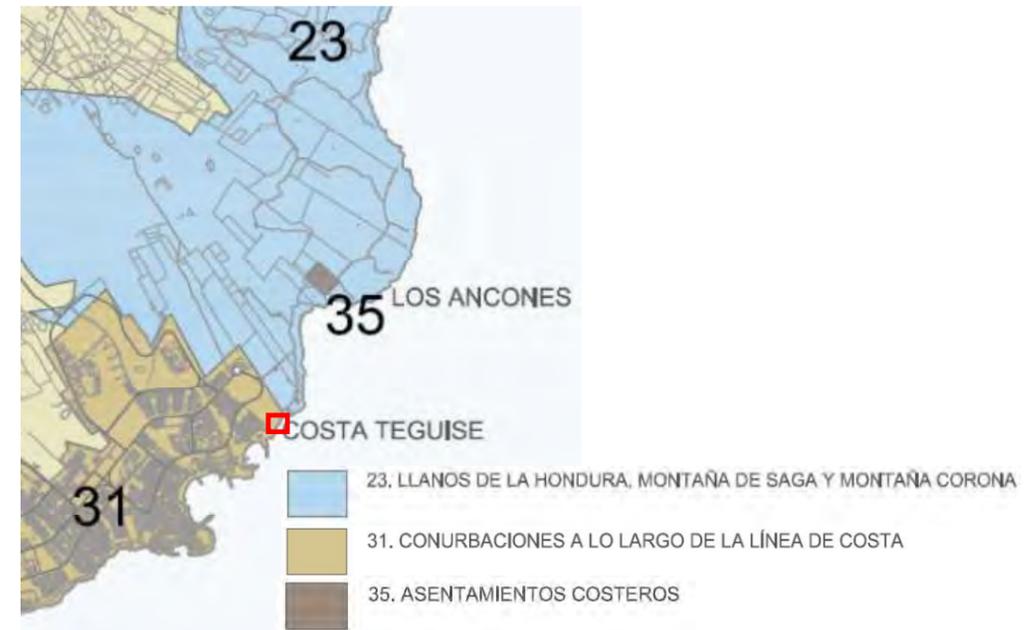


Figura 121.- Unidades de paisaje cerca de la zona de estudio (Fuente: PIOL)

En la Figura 122.- y en la Figura 120.- se muestran fotografías que permiten apreciar el paisaje existente actualmente en la zona de actuación. Puede apreciarse que efectivamente se trata de un paisaje bastante antropizado (nótese la presencia de un paseo marítimo a lo largo de todo el borde litoral, de espigones de escollera en el extremo suroeste y de edificaciones en ambos extremos, si bien con una mayor densidad en el suroeste). La zona costera está conformada por guijarros y cantos rodados y la parte más interior por tierra de aspecto árido con escasa vegetación. Solamente los molinos de viento existentes en la zona pueden calificarse de elementos paisajísticos con cierta singularidad.



Figura 122.- Arriba: vista aérea de la zona de actuación; centro: vista desde el extremo suroeste; abajo: vista desde el extremo noreste (Fuente: Google Earth y elaboración propia)

### 3.14 USOS MARINOS

De acuerdo al PIOL los usos marinos previstos para la zona de estudio corresponden "Zona de uso o con potencial de uso dotacional e infraestructural", tal como se muestra en la Figura 123.-



Figura 123.- Usos marinos en la zona de estudio (Fuente: PIOL)

### 3.15 CONSIDERACIONES AMBIENTALES DEL PLAN INSULAR DE ORDENACIÓN DE LANZAROTE (PIOL)

Por su especial trascendencia se presentan algunas de las indicaciones recogidas en el Plan insular de Ordenación de Lanzarote (PIOL).

#### 3.15.1 UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS

En el PIOL se efectuó la identificación y caracterización de las unidades ambientales homogéneas que componen el territorio insular, síntesis ambiental resultado de la interrelación entre los distintos elementos que componen el medio, los factores naturales, y los usos y aprovechamientos que en este

territorio se desarrollan. Se ha distinguido entre unidades ambientales homogéneas del medio terrestre y del medio marino. La descripción e información característica de cada unidad se recogió en unas fichas de caracterización. De acuerdo al PIOL se distinguen las siguientes unidades ambientales homogéneas terrestres (UAH) y marinas (UAH-M) en la zona de estudio, tal como puede comprobarse en la Figura 124.- y Figura 125.-

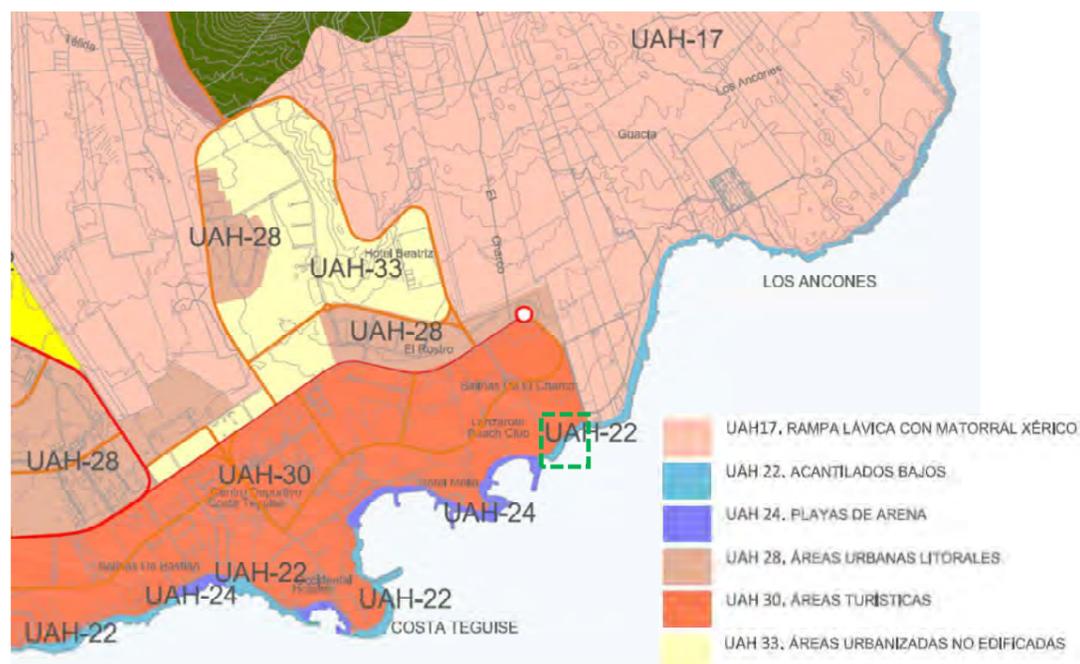


Figura 124.- Unidades ambientales terrestres cerca de la zona de estudio (Fuente: PIOL)

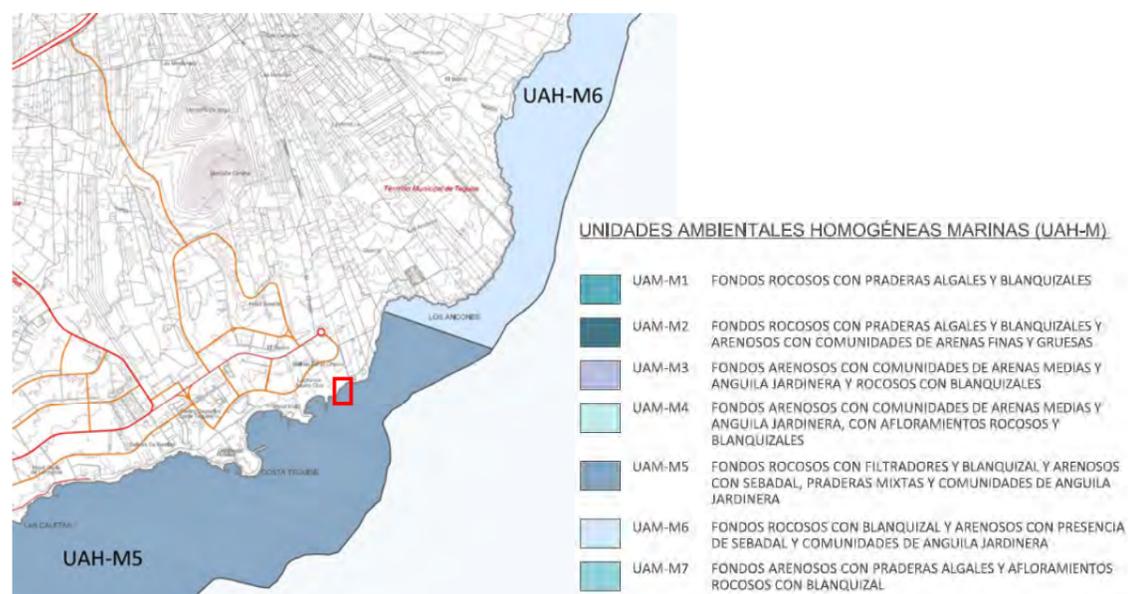


Figura 125.- Unidades ambientales marinas cerca de la zona de estudio (Fuente: PIOL)

- UAH-22: Acantilados bajos.
- UAH-30: Áreas turísticas.
- UAH-M5: Fondos rocosos con filtradores y blanquiazal y arenosos con sebadal, praderas mixtas y comunidades de anguila jardinera.

Al suroeste de la zona de actuación aparece la unidad terrestre UAH-24. Playas de arena (correspondiente a la playa de Los Charcos, de Las Cucharas, etc.) y al noreste aparecen la unidad terrestre UAH-17. Rampa lávica con matorral xérico y la unidad marina UAH-M6. Fondos rocosos con blanquiazal y arenosos con sebadal y comunidades de anguila jardinera.

### 3.15.2 UNIDADES DE DIAGNÓSTICO

El análisis de las unidades de diagnóstico del medio terrestre se constituye por el cruce de las unidades ambientales homogéneas terrestres (ver apartado 3.15.1) y los usos de carácter jurídico de escala territorial y urbanística (zonas protegidas, clasificación del suelo, áreas de actividad extractiva...).

De todo ello se concluye que la zona de estudio está incluida en una UAH-22 y en una UAH-30 con clasificación de suelo urbano.

Por su parte, el análisis de las unidades de diagnóstico del medio marino se constituye por el cruce de las unidades ambientales homogéneas marinas (ver apartado 3.15.1) con los usos existentes, las afecciones de carácter jurídico de escala territorial que les corresponden, así como por los usos potenciales, principalmente relacionados por el aprovechamiento para el desarrollo económico y social en los puertos:

Por consiguiente la zona de estudio está incluida en una UAH-M5 con uso o potencial uso de dotacional e infraestructural (ver Figura 123.- y Figura 125.-).

### 3.15.3 ORDENACIÓN DEL LITORAL Y DEL MEDIO MARINO

Por su especial trascendencia se presentan a continuación las líneas de ordenación del litoral y medio marino fijados en el PIOL.

#### 3.15.3.1 Zonificación del medio marino

En la Memoria de Ordenación del PIOL se efectúa la ordenación de la zona marina (que abarca desde la línea de costa hasta la línea batimétrica de -50 metros) y se definen un total de 31 Unidades de ordenación marina, que se aglutinan en los siguientes grupos:

- **Espacios Naturales Protegidos (ENP).** En el PIOL se establece que el único Espacio Natural Protegido que afecta al medio marino es Parque Natural del Archipiélago de Chinijo, en el cual se establecen 9 subunidades codificadas con ENPA\_1.1 a ENP-A\_1.9. Este espacio está muy alejado de la zona de actuación.

- **Áreas de Interés para la Conservación (AIC).** Incluyen aquellas zonas marinas con mayores valores para la conservación que no se encuentran incluidas dentro de los límites del Parque Natural del Archipiélago de Chinijo. En el PIOL se definen cinco áreas codificadas como AIC-Ba\_1, AIC-Ba\_2, AIC-A\_3, AIC-Ba\_4 y AIC-Ba\_5. Todas estas zonas están muy alejadas de la zona de actuación.
- **Áreas con vocación infraestructural en el litoral (AIL).** Se componen de aquellos espacios en las zonas de influencia de las áreas portuarias con potencial para la ampliación de las infraestructuras existentes o implantación de nuevas (también se incluye la zona con potencial para la ampliación del aeropuerto). La zona de estudio se encuentra dentro del área codificada como AIL-C\_3.
- **Zonas de uso pesquero intensivo (ZUPI).** Consisten en las zonas con presencia de arrecifes artificiales (ZUPI-Bb\_1) y aquellas que cuentan con concesión acuícola (ZUPI-Bb\_2).
- **Otros espacios marino (OEM).** Se componen del resto del ámbito marino, no coincidente con las unidades de ordenación ya mencionadas y que no se caracteriza por el aprovechamiento productivo más intensivo o por la existencia de figuras de protección. Próxima a la zona de estudio se encuentra el espacio OEM-Ba\_4 (rodeando el área AIL-C\_3) y el OEM-Ba\_3.2 (al norte y de dimensiones muy reducidas).

Además, se establece la categoría superpuesta a la ordenación marina de "sebadales", que establece la estricta protección y el mantenimiento de los valores biológicos y económicos de los mismos.

Puede apreciarse que en la codificación de los espacios aparece después del guión una letra que puede ser A, Ba, Bb, C o D dependiendo de su valor natural de acuerdo Decreto 6/1997, de 21 de enero, por el que se fijan las directrices formales para la elaboración de los planes de ordenación de los recursos naturales. La zonificación empleada en el PIOL en concordancia con el Decreto 6/1997 es:

- Zona A. Se corresponden con los ámbitos de mayor valor ambiental, con predominio y relevancia de los procesos naturales. Se incluyen en esta categoría los Espacios Naturales Protegidos clasificados como Parque Nacional, Parque Natural y Reserva Natural, además de otros ámbitos que configuran la Red Canaria; así como zonas que, pese a no contar con ninguna figura de protección vigente, constituyen áreas de muy elevado valor ambiental, incluidas las zonas del entorno de alguno de los citados Espacios Naturales Protegidos.
- Zona B. Se corresponden con los ámbitos en los que coexisten valores naturales de importancia con actividades humanas productivas de tipo tradicional. Dentro de esta categoría se podrá contemplar la existencia de dos subzonas:
  - Subzona de aptitud natural (Ba): formada por aquella parte de la zona B que albergue valores forestales, paisajísticos o naturales de importancia, o bien que tenga potencialidad para albergarlos. Su grado de naturalidad varía entre las diferentes unidades y subunidades. En el medio marino, son zonas Ba las unidades de ordenación de "Áreas de interés para la conservación" y "Otros Espacios Marinos".
  - Subzona de aptitud productiva (Bb): constituidas por aquellas partes de la zona B que albergan actividades productivas de tipo tradicional o que, por su morfología, accesos y demás factores del sistema productivo, puedan albergarlas. Corresponden a ámbitos de

interés productivo, vinculados principalmente a los sectores agrícola, ganadero y pesquero, pero que contienen altos valores naturales y/o paisajísticos y en los que la presencia de actividad tradicional no ha impedido su inclusión en figuras de protección de la Red Canaria de Espacios Naturales Protegidas o de la Red Natura 2000. Las Zonas de Actividad Extractiva, se incluyen dentro de esta categoría.

- Zona C. Incluye aquellas partes del territorio que son susceptibles de albergar diversos equipamientos, construcciones o instalaciones puntuales de interés general.
- Zona D. Incluye los suelos clasificados como urbanos, urbanizables y asentamientos rurales, así como aquellos que por determinación del planeamiento puedan llegar a serlo.

La zonificación del área marina más próxima a la zona de estudio se muestran en la Figura 126.- , y como se ha dicho anteriormente incluye las unidades AIL-C\_3, OEM-Ba\_4 y OEM-Ba\_3.2 (de más cerca a más lejos de la zona de estudio). También se observan algunas zonas de "sebadal", si bien relativamente alejadas de las zonas de obras: 1 km la situada al norte y 2 km la situada al sur).

### 3.15.3.2 Unidades Litorales Homogéneas

En el PIOL también se delimitan los ámbitos que conforman las Unidades Litorales Homogéneas (ULH), las cuales deben tener una entidad suficiente para su ordenación y gestión.

Las ULH se integran por aquellas partes de territorio que forman parte o determinan el funcionamiento de los distintos sistemas que configuran el litoral, a fin de preservarlo como recurso fundamental y estratégico de las islas y asegurar su acceso, uso y disfrute. Los criterios para su delimitación se basan en el análisis múltiple de las variables más destacadas en la configuración del litoral lanzaroteño. Se corresponde con las unidades de diagnóstico del medio marino identificadas y contenidas en el PIOL (ver apartado 3.15.2).

En el PIOL se definieron cuatro UHL, estando la zona de estudio incluida en la UHL-4 (que incluye las unidades de diagnóstico UAH-M2, UAH-M5 y UAH-M6).

### 3.15.3.3 Alternativas de ordenación del medio marino

Finalmente en el PIOL se realiza la ordenación del medio marino a partir de la delimitación de las Unidades Ambientales Homogéneas Marinas (UAH-M, las cuales, como ya se ha comentado, son el resultado de la interrelación de los distintos elementos que componen el medio, los factores naturales que en él inciden y los usos y aprovechamientos que se desarrollan) y de la incorporación a dichas UAH-M de una valoración de los usos y aprovechamientos que permiten establecer las Unidades de Diagnóstico Marinas, las cuales constituyen la base para la definición de las Unidades de Ordenación del medio marino, presentadas en los apartados 3.15.3.1 y 3.15.3.2.

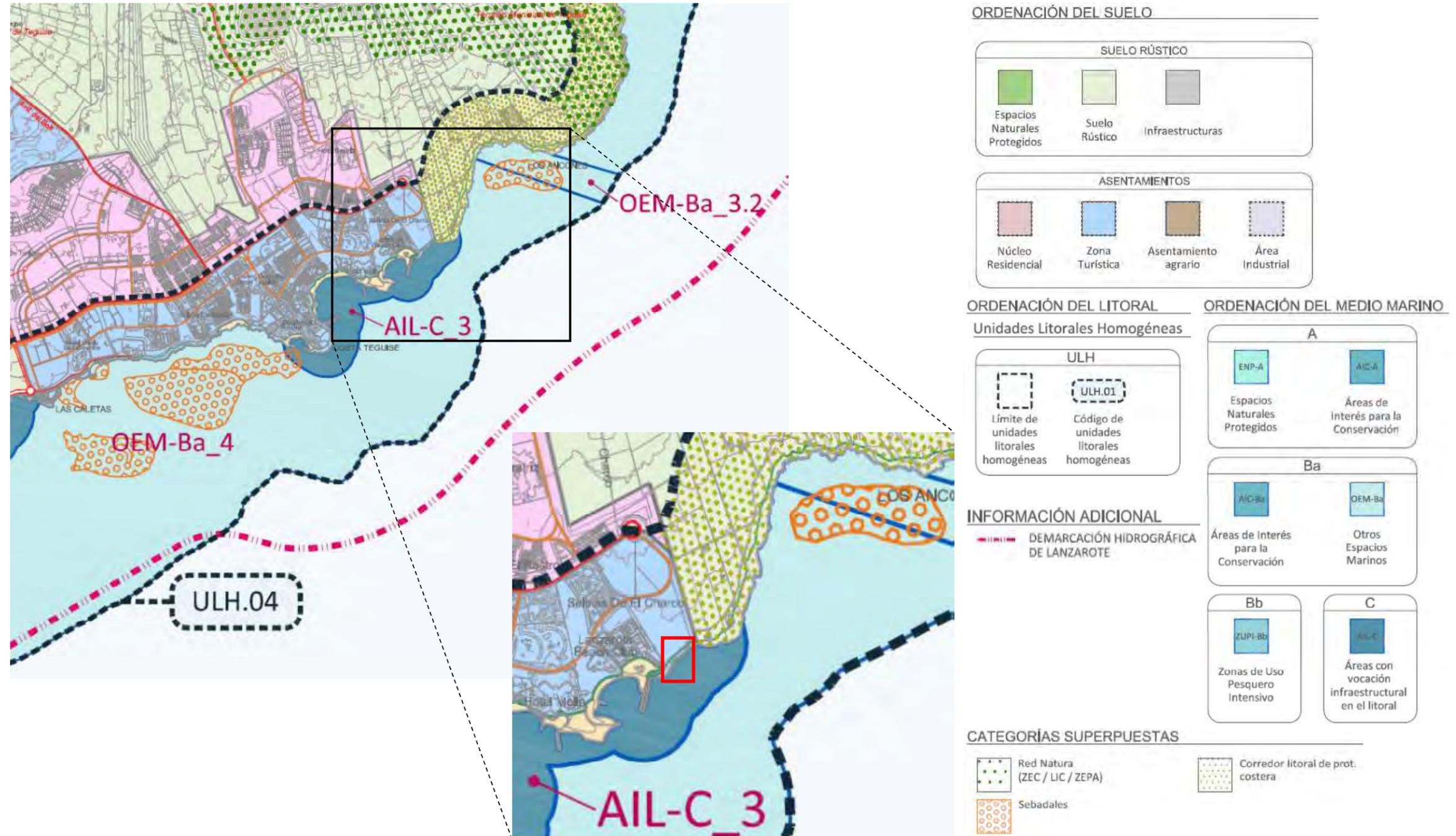


Figura 126.- Unidades de diagnóstico territorial definidas en el Plan Insular de Ordenación Litoral (Frente: PIOL)

### 3.15.3.4 Conclusiones

Se concluye, por tanto, que la actuación propuesta (creación de una nueva infraestructura para el baño consistente en la aportación de arena y construcción de espigones) es compatible con el Plan Insular de Ordenación de Lanzarote (PIOL) pues se desarrolla en una zona catalogada como AIL-C\_3,

es decir, un área con vocación infraestructural en el litoral (AIL) y catalogada ambientalmente como Zona C (susceptibles de albergar diversos equipamientos, construcciones o instalaciones puntuales de interés general).

### 3.16 INTERACCIONES ECOLÓGICAS CLAVES

Una vez conocidas las características de la obra objeto de proyecto, así como las del medio en el que pretende ser desarrollada, se está en condiciones de definir las interacciones ecológicas clave, tal como se solicita en el Anexo VI de la Ley 21/2013.

Por interacciones ecológicas clave, se entiende la serie de procesos naturales importantes que pueden verse significativamente interferidos por alguna acción o componente del proyecto considerado y que por tanto relaciona los elementos generadores de impacto (la obra) y los elementos receptores de impacto (el medio físico y socioeconómico) a través de los mecanismos generadores de impacto.

#### 3.16.1 ELEMENTOS GENERADORES DE IMPACTO

Los elementos generadores de impacto están directamente implicados con las distintas operaciones básicas incluidas en la obra. En particular se han identificado los siguientes.

##### Durante la fase de construcción

- **Extracción de materiales (escollera).** Durante la extracción de la escollera de las canteras (se recuerda que la arena de aportación procede del Sáhara y por tanto el impacto de su extracción no es objeto del presente estudio) la maquinaria empleada producirá ruidos y la emisión de contaminantes atmosféricos.
- **Transporte de materiales (escollera / arena).** Durante el transporte por carretera de la escollera desde la cantera hasta la obra y de la arena de aportación (por barco hasta su desembarque en el puerto de Recife y posteriormente por camión desde el puerto hasta la obra) la maquinaria empleada producirá ruidos y la emisión de contaminantes atmosféricos.
- **Vertido de los materiales en el agua (escollera / arena).** Durante las operaciones de vertido y colocación de escollera en los espigones y de vertido y extensión de arena en la playa, la maquinaria empleada producirá ruidos y la emisión de contaminantes atmosféricos. Asimismo debe tenerse presente que durante estas operaciones se producirá el vertido al agua de los finos presentes en la arena y en las escolleras (no obstante, debe tenerse en cuenta que en promedio la arena que se propone emplear para la creación de la nueva playa tiene un porcentaje de finos inferior al 1%, entendiéndose por finos aquellas partículas con un tamaño inferior a 0,063 mm). Esto comportará un incremento de la turbidez del agua que puede afectar a las especies más próximas y podría implicar una modificación de la calidad química del agua, si bien se considera poco probable.
- **Vertido accidental de hidrocarburos.** Durante las operaciones descritas anteriormente se puede llegar a producir el vertido accidental de aceites, lubricantes... tanto en medio terrestre como marino, si bien se le debe conceder una baja probabilidad de ocurrencia.

##### Durante la fase de explotación

- **Presencia de nuevos espigones.** La presencia de los nuevos espigones una vez que su construcción haya sido finalizada supondrá por un lado un efecto barrera al transporte sedimentario (con la consiguiente alteración de la dinámica marina y el balance de sedimentos), la modificación de la batimetría y la ocupación de espacios habitados por comunidades marinas, lo que supone una alteración de sus condiciones actuales (por un lado aterramiento de las comunidades bentónicas presentes debido a la deposición de los materiales, pero por otro creación de una obra similar a un arrecife que permitirá el desarrollo de otro tipo de especies). Finalmente supone una alteración del actual paisaje costero, caracterizado por una artificialización, si bien como se ha comentado en las proximidades de la zona ya existen este tipo de estructuras.
- **Presencia de la nueva playa (relleno de arena).** La presencia de la nueva playa una vez que su construcción haya sido finalizada supondrá por un lado la modificación de la batimetría y del tipo del sustrato rocoso actualmente existente y la ocupación de espacios habitados por comunidades marinas, lo que supone una alteración de sus condiciones actuales (aterramiento de las comunidades bentónicas presentes debido a la deposición de los materiales). Asimismo supone una alteración del actual paisaje costero. Finalmente la creación de la nueva playa permitirá un mayor desarrollo de las actividades recreativas y de ocio.
- **Nuevo pantalán.** La presencia del nuevo pantalán en la zona de proyecto además de suponer una alteración del actual paisaje costero, provocando su artificialización, permitirá un mayor desarrollo de las actividades recreativas y de ocio.

#### 3.16.2 ELEMENTOS RECEPTORES DE IMPACTO

Por lo que respecta a los elementos receptores de impacto, están formados por los distintos componentes del medio que pueden resultar afectados directa o indirectamente por la obra. En particular se han identificado los siguientes, que han sido agrupados en aquellos pertenecientes al medio abiótico, al medio biótico y al medio antrópico (que incluye el perceptual –paisaje– y el socio-económico).

##### Medio abiótico

- **Fondo marino**
- **Aire**
- **Agua**

##### Medio biótico

- **Comunidades naturales**
- **Espacios Naturales Protegidos**

### Medio antrópico

- Paisaje
- Actividades socio- económicas

### 3.16.3 MECANISMOS DE GENERACIÓN DEL IMPACTO

La interacción entre elementos generadores y receptores de impacto se produce a través de una serie de mecanismos, lineales en unos casos y complejos en otros, que en el caso de una obra como la analizada presenta un ámbito espacial de influencia reducido, limitado además en el tiempo. A continuación, se identifican los principales mecanismos a través de los cuales se producen los diferentes impactos detectados.

#### 3.16.3.1 Sobre el medio abiótico

El medio físico-químico constituye el soporte del conjunto de sistemas, por lo que los mecanismos de actuación sobre él trascienden a los componentes bióticos que mantienen una relación de equilibrio con la calidad del medio. Por ejemplo, toda modificación significativa y persistente en la transparencia del agua o en su calidad química (concentración de nutrientes, oxígeno disuelto, etc.) implica una alteración en la estructura de las comunidades naturales, con un grado de sensibilidad diferente; así, las comunidades bentónicas, por su dependencia del sustrato y la falta de capacidad de huida, son las más influenciadas por las alteraciones del sistema como se describe más adelante.

Los mecanismos generadores de impacto sobre este medio que se han detectado son los siguientes (entre paréntesis se ha señalado la componente del medio abiótico sobre la que actúan):

- 1.- **Afección a la dinámica litoral** como consecuencia de la creación de barreras al transporte litoral [fondo marino].
- 2.- **Modificación de la batimetría y naturaleza del sustrato** como consecuencia del vertido de materiales sobre los actuales fondos y que en el caso de la playa además es de naturaleza diferente, al tratarse de arena en lugar de los bolos y cantos actualmente existentes [fondo marino].
- 3.- **Alteración de la calidad atmosférica y acústica** debido a la emisión de ruidos y contaminantes por parte de la maquinaria empleada en la obra [aire].
- 4.- **Incremento de la turbidez en la columna de agua** como consecuencia de la puesta en suspensión de la fracción fina de los materiales durante la fase de obras [agua].
- 5.- **Alteración de la calidad química del agua** como consecuencia de la puesta en suspensión de la fracción fina de los materiales con la eventual movilización de nutrientes y sustancias contaminantes contenidas en los materiales, así como por el vertido accidental de hidrocarburos, todo ello durante la fase de obras [agua].

#### 3.16.3.2 Sobre el medio biótico

La complejidad de las comunidades bentónicas las convierte en indicadoras de los cambios en el sistema ya que su inmovilidad las hace muy dependientes de las condiciones del entorno y de las modificaciones que los vertidos y eventuales dragados puedan introducir (esto justifica su estudio preferente frente a otros comportamientos del medio biótico).

Los mecanismos generadores de impacto sobre este medio que se han detectado son los siguientes (entre paréntesis se ha señalado la componente del medio biótico sobre la que actúan):

- 6.- **Afección a las comunidades naturales terrestres** florísticas o faunísticas, debido a la eventual destrucción o perturbación generada en la zona de extracción de la escollera [comunidades naturales].
- 7.- **Afección a las comunidades bentónicas**, debido por un lado a la ocupación directa del fondo marino por el material de escollera para la construcción de los espigones y por la arena aportada para la creación de la nueva playa y por otro lado como consecuencia de la modificación de las condiciones en el agua (turbulencia y calidad química, incluyendo el vertido accidental de hidrocarburos) durante la ejecución de las obras y que en este caso afectaría también temporalmente a comunidades ubicadas fuera de las zonas ocupadas directamente por las obras. Por otro lado una vez finalizadas las obras la tipología de obra de los espigones (tipo arrecife) podría favorecer el desarrollo de especies bentónicas [comunidades naturales].
- 8.- **Afección a las comunidades planctónicas y neríticas**, consistente en la modificación de las comunidades de fitoplancton a causa del cambio en las condiciones físicas (turbidez) o químicas (nutrientes e hidrocarburos vertidos accidentalmente) del medio durante la ejecución de las obras. Por otro lado una vez finalizadas las obras la tipología de obra de los espigones (tipo arrecife) podría favorecer el desarrollo de especies neríticas [comunidades naturales].
- 9.- **Afección a especies protegidas: delfín mular y tortuga boba**. A pesar que estas 2 especies no suelen prodigarse en la zona litoral, eventualmente podría producirse su afección indirecta como consecuencia de la modificación en las condiciones físicas (turbidez) o químicas (nutrientes) del medio durante la ejecución de las obras, si bien su probabilidad es baja [Espacios Naturales Protegidos].
- 10.- **Afección a hábitats protegidos: seabadales (Cymodocea Nodosa)**, como consecuencia de la puesta en suspensión de finos durante la ejecución de la obra y que eventualmente podrían llegar a las zonas ocupadas por estas especies [Espacios Naturales Protegidos].
- 11.- **Afección al resto de especies del LIC (fuera de la zona de actuación)**, como consecuencia de la puesta en suspensión de finos y al vertido accidental de hidrocarburos durante la ejecución de la obra [Espacios Naturales Protegidos].

#### 3.16.3.3 Sobre el medio antrópico

El borde litoral representa un medio con condiciones especialmente favorables para el desarrollo de la actividad humana en sus múltiples facetas. En consecuencia, se produce una convergencia de usos

sobre el medio que tratan de aprovechar los recursos ofrecidos. La simultaneidad espacial y temporal de los diversos usos suele generar conflictos en razón del grado de compatibilidad entre unos y otros.

Los mecanismos generadores de impacto sobre este medio que se han detectado son los siguientes (entre paréntesis se ha señalado la componente del medio antrópico sobre la que actúan):

- 12.- **Alteración del paisaje**, como consecuencia de la construcción de espigones, el pantalán y la creación de una nueva playa; también se incluye a la afección en la zona de la cantera donde se obtendrá la escollera [paisaje].
- 13.- **Alteración de recursos pesqueros** como consecuencia de la puesta en suspensión de la fracción fina de los materiales con la eventual movilización de nutrientes y sustancias contaminantes contenidas en los materiales, así como por el vertido accidental de hidrocarburos, todo ello durante la fase de obras [actividades socio-económicas].
- 14.- **Alteración de actividades recreativas y de ocio**. La creación de una nueva playa y pantalán incrementará el uso del litoral y las actividades recreativas y de ocio en esta zona turística.

### 3.16.4 MATRIZ CAUSA / EFECTO

Todo lo anterior puede ser resumido en la matriz causa / efecto que se muestra en la Tabla 19.- y que relaciona elementos generadores (presentados en color gris), elementos receptores (en color amarillo) e impactos generados (en color celeste).

### 3.17 ESTUDIO COMPARATIVO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL ACTUAL Y LA SITUACIÓN AMBIENTAL TRAS LA ACTUACIÓN

Finalmente, y tal como se indica en el Anexo VI de la Ley 21/2013 se ha efectuado un estudio comparativo de la situación ambiental actual y de la situación ambiental tras la actuación para cada una de las alternativas consideradas en el estudio de soluciones (ver apartado 2.2.2).

En particular se han considerado las siguientes componentes ambientales:

- Aire
- Agua
- Geología
- Dinámica Litoral
- Comunidades naturales
- Socio-económica

En la Tabla 20.- se muestra en forma de cuadro la situación ambiental para estas componentes en la situación actual y tras la ejecución de cada una de las alternativas estudiadas. También se han efectuado una serie de consideraciones sobre las implicaciones ambientales durante la ejecución de las obras (y por tanto de carácter temporal).

Tabla 19.- Matriz causa / efecto del proyecto (Fuente: elaboración propia)

ELEMENTOS RECEPTORES DE IMPACTO		ELEMENTOS GENERADORES DE IMPACTO							IMPACTOS GENERADOS
		Fase de Construcción				Fase de Explotación			
		Extracción de materiales (escollera)	Transporte de materiales (escollera / arena)	Vertido de los materiales en el agua (escollera / arena)	Vertido accidental de hidrocarburos	Presencia de nuevos espigones	Presencia de nueva playa (relleno de arena)	Nuevo pantalán	
MEDIO ABIÓTICO	Fondo marino					x			1.- Afección a la dinámica litoral
	Aire	x	x	x					2.- Modificación de la batimetría y naturaleza del sustrato
	Agua			x					3.- Alteración de la calidad atmosférica y acústica
MEDIO BIÓTICO	Comunidades naturales			x	x	x	x		4.- Incremento de la turbidez en la columna de agua
				x	x	x			5.- Alteración de la calidad química del agua
	Espacios Naturales Protegidos			x					6.- Afección a las comunidades naturales terrestres
	Paisaje			x	x				7.- Afección a las comunidades bentónicas
MEDIO ANTRÓPICO	AcI económicas		x	x					8.- Afección a las comunidades planctónicas y neríticas
						x	x	x	9.- Afección a especies protegidas: delfín mular y tortuga boba
									10.- Afección a hábitats protegidos: sebadales (Cymodocea Nodosa)
									12.- Alteración del paisaje
									13.- Alteración de recursos pesqueros
									14.- Alteración de actividades recreativas y de ocio

Puede apreciarse que la situación ambiental es la misma para las 3 alternativas ya que la diferencia entre dichas propuestas es solamente cuantitativa (superficie ocupada y volúmenes de escollera y arena implicados) pero no cualitativa.

Tabla 20.- Comparación de la situación ambiental actual y tras las alternativas de actuación (Fuente: elaboración propia)

Componente analizada	Situación actual	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<b>Aire</b>	Calidad buena	Calidad buena una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirá la emisión de ruido y polvo (efecto temporal).	Calidad buena una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirá la emisión de ruido y polvo (efecto temporal).	Calidad buena una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirá la emisión de ruido y polvo (efecto temporal).
<b>Agua</b>	Calidad excelente	Calidad excelente una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirán un incremento de la turbulencia debido a puesta en suspensión de los finos que contienen la escollera y arena (efecto temporal).	Calidad excelente una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirán un incremento de la turbulencia debido a puesta en suspensión de los finos que contienen la escollera y arena (efecto temporal).	Calidad excelente una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirán un incremento de la turbulencia debido a puesta en suspensión de los finos que contienen la escollera y arena (efecto temporal).
<b>Geología</b>	Fondos formados por guijarros, bolos y cantos rodados	Fondos formados por arenas medias en la zona de la nueva playa y fondos rocosos en la zona de los espigones.	Fondos formados por arenas medias en la zona de la nueva playa y fondos rocosos en la zona de los espigones.	Fondos formados por arenas medias en la zona de la nueva playa y fondos rocosos en la zona de los espigones.
<b>Dinámica Litoral</b>	Transporte potencial de sedimentos de 10.000 m <sup>3</sup> /año en dirección N-S. La no existencia de sedimento arenoso en esta zona impide que dicho transporte tenga lugar.	Los espigones suponen una barrera al transporte litoral que permitirán la estabilización de la arena vertida.	Los espigones suponen una barrera al transporte litoral que permitirán la estabilización de la arena vertida.	Los espigones suponen una barrera al transporte litoral que permitirán la estabilización de la arena vertida.
<b>Comunidades naturales</b>	Especies de escaso interés ecológico con claro dominio de la biocenosis conocida como blanquiza (erizo Diadema africanum)	Destrucción de las comunidades bentónicas por aterramiento/aplastamiento. En la zona de los espigones las comunidades podrán recuperarse a medio plazo.	Destrucción de las comunidades bentónicas por aterramiento/aplastamiento. En la zona de los espigones las comunidades podrán recuperarse a medio plazo.	Destrucción de las comunidades bentónicas por aterramiento/aplastamiento. En la zona de los espigones las comunidades podrán recuperarse a medio plazo.
<b>Socio-económica</b>	Tramo litoral no utilizado pese a existir un paseo marítimo.	Tramo litoral no utilizado pese a existir un paseo marítimo.	Tramo litoral no utilizado pese a existir un paseo marítimo.	Tramo litoral no utilizado pese a existir un paseo marítimo.

#### 4. IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS

La valoración de los impactos se ha realizado en base a la técnica de las matrices en la que intervienen los elementos de la obra definidos en el Proyecto (ver apartado 2) y las condiciones del medio descritas en el inventario ambiental (ver apartado 3) y se ha efectuado en relación a la situación preoperacional (la actual), ya que el análisis del impacto de un proyecto implica siempre establecer cuánta perturbación añade sobre la situación de partida. Para llevar a cabo esta comparación, las técnicas disponibles y sus limitaciones son las indicadas en el siguiente cuadro.

Tabla 21.- Técnicas empleadas en la valoración de impactos y limitaciones (Fuente: elaboración propia)

METODOLOGÍA	LIMITACIONES
Comparación entre estados: a) calidad del medio en situación preoperacional y b) calidad del medio una vez finalizada la obra. La intensidad del impacto se deducirá del valor absoluto de la diferencia: $\Delta \text{ impacto} = [b - a]$ . Puesto que cada variable parte de un valor preoperacional distinto, es preferible medir el impacto a través de la expresión: $\Delta \text{ impacto} = [b - a]/a$	Los parámetros definidores de la calidad del agua presentan variaciones estacionales e interanuales de carácter natural de modo que la comparación entre estados queda enmascarada por una parte de "ruido de fondo" natural. Es muy difícil cuantificar este factor a menos de que se disponga de una serie prolongada de varios años de observaciones que son difícilmente compatibles con la ejecución de una obra concreta de dragado.
Comparación de los resultados con valores de referencia o estándares de calidad recogidos en la legislación. De este modo el impacto quedaría determinado por el hecho de que se superen o no los umbrales establecidos; además, cuánta mayor fuese la diferencia mayor sería también la intensidad del impacto.	No todas las variables implicadas en la obra disponen de regulación normativa. En este caso las normativas aplicables son las indicadas en el apartado 1.3.

El proyecto en cuestión implica la obtención de áridos de origen terrestre (arenas y escolleras) y su vertido en la zona donde quiere crearse la nueva playa. Por tanto, los impactos se ejercen sobre dos áreas distintas y de características ecológicas diferentes: medio continental (zona de obtención de escolleras y de arena –si bien como la arena procederá del Sáhara el estudio de los impactos generados en su extracción no es objeto de este Estudio–) y medio marino (zona de deposición de las escolleras y de la arena); además, hay que tener en cuenta el transporte de escollera y arena desde un punto a otro que también genera a su vez impactos adicionales. Es por tanto un análisis complejo al intervenir ámbitos con unos ciclos ecológicos fundamentalmente diferentes.

#### 4.1 DESCRIPCIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS ASOCIADOS A LA OBRA

##### 4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS

Como se explicó en el apartado 2.2.5.1 los elementos más significativos de la obra son:

- Construcción de unos espigones laterales (coronados a la cota +4,50 m) de contención de la arena situados en los extremos norte y sur de la playa con objeto de estabilizarla y de un espigón de pie de apoyo (coronado a la cota -1,00) para contener el perfil sumergido que formará la arena vertida

- Vertido de arena de origen terrestre para la creación de la nueva playa en el recinto limitado por los espigones anteriores.
- Construcción de un pantalán para uso recreacional por parte de los bañistas.

Dada las dimensiones reducidas de la obra, supone la movilización de mediciones poco importantes de escollera y arena de procedencia terrestre, lo que provoca alteraciones ambientales en principio menores, tanto en la zona de procedencia como en la destino junto con los impactos asociados al transporte. Los impactos esperados presentan las siguientes características:

- Son principalmente de carácter temporal (sólo en la fase de ejecución de la obra) aunque también los hay de persistentes (todos los relacionados con la ocupación del espacio por los materiales).
- Son en gran parte recuperables ya que los materiales aportados (escolleras y arena azoicos al ser de procedencia continental) acabarán siendo colonizados por poblaciones bentónicas de características totalmente semejantes a las actuales.
- Son de carácter local, en un espacio reducido.
- Los elementos que provocan una mayor artificialización (espigones) no suponen un nuevo elemento en el paisaje de la zona.
- No se afecta a ninguna especie de alto valor ecológico, ya que en el inventario ambiental (ver apartado 3) se ha comprobado que en la zona de las obras no existen tales especies. Las áreas de mayor valor ecológico del entorno ('sebadales' consistentes en fondos marinos con la fanerógama *Cymodocea Nodosa*) están alejados de la zona de actuación más de 1 km. No obstante en el análisis de las medidas mitigadoras se tendrá en cuenta la presencia de esta especie. Y no es esperable la presencia del delfín mular ni la tortuga boba en esta zona litoral durante la ejecución de las obras.

La definición de los impactos, con los elementos más importantes que han de posibilitar su valoración, se ha resuelto a base de la preparación de una serie de fichas, una para cada uno de los impactos detectados (y que se han listado en el apartado 3.16.3) que con mayor o menor probabilidad se producirán en las zonas afectadas a consecuencia de la obra. Dichas fichas, que se presentan en el apartado 4.1.3, facilitan la discusión y un acceso más sencillo a la información manejada. Cada ficha contiene los elementos que se citan a continuación y la evaluación de impacto contempla en conjunto las actuaciones, tanto la obtención como la aportación de los materiales:

- Descripción del impacto
- Ámbito espacial de expresión
- Criterios de valoración
- Caracterización
- Intensidad del impacto
- Tipificación
- Medidas preventivas (o moderadoras), reductoras (o correctoras) y compensatorias
- Sinergia con otros impactos.

#### 4.1.2 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

Pese a que en las fichas se ha incluido la valoración de los impactos, a continuación, se procede a la justificación de dicha valoración teniendo en cuenta una serie de criterios determinantes para la asignación de una magnitud en relación a una misma acción. En este caso, los criterios son distintos para cada medio afectado, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 22.- Criterios de valoración del impacto (Fuente: elaboración propia)

CRITERIOS DE VALORACIÓN DEL IMPACTO		
MEDIO ABIÓTICO	MEDIO BIÓTICO	MEDIO ANTRÓPICO
Calidad materiales	Valor ecológico	Calendario
Volumen materiales	Grado conservación	Valor recurso afectado
Calidad medio receptor	Singularidad	Grado utilización
Tiempo duración obras	Proximidad	Tiempo duración obras
Grado persistencia	Capacidad recuperación	Capacidad restitución
Capacidad sinergia	Tiempo duración obras	Proximidad zonas cultivo
Extensión territorial	Eficacia medidas correctoras	Proximidad playas
Eficacia medidas correctoras		Eficacia medidas correctoras

Para la caracterización de los impactos se ha utilizado la siguiente terminología:

Por su carácter:	positivo negativo
Por su tipo:	directo indirecto
Por su duración:	permanente temporal
Por su acumulación:	simple acumulativo sinérgico
Por su temporalidad:	a corto plazo a medio plazo a largo plazo
Por su reversibilidad:	reversible irreversible
Por su recuperación:	recuperable a corto plazo recuperable a medio plazo irrecuperable
Por su magnitud:	notable moderado mínimo
Por su periodicidad:	periódico de aparición irregular
Por su continuidad:	continuo discontinuo

Para la evaluación final se ha atendido a los siguientes criterios:

- **Impacto crítico (R):** impacto de alta magnitud en recursos de alto valor sin posible recuperación (irreversibles) y cuya presencia determina por exclusión la inviabilidad del proyecto.
- **Impacto severo (S):** impactos de alta magnitud sobre recursos de alto valor con posibilidad de recuperación a medio plazo, o bien sobre recursos de valor medio sin posibilidad de recuperación. También incluye los impactos de media magnitud sobre recursos de alto valor irreversibles.
- **Impacto moderado (M):** impactos de magnitud alta sobre recursos de alto valor alto de recuperación inmediata o bien sobre recursos de valor medio cuando son reversibles a medio plazo o bien sobre recursos de valor bajo cuando son irreversibles. También incluye los impactos de magnitud media sobre recursos de alto valor alto de recuperables a medio plazo o bien sobre recursos de valor medio cuando son irreversibles. Asimismo incluye los impactos de magnitud baja sobre recursos de alto valor alto cuando son irreversibles.
- **Impacto compatible (C):** impactos de magnitud alta sobre recursos de un valor medio con posibilidad de recuperación inmediata o bien sobre recursos de bajo valor con recuperación a medio plazo. También se incluyen los impactos de magnitud media sobre recursos de alto valor alto de recuperación inmediata o bien sobre recursos de valor medio cuando son reversibles a medio plazo o bien sobre recursos de valor bajo cuando son irreversibles (es decir, sin posibilidad de ser recuperados). Asimismo incluye los impactos de magnitud baja sobre recursos de alto valor alto de recuperables a medio plazo o bien sobre recursos de valor medio cuando son irreversibles.
- **Sin impacto (N):** en el resto de los casos.

Todo ello se resume en la siguiente tabla, en la que se ha seguido un criterio de colores: rojo = impacto crítico (R), naranja = severo (S), amarillo = moderado (M), verde claro = compatible (C) y verde intenso = sin impacto (N).

Tabla 23.- Tipos de impacto considerados (Fuente: elaboración propia)

Magnitud del impacto	Recuperación	Valor del recurso		
		Alto	Medio	Bajo
Alta	Irreversible	R	S	M
	A medio plazo	S	M	C
	Inmediata	M	C	N
Media	Irreversible	S	M	C
	A medio plazo	M	C	N
	Inmediata	C	N	N
Baja	Irreversible	M	C	N
	A medio plazo	C	N	N
	Inmediata	N	N	N

#### 4.1.3 FICHAS DE LOS IMPACTOS

##### 4.1.3.1 Impactos sobre el medio abiótico

<b>IMPACTO 1: ALTERACIÓN DE LA DINÁMICA LITORAL</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
La nueva playa se constituye en una zona de litoral con presencia de materiales tipo bolos, cantos rodados y roca. El objetivo que se persigue con la actuación es la creación de una nueva playa con lo que se incrementará la superficie de zonas de baño en la zona. No obstante, todo ello supone una modificación de la dinámica litoral de la zona, principalmente por la construcción de espigones, que modifica el patrón de corrientes.
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
<u>Zona de aportación:</u> en este caso el grado de modificación dependerá fundamentalmente de la presencia de espigones, cuya función es precisamente la de modificar la dinámica litoral para evitar las regresiones de la futura playa. En cualquier caso la afección es muy local ya que unos 50 m al sur de la actuación ya se recupera el patrón de corrientes originales.
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
En la valoración de este impacto se ha tenido en cuenta el conjunto de datos que forman parte del Anejo de Dinámica Litoral del Proyecto (e incluido en el apartado 3.7 de este Estudio de Impacto Ambiental) referidos a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La dinámica marina actual.</li> <li>• El estado morfodinámico de la playa actual.</li> <li>• El transporte de sedimentos potencial (10.000 m<sup>3</sup>/año con dirección N-S)</li> <li>• La ausencia de sedimentos en los fondos de la zona de estudio que evita que exista un transporte real de sedimentos.</li> <li>• El volumen aportado de materiales.</li> <li>• La anchura de la nueva playa.</li> <li>• La nueva línea de playa, estable frente al flujo medio de la energía del oleaje.</li> <li>• La zona costera en la que se modifica la dinámica litoral (la ocupada por la nueva playa más unos tramos de 50 m al sur y al norte).</li> <li>• Las medidas moderadoras previstas a nivel de Proyecto.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
Para la caracterización de los efectos de la obra sobre la dinámica litoral se dispone de la información contenida en el proyecto, y que en parte ha sido resumida: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afecta directamente al medio abiótico</li> <li>• Es de carácter permanente.</li> <li>• Es, por tanto, un impacto irreversible e irrecuperable.</li> </ul> <u>Impactos positivos:</u> el principal impacto positivo se relaciona que con la creación de una nueva playa que permite su uso lúdico y recreativo (lo cual se analiza en el impacto 14).
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
A pesar de todo, se trata de un impacto de intensidad ya que la zona no es muy activa (como se has comentado con una capacidad potencial de transporte de sedimentos de sólo 10.000 m <sup>3</sup> /año). En todo caso, se deberán adoptar una serie de medidas correctoras que permitirán reducir su magnitud hasta baja.
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
Todas las medidas preventivas, reductoras y compensatorias han sido incorporadas a nivel de Proyecto, con un diseño de espigones y de planta que minimice las mediciones de materiales, suficientes para cumplir los objetivos planteados.
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
Con anterioridad a la introducción de medidas preventivas, reductoras y compensatorias: IMPACTO MODERADO: es un impacto de media magnitud en un recurso de valor medio, que resulta irreversible. Con posterioridad a la introducción de medidas preventivas, reductoras y compensatorias: IMPACTO COMPATIBLE: la principal medida (que es el diseño de la actuación, con unas dimensiones menores) reduce el impacto a una magnitud baja.
<b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b>
Calidad física y química del agua. Actividades recreativas y de ocio.

<b>IMPACTO 2: MODIFICACIÓN BATIMÉTRICA Y DE LA NATURALEZA DEL SUSTRATO</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
El Proyecto supone la aportación de materiales al fondo marino, con la cubrición de los actuales, (bolos y roca) dentro del límite marcado por el talud exterior de los espigones laterales y de pie de apoyo, lo que modificará la batimetría preoperacional de la zona. Por otro lado, el vertido de arena fondos rocosos para la creación de la nueva playa implicará que se produzca, junto con la alteración de la batimetría, una modificación permanente de la naturaleza del sustrato superficial del fondo marino.
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
<u>Zona de aportación:</u> modificación de la batimetría hasta la zona que alcance el pie de apoyo (-5,0 m) y entre los nuevos espigones laterales, con materiales de características diferentes a los que quedarán cubiertos por la aportación. El mayor cambio corresponderá a la zona ocupada por la arena vertida.
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
En la valoración del impacto se ha tenido en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La superficie de fondo ocupada (26.645 m<sup>2</sup>).</li> <li>• El volumen total de materiales implicados en la obra (21.900 m<sup>3</sup> de arena y 29.700 m<sup>3</sup> de escollera).</li> <li>• La calidad química de los materiales.</li> <li>• La baja proporción de finos de la arena a depositar en la playa (1% en promedio).</li> <li>• La alteración de la naturaleza del sustrato por la introducción de nuevos fondos blandos (arena).</li> <li>• La eficacia de las medidas preventivas introducidas a nivel de Proyecto, en el que se ha optimizado los volúmenes de materiales.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
Directamente afecta tan sólo al medio abiótico, pero indirectamente, también al biótico. Es de carácter permanente. Es un impacto con un cierto grado de reversibilidad ya que los nuevos espigones tenderán a adquirir con el tiempo la calidad de los materiales adyacentes recuperando con ello las condiciones iniciales Admite medidas preventivas y reductoras. <u>Impactos positivos:</u> la introducción de nuevos fondos blandos (arena) permite la aparición de una nueva biocenosis (arenas medias). En consecuencia, se incrementará la diversidad ecológica del área.
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
La intensidad del impacto ha de considerarse como media, ya que la superficie afectada es pequeña (2,7 Ha) y las alteraciones de carácter irreversible se producen en fondos de valor menor y sin la presencia de especies protegidas.
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
La principal medida preventiva se ha introducido a nivel de Proyecto en el que se ha optimizado y minimizado las mediciones de arena y escollera y la superficie a ocupar.
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
Con anterioridad a la introducción de medidas correctoras IMPACTO MODERADO: se trata de un impacto de magnitud media sobre recursos de valor medio que resulta irreversible. Con posterioridad a la introducción de medidas correctoras IMPACTO MODERADO: ninguna de las medidas reduce el valor del recurso, la magnitud de impacto o su irreversibilidad.
<b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b>
Comunidades bentónicas Calidad química y física del agua

<b>IMPACTO 3: ALTERACIÓN DE LA CALIDAD ATMOSFÉRICA Y ACÚSTICA</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
<p>La calidad atmosférica y acústica en la fase de obras, quedará modificada a consecuencia del incremento de la contaminación atmosférica y ruidos por las emisiones de los vehículos y maquinarias terrestres utilizada en la obra para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de escollera para los espigones.</li> <li>• Transporte de los materiales (mediante buque y camión para la arena y mediante camión en el caso de la escollera).</li> <li>• Extensión de la arena en la playa.</li> <li>• Colocación de la escollera.</li> <li>• Pequeñas demoliciones y excavaciones auxiliares.</li> </ul>
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
<p>Los impactos se producen en tres ámbitos diferentes y con intensidad desigual para los receptores:</p> <p><u>Zonas de extracción:</u> emisiones procedentes de la extracción y carga de los materiales; se dan en un punto alejado de los núcleos residenciales, tanto en el caso de las escolleras (cantera) como de la arena (en Sáhara y posteriormente en el Puerto de Recife donde se descargará el buque y cargarán los camiones).</p> <p><u>Zona de accesos:</u> a través de las vías que utilice el transporte terrestre de escollera y arena hasta llegar a la zona de obras; en este caso se puede dar una cierta interacción con la población residencial (en general de carácter turístico), si bien se propone emplear la c/ de la Atalaya para el acceso de los camiones con lo que se minimiza el tránsito frente a edificaciones residenciales.</p> <p><u>Zona de aportación:</u> de manera continua durante las obras. No se produce en la proximidad de edificios residenciales (de carácter turístico), salvo en el extremo sur de la actuación. Su intensidad depende del tipo de maquinaria utilizada.</p>
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
<p>En la valoración de este impacto se ha tenido en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El tipo de operaciones que se llevarán durante la obra.</li> <li>• El contenido de materiales pulverulentos (finos) en los materiales de cantera.</li> <li>• El volumen total de materiales de cantera para la construcción de los espigones y para la aportación de la arena.</li> <li>• Las condiciones atmosféricas del entorno en cuanto a frecuencia, intensidad y dirección de los vientos.</li> <li>• La distancia a los núcleos de población.</li> <li>• El tipo de vehículos y de maquinaria industrial utilizada.</li> <li>• La intensidad del tráfico en el entorno de la playa y zonas adyacentes del núcleo urbano.</li> <li>• Las vías de acceso y la intensidad urbanística de las zonas afectadas directa o indirectamente.</li> <li>• La frecuencia de paso de camiones.</li> <li>• Horarios de actividad.</li> <li>• Calendario de obras.</li> <li>• La duración de la obra.</li> <li>• El estado de las vías de acceso.</li> <li>• La eficacia de las medidas propuestas para la reducción de los impactos.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
<p>Afecta directamente al medio abiótico e indirectamente (por alteración de la calidad del aire y al bienestar de la población) al medio antrópico.</p> <p>Se produce durante toda la fase de obras y en todos los ámbitos espaciales identificados.</p> <p>Así pues, puede considerarse un impacto de carácter temporal y reversible.</p> <p><u>Impactos positivos:</u> no se identifican.</p>
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
<p>Se trata de un impacto con una intensidad alta. En todo caso, se deberán adoptar una serie de medidas correctoras para controlar la influencia de este impacto, tal como se definen en el apartado correspondiente y que permitirán reducir la magnitud hasta media.</p>
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
<p>Puesto que la intensidad de este impacto es directamente proporcional al volumen de materiales a utilizar en la obra, la principal medida reductora del impacto está incluida en el Proyecto, en el que se ha optimizado el volumen de arenas y escollera. Se identifican además las siguientes medidas preventivas y reductoras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar la producción de polvo durante el transporte con camión y manipulación de los materiales mediante la utilización de lonas u otro tipo de protecciones, principalmente en las proximidades del núcleo de población.</li> <li>• Adoptar las medidas para controlar la emisión de gases por los vehículos y maquinarias: filtros, revisiones, etc.</li> <li>• Elegir vías de acceso con poca intensidad de edificaciones (c/ de La Atalaya) y regular tanto el horario como la frecuencia máxima de paso de los camiones destinados al transporte de materiales.</li> <li>• Procurar un mantenimiento adecuado de las vías de acceso para evitar ruidos y vibraciones, principalmente en las proximidades del núcleo de población.</li> <li>• Programa de riegos y barrido de las vías de acceso.</li> <li>• Reducir en lo posible los acopios de materiales en la obra.</li> <li>• Foso para el lavado de las ruedas de los camiones.</li> <li>• Reducir en lo posible el plazo de ejecución.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar las operaciones de mayor impacto fuera de la temporada con mayor afluencia de bañistas.</li> </ul>
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
<p>Con anterioridad a la introducción de medidas correctoras</p> <p>IMPACTO COMPATIBLE: es un impacto de magnitud alta sobre recursos de valor medio con posibilidad de recuperación inmediata.</p> <p>Con posterioridad a la introducción de medidas correctoras</p> <p>SIN IMPACTO: las medidas reductoras (control y reducción de emisiones de gases y polvo, empleo de accesos con poca edificación residencial) reducen la magnitud del impacto a media</p>
<b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b>
Actividades recreativas y de ocio

**IMPACTO 4: INCREMENTO DE LA TURBIDEZ EN LA COLUMNA DE AGUA**

**1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO**

Los finos vertidos al medio marino y sometidos a una decantación por gravedad, producen un incremento en la concentración de materiales en suspensión y como consecuencia, los siguientes efectos potenciales teóricos:

- a) una menor penetración de la energía luminosa en la masa de agua que puede afectar a las poblaciones bentónicas dispuestas sobre el fondo,
- b) un efecto estético negativo a causa del incremento de la turbidez,
- c) una movilización de contaminantes (incluidos los bacterianos) asociados a la fracción fina y que pueden incorporarse a la red trófica (fenómenos de bioacumulación),
- d) alteración de los organismos filtradores situados en áreas próximas a consecuencia de la colmatación de los órganos filtradores.

**2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN**

Zona de aportación: la escasa profundidad (valores máximos de -4,0 a -5,0 m) determina que queden sensiblemente reducidos los tiempos de dispersión aunque probablemente la concentración de partículas en suspensión será más elevada.

**3. CRITERIOS DE VALORACIÓN**

Los criterios de valoración que se han tenido en cuenta han sido:

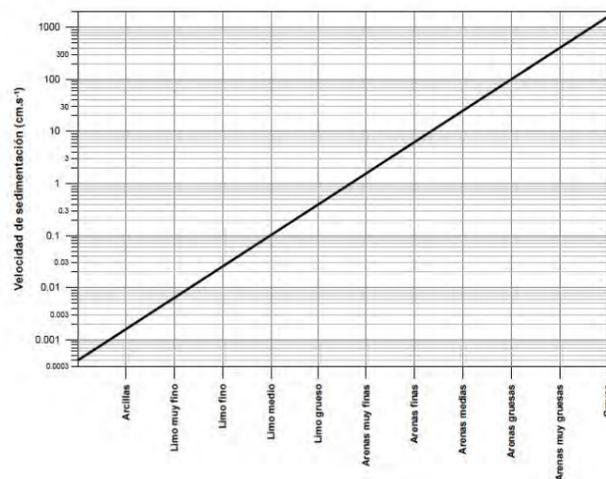
- La baja proporción de finos de la arena a depositar en la playa (1% en promedio)
- La hidrodinámica de la zona.
- La dispersión de los materiales y la distancia máxima de transporte de la pluma (estimada de acuerdo con la profundidad de la zona y de los resultados de los cálculos presentados más abajo).
- El grado de estratificación por densidades de la columna de agua.
- El volumen de materiales descargados en cada ciclo.
- El total de materiales aportados diariamente.
- La velocidad de sedimentación en función del diámetro medio de los materiales y el estado de agregación entre las partículas.
- La profundidad de la zona.
- La calidad del medio en situación preoperacional (en relación a la transparencia del agua y a la concentración de materias en suspensión).
- La época de ejecución de las obras, en relación a la heterogeneidad vertical de la columna.
- La eficacia de las medidas reductoras propuestas.

**Estimación de la longitud de la pluma de dispersión**

Para el cálculo de la velocidad de sedimentación se ha aplicado la expresión de Stokes:

$$V_s = (\sigma - \rho)g\phi^2 / (18\eta)$$

donde  $V_s$  es la velocidad de sedimentación (m/s),  $\sigma$  la densidad de la partículas (kg/m<sup>3</sup>),  $\rho$  la densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>) y  $\phi$  el tamaño medio de las partículas. Su aplicación a las variables ambientales de la zona de estudio, se obtiene una relación cuadrática entre la velocidad de sedimentación y el tamaño de la partícula, según indica la siguiente gráfica:



Evidentemente, cuando más grande sea la partícula, mayor es la velocidad de sedimentación. Nos centraremos en la consideración de los finos por dos razones:

- Es la fracción que más tarda en sedimentar y, en consecuencia, la que puede ser transportada más lejos. Al elaborar el modelo con la fracción fina, nos situamos en la banda de la seguridad.
- Los finos serán los materiales que previsiblemente pueden ponerse en suspensión durante el vertido del material (arena y escollera)

**DISTANCIA DE TRANSPORTE**

Asumiendo un fondo uniforme y la velocidad de la corriente promediada en la vertical constante, en el tiempo se puede estimar la longitud (L) de la pluma de dispersión como:

$$L = h \cdot \text{tg} \alpha$$

donde h es la profundidad media de la zona de deposición (dada la variabilidad de la profundidad en los trayectos entre la zona de obras y las dos áreas con seabadales, se ha considerado un valor medio de 10 m) y  $\alpha$  es el ángulo que forma con la vertical la velocidad total a la que están sometidas las partículas (que es la suma vectorial de la velocidad de la corriente  $V_c$  y de la velocidad de sedimentación), de modo que la fórmula pasa a ser:

$$L = h \cdot \frac{V_c}{V_s} = h \cdot \frac{V_c}{9,79 \cdot 10^{-7} \Phi^2} \approx 10^6 \frac{h V_c}{\Phi^2}$$

Aceptando que la velocidad de la corriente en la zona tenga un valor promedio de 0,06 m/s (véase apartado 3.5.4), la longitud de la pluma, expresada en kilómetros, sería:

$$L = 600.000/\phi^2 \quad [m]$$

siendo  $\phi$  el diámetro de la partícula en  $\mu\text{m}$ . Si esta expresión se aplica a diferentes tipologías de finos, la distancia alcanzada por la pluma de dispersión sería la siguiente:

Diámetro partícula ( $\mu\text{m}$ )	L dispersión (m)
63	151
24	1.042
17	2.076

En consecuencia la distancia máxima de transporte de las partículas más finas de los materiales a dragar sería de unos 150 m para las partículas con un tamaño menor a 63  $\mu\text{m}$  (límite entre arenas muy finas y limos y que habitualmente se toma como tamaño de los finos), de unos 1.000 m para las partículas con un tamaño menor a 24  $\mu\text{m}$  y de unos 2.000 m para las partículas con un tamaño menor a 17  $\mu\text{m}$ . Se tiene que tener en cuenta además dos condiciones:

- El bajo porcentaje de finos en los materiales del polígono de dragado es de s
- Que estas distancias están asociadas a unas velocidades del viento con una excedencia media anual del 5%, y por tanto son unos valores conservadores.

**4. CARACTERIZACIÓN**

Afecta directamente al medio abiótico e indirectamente (por limitación en la disponibilidad de energía) al medio biótico.

Se produce exclusivamente durante la fase de obras (que tiene una duración de sólo 2,5 meses para la construcción de los espigones y 1 mes para el vertido de la arena).

Es de carácter temporal.

Es, por tanto, un impacto de tipo transitorio y de carácter reversible. Cesa en el momento que finalizan las aportaciones de material.

Impactos positivos: no se identifican.

**5. INTENSIDAD DEL IMPACTO**

De acuerdo con los resultados obtenidos con el modelo de dispersión analítico y la comparación entre las concentraciones esperadas y las actuales, cabría concluir que la intensidad del impacto es media o moderada en las inmediaciones de la obra (franja unos pocos centenares de metros). En todo caso, se deberán adoptar una serie de medidas correctoras que permitirán reducir la magnitud hasta baja.

**6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS**

Es evidente que la intensidad del impacto está directamente relacionada con el volumen de finos que se aporten al sistema que a la vez es un porcentaje del volumen total de materiales utilizados en la obra. Por tanto, el hecho que en el Proyecto se haya minimizado el volumen de materiales vertidos (21.900 m<sup>3</sup> de arena y 29.700 m<sup>3</sup> de escollera) y que la arena tenga un porcentaje de finos bajo (1%) es muy positivo para moderar el impacto residual. Además, se identifican las siguientes medidas preventivas y reductoras:

- Al ser un impacto de carácter transitorio, la intensidad se relaciona directamente con la duración de la obra. Debe procurarse, por tanto, utilizar medios de capacidad suficiente para que se reduzca el plazo de ejecución.

<ul style="list-style-type: none"> <li>Se usarán de barreras anti-polución que eviten la dispersión de finos en la zona de aportación en la playa y que se situarán entre los morros de los espigones emergidos.</li> <li>Se recomienda que las obras tengan lugar preferentemente en otoño e invierno, fase con menor interferencia sobre las variables ambientales. No obstante, no se considera una condición determinante en función de la evaluación de impacto.</li> <li>Se suspenderá la aportación de materiales a la playa en condiciones de agitación del mar que incremento significativamente la distancia de transporte de la pluma. Se considera que las operaciones debieran suspenderse a partir de alturas de ola significativa &gt;1,5 m.</li> </ul>
<p><b>7. TIPIFICACIÓN</b></p> <p>Con anterioridad a la introducción de medidas correctoras                  IMPACTO MODERADO: es un impacto de magnitud media sobre recursos o valores de alta importancia con posibilidad de recuperación a medio plazo.</p> <p>Con posterioridad a la introducción de medidas correctoras                  IMPACTO COMPATIBLE: las medidas introducidas (barreras anti-turbidez y empleo de materiales con un % de finos bajo) reducen la magnitud del impacto a baja.</p>
<p><b>8. SINERGIAS CON OTROS IMPACTOS</b></p> <p>Comunidades naturales                  Espacios Naturales Protegidos                  Calidad química del agua</p>

<p align="center"><b>IMPACTO 5: ALTERACIÓN DE LA CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA</b></p>
<p><b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b></p> <p>Alteraciones químicas de la calidad del agua relacionadas con la incorporación de finos durante la operación de aportación de arenas y escollera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Incremento en la concentración de materia orgánica en el agua por su liberación desde la fracción fina de los sedimentos, a la que se encuentra asociada.</li> <li>Disminución de la concentración de oxígeno en el agua por oxidación de la materia orgánica que se encuentra en condiciones de reducción.</li> <li>Incremento en la concentración de nutrientes por mineralización de la materia orgánica pudiendo dar lugar a procesos de eutrofización y de proliferación de especies planctónicas oportunistas y no deseables.</li> </ul> <p>Otras alteraciones debidas a operaciones complementarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación de las aguas por vertidos accidentales de aceites e hidrocarburos de la maquinaria utilizada en la playa.</li> <li>Resuspensión de materiales durante la colocación de la escollera y vertido de arena.</li> </ul>
<p><b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b></p> <p><u>Zona de aportación:</u> la alteración de la calidad química del agua se producirá exclusivamente en la zona de aportación e inmediaciones.</p>
<p><b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b></p> <p>En la valoración de este impacto se ha tenido en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El grado de contaminación de los materiales aportados (con muy alta probabilidad nulo pues en el caso de la escollera es material procedente de canteras legalizadas y en el caso de la arena se efectuarán las pruebas correspondientes antes de su vertido).</li> <li>El porcentaje de materiales finos que pueden incorporarse a la columna de agua (1% en el caso de las arenas)</li> <li>El volumen total de materiales implicados en la obra, tanto arenas como escolleras (21.900 m<sup>3</sup> y 29.700 m<sup>3</sup>).</li> <li>El grado de dilución esperado como consecuencia de la dinámica marina.</li> <li>Las condiciones de óxido reducción positivas en el medio.</li> <li>La calidad preoperacional del agua. Presenta en este caso una calidad excelente para el baño.</li> <li>El tipo de maquinaria implicada en las obras.</li> <li>Las medidas correctoras planteadas para evitar los cambios en la calidad física del agua.</li> </ul>
<p><b>4. CARACTERIZACIÓN</b></p> <p>Afecta directamente al medio abiótico e indirectamente (por incremento de contaminantes, materia orgánica y microorganismos, disminución en la disponibilidad de oxígeno, y alteración en general de la calidad del agua) al medio biótico y socio-económico.</p> <p>Se produce exclusivamente durante la fase de obras.</p> <p>Es, por tanto, un impacto de tipo temporal y de carácter reversible en su mayor parte</p> <p><u>Impactos positivos:</u> no se identifican</p>
<p><b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b></p> <p>Medida pese a que el riesgo de que se trate de materiales contaminados es prácticamente nulo. Por tanto, si los materiales no están contaminados, la resuspensión de finos no puede afectar a la calidad química del agua. Existe también un riesgo asociado a situaciones accidentales de vertidos de aceites e hidrocarburos la maquinaria.</p> <p>En todo caso, se deberán adoptar una serie de medidas correctoras que permitirán reducir la magnitud hasta baja.</p>
<p><b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b></p> <p>Todas las medidas ya identificadas en el caso del impacto sobre la calidad física de las aguas y tendentes a minimizar la dispersión de los finos ya que ésta es la principal vía de incorporación de contaminantes en el medio marino.</p> <p>En cuanto al vertido de contaminantes diversos y aguas residuales durante las obras, se hace necesario minimizar los riesgos estableciendo una red de control de calidad, durante y después de la actuación, con especial interés en evitar vertidos accidentales.</p>
<p><b>7. TIPIFICACIÓN</b></p> <p>Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras                  IMPACTO MODERADO: se trata de un impacto de magnitud media sobre un recurso de alto valor (la calidad del agua) con una recuperación a medio plazo.</p> <p>Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras                  IMPACTO COMPATIBLE: las medidas (barreras anti-turbidez y empleo de materiales sin contaminación) reducen la magnitud del impacto a baja.</p>
<p><b>8. SINERGIAS CON OTROS IMPACTOS</b></p> <p>Naturaleza del sustrato                  Calidad ambiental de las playas                  Comunidades naturales                  Espacios Naturales Protegidos                  Recursos pesqueros                  Actividades recreativas y de ocio</p>

4.1.3.2 Sobre el medio biótico

IMPACTO 6: DESTRUCCIÓN Y ALTERACIÓN DE LAS COMUNIDADES NATURALES TERRESTRES
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
En la zona de obtención del material terrestre (escollera, pues la extracción de las arenas de aportación no es objeto de este estudio ya que se produce en el Sáhara) se puede producir la desaparición de las comunidades vegetales. No obstante, el volumen de material requerido es muy pequeño (29.700 m <sup>3</sup> ).
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
De acuerdo con lo expuesto en el apartado anterior, la expresión espacial del impacto se concreta en la <u>zona de obtención de materiales (canteras)</u> .
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
La valoración del impacto sobre las comunidades naturales se ha realizado teniendo en cuenta los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> <li>Las mediciones totales de materiales (29.700 m<sup>3</sup> de escollera) que determinan la zona de cantera afectada.</li> <li>La baja complejidad de las comunidades que habitualmente se encuentran en las zonas de canteras.</li> <li>Las medidas moderadoras y correctoras que debieron ser incorporadas en el Proyecto de legalización de la cantera que finalmente sea utilizada.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
Afecta directamente al medio biótico. Se produce exclusivamente durante la fase de obras. Es, por tanto, un impacto de tipo temporal, de carácter irreversible pero la recuperación de las comunidades naturales dependerá del programa de restauración de la cantera finalmente empleada.
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
Es un impacto de intensidad baja.
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
Las incluidas en el proyecto de legalización de la cantera que finalmente se emplee.
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras: SIN IMPACTO: se trata de un impacto de baja magnitud sobre recursos de valor medio con posibilidad de recuperación a medio/largo plazo. Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras, SIN IMPACTO: las medidas no modifican ninguna de las características del impacto.
<b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b>
No hay

IMPACTO 7: DESTRUCCIÓN Y ALTERACIÓN DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
El impacto es diferente en cada zona de actuación. <u>Zona ocupada directamente por el material de aportación (vertido):</u> colmatación de las comunidades bentónicas actuales con materiales azoicos de procedencia terrestre (escolleras y arenas). En la parcela ocupada por la arena vertida, las comunidades actualmente presentes no tendrán capacidad de recuperación ya que la zona quedará cubierta por materiales blandos que serán colonizados por comunidades de características totalmente diferentes a las actuales, mientras que en los espigones sí se podrán recuperar las actuales comunidades. <u>Zonas próximas a la obra:</u> podrá producirse una colmatación de las comunidades superficiales a causa de la dispersión de finos, en una amplitud determinada por la pluma de dispersión.
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
De acuerdo con lo expuesto en el apartado anterior, la expresión espacial del impacto se concreta en la <u>Zona de aportación</u> y en el <u>Área de influencia de la pluma de dispersión</u> .
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
La valoración del impacto sobre las comunidades bentónicas se ha realizado teniendo en cuenta los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> <li>Las superficies afectadas en las diferentes zonas de actuación (2,7 Ha).</li> <li>Las mediciones totales de materiales (21.900 m<sup>3</sup> de arena terrestre y 29.700 m<sup>3</sup> de escollera) que determinan, en último término, la superficie y el espesor medio de la capa en la zona de aportación.</li> <li>El bajo porcentaje de finos (1% en el caso de la arena).</li> <li>La baja complejidad de las comunidades que colonizan las zonas de actuación en la situación preoperacional.</li> <li>La capacidad de recuperación de las poblaciones bentónicas de sustrato duro, que es elevada: las nuevas capas aflorantes de los espigones quedarán colonizadas por comunidades de características muy parecidas a las iniciales.</li> <li>La modificación esperada en la calidad física y química del agua a través de la suspensión de los materiales finos.</li> <li>Las medidas moderadoras y correctoras incorporadas en el Proyecto.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
Afecta al medio biótico. En las parcelas ocupadas por la arena vertida de carácter permanente, irreversible e irrecuperable. En la zona de construcción de los espigones, es un impacto negativo de carácter temporal y reversible. <u>Impactos positivos:</u> los nuevos espigones actuarán como arrecifes que podrán ser poblados por comunidades bentónicas que podrían permitir un mayor desarrollo de ciertas especies neríticas.
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
Es un impacto de intensidad alta (pese a afectar a comunidades de valor ambiental menor), con capacidad de recuperación, excepto en las áreas ocupadas por la arena vertida.
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
El Proyecto: contiene medidas preventivas del impacto: <ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño de obras de defensa de carácter biogénico.</li> <li>Optimización del diseño reduciendo el volumen de escollera y arena.</li> </ul> Se proponen además las siguientes medidas adicionales, encaminadas a evitar la dispersión y transporte de los materiales finos, que ayudan a mitigar el impacto sobre las comunidades bentónicas. <ul style="list-style-type: none"> <li>Todas las medidas ya identificadas en el caso de los impactos sobre la calidad física y química del agua.</li> </ul>
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras: IMPACTO SEVERO: es un impacto de alta magnitud sobre recursos de importancia media en general de carácter irreversible (aunque la zona de los espigones existe la posibilidad de recuperación a medio/largo plazo) no se ha tenido en cuenta en la valoración. Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras, IMPACTO SEVERO: el diseño reducido de la actuación con espigones de carácter biogénico (que permiten la posibilidad de recuperación a medio/largo plazo) en parte de la zona afectada podrían permitir la consideración de una reducción de la magnitud del impacto a media, lo que permitiría calificar el impacto como MODERADO; no obstante se prefiere mantener la magnitud del impacto como alta y por tanto su carácter Severo.
<b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b>
Calidad del agua Calidad de los sedimentos Recursos pesqueros Espacios Naturales Protegidos

<b>IMPACTO 8: ALTERACIÓN DE LAS COMUNIDADES PLANCTÓNICAS Y NERÍTICAS</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
Las comunidades planctónicas (constituidas por organismos de pequeño tamaño que flotan en el agua) y neríticas (constituidas por los organismos nadadores cerca de la costa, principalmente peces) viven inmersas en el medio marino por lo que son las primeras directamente afectadas por las alteraciones que sufra la calidad del agua en sus diferentes aspectos. Las alteraciones en estas comunidades se deben, por tanto, a cualquier efecto que provoque una alteración de la calidad física del agua –por la dispersión de finos-, o en su calidad química –por el vertido de contaminantes-, como los ya discutidos sus respectivos apartados. Este impacto es independiente del origen de los materiales utilizados aunque como ya se ha comentado, las escolleras estarán exentas de contaminación.
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
Zona de aportación: vertido de arenas y escolleras para la construcción de los espigones que puede modificar la calidad del agua y su franja contigua hasta donde puede llegar el incremento de la turbulencia.
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
La valoración del impacto sobre las comunidades planctónicas y neríticas se ha realizado teniendo en cuenta los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> <li>Las características de las comunidades en su situación actual.</li> <li>La baja proporción de finos en los materiales empleados (1% en las arenas) y, con ella, la capacidad de alteración de la calidad del agua.</li> <li>La no contaminación de los materiales utilizados en la obra.</li> <li>La época de realización de las operaciones marítimas.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
Afecta indirectamente al medio biótico (a través de la modificación de la turbidez y calidad química del agua) Es de carácter continuo durante la aportación de materiales a la playa, aunque temporal y reversible. <u>Impactos positivos:</u> los nuevos espigones actuarán como arrecifes que podrán ser poblados por comunidades bentónicas que podrían permitir un mayor desarrollo de ciertas especies neríticas.
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
Es un impacto de media intensidad ya que las poblaciones afectadas presentan un grado bajo de complejidad y madurez. Por otro lado, dada la movilidad de las comunidades neríticas, durante la fase de afectación más intensa éstas pueden migrar a otras áreas para encontrar condiciones más favorables. En cuanto a las planctónicas, existe una alta posibilidad de recuperación para estas poblaciones debido a su elevada capacidad de adaptación y aportación. En todo caso, se deberán adoptar una serie de medidas correctoras que permitirán reducir la magnitud hasta baja
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
Todas las medidas ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos.
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras IMPACTO COMPATIBLE: se trata de un impacto de magnitud media sobre recursos de valor medio (no se han detectado especies con un elevado interés ecológico) con posibilidad de recuperación a medio plazo. Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras SIN IMPACTO: las medidas implantadas (uso de barreras anti-polución y materiales exentos de contaminación) permiten reducir la magnitud a baja.
<b>8. SINERGIAS CON OTROS IMPACTOS</b>
Calidad del agua Calidad de los recursos pesqueros Espacios Naturales Protegidos

<b>IMPACTO 9: AFECCIÓN A ESPECIES PROTEGIDAS (DELFIN MULAR Y TORTUGA BOBA) DENTRO DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
Las obras se realizarán dentro del Espacio Natural Protegido denominado "Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura" (LIC con código ESZZ15002). Las especies por las que se declara esta zona como LIC son la tortuga boba (1224- <i>Caretta caretta</i> ) y el delfín mular (1349- <i>Tursiops truncatus</i> ) y los hábitats por los que se declara LIC, son el 1110- Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda y el 1170- Arrecifes. En la zona afectada por las obras y en la contigua no se detecta ni la tortuga boba ni el delfín mular (pues se trata de especies de tipo oceánica) ni el hábitat 1110; por lo que respecta al hábitat 1170, la mayor parte de la zona de actuación y la adyacente están ocupadas por blanquical, que no está incluido dentro de dicho hábitat. La parte del LIC ocupada directamente por las obras ya ha sido analizado en el Impacto 7, por lo que en las fichas relativas a los Espacios Naturales Protegidos (nº 9, 10 y 11) se analizan los impactos en las especies y hábitats del resto del LIC. En la presente ficha se analiza la eventual afección a las especies protegidas más importantes del LIC: delfín mular y tortuga boba, que tal como se ha dicho, son especies de tipo oceánico y difícilmente se encuentran en zonas litorales. El impacto podría consistir en una reducción de la calidad física (por incremento de la turbulencia) y química (por vertido de posibles contaminantes incluidos en el material de aportación y por el derrame accidental de hidrocarburos) que eventualmente podría llegar a afectar a ejemplares de dicha especie que durante las obras estuviesen en la zona (como se ha dicho, poco probable).
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
Zona de vertido de arenas y escollera y su franja contigua.
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
La valoración del impacto se ha realizado teniendo en cuenta los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> <li>La baja probabilidad de presentación de dichas especies en el entorno de la obra durante la ejecución de las mismas.</li> <li>Superficie afectada (franja contigua a la zona de vertido de arena y escollera hasta la cual pudiera llegar la pluma de dispersión).</li> <li>Las mediciones totales de materiales (21.900 m<sup>3</sup> de arena y 29.700 m<sup>3</sup> de escollera) que determinan, en último término, la superficie y el espesor medio de la capa en la zona de aportación.</li> <li>El bajo porcentaje de finos (1% en el caso de la arena).</li> <li>La modificación esperada en la calidad física y química del agua a través de la suspensión de los materiales finos.</li> <li>Las medidas moderadoras y correctoras incorporadas en el Proyecto.</li> <li>La no contaminación de los materiales utilizados en la obra.</li> <li>El calendario de obras (época y duración) y en especial la época de realización de las operaciones marítimas.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
Afecta indirectamente al medio biótico (a través de la modificación de la turbidez y calidad química del agua) Es de carácter continuo durante la aportación de materiales a la playa (por lo tanto, temporal) y reversible. <u>Impactos positivos:</u> no se identifican
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
Es un impacto de intensidad baja o mínima pues se trata de una afección improbable y en caso de presencia en la zona antes del inicio de la obra, ambas especies, dada su movilidad, pueden migrar a otras áreas para encontrar condiciones más favorables.
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
Se incluyen todas las medidas, ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos y a reducir el impacto sobre las comunidades naturales de la zona de actuación (impactos 4, 5 y 7). Adicionalmente se incluye la medida preventiva de paralización de las obras en caso de avistamiento de ejemplares de algunas de estas especies en el entorno de la obra.
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras IMPACTO COMPATIBLE: se trata de un impacto de magnitud baja sobre recursos de valor alto con posibilidad de recuperación a medio plazo. Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras IMPACTO COMPATIBLE: las medidas (barreras anti-contaminación, materiales con bajo % de finos, paralización de las obras en caso de avistamiento) no permiten reducir el plazo de reversibilidad o recuperación.
<b>8. SINERGIAS CON OTROS IMPACTOS</b>
Calidad del agua Calidad de los recursos pesqueros Comunidades naturales

<b>IMPACTO 10: AFECCIÓN A HÁBITATS PROTEGIDOS (SEBADALES –CYMODOCEA NODOSA–) DENTRO DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
<p>En el entorno de la obra y dentro del Espacio Natural Protegido denominado "Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura" (LIC con código ESZ15002) destaca la presencia de 'sebadales' (fondos con fanerógama <i>Cymodocea Nodosa</i>), hábitat que debe ser protegido, situados al norte de la zona de actuación (aproximadamente a 1 km) y al suroeste (aproximadamente a 2 km), como se muestra en la Figura 126.- Esta especie fanerógama rizomatosa, además de estabilizar el sustrato con su sistema radicular, sirve como soporte para una gran cantidad de algas filamentosas e invertebrados, que se instalan sobre sus hojas, y como lugar de desarrollo de una gran cantidad de alevines y juveniles de peces propios de los fondos rocosos, que encuentran aquí un ambiente propicio, con abundancia de alimento y sin los depredadores de las zonas rocosas, por lo que tiene gran valor ambiental. De hecho la Orden AAA/1351/2016 incluyó la <i>Cymodocea Nodosa</i> de Canarias en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, dentro de la categoría "vulnerable".</p> <p>El impacto podrá consistir en una eventual colmatación de las comunidades superficiales a causa de la dispersión de finos, en una amplitud determinada por la pluma de dispersión, que en cualquier caso no será importancia dado el poco porcentaje de finos de los materiales empleados (1% en el caso de la arena) y la distancia entre la zona de deposición y las praderas de <i>Cymodocea</i>, de manera que la decantación de gran parte del material fino se produce antes de que la pluma llegue a los sebadales. Así al sebadal situado al norte sólo llegarían las partículas las con un tamaño menor a 24 µm y al sebadal situado al sur las partículas con un tamaño menor a 17 µm.</p>
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
Zonas con presencia de sebadales.
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
<p>La valoración del impacto se ha realizado teniendo en cuenta los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Superficie afectada (franja contigua a la zona de vertido de arena y escollera hasta la cual pudiera llegar la pluma de dispersión).</li> <li>Las mediciones totales de materiales (21.900 m<sup>3</sup> de arena y 29.700 m<sup>3</sup> de escollera) que determinan, en último término, la superficie y el espesor medio de la capa en la zona de aportación.</li> <li>El bajo porcentaje de finos (1% en el caso de la arena).</li> <li>La modificación esperada en la calidad física y química del agua a través de la suspensión de los materiales finos.</li> <li>Las medidas moderadoras y correctoras incorporadas en el Proyecto.</li> <li>La no contaminación de los materiales utilizados en la obra.</li> <li>El calendario de obras (época y duración) y en especial la época de realización de las operaciones marítimas.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
<p>Afecta indirectamente al medio biótico (a través de la colmatación por finos puestos en suspensión). Es de carácter continuo durante la aportación de materiales a la playa (por lo tanto, temporal) y reversible pues en cualquier caso el grado de colmatación será escaso.</p> <p>Impactos positivos: no se identifican</p>
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
<p>Es un impacto de intensidad media o moderada ya que sólo afecta a los sebadales indirectamente, a través de la dispersión de finos (como se ha comentado, las especies afectadas directamente tienen un interés ambiental menor y en cualquier caso su efecto ya ha sido analizado en el Impacto 7).</p> <p>En todo caso, se deberán adoptar una serie de medidas correctoras que permitirán reducir la magnitud hasta baja</p>
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
Se incluyen todas las medidas, ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos y a reducir el impacto sobre las comunidades naturales de la zona de actuación (impactos 4, 5 y 7).
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
<p>Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras IMPACTO MODERADO: se trata de un impacto de magnitud moderada sobre recursos de valor alto con posibilidad de recuperación a medio plazo.</p> <p>Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras IMPACTO COMPATIBLE: las medidas (barreras anti-contaminación y materiales con bajo % de finos) reducen la magnitud del impacto a baja.</p>
<b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b>
<p>Calidad del agua Calidad de los recursos pesqueros Comunidades naturales</p>

<b>IMPACTO 11: AFECCIÓN AL RESTO DE ESPECIES DEL ESPACIO NATURAL PROTEGIDO (LIC)</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
<p>Este impacto hace referencia al resto de especies existentes en el "Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura" (LIC con código ESZ15002) fuera de las zonas ocupadas directamente por la obra (ya que esa afección ha sido analizada en el impacto 7) y no consideradas en los impactos 9 y 10.</p> <p>Por consiguiente afecta a las comunidades bentónicas existentes en las zonas próximas a la obra hasta donde alcance la pluma de dispersión de los finos incluidos en la arena y escollera vertidos.</p> <p>El impacto podrá consistir en una eventual colmatación de dichas comunidades superficiales a causa de la dispersión de finos, en una amplitud determinada por la pluma de dispersión, que en cualquier caso no será importancia dado el poco porcentaje de finos de los materiales empleados (1% en el caso de la arena) y la escasa profundidad de la zona donde se vierte el material (&lt; 5 m), de manera que la decantación del material fino se producirá en menos tiempo y por tanto la pluma tendrá unas dimensiones modestas.</p> <p>Por otro lado, tal como ya se ha dicho, las comunidades planctónicas y neríticas viven inmersas en el medio marino por lo que son las primeras directamente afectadas por las alteraciones que sufra la calidad del agua, tanto física – por la dispersión de finos– como química –por el vertido de contaminantes–, si bien los materiales utilizados estarán exentos de contaminación.</p>
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
Franja contigua a la zona de vertido de arenas y escollera.
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
<p>La valoración del impacto se ha realizado teniendo en cuenta los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Superficie afectada (franja contigua a la zona de vertido de arena y escollera hasta la cual pudiera llegar la pluma de dispersión).</li> <li>Las mediciones totales de materiales (21.900 m<sup>3</sup> de arena y 29.700 m<sup>3</sup> de escollera) que determinan, en último término, la superficie y el espesor medio de la capa en la zona de aportación.</li> <li>El bajo porcentaje de finos (1% en el caso de la arena).</li> <li>La modificación esperada en la calidad física y química del agua a través de la suspensión de los materiales finos.</li> <li>Las medidas moderadoras y correctoras incorporadas en el Proyecto.</li> <li>La no contaminación de los materiales utilizados en la obra.</li> <li>El calendario de obras (época y duración) y en especial la época de realización de las operaciones marítimas.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
<p>Afecta indirectamente al medio biótico (a través de la colmatación por finos puestos en suspensión). Es de carácter continuo durante la aportación de materiales a la playa (por lo tanto, temporal) y reversible.</p> <p>Impactos positivos: no se identifican</p>
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
<p>Es un impacto de intensidad media o moderada ya que sólo afecta a las especies bentónicas de interés indirectamente, a través de la dispersión de finos. (Además, como se ha comentado, las especies afectadas directamente tienen un interés ambiental menor y en cualquier caso su efecto ya ha sido analizado en el Impacto 7).</p> <p>Las comunidades neríticas, dada su movilidad, durante la fase de afectación más intensa pueden migrar a otras áreas para encontrar condiciones más favorables. En cuanto a las planctónicas, existe una alta posibilidad de recuperación para estas poblaciones debido a su elevada capacidad de adaptación y aportación.</p> <p>En todo caso, se deberán adoptar una serie de medidas correctoras que permitirán reducir la magnitud hasta baja</p>
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
Se incluyen todas las medidas, ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos y a reducir el impacto sobre las comunidades naturales de la zona de actuación (impactos 4, 5 y 7).
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
<p>Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras IMPACTO COMPATIBLE: es un impacto de magnitud media sobre recursos de valor medio con posibilidad de recuperación a medio plazo.</p> <p>Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras SIN IMPACTO: las medidas (barreras anti-contaminación y materiales con bajo % de finos) reducen la magnitud del impacto a baja.</p>
<b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b>
<p>Calidad del agua Calidad de los recursos pesqueros Comunidades naturales</p>

4.1.3.3 Sobre el medio antrópico

<b>IMPACTO 12: ALTERACIÓN DEL PAISAJE</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
La valoración de este impacto, que trata de medir la intensidad de los cambios producidos en relación a la situación preoperacional, implica elementos significativos de subjetividad. Los impactos sobre este vector ambiental se producen a partir del mismo momento del inicio de las obras, con la ocupación de la zona de obras, la introducción de nuevos elementos de artificialización (espigones y pantalán) y la creación de una playa que sustituye la visión de un substrato rocoso por uno arenoso. Como consecuencia, el territorio (que es la resultante histórica de la introducción de diversos elementos artificiales) se transformará ya desde el inicio. Por otro lado, en la zona de obtención de la escollera (canteras) también se producirá un impacto paisajístico significativo a consecuencia de la modificación en la topografía.
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
<u>Zona de extracción de materiales:</u> la retirada de la escollera de cantera implicará necesariamente un cambio en la morfología actual de esta zona, si bien los volúmenes implicados son pequeños. <u>Zona de aportación:</u> alteración del aspecto actual de la línea de costa aunque supone crear una nueva playa de arena en lugar del actual aspecto rocoso. Introduce además elementos nuevos de artificialización (espigones). No obstante su presencia se ve mitigada ya que se han diseñado con una baja cota de coronación: i) +4,50 en el caso de los espigones laterales, que es inferior a la del actual paseo marítimo (entre +5,00 y +5,60) y solamente superior en 0,5 a la berma de la nueva playa en la cual estarán los bañistas (+4,0) y ii) -1,0 en el caso del espigón de pie de apoyo, lo que significa que no será visible al estar siempre sumergido. Además existen otros espigones próximos visibles desde la zona de actuación (el situado al norte de la Playa de Los Charcos).
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
En la valoración de este impacto se ha tenido en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La riqueza/pobreza de elementos actuales en el paisaje (en este caso, poca diversidad).</li> <li>• La ausencia de elementos sobresalientes que supongan singularidad.</li> <li>• La escasa importancia de los elementos naturales en el conjunto (grado de naturalidad).</li> <li>• La complejidad topográfica de los nuevos elementos.</li> <li>• La importancia de la componente antrópica en el nuevo elemento.</li> <li>• El fondo escénico.</li> <li>• La situación de las nuevas estructuras con respecto a las ya existentes.</li> <li>• La amplitud de la cuenca visual, es decir el conjunto de puntos desde los que se podrán observar las nuevas estructuras (de baja cota de coronación o sumergidas).</li> <li>• La incidencia visual: tipo, configuración y altura de las nuevas estructuras (de baja cota de coronación o sumergidas).</li> <li>• Longitud de las nuevas infraestructuras (espigones).</li> <li>• Número de obras de defensa emergidas (de baja cota de coronación).</li> <li>• El color de la arena y su granulometría.</li> <li>• La eficacia de las medidas moderadoras y correctoras propuestas.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
Afecta directamente al medio abiótico Es de carácter permanente, aunque se manifestará de manera paulatina a lo largo de las obras. Es, por tanto, un impacto irreversible. <u>Impactos positivos:</u> la zona de actuación pasa de tener un aspecto erosionado, rocoso, sin arena, al de una playa amplia con arena suficiente.
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
Se trata de un impacto de baja intensidad ya que las nuevas infraestructuras más impactantes (espigones) son de baja cota de coronación, por lo que la alteración en el paisaje (con poco valor intrínseco) será menor. Además en la zona ya existen espigones similares por lo que no se introduce un nuevo elemento disruptor. Lo mismo sucede en el caso de la amplitud de la nueva playa.
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
Las principales medidas reductoras del impacto han sido introducidas a nivel de Proyecto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de la actuación con dimensiones reducidas.</li> <li>• Diseño de obras de defensa de baja cota de coronación.</li> </ul> Se proponen otras medidas adicionales dirigidas a procurar una mejor integración de la obra en el entorno. Incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de la obra.</li> <li>• Obtención de los materiales en una cantera autorizada de modo que disponga de plan de restauración que permita corregir las alteraciones producidas por la obra</li> </ul>
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras IMPACTO COMPATIBLE: es un impacto de magnitud baja sobre recursos de un valor medio de carácter irreversible. Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras

IMPACTO COMPATIBLE: ninguna de las medidas reduce el valor del recurso o su irreversibilidad.
<b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b>
Medio antrópico

IMPACTO 13: ALTERACIÓN DE LOS RECURSOS PESQUEROS
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
Los recursos pesqueros de interés económico forman parte de las comunidades naturales y, por tanto, los impactos que reciben son asimilables a los descritos en el apartado anterior: los bivalvos de interés comercial pueden situarse en el ámbito de las comunidades bentónicas y la pesca en el ámbito de las comunidades neríticas. La biología de estos organismos y la internalización del impacto es indiferente del aprovechamiento por parte del hombre. Por tanto, se identifican dos grupos principales de acciones negativas: <ul style="list-style-type: none"> <li>Afectación indirecta de la calidad de los recursos a través de la movilización de finos y alteración de la calidad física y química del agua.</li> <li>Destrucción directa de recursos ya que la zona de aportación de materiales resultará modificada por la obra, con alteración de los fondos</li> </ul>
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
<u>Zona de aportación:</u> se relacionan con la modificación de la calidad del agua, la alteración de la naturaleza del sustrato y la cubrición de los materiales actuales por los aportados durante el proceso de aportación.
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
En la valoración del impacto sobre los recursos renovables explotados en la zona se ha tenido en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> <li>La localización de los caladeros y arrecifes artificiales en relación a los ámbitos de la obra.</li> <li>La calidad, el estado de conservación y el valor comercial de los caladeros.</li> <li>La inexistencia en la zona de zonas de producción y protección o mejora de moluscos.</li> <li>La profundidad de calado de los artes (superior a 5 metros, máxima profundidad ocupada por las obras).</li> <li>La intensidad de los cambios previstos en la calidad del agua y de los sedimentos que repercuten en último término en la disponibilidad de recursos tróficos.</li> <li>El volumen de materiales de aportación (21.900 m<sup>3</sup> de arena y 29.700 m<sup>3</sup> de escollera).</li> <li>La calidad de los materiales, en especial el bajo porcentaje de finos (1% en el caso de las arenas).</li> <li>La época de realización de la obra en relación a la época de freza ya que las puestas de algunas especies son enterradas en las arenas.</li> <li>La superficie y naturaleza de los fondos afectados.</li> <li>Eficacia de las medidas reductoras propuestas.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
Afecta al medio biótico y antrópico. Se trata de un impacto indirecto, ya que se debe a la confluencia de otros impactos (incremento de turbidez, modificación de la calidad del agua...). Puede considerarse de carácter temporal, reversible y recuperable, ya que los posibles recursos susceptibles de desaparecer ya son en la actualidad muy escasos, pues los ejemplares de mayor valor económico para los pescadores se sitúan alejados de las zonas de actuación. <u>Impactos positivos:</u> puesto que el proyecto contempla la construcción de diversos espigones, al ser estos de carácter biogénico, ofrecerán refugio a determinadas especies de peces. Todo ello puede potenciar la productividad de la zona.
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
Se trata de un impacto de baja intensidad que se justifica por la escasez de los recursos existentes en las zonas de producción de impacto directo y las medidas adoptadas para impedir los impactos de carácter indirecto.
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
Las medidas reductoras más eficaces han sido introducidas a nivel de Proyecto: minimización de los volúmenes de arena y escollera, por lo que se reduce sensiblemente la intensidad de los impactos sobre el medio marino y, con ello, sobre los recursos pesqueros. Además son eficaces todas las medidas, ya descritas, encaminadas a evitar la dispersión y transporte de los materiales finos, tanto por sus efectos físicos como químicos. Como medidas específicas se proponen las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar las obras preferiblemente en la época con menor interacción con la explotación de los recursos (preferentemente fuera de los meses de primavera y verano)</li> <li>Reducción del plazo de ejecución mediante el uso de medios potentes ya que se trata de un impacto de carácter temporal</li> <li>Dar aviso a las Cofradías de Pescadores que tienen su actividad en la zona a fin de que procedan a retirar los artes con anterioridad al inicio de las obras.</li> </ul>
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras IMPACTO COMPATIBLE: es un impacto de magnitud baja sobre recursos de valor alto con posibilidad de recuperación a medio plazo. Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras IMPACTO COMPATIBLE: las medidas correctoras no reducen ni el valor del recurso ni su tiempo de recuperación.
<b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b>
Calidad del agua Comunidades bentónicas Comunidades planctónicas y neríticas Espacios Naturales Protegidos

IMPACTO 14: ALTERACIÓN DE LAS ACTIVIDADES RECREATIVAS Y DE OCIO
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
La zona de actuación se enmarca dentro de una importante área turística, donde se llevan a cabo numerosas actividades recreacionales relacionadas con el ámbito marino, por lo que la conservación de las condiciones más favorables de éste debe representar uno de los objetivos prioritarios a la hora de emprender cualquier tipo de actuación en el entorno. Por otro lado, el desarrollo de estas actividades contribuye positivamente al progreso económico del municipio y de la comarca y la creación de una nueva playa va a permitir el incremento de la actividad turística. El impacto negativo se relaciona con el deterioro de las cualidades estéticas y de disfrute en las playas cercanas durante la ejecución de las obras. El impacto positivo se relaciona con el incremento de usuarios de la playa en el municipio.
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
<u>Zona de aportación:</u> donde se efectúa la aportación de arena y la construcción de los espigones.
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
En la valoración de este impacto se ha tenido en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> <li>Las dimensiones de la nueva playa.</li> <li>La calidad de las playas adyacentes.</li> <li>El estado actual de las condiciones estéticas y de disfrute de dichas playas.</li> <li>El grado actual de conservación de la zona y el efecto disuasorio sobre el uso de este tramo de litoral.</li> <li>El volumen de población que disfruta de estas condiciones en las diferentes épocas del año.</li> <li>El tipo de actividades que se llevan a cabo en la zona potencialmente afectada.</li> <li>Todos los anteriores impactos que pueden afectar a la calidad del agua, en sus diferentes aspectos, a la calidad de las playas, a la calidad del aire y al paisaje.</li> <li>El calendario de obras (época y duración), ya que para producir un impacto sobre la población humana y sus actividades se requiere no sólo la modificación de las condiciones de disfrute sino la presencia de usuarios.</li> <li>La localización de los lugares recreativos y de ocio más demandados con respecto a la obra.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
Afecta al medio socioeconómico <u>Impacto negativo:</u> es continuo durante la fase de obras Es, por tanto, un impacto de carácter temporal, reversible e indirecto, ya que se debe a la confluencia de otros impactos. <u>Impacto positivo:</u> La actuación supone una mejora evidente de este tramo del litoral. Es continuo durante toda su fase de explotación y por tanto tiene carácter permanente, directo e irreversible (salvo desmantelamiento de la obra).
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
Impacto negativo: Se ha considerado baja la intensidad de los impactos que pueden afectar directamente o indirectamente a este factor ambiental. Impacto positivo: se ha considerado una intensidad media o moderada.
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
Todas las medidas ya identificadas tendentes a minimizar los impactos sobre la calidad del agua, en sus diferentes aspectos, sobre la calidad de las playas, sobre la calidad del aire y sobre el paisaje. El elemento más importante en este caso es situar las obras fuera de la temporada de baños.
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
Con anterioridad a la introducción de medidas correctoras Impacto negativo: SIN IMPACTO: es un impacto de baja magnitud sobre recursos de un valor medio con posibilidad de recuperación a medio plazo. Impacto positivo: MODERADO: es un impacto de magnitud media sobre recursos de un valor medio con carácter irreversible <u>Por consiguiente se considera solamente el impacto positivo, con carácter moderado.</u> Con posterioridad a la introducción de medidas correctoras. Impacto positivo: MODERADO: las medidas no modifican las características del impacto.
<b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b>
Calidad del agua en sus diferentes aspectos Calidad de las playas Calidad del aire Paisaje

## 4.2 MATRIZ DE IMPACTOS

La caracterización y valoración completa de todos los impactos se ha resumido en forma de una matriz que se presenta en la Tabla 1.- .



En consecuencia, el "impacto típico" asociado a la actuación puede tipificarse del siguiente modo:

- se produce principalmente sobre las condiciones bióticas del medio,
- es de carácter negativo
- es de carácter principalmente temporal,
- presenta además una alta capacidad de recuperación,
- se manifiesta principalmente a corto plazo,
- es de carácter compatible o moderado y no existen impactos de carácter crítico,
- afectan al medio marino y puntualmente al medio continental (zona obtención de escollera).

## 5. CUANTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS REPERCUSIONES DEL PROYECTO EN LA RED NATURA 2000

El análisis específico de las repercusiones del proyecto sobre la Red Natura 2000 se ha efectuado en el apartado anterior a través de los impactos nº 9, 10 y 11.

## 6. MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS

En cada una de las fichas confeccionadas para la descripción de los impactos (ver apartado 4.1), se han identificado las medidas que aminorarían las repercusiones medioambientales de las diferentes actuaciones que están implicadas en el desarrollo de la obra. El conjunto de estas medidas se recoge en la Tabla 26.- y a continuación se incluye una breve descripción de las mismas, referidas tanto a las zonas de extracción como a la de aportación, así como otras medidas de carácter general.

### 6.1 EN LA ZONA DE OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES (ÁRIDOS Y ESCOLLERA) Y TRANSPORTE HASTA LA ZONA DE APORTACIÓN

#### 6.1.1 MEDIDAS PREVENTIVAS O MODERADORAS

Las medidas preventivas o moderadoras de los impactos de carácter negativo quedan integradas en el propio proyecto y actúan desde el momento inicial. De este modo, puede lograrse que algunos impactos no lleguen a producirse o bien lo hagan con una intensidad menor. Se desprenden, fundamentalmente, de su aplicación a obras de naturaleza parecida a la que aquí se analiza.

- Uso de medios poco impactantes

El proyecto deberá contemplar el uso de maquinaria moderna que cumpla los requerimientos para evitar la contaminación.

- Planificación de un calendario adecuado de obras

Es recomendable, como medida moderadora de carácter general, situar la realización de la obra fuera de la época de máxima afluencia de bañistas a las playas, ya que de este modo se logra una mitigación significativa en la intensidad del impacto debido a la disminución de la población usuaria.

- Reducción del plazo de ejecución

El programa de trabajos ha sido confeccionado solapando actividades cuando sea posible de manera que se reduzca el plazo total de la obra. Asimismo se ha efectuado una optimización de los volúmenes de materiales a emplear, lo cual también permite la disminución del plazo de la obra..

- Medidas moderadoras relacionadas con el transporte de los áridos de origen continental

Tiene por finalidad la determinación de rutas de acceso, horario de paso y frecuencia máxima horaria de vehículos que evite la generación de molestias a la población residente cercana.

Tabla 26.- Identificación de las medidas preventivas y correctoras del impacto (Fuente: elaboración propia)

Impacto	Medidas preventivas y reductoras del impacto
<b>1.- Medio abiótico: alteración de la dinámica litoral</b>	Todas las medidas preventivas y reductoras han sido incorporadas a nivel de Proyecto, con un diseño de espigones y de planta que minimice las mediciones de materiales, suficientes para cumplir los objetivos planteados.
<b>2.- Medio abiótico: modificación batimétrica y de la naturaleza del sustrato</b>	La principal medida preventiva se ha introducido a nivel de Proyecto en el que se ha optimizado y minimizado las mediciones de arena y escollera y la superficie a ocupar.
<b>3.- Medio abiótico: alteración de la calidad atmosférica y acústica</b>	Puesto que la intensidad de este impacto es directamente proporcional al volumen de materiales a utilizar en la obra, la principal medida reductora del impacto está incluida en el Proyecto, en el que se ha optimizado el volumen de arenas y escollera. Se identifican además las siguientes medidas preventivas y reductoras: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar la producción de polvo durante el transporte con camión y manipulación de los materiales mediante la utilización de lonas u otro tipo de protecciones, principalmente en las proximidades del núcleo de población.</li> <li>• Evitar la manipulación de materiales en días de viento intenso o desfavorable.</li> <li>• Adoptar las medidas para controlar la emisión de gases por los vehículos y maquinarias: filtros, revisiones, etc.</li> <li>• Elegir vías de acceso y regular tanto el horario como la frecuencia máxima de paso de los camiones destinados al transporte de materiales.</li> <li>• Procurar un mantenimiento adecuado de las vías de acceso para evitar ruidos y vibraciones, principalmente en las proximidades del núcleo de población.</li> <li>• Programa de riegos y barrido de las vías de acceso.</li> <li>• Reducir en lo posible los acopios de materiales en la obra.</li> <li>• Foso para el lavado de las ruedas de los camiones.</li> <li>• Reducir en lo posible el plazo de ejecución.</li> <li>• Realizar las operaciones de mayor impacto fuera de la temporada de baños.</li> </ul>
<b>4.- Medio abiótico: incremento de la turbidez en la columna de agua</b>	El hecho que en el Proyecto se haya minimizado el volumen de materiales a emplear (arena terrestre procedente del Sáhara y escollera de cantera) y que la arena tenga muy poco porcentaje de finos (1%) es muy positivo para moderar el impacto residual. Además, se identifican las siguientes medidas preventivas y reductoras: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Al ser un impacto de carácter transitorio, la intensidad se relaciona directamente con la duración de la obra. Debe procurarse, por tanto, utilizar medios de capacidad suficiente para que se reduzca el plazo de ejecución.</li> <li>• Se usarán de barreras que eviten la dispersión de finos en la zona de aportación en la playa.</li> <li>• Se recomienda que las obras tengan lugar preferentemente en otoño e invierno, fase con menor interferencia sobre las variables ambientales. No obstante, no se considera una condición determinante en función de la evaluación de impacto.</li> <li>• Se suspenderá la aportación de materiales a la playa en condiciones de agitación del mar que incrementen significativamente la distancia de transporte de la pluma. Se considera que las operaciones debieran suspenderse a partir de alturas de ola significativa &gt;1,5 m.</li> </ul>
<b>5.- Medio abiótico: alteración de la calidad química del agua</b>	Todas las medidas ya identificadas en el caso del impacto sobre la calidad física de las aguas y tendentes a minimizar la dispersión de los finos ya que ésta es la principal vía de incorporación de contaminantes en el medio marino. En cuanto al vertido de contaminantes diversos y aguas residuales durante las obras, se hace necesario minimizar los riesgos estableciendo una red de control de calidad, durante y después de la actuación, con especial interés en evitar vertidos accidentales.
<b>6.- Medio biótico: afección a las comunidades naturales terrestres</b>	El Proyecto: contiene medidas preventivas del impacto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimización del diseño reduciendo el volumen de escollera necesaria.</li> </ul> Se proponen además las siguientes medidas adicionales, <ul style="list-style-type: none"> <li>• La restauración de la cantera de obtención de escollera, lo que puede considerarse como una medida compensatoria de la biomasa perdida.</li> </ul>
<b>7.- Medio biótico: afección a las comunidades bentónicas</b>	El Proyecto: contiene medidas preventivas del impacto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de obras de defensa de carácter biogénico.</li> <li>• Optimización del diseño reduciendo el volumen de escollera y arena.</li> </ul> Se proponen además las siguientes medidas adicionales, encaminadas a evitar la dispersión y transporte de los materiales finos, que ayudan a mitigar el impacto sobre las comunidades bentónicas. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las medidas ya identificadas en el caso de los impactos sobre la calidad física y química del agua.</li> </ul>

<b>8.-Medio biótico: alteración y estructura de las comunidades planctónicas y neríticas</b>	Todas las medidas ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos.
<b>9.-Medio biótico: afección a especies protegidas (Espacios Naturales Protegidos)</b>	Todas las medidas, ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos y a reducir el impacto sobre las comunidades naturales de la zona de actuación (impactos 4, 5 y 7).
<b>10.-Medio biótico: afección a hábitats protegidos (Espacios Naturales Protegidos)</b>	Todas las medidas, ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos y a reducir el impacto sobre las comunidades naturales de la zona de actuación (impactos 4, 5 y 7).
<b>11.-Medio biótico: afección al resto de especies del LIC (Espacios Naturales Protegidos)</b>	Todas las medidas, ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos y a reducir el impacto sobre las comunidades naturales de la zona de actuación (impactos 4, 5 y 7).
<b>12.- Medio antrópico: alteración del paisaje</b>	Las principales medidas reductoras del impacto han sido introducidas a nivel de Proyecto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de la actuación con dimensiones reducidas.</li> <li>• Diseño de obras de defensa de baja cota de coronación.</li> </ul> Se proponen otras medidas adicionales dirigidas a procurar una mejor integración de la obra en el entorno. Incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de la obra.</li> <li>• Obtención de los materiales en una cantera autorizada de modo que disponga de plan de restauración que permita corregir las alteraciones producidas por la obra</li> </ul>
<b>13.-Medio antrópico: alteración de recursos pesqueros</b>	Las medidas reductoras más eficaces han sido introducidas a nivel de Proyecto: minimización de los volúmenes de arena y escollera, por lo que se reduce sensiblemente la intensidad de los impactos sobre el medio marino y, con ello, sobre los recursos pesqueros. Además son eficaces todas las medidas, ya descritas, encaminadas a evitar la dispersión y transporte de los materiales finos, tanto por sus efectos físicos como químicos. Como medidas específicas se proponen las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar las obras preferiblemente en la época con menor interacción con la explotación de los recursos (preferentemente fuera de los meses de primavera y verano)</li> <li>• Reducción del plazo de ejecución mediante el uso de medios potentes ya que se trata de un impacto de carácter temporal</li> <li>• Dar aviso a las Cofradías de Pescadores que tienen su actividad en la zona a fin de que procedan a retirar los artes con anterioridad al inicio de las obras.</li> </ul>
<b>14.-Medio antrópico: alteración de las actividades recreativas y de ocio</b>	Todas las medidas ya identificadas tendentes a minimizar los impactos sobre la calidad del agua, en sus diferentes aspectos, sobre la calidad de las playas, sobre la calidad del aire y sobre el paisaje. El elemento más importante en este caso es situar las obras fuera de la temporada de baños.

### 6.1.2 MEDIDAS CORRECTORAS O REDUCTORAS

El objeto de las medidas correctoras o reductoras es disminuir el impacto residual que la obra genera en el entorno: su coste económico deberá incorporarse al proyecto. En este caso las principales medidas correctoras se relacionan con el transporte de los materiales desde la cantera y del puerto de Arrecife hasta la zona de aportación. Se indican las principales:

- Uso de camiones provistos de lona para el transporte de los áridos (escollera y arena).
- Riego frecuente de los viales de acceso.
- Barrido de los viales en caso que se considere necesario.
- Mantenimiento adecuado de las vías de circulación de los transportes.

### 6.1.3 MEDIDAS COMPENSATORIAS

Las escolleras necesarias para la obra deberán obtenerse de una cantera legalizada, que disponga de un plan de restauración del medio. En consecuencia, las comunidades vegetales que puedan quedar destruidas a consecuencia de la extracción de los materiales necesarios para la obra, deberá compensarse a través de la replantación de especies autóctonas de acuerdo con el programa aprobado.

## 6.2 EN LA ZONA DE APORTACIÓN

La mayoría de las medidas propuestas mantienen un paralelismo con las descritas en el ámbito de explotación del yacimiento, por lo que algunas de ellas se identifican de forma resumida.

### 6.2.1 MEDIDAS PREVENTIVAS O MODERADORAS

Como se ha comentado, las medidas preventivas o moderadoras de los impactos de carácter negativo quedan integradas en el propio proyecto y actúan desde el momento inicial.

- Diseño de obras poco impactantes

Los espigones laterales que deben estabilizar la arena vertida se han diseñado con una baja cota de coronación (la +4,50 m CH en el tramo inicial y la +2,00 m CH en el tramo final) con objeto de minimizar su impacto visual. Asimismo el pantalán de uso recreativo corona a ña cota +4,00 m CH.

Estas cotas son inferiores a la del actual paseo marítimo (entre +5,00 y +5,60) a la cual hay que añadir la altura del punto de vista de un adulto (1,60 m aproximadamente) de modo que éste pasa a estar a una cota entre +6,60 y +7,20 m, por lo que la intercepción de vistas del paisaje para los usuarios del paseo marítimo será menor y solamente superior en 0,5 m a la berma de la nueva playa en la cual estarán los bañistas (+4,0 m CH). En cualquier caso el aspecto que tendrán estos espigones será muy similar al del entorno actual, como puede comprobarse en la Figura 127.- , en la que al fondo puede apreciarse el espigón de la playa de Los Charcos, confundidos con los cantos rodados existentes en la playa.

Por lo que respecta al espigón de pie de apoyo, su cota de coronación es la -1,0 m CH, lo que significa que no será visible al estar siempre sumergido.

A todo ello debe añadirse, tal como se ha comentado, que existen otros espigones próximos visibles desde la zona de actuación (el situado al norte de la Playa de Los Charcos como se muestra en la Figura 127.- ), por lo que no se trata de un elemento nuevo en el paisaje.



Figura 127.- Zona de estudio en la que puede apreciarse al fondo el espigón norte de la playa de los Charcos  
(Fuente: elaboración propia)

- Uso de medios poco impactantes: flota de camiones y parque de maquinaria que cumpla con los límites de emisión.
- Para evitar los impactos sobre la calidad del agua deben reducirse los productos residuales de obra, evitar cualquier vertido contaminante al medio marino, etc.
- Evitar la manipulación de materiales en días con condiciones meteorológicas desfavorables (tanto atmosféricas como marinas).
- Elegir un calendario adecuado de obras (fuera de la temporada alta).
- Anunciar el inicio de las obras para retirar los artes de pesca instalados en las zonas próximas a las obras.

### 6.2.2 MEDIDAS CORRECTORAS O REDUCTORAS

Como ya se ha comentado, el objeto de las medidas correctoras o reductoras es disminuir el impacto residual que la obra genera en el entorno y su coste económico deberá incorporarse al proyecto. En este caso las medidas correctoras se relacionan con la reducción de la dispersión de los finos.

- Uso de barreras que eviten la dispersión de finos en la zona de obras (vertido de escollera y de arena).

### 6.2.3 MEDIDAS COMPENSATORIAS

No se prevén medidas compensatorias en la zona de aportación de arena y escollera.

## 6.3 OTRAS MEDIDAS GENERALES

### 6.3.1 MEDIDAS PREVENTIVAS O MODERADORAS

Las medidas moderadoras han sido incorporadas a nivel de Proyecto, que ha desarrollado la solución que desde un punto de vista ambiental menor impacto introduce en la calidad del medio; no suponen en principio ningún coste específico. Se plantean como consecuencia del análisis llevado a cabo a partir del inventario ambiental a fin de introducir las menos alteraciones posibles. Se consideran como más importantes:

- La elección de una solución constructiva que reduce las mediciones tanto en escollera como en arenas a fin de moderar la artificialización.
- Evitar la sobrealimentación innecesaria de la playa.
- Determinación de perfil y planta adecuados para la consecución de los objetivos.

### 6.3.2 MEDIDAS CORRECTORAS O REDUCTORAS

Las medidas correctoras son actuaciones que se aplican durante las obras a fin de reducir el impacto residual; el general llevan un coste asociado que debe ser asumido por la empresa Constructora a fin de garantizar los objetivos de sostenibilidad planteados en el estudio.

- Control de la calidad de los materiales a fin de comprobar que se ajusta a lo previsto, lo que implicará unos gastos analíticos
- Desarrollar un programa de vigilancia ambiental de la obra que procure también el control del hallazgo de restos arqueológicos.

### 6.3.3 MEDIDAS COMPENSATORIAS

Estas medidas no disminuyen la magnitud del impacto provocado pero aminoran su efecto en la globalidad del sistema al compensar la incidencia negativa de una actuación con otra acción que

puede provocar un beneficio en el entorno. En este caso no se considera necesario la introducción de medidas compensatorias de carácter general.

#### 6.4 MATRIZ DE IMPACTOS RESIDUALES

La aplicación de las medidas reductoras del impacto (tanto moderadoras como correctoras) tienen como resultado que el impacto residual sea de menor intensidad que el resultante inicialmente de la actuación. Los cambios producidos se recogen en la Tabla 27.-, que muestra la reducción en la intensidad de los impactos y que da lugar a la matriz de impactos residual mostrada en la Tabla 28.-.

Tabla 27.- Reducción de la intensidad de los impactos (Fuente: elaboración propia)

	ANTES DE MEDIDAS REDUCTORAS	DESPUÉS DE MEDIDAS REDUCTORAS
Sin impacto	1	4
Compatibles	6	7
Moderados	6	2
Severos	1	1
Críticos	0	0

Si se asigna un valor 0 a la ausencia de impacto (N = 0), 1 a los impactos compatibles (C = 1), 2 a los moderados (M = 2) y 4 a los severos (S = 4), se obtiene el siguiente resultado:

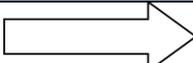
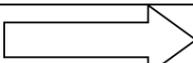
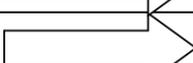
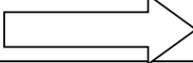
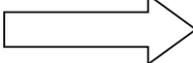
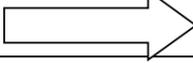
- Antes aplicación medidas reductoras:  $\Sigma(1N+6C+6M+1S) = 1 \times 0 + 6 \times 1 + 6 \times 2 + 1 \times 4 = 22$
- Después aplicación medidas reductoras:  $\Sigma(4N+7C+2M+1S) = 4 \times 0 + 7 \times 1 + 2 \times 2 + 1 \times 4 = 15$

En consecuencia, la aplicación de las medidas reductoras del impacto tiene como consecuencia en relación a los impactos residuales:

- Se reduce el número de impactos que no tengan la calificación de "sin impacto", pasando de 13 a 10.
- Mantiene los impactos de carácter severo (1).
- Disminuyen los impactos de carácter moderado (de 6 a 2) y se incrementan los de carácter compatible (de 6 a 7).
- De acuerdo con la valoración aplicada, el impacto residual puede estimarse en un  $15/22 = 68\%$  del impacto inicial, con lo que la eficacia de las medidas es evidente.

Puesto que ninguno de los impactos residuales, una vez implementadas las medidas moderadoras y correctoras, presenta la condición de crítico y solamente uno es severo, **se considera que la obra definida en el Proyecto es viable desde el punto de vista ambiental** a condición de que se atiendan todas las recomendaciones definidas en el estudio, referidas sobre todo a la alternativa escogida para el Proyecto, a la procedencia de los materiales y procedimientos constructivos.

Tabla 28.- Matriz de impacto residual como aplicación de las medidas correctoras propuestas (Fuente: elab propia)

Medio afectado	Evaluación antes de las medidas correctoras	Efecto de las medidas moderadoras/correctoras	Evaluación después de las medidas correctoras
1.- Medio abiótico: alteración de la dinámica litoral	MODERADO		COMPATIBLE
2.- Medio abiótico: modificación batimétrica y de la naturaleza del sustrato	MODERADO	≈	MODERADO
3.- Medio abiótico: alteración de la calidad atmosférica y acústica	COMPATIBLE		SIN IMPACTO
4.- Medio abiótico: incremento de la turbidez en la columna de agua	MODERADO		COMPATIBLE
5.- Medio abiótico: alteración de la calidad química del agua	MODERADO		COMPATIBLE
6.- Medio biótico: afección a las comunidades naturales terrestres	SIN IMPACTO	≈	SIN IMPACTO
7.- Medio biótico: afección a las comunidades bentónicas)	SEVERO	≈	SEVERO
8.- Medio biótico: afección a las comunidades planctónicas y neríticas	COMPATIBLE		SIN IMPACTO
9.- Medio biótico: afección a especies protegidas: delfín mular y tortuga boba (Espacios Naturales Protegidos)	COMPATIBLE	≈	COMPATIBLE
10.- Medio biótico: afección a hábitats protegidos: sebadales de Cymodocea Nodosa (Espacios Naturales Protegidos)	MODERADO		COMPATIBLE
11.- Medio biótico: afección a las comunidades planctónicas y neríticas	COMPATIBLE		SIN IMPACTO
12.- Medio antrópico: afección al resto de especies del LIC(Espacios Naturales Protegidos)	COMPATIBLE	≈	COMPATIBLE
13.- Medio antrópico: alteración de recursos pesqueros	COMPATIBLE	≈	COMPATIBLE
14.- Medio antrópico: alteración de las actividades recreativas y de ocio	MODERADO	≈	MODERADO

## 7. PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

### 7.1 OBJETO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

El Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental (PVA) por objeto dar cumplimiento a una serie de determinantes de control que derivan:

- Del presente Estudio de Impacto Ambiental.
- De los nuevos condicionados que pueda determinar, en su momento, la Declaración de Impacto Ambiental.

El PVA tiene por objeto principal cuidar del correcto cumplimiento de lo que determinan el conjunto de documentos ambientales que son de aplicación. Todo ello queda concretado en los siguientes objetivos:

- Constituir un elemento de garantía para el cumplimiento de las condiciones incluidas en los antecedentes de referencia.
- Definir todos aquellos elementos adicionales que contribuyan a minimizar los impactos.
- Establecer procedimientos de medida, muestreo y análisis que permitan la caracterización ambiental y seguimiento de la zona de influencia del proyecto, tanto en estado preoperacional (medidas de estado cero), como durante el proceso de implantación y las obras a fin de comprobar que la calidad del sistema (vectores físicos, químicos y bionómicos) no experimentan alteraciones significativas en su calidad.
- Medir el grado de ajuste entre los impactos que supuestamente producirá la actuación según el análisis prospectivo realizado en el estudio de impacto con los efectos que realmente se producirán en el medio.
- Elaborar los documentos de carácter ambiental para el seguimiento de la obra.
- Finalmente, el programa de vigilancia ambiental posibilitará reacciones oportunas frente a impactos inesperados que puedan surgir durante las obras, sobre todo en variables de difícil predicción.

### 7.2 MARCO LEGAL

El marco legal al que se referencia el Programa de Vigilancia está constituido por un conjunto de normativas (comunitarias, estatales, autonómicas y municipales) referidas a vectores que pueden resultar alterados por las obras (ver Tabla 1.-).

### 7.3 ÁMBITO TERRITORIAL DEL PROGRAMA

El Programa de Vigilancia Ambiental abarcará tres ámbitos de control:

- Zona de playa (vertido de arena y de escollera para la construcción de los espigones).

- Zona de extracción de la escollera (canteras) y de la arena (yacimientos del Sáhara).
- Vías de acceso para el transporte de la escollera y arena.

En cada uno de estos ámbitos, se definirá una extensión territorial (terrestre y marina) suficiente que permita la valoración de la totalidad de los impactos (tanto de carácter directo como indirecto).

### 7.4 ALCANCE DE LOS TRABAJOS

El alcance del Programa de Vigilancia Ambiental que se incluye en este apartado ha de considerarse como indicativo y responde únicamente al contenido del Estudio de Impacto Ambiental. Es probable que durante el trámite administrativo se añadan nuevos condicionados, aunque el programa ha sido redactado de acuerdo con nuestra experiencia en estudios de parecidas características. En su desarrollo se utilizarán las metodologías y procedimientos que son habituales en este tipo de actuaciones. Para una definición práctica de los mismos, se consideran tres fases:

- Fase previa o preoperacional: con anterioridad al inicio de las obras, se corresponde con la organización de la asistencia y la implantación
- Fase de obras.
- Fase operacional.

#### 7.4.1 FASE PREVIA O PREOPERACIONAL: CON ANTERIORIDAD AL INICIO DE LAS OBRAS

Con anterioridad al inicio de las obras se realizarán una serie de trabajos y medidas preoperacionales con el siguiente alcance:

Constitución del equipo de trabajo, nombramiento de la Dirección Ambiental y coordinación con la Dirección de Obra. El equipo estará formado por un Director Ambiental con dedicación parcial y un inspector ambiental permanente a pie de obra.

Revisión del sistema de gestión ambiental por parte de los adjudicatarios de la obra. Incorporación de las mejoras que se consideren necesarias. Aprobación final.

Revisión del Proyecto Constructivo a fin de comprobar que se incluyen todas las medidas correctoras definidas a nivel de estudio de impacto ambiental, incluida la programación de las obras en los meses de menor interferencia con el uso del litoral.

Revisión del marco normativo ambiental (comunitario, estatal, autonómico y municipal) que es de aplicación a la obra.

Planificación metodológica del funcionamiento de la asistencia técnica.

Realización de una campaña preoperacional de muestreo y medidas de diferentes vectores ambientales con la finalidad de definir el 'Estado Cero' del medio antes de las obras y definir los valores de referencia para el seguimiento ambiental. En la Tabla 29.- se incluye el alcance del estudio de 'Estado Cero'.

Tabla 29.- Alcance de los trabajos para la caracterización del estado preoperacional del medio (Fuente: elaboración propia)

VECTOR	ESTACIONES	VARIABLES
<b>CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA DE MAR</b>	Zona de actuación: 3 estaciones (1 en la zona de vertido, 1 en el extremo S del sebadal situado al N de la actuación y 1 en el extremo E del sebadal situado al S de la actuación)	Perfiles de temperatura Materias en suspensión Oxígeno disuelto y materia orgánica (COT y DBO <sub>5</sub> ) Concentración de nutrientes para Detectar posibles situaciones de eutrofización Clorofila Metales pesados
<b>TURBIDEZ</b>	Zona de actuación: 3 estaciones (1 en la zona de vertido, 1 en el extremo S del sebadal situado al N de la actuación y 1 en el extremo E del sebadal situado al S de la actuación)	Perfiles de turbidez en toda la columna Disco de Secchi
<b>CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS</b>	Zona de extracción de arena (Sáhara): 6 estaciones	Granulometría Potencial redox Contenido en materia orgánica Carbono y nitrógeno totales Indicadores de contaminación fecal Metales pesados
<b>CONTAMINACIÓN ACÚSTICA</b>	Canteras: 1 estación Vías de acceso: 5 estaciones Zona de aportación: 3 estaciones	Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A (LAeq) Nivel máximo (LAMáx) Nivel mínimo (LAMín) Niveles percentiles
<b>CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA</b>	Canteras: 1 estación Zona de aportación: 1 estación	Determinación de partículas en Suspensión (20 muestras) Determinación de partículas sedimentables (1 muestra)
<b>COMUNIDADES BENTÓNICAS</b>	Zona de actuación: 4 estaciones (2 en la zona de vertido, 1 en el extremo S del sebadal situado al N de la actuación y 1 en el extremo E del sebadal situado al S de la actuación)	Composición específica Abundancia Riqueza específica Diversidad específica Presencia especies indicadoras Presencia próxima de comunidades de fanerógamas Límites de distribución de las praderas Grado de enterramiento de los haces de fanerógamas

Propuesta de valores de referencia para los diferentes vectores ambientales implicados en la obra.

En función de los resultados de la campaña preoperacional, se definirán unos valores de referencia que en algunos ámbitos serán los legislativos (calidad atmosférica y ruidos, por ejemplo) mientras que en otros en los que no hay regulación (calidad química del agua) se definirán a partir de toda los antecedentes disponibles y la información contenida en el estudio de impacto ambiental.

Con carácter general, el valor de las diferentes variables controladas durante el programa de vigilancia no podrán superar en más de un 80% de las situaciones el umbral definido en los valores de referencia. Si esto ocurre, deberán definirse unas medidas correctoras adicionales.

La campaña de definición del estado preoperacional debe realizarse con anterioridad al inicio de las obras y a ser posible se realizará simultáneamente con otras actuaciones relacionadas con la obra (fundamentalmente la realización de una batimetría de contraste).

Instalación oficina a pie de obra

Planificación metodológica del funcionamiento de la asistencia técnica

El contenido de esta tarea abarcará como mínimo los siguientes ámbitos:

- Planificación de la asistencia, con la elaboración de un cronograma detallado a partir del Programa de Obra que incluye una parada en el período de primavera-verano.
- Elaboración de un cuadro resumen de las operaciones de vigilancia y sistemas de control, con la programación de todas las acciones., incluidas las que deban desarrollarse durante el periodo de parada.
- Definición de las variables a considerar en el marco del PVA. Los principales parámetros genéricos a tener en cuenta son los siguientes: calidad del agua de mar, calidad de los fondos marinos (sedimentología y hábitats), comunidades bentónicas, calidad atmosférica, ambiente acústico y recursos pesqueros.
- Definición de la situación y características de las estaciones de control.
- Definición de los procedimientos de muestreo y medida así como los protocolos analíticos.
- Trabajos de coordinación con la Dirección de la Obra.
- Control de aplicación de todas las medidas reductoras del impacto
- Determinación de la periodicidad de las reuniones e informes de seguimiento y procedimientos de edición para el conocimiento de todos los organismos implicados. Contenido del libro de incidencias ambientales.

Los informes mensuales tendrán el siguiente índice orientativo:

1. Presentación del informe
2. Gestión de los excedentes de materiales
3. Accesos y ocupaciones temporales
4. Gestión de los préstamos
5. Gestión de los residuos de obra
6. Tratamiento y vertido de efluentes
7. Gestión de las tierras vegetales
8. Evolución calidad parámetros ambientales
9. Seguimiento hábitats
10. Otros aspectos ambientales
11. Reportaje fotográfico

## ANEJOS

Resultados analíticos

Listado medidas físicas

## PLANOS

Todo ello enfocado a disponer de información clara y concisa que permita la evaluación del:

- Estado de la obra en el período objeto del informe. Descripción de las acciones con repercusiones ambientales.
- Estado de la aplicación de las medidas correctoras.
- Eficacia de las medidas correctoras.
- Incidencias ambientales. Decisiones tomadas ante la aparición de impactos no previstos.
- Por último, se determinarán los circuitos de circulación de la información especialmente frente a situaciones de no conformidad. Se definirán asimismo los mecanismos de toma de decisiones, a través en todo caso de la Dirección de Obra, incluidas las no conformidades.

Análisis de la idoneidad de los accesos provisionales a la obra a fin de minimizar el impacto sobre el medio atmosférico y la población residencial cercana

- Se controlarán periódicamente los niveles de emisión de toda la maquinaria utilizada según lo establecido en la Directiva 92/97/CEE.
- Se limitará el número máximo de camiones que pueden circular por las vías de acceso a la zona de obras a fin de no superar el umbral de valores de referencia propuestos.
- Se estudiarán las vías de acceso a la obra y los horarios de trabajo, con el objetivo de minimizar el impacto sobre la población, favoreciendo los medios marítimos para el transporte del material de obra.
- Se definirán los programas de riego y barrido de viales en función de los niveles de contaminación atmosférica

Comprobación de que los pescadores de la zona han retirado los artes (nasas y trasmallos) de la zona de obras

### 7.4.2 FASE DE OBRAS

#### En las canteras / zona de obtención de la arena

Comprobación de que las canteras para la obtención de escolleras están legalizadas de acuerdo con la normativa que es de aplicación. Revisión de los planes de restauración

Comprobación de que la calidad de los materiales destinados a la obra y de que el porcentaje de finos en la arena es en promedio inferior al 1% y puntualmente inferior al 2%

#### En las vías de acceso

Adaptación del programa de controles y medidas a las condiciones concretas del programa de obras del contratista

Análisis de la idoneidad de los accesos a la obra a fin de minimizar el impacto sobre el medio atmosférico y la población humana

Supervisión de las vías de acceso de la obra, horarios previstos para el paso de camiones, número máximo de unidades por hora

Control de la aplicación de todas las medidas protectoras tendentes a la reducción de los impactos (camiones con caja cubierta con lona, riego frecuente viales, barrido de viales en caso de necesidad, fosa de lavado de ruedas, utilización de maquinaria de alta capacidad, cumplimiento de los límites de emisión de ruidos y contaminantes atmosféricos, etc).

Medida quincenal del nivel de ruidos en las mismas estaciones que en el estudio preoperacional. Las medidas se realizarán en dos franjas horarias, de las que sólo una coincidirá con los horarios de trabajo de la obra

#### En la zona de aportación

Se llevarán a cabo una serie de controles y comprobaciones.

Balizamiento de la zona de aportación mediante boyas con el fin de que en todo momento sea posible comprobar si las operaciones se llevan a cabo en su totalidad en la zona recomendada.

Comprobación de los perfiles batimétricos de la zona de aportación de la cartografía bionómica a fin de certificar que la zona de está completamente libre de cualquier impedimento de tipo ambiental.

Control de que la descarga de los materiales se realiza de forma apropiada, procurando la sedimentación de los finos con anterioridad a su empuje hasta el agua

Control de que la descarga de los materiales se realiza con la presencia de barreras anticontaminantes de acuerdo a lo indicado en el proyecto

Control continuado en la zona de aportación de toda una serie de variables ambientales que pueden verse afectadas por la operación.

- Referencia de la zona de descarga.
- Control de la pluma de dispersión de finos durante las maniobras de vertido/aportación de materiales a la playa (persistencia y dirección).
- Seguimiento de la evolución de la calidad del agua de acuerdo con el programa de muestreo mostrado en la Tabla 31.- ,

Control topográfico-batimétrico continuo de la zona de vertido a fin de conocer su evolución: grado de uniformidad en el material depositado y reducción de los calados a medida que avance el vertido de materiales.

Control de la posible aparición de restos arqueológicos o del patrimonio histórico, comunicando inmediatamente el hallazgo a las autoridades competentes.

Control de la deposición de correcta de los excedentes de tierras y de los materiales no aptos. Cumplimiento de las condiciones para la gestión de tierras

Control de que la empresa adjudicataria de las obras no realiza mantenimientos de maquinaria en la parcela y que, en cualquier caso, dispone de los elementos necesarios para evitar que las averías produzcan contaminación en el medio.

Control de la gestión de los residuos líquidos y sólidos realizados durante las obras. Control de la ubicación y usos de almacenes

Control permanente de la calidad de las variables del medio terrestre que pueden resultar afectadas en esta fase de las obras

El programa de muestreo dará continuidad a las medidas preoperacionales, con el siguiente alcance indicado en la Tabla 30.- .

Tabla 30.- Programa de muestreo para el seguimiento de la calidad del medio terrestre (Fuente: elaboración propia)

<b>Contaminación acústica</b>	Vías de acceso: 5 estaciones Zona de aportación: 3 estaciones	Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A (LAeq) Nivel máximo (LAMáx) Nivel mínimo (LAMín) Niveles percentiles
<b>Contaminación atmosférica</b>	Zona de aportación: 1 estación	Determinación de partículas en Suspensión (1 muestra/semanal) Determinación de partículas sedimentables (1 muestra/mensual)

Control permanente de la calidad de las variables del medio marino que pueden resultar afectadas en esta fase de las obras

El programa de muestreo tendrá el alcance indicado en la Tabla 31.- y Tabla 32.- .

#### Calidad del agua

Tabla 31.- Programa de muestreo para el seguimiento de la calidad del agua (Fuente: elaboración propia)

<b>Estaciones</b>	Tres: <ul style="list-style-type: none"> <li>1 en la zona de descarga</li> <li>1 en el extremo S del sebadal situado al N de la actuación</li> <li>1 en el extremo E del sebadal situado al S de la actuación.</li> </ul>
<b>Número niveles</b>	Tres (superficie, medio y fondo)
<b>Frecuencia de muestreo</b>	Turbidez: diaria (sólo superficie) Completo de agua: semanal
<b>Parámetros a analizar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>perfiles de temperatura y salinidad</li> <li>penetración de la luz (disco de Secchi)</li> <li>turbidez</li> <li>materias en suspensión</li> <li>DBO5</li> <li>oxígeno disuelto y porcentaje de saturación</li> <li>tres metales pesados (los de mayor concentración relativa/más tóxicos)</li> </ul>

#### Calidad de los sedimentos

Tabla 32.- Programa de muestreo para el seguimiento de la calidad del sedimento (Fuente: elaboración propia)

<b>Estaciones</b>	Dos: <ul style="list-style-type: none"> <li>en la zona de extracción,</li> </ul>
<b>Frecuencia de muestreo</b>	Quincenal
<b>Parámetros a analizar</b>	Granulometría Potencial redox Contenido en materia orgánica Carbono y nitrógeno totales Indicadores de contaminación fecal Metales pesados

Control de eventuales aterramientos en la zona de *Cymodocea Nodosa*

Mensualmente se efectuará una grabación de la zona en las zonas relativamente próximas a las obras en la que se ha detectado presencia de *Cymodocea Nodosa* (al N y al S como se muestra en la Figura 126.- ) con objeto de apreciar eventuales aterramientos pese a las medidas mitigadoras incorporadas (barreras anticontaminación).

#### Resumen del programa de controles durante la fase de obra

En la Tabla 33.- se incluye un resumen indicativo de los controles a realizar durante la fase de obras. Su alcance deberá adaptarse en su momento a la programación de trabajos por parte del contratista.

#### 7.4.3 FASE OPERACIONAL

##### En la zona de aportación

Durante los 2 años siguientes a la ejecución de las obras se llevarán a cabo una serie de controles y comprobaciones con periodicidad anual.

Control continuado en la zona de aportación de toda una serie de variables ambientales que pueden verse afectadas por la operación.

- Seguimiento de la evolución de la calidad del agua de acuerdo con el programa de muestreo mostrado en la Tabla 31.- .

Control topográfico-batimétrico de la zona de vertido a fin de conocer su evolución temporal y comportamiento respecto al teórico previsto en proyecto.

#### 7.5 PRESUPUESTO

El presupuesto ha sido estimado a partir de un plazo de ejecución de las obras de 4 meses. Según lo descrito en el párrafo anterior durante este tiempo, el programa de vigilancia ambiental constará de:

- Participación de personal: un director ambiental (con dedicación del 10%), un técnico que supervise todos los días que la ejecución de las obras se realiza conforme a lo establecido en el PVA (con dedicación del 50%) y personal técnico de apoyo para realizar los trabajos de campo.
- Analíticas y trabajos de campo (incluyendo tanto las previas a la obra, las que deben realizarse durante las obras y las de la fase operacional).
- Edición de informes mensuales.

En la Tabla 34.- se incluyen las cantidades detalladas para cada una de las partidas que componen el Programa de Vigilancia Ambiental:

Tabla 33.- Propuesta indicativa de los trabajos de control a realizar, que se adaptará a las condiciones particulares de cada fase de las obras (Fuente: elaboración propia)

CALENDARIO DE ACTUACIONES EN LA FASE DE OBRA	
<b>DIARIAMENTE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visita a las obras, vías de acceso y zonas de préstamo</li> <li>• Control del origen y calidad de los materiales implicados</li> <li>• Control del estado de los caminos de acceso a la obra</li> <li>• Verificar las maniobras de carga y descarga</li> <li>• Control de las operaciones de transporte</li> <li>• Control del aforo de vehículos y del número de viajes</li> <li>• Control de la implementación de medidas correctoras</li> <li>• Control de que no se realizan labores de mantenimiento de maquinaria en la obra y en el caso de que se disponga de una zona para ello, que ofrezca las garantías suficientes</li> <li>• Control de la limpieza y orden en la obra</li> <li>• Redacción del informe diario del PVA (libro de obra)</li> <li>• Reportaje fotográfico</li> </ul>	
<b>SEMANALMENTE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobación de itinerarios</li> <li>• Control de niveles acústicos</li> <li>• Control de la contaminación atmosférica</li> <li>• Control de la calidad del agua de mar</li> </ul>	
<b>QUINCENALMENTE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de la calidad de los sedimentos</li> <li>• Control de los usos de agua</li> <li>• Control de los residuos generados en la obra y su correcta gestión</li> <li>• Cumplimiento de las condiciones para la gestión de materiales</li> </ul>	
<b>MENSUALMENTE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de eventuales aterramientos de las comunidades de fanerógamas Control de que toda la maquinaria utilizada en la obra cumple las especificaciones comunitarias en cuanto a emisión de contaminantes y ruidos</li> <li>• Integración de la obra en el medio</li> <li>• Revisión de procedimientos ambientales</li> <li>• Edición del informe mensual</li> <li>• Control de las partículas sedimentables</li> </ul>	

Tabla 34.- Presupuesto del Programa de Vigilancia Ambiental (Fuente: elaboración propia)

CONCEPTO		MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE (€)
Mes	Director ambiental, titulado superior con más de 10 años de experiencia y dedicación al 20% y emisión de informes	4	1.000	4.000
Mes	Experto a pie de obra, titulado superior, con al menos 5 años de experiencia en la vigilancia ambiental. Dedicación al 50 % con visitas todos los días a la obra.	4	1.700	6.800
P.A.	Muestreos y analíticas en fases pre-constructiva, constructiva y operacional	1	22.500	22.500
Ud	Levantamientos y comprobaciones topográfico-batimétricas en fase operacional	2.	2.500	5.000
			<b>SUMA</b>	<b>38.300</b>

De acuerdo con las unidades detalladas, asciende el presente Presupuesto de Ejecución Material (IVA no incluido) del Programa de Vigilancia Ambiental a la cantidad de TREINTA Y OCHO MIL TRESCIENTOS EUROS (38.300 €). Dicho importe ha sido incluido en el presupuesto de la obra como Partida Alzada (PA), si bien la Propiedad se reserva el derecho de adjudicar esos trabajos a una empresa especializada que efectúe las tareas de Dirección Ambiental de las obras.

## 8. DOCUMENTO DE SÍNTESIS

### 8.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

#### 8.1.1 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del proyecto sometido a evaluación ambiental es la definición de las actuaciones a llevar a cabo la creación de una nueva playa en el extremo norte de la zona conocida como 'Costa Teguisse', en el T.M. de Teguisse (isla de Lanzarote, provincia de Las Palmas de Gran Canaria). Las obras consisten fundamentalmente en la aportación de arena de origen terrestre obtenida en el yacimiento terrestre situado junto a la ciudad de El Marsa (Sáhara), y unos espigones que estabilicen la arena vertida en la nueva playa. Asimismo se incluye la construcción de un pantalán para uso lúdico de los bañistas.

#### 8.1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES INCLUIDAS EN EL PROYECTO

La planta de las actuaciones propuesta se muestran en la Figura 128.-.

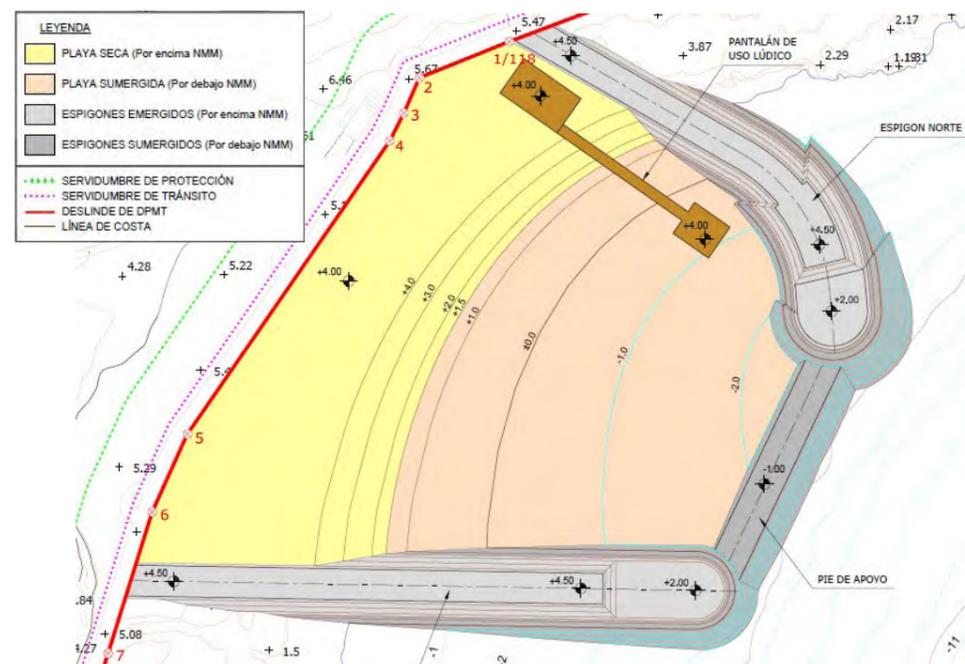


Figura 128.- Planta de la Alternativa finalmente escogida (Fuente: elaboración propia)

Los elementos más significativos de la actuación propuesta son:

- Creación de una nueva playa mediante arena de origen terrestre extraída procedente de un yacimiento situado en el Sáhara.

- Construcción de dos espigones en los extremos norte y sur con objeto de estabilizar la arena vertida y de un pie sumergido (coronado a la cota -1,00 m CH) para contener el perfil sumergido que formará la arena vertida
- Construcción de un pantalán para el uso lúdico de los bañistas.

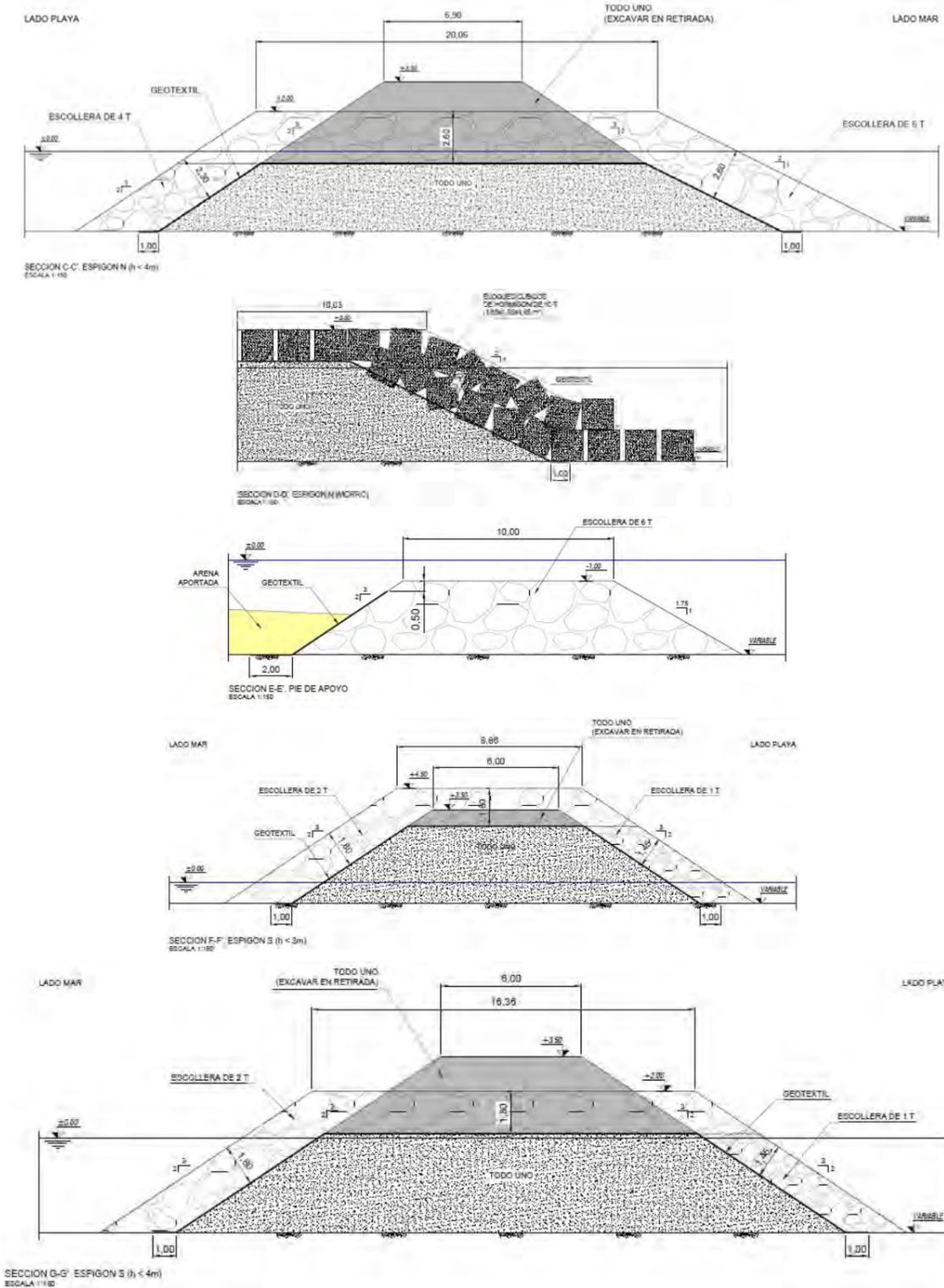
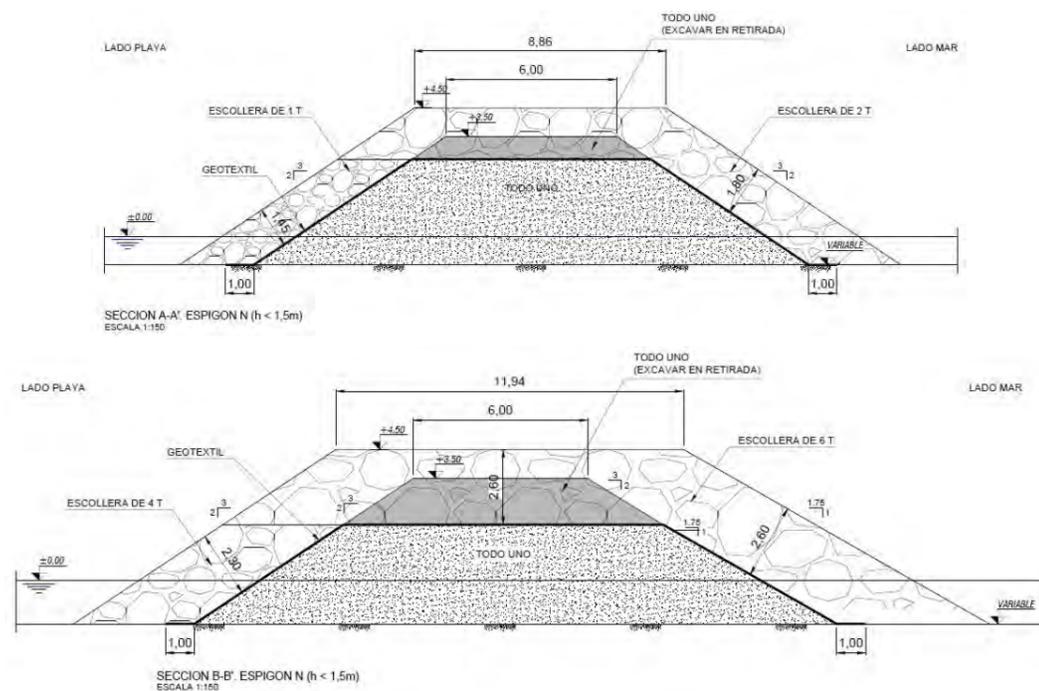
A continuación se describen los elementos más significativos de la actuación.

#### 8.1.2.1 Espigones y Pie de playa

- Espigón situado al norte de la playa. Está formado por 4 secciones tipo:
  - Sección tipo A: corresponde al arranque y alcanza una profundidad de hasta -1,50 m. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,00 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota +2,70 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 2.000 kg en el talud exterior (con pendiente 1,5H:1V) y en la coronación (con una anchura de 8,86 m a la cota +4,50 m) y por dos capas de escollera de 1.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V)
  - Sección tipo B: corresponde al tronco entre las profundidades -1,50 y -3,00 m. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,00 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota +1,90 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 6.000 kg en el talud exterior (con pendiente 1,75H:1V) y en la coronación (con una anchura de 11,94 m a la cota +4,50 m) y dos capas de escollera de 4.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V).
  - Sección tipo C: corresponde al tronco entre las profundidades -3,00 y -4,00 m. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,90 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota -0,60 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 6.000 kg en el talud exterior (con pendiente 2H:1V) y en la coronación (con una anchura de 20,06 m a la cota +2,00 m) y por dos capas de escollera de 4.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V).
  - Sección tipo D: corresponde al morro. La sección de revolución está formada por un núcleo de todo uno coronado a la cota +0,35 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de bloques cúbicos de hormigón de 10,5 toneladas (1,65 x 1,65 x 1,65 m<sup>3</sup>) en el talud exterior (con pendiente 2H:1V) y una capa de bloques en la coronación (con una semianchura de 10,03 m a la cota +2,00 m).
- Pie de playa. Está formado por 1 sección tipo:
  - Sección tipo E. La sección está formada por escollera de 6.000 kg que corona a la cota -1,00 m con una anchura de 10 m y con unos taludes 1,75H:1V por el lado mar y 1,5H:1V por el lado tierra. En la zona de contacto con la arena vertida se dispone un filtro de geotextil.

- Espigón situado al sur de la playa. Está formado por 3 secciones tipo:
  - Sección tipo F: corresponde al arranque y alcanza una profundidad de hasta -3,00 m. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,00 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota +2,70 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 2.000 kg en el talud exterior (con pendiente 1,5H:1V) y en la coronación (con una anchura de 8,86 m a la cota +4,50 m) y por dos capas de escollera de 1.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V)
  - Sección tipo G: corresponde al tronco entre las profundidades -3,00 y -4,00 m CH. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,00 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota +0,20 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 2.000 kg en el talud exterior (con pendiente 2H:1V) y en la coronación (con una anchura de 16,36 m a la cota +2,00 m) y por dos capas de escollera de 1.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V).
  - Sección tipo H: corresponde al morro. La sección de revolución está formada por un núcleo de todo uno coronado a la cota +0,35 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de bloques cúbicos de hormigón de 10,5 toneladas (1,65 x 1,65 x 1,65 m<sup>3</sup>) en el talud exterior (con pendiente 1,5H:1V) y una capa de bloques en la coronación (con una semianchura de 8,20 m a la cota +2,00 m).

En la Figura 129.- se presentan estas secciones tipo.



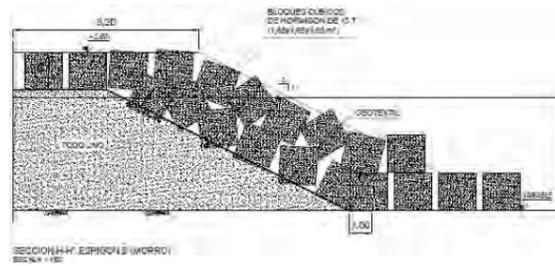


Figura 129.- Secciones tipo de los espigones (Fuente; elaboración propia)

### 8.1.2.2 Aportación de arena

La nueva playa será creada mediante arena de aportación de origen terrestre (de un yacimiento del Sáhara) con un tamaño medio  $D_{50} = 0,35$  mm. El volumen de aportación ha sido obtenido a partir del perfil teórico de equilibrio con estrán lineal coronado a la cota +4,00 y teniendo en cuenta el incremento de la pendiente conforme la playa está más protegida por el espigón norte.

### 8.1.2.3 Pantalán para uso lúdico

Junto al espigón norte se ha dispuesto un pantalán para uso lúdico, tiene una anchura de 3 m y una longitud de 43,75 m. Arranca en la berma superior de la nueva playa, donde se dispone una plataforma de madera tratada de 12,00 x 20,00 m<sup>2</sup> y se adentra hacia el mar, hasta llegar aproximadamente a la profundidad actual de -1,75 m (-1,00 m de la nueva playa), donde es rematado por una plataforma de 12,40 x 10,60 m<sup>2</sup>. La cota de coronación superior de esta estructura es la +4,00, coincidente con la de la berma de la nueva playa.

El tablero del pantalán y de la plataforma final está formado por unas vigas de hormigón armado HA-35 de forma "pi" ( $\pi$ ) con un canto de 0,60 m y una longitud de 10,00 m, encima de las cuales se dispone una capa de compresión de espesor  $e = 20$  cm de hormigón HA-35. Sobre esta capa se dispone un entarimado de madera tratada con un espesor total de 0,25 m, que permita el uso y tránsito peatonal. Las vigas se apoyan sobre unas pilas con una sección de 1,80 x 2,50 m<sup>2</sup> formadas por bloques de hormigón en masa HM-30 cimentados sobre unas banquetas de escollera de 1.000 kg con unas dimensiones en coronación de 2,80 x 3,50 m<sup>2</sup>, enrasadas con grava. La cota de cimentación de cada pila es variable entre al +1,50 y la -0,50 en función de la profundidad existente en la zona. En la Figura 130.- se presentan la sección tipo y alzado del pantalán.

Las magnitudes básicas del proyecto son las siguientes:

Arena para la creación de la nueva playa:	20.656 m <sup>3</sup>
Escolleras de aportación:	27.448 m <sup>3</sup>
Hormigones:	2.254 m <sup>3</sup>

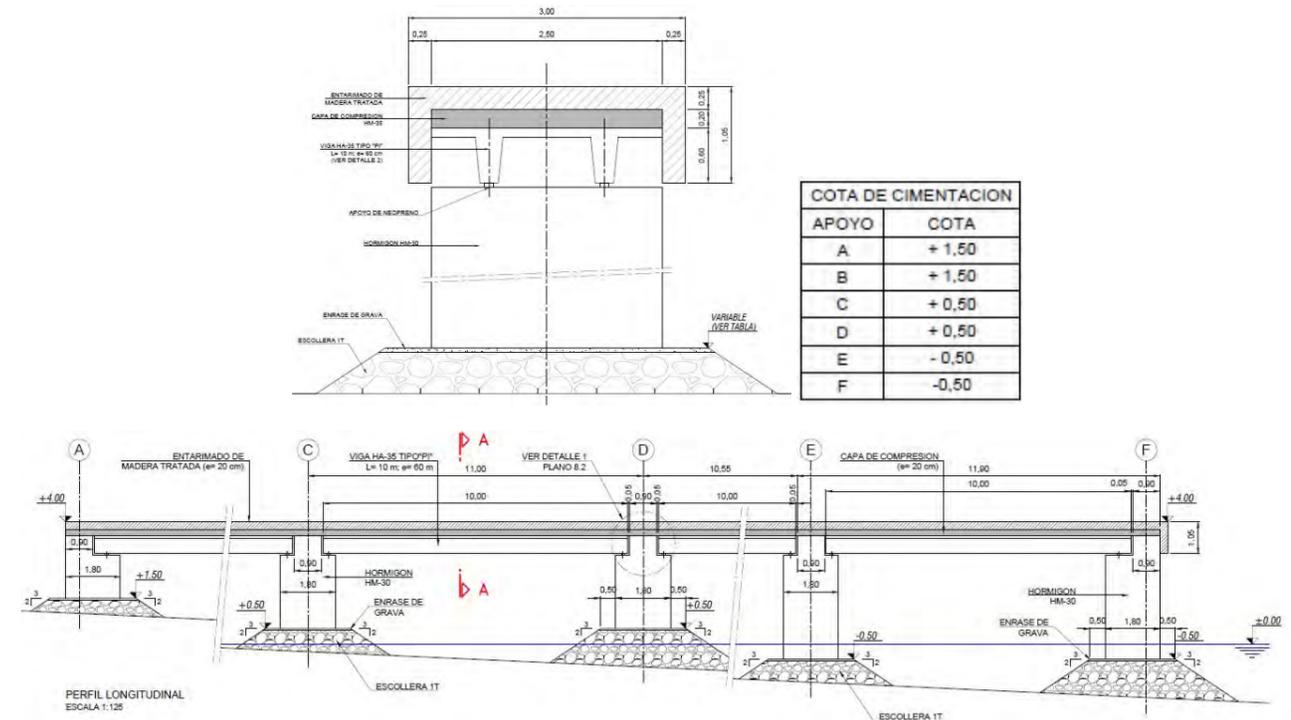


Figura 130.- Sección tipo y alzado del pantalán (Fuente: elaboración propia)

## 8.2 ALTERNATIVAS ANALIZADAS

### 8.2.1 ANTECEDENTES

Una de las conclusiones del Estudio de Dinámica Litoral (presentado en el Anejo nº 4 (e incluido también como apartado 3.7 del presente documento) es que en la zona de proyecto el transporte litoral tiene una componente de N a S, de manera que para garantizar la estabilidad en el tiempo de la arena aportada inicialmente resulta necesaria la construcción de espigones que la estabilicen o bien la realización de aportaciones periódicas de arena a un ritmo de unos 10.000 m<sup>3</sup>/año, lo cual no resulta sostenible ni ambiental ni económicamente. Por todo ello se ha optado por la solución de incluir obras auxiliares que estabilicen la playa. En particular resulta necesario un espigón situado al sur de la actuación<sup>11</sup>, de manera que detenga el flujo sedimentario.

El aporte inicial de arena debe asegurar una adecuada anchura de playa seca, habiéndose considerado necesaria una anchura mínima de 45 m entre el límite trasero de la nueva playa (murete del actual paseo marítimo) y la curva de nivel +1,50 m (que coincide aproximadamente el nivel medio del mar, NMM = +1,59 m).

<sup>11</sup> La ubicación de este espigón sur se ha escogido de manera que no afecte a la salida de aguas pluviales que existe en esa zona.

No obstante la gran oblicuidad del flujo medio del oleaje (74 °N) respecto a la alineación de este tramo de costa provocaría que una playa continua a lo largo de todo el tramo de proyecto tuviese en su extremo sur una anchura claramente excesiva, a pesar de lo cual en el extremo norte no habría playa seca, como puede apreciarse en la Figura 131.- .

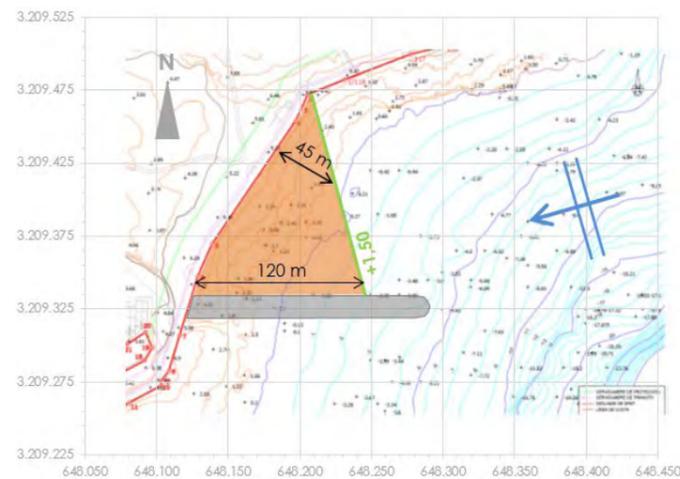


Figura 131.- Formas de equilibrio en planta de la nueva playa en ausencia de espigón norte que modifique la forma en planta (Fuente: Elaboración propia)

Todo ello ha recomendado la inclusión de un espigón en el extremo norte de la playa que altere el patrón del oleaje incidente en la playa como consecuencia de la difracción en su extremo, de manera que la forma en planta de la playa sea curvada (en forma de "concha") y se adapte mejor a las necesidades de anchura requeridas.

Finalmente como el perfil de la nueva playa (asociado a un tamaño medio de arena  $D_{50} = 0,35$  mm) no intersecta con el fondo natural resulta necesario añadir un espigón sumergido que actúe de pie de apoyo de la arena vertida.

Con objeto de efectuar una propuesta que satisfaga las necesidades del Promotor, optimice los recursos necesarios y minimice los impactos sobre el medio ambiente se ha efectuado un completo Estudio de Alternativas, que se incluye en el Anejo nº 6 y en el apartado 2.2 de este documento. En la Figura 132.- se presenta la planta de las tres alternativas estudiadas, cuya diferencia fundamental radica en la forma en planta del espigón norte. La propuesta 1 es la que tiene el extremo de dicho espigón más desplazado al norte, lo cual significa un basculamiento del extremo sur de la playa (que ha obligado a la inclusión de un espigón intermedio que permita dividir la playa en dos y retranquear una mitad respecto a la otra con objeto de evitar una anchura de todo excesiva en su extremo meridional), mientras que la propuesta 3 es la que tiene el extremo de dicho espigón más desplazado al sur, lo que implica un basculamiento del extremo norte de la playa; en cambio la alternativa 2 es la que permite alcanzar un mejor equilibrio entre los 2 extremos de la playa.

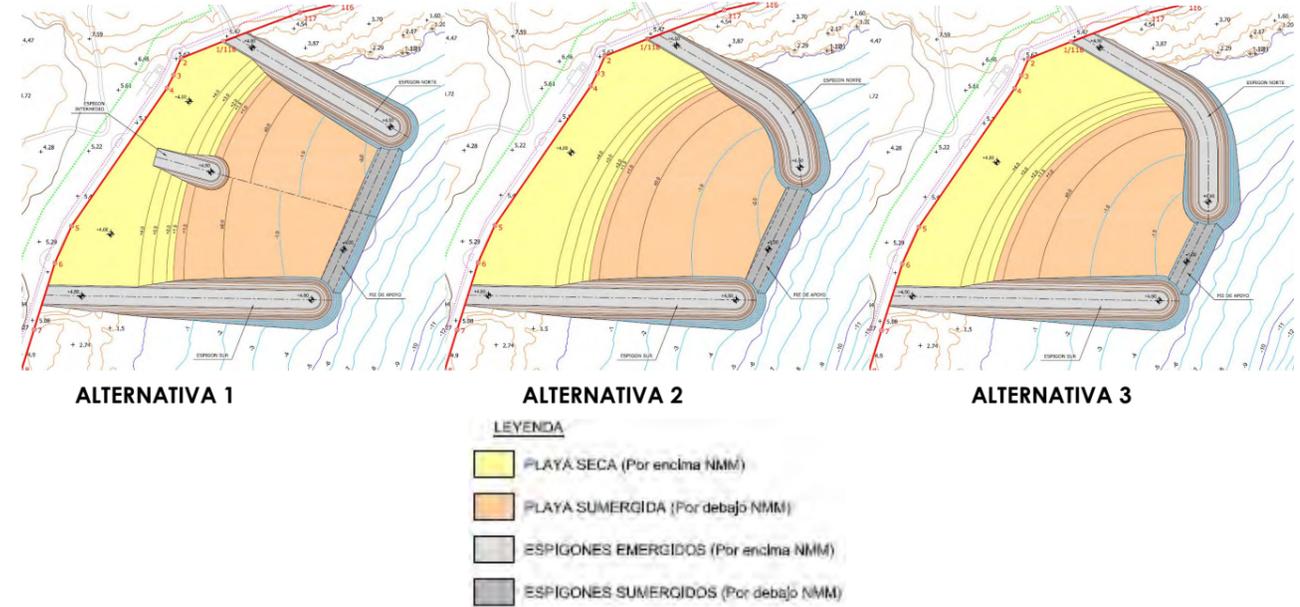


Figura 132.- Plantas detalladas de las Alternativas 1, 2 y 3 (Fuente: Elaboración propia)

Se ha efectuado un análisis comparativo en el que se han tenido en cuenta los aspectos técnicos, medioambientales y socioeconómicos cuyos resultados se resumen en la Tabla 35.- y del cual se ha concluido que la solución óptima (con una mayor puntuación global) era la alternativa 2, pese a no ser la más económica. Esta propuesta ha sido la desarrollada en el Proyecto Básico.

Tabla 35.- Comparación de las diferentes alternativas propuestas (Fuente: elaboración propia)

Criterio	Alternativa				
	0	1	2	3	
<b>Aspectos Técnicos (p = 0,30)</b>	Subtotal	0,00	2,50	2,75	2,33
	Anchura de playa seca	0,00	2,75	3,00	2,00
	Superficie de playa seca	0,00	2,00	2,75	3,00
	Confort de los usuarios	0,00	2,75	2,50	2,00
<b>Aspectos ambientales (p = 0,30)</b>	Subtotal	3,00	1,83	1,92	1,75
	Superficie ocupada	3,00	2,00	2,00	2,00
	Impacto paisajístico	3,00	1,50	2,00	1,75
	Empleo de recursos	3,00	2,00	1,75	1,50
<b>Coste de Inversión (p = 0,25)</b>	3,00	2,00	1,75	1,50	
<b>Coste de Mantenimiento (p = 0,15)</b>	0,00	2,50	2,50	2,50	
<b>PUNTUACIÓN TOTAL</b>	<b>1,65</b>	<b>2,18</b>	<b>2,21</b>	<b>1,98</b>	

**LEYENDA**

[0,00-0,75]	Muy bajo (Muy negativo)
[0,76-1,50]	Bajo (Negativo)
[1,51-1,75]	Medio-Bajo (Neutro-Negativo)
[1,76-2,00]	Medio (Neutro)
[2,01-2,50]	Medio-Alto (Neutro-Positivo)
[2,51-2,75]	Alto (Positivo)
[2,76-3,00]	Muy alto (Muy positivo)

### 8.3 INVENTARIO AMBIENTAL

Se ha realizado un exhaustivo inventario ambiental de la zona de proyecto (que se incluye en el apartado 3 de este documento) y en el que se han analizado, entre otras, las diferentes variables ambientales susceptibles de ser afectadas por el proyecto y que se listan a continuación:

- METEOROLOGÍA
- CALIDAD DEL AIRE
- TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA
- OCEANOGRAFÍA: MAREA, OLEAJE, VIENTO Y CORRIENTES
- CALIDAD DEL AGUA
- DINÁMICA LITORAL
- ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS
- ESTUDIO DE BIONOMÍA Y BIOCENOSIS EXISTENTES. COMUNIDADES NATURALES
- ACTIVIDAD PESQUERA
- ELEMENTOS ANTRÓPICOS
- PATRIMONIO HISTÓRICO Y CULTURAL
- PAISAJE
- USOS MARINOS
- CONSIDERACIONES AMBIENTALES DEL PLAN INSULAR DE ORDENACIÓN DE LANZAROTE (PIOL)

Asimismo se han analizado las interacciones ecológicas claves del proyecto y se ha efectuado el estudio comparativo de la situación ambiental actual y tras la actuación, para cada una de las alternativas consideradas.

### 8.4 PRINCIPALES IMPACTOS GENERADOS

A partir del análisis de la interacción entre elementos generadores y los elementos receptores de impacto, que se produce a través de una serie de mecanismos, lineales en unos casos y complejos en otros, se han identificado los principales mecanismos a través de los cuales se producen los diferentes impactos detectados y que a continuación se describen de una manera discriminada en función del medio sobre el que actúan (abiótico, biótico y antrópico –que incluye el perceptual–).

#### 8.4.1 SOBRE EL MEDIO ABIÓTICO

El medio físico-químico constituye el soporte del conjunto de sistemas, por lo que los mecanismos de actuación sobre él trascienden a los componentes bióticos que mantienen una relación de equilibrio con la calidad del medio. Por ejemplo, toda modificación significativa y persistente en la transparencia del agua o en su calidad química (concentración de nutrientes, oxígeno disuelto, etc.) implica una alteración en la estructura de las comunidades naturales, con un grado de sensibilidad diferente; así, las comunidades bentónicas, por su dependencia del sustrato y la falta de capacidad de huida, son las más influenciadas por las alteraciones del sistema como se describe más adelante. Los mecanismos

generadores de impacto sobre este medio que se han detectado son los siguientes (entre paréntesis se ha señalado la componente del medio abiótico sobre la que actúan):

- 1.- **Afección a la dinámica litoral** como consecuencia de la creación de barreras al transporte litoral [fondo marino].
- 2.- **Modificación de la batimetría y naturaleza del sustrato** como consecuencia del vertido de materiales sobre los actuales fondos y que en el caso de la playa además es de naturaleza diferente, al tratarse de arena en lugar de los bolos y cantos actualmente existentes [fondo marino].
- 3.- **Alteración de la calidad atmosférica y acústica** de ida a la emisión de ruidos y contaminantes por parte de la maquinaria empleada en la obra [aire].
- 4.- **Incremento de la turbidez en la columna de agua** como consecuencia de la puesta en suspensión de la fracción fina de los materiales durante la fase de obras [agua].
- 5.- **Alteración de la calidad química del agua** como consecuencia de la puesta en suspensión de la fracción fina de los materiales con la eventual movilización de nutrientes y sustancias contaminantes contenidas en los materiales, así como por el vertido accidental de hidrocarburos, todo ello durante la fase de obras [agua].

#### 8.4.2 SOBRE EL MEDIO BIÓTICO

La complejidad de las comunidades bentónicas las convierte en indicadoras de los cambios en el sistema ya que su inmovilidad las hace muy dependientes de las condiciones del entorno y de las modificaciones que los vertidos y eventuales dragados puedan introducir (esto justifica su estudio preferente frente a otros comportamientos del medio biótico). Los mecanismos generadores de impacto sobre este medio que se han detectado son los siguientes (entre paréntesis se ha señalado la componente del medio biótico sobre la que actúan):

- 6.- **Afección a las comunidades naturales terrestres** florísticas o faunísticas, debido a la eventual destrucción o perturbación generada en la zona de extracción de la escollera [comunidades naturales].
- 7.- **Afección a las comunidades bentónicas**, debido por un lado a la ocupación directa del fondo marino por el material de escollera para la construcción de los espigones y por la arena aportada para la creación de la nueva playa y por otro lado como consecuencia de la modificación de las condiciones en el agua (turbulencia y calidad química, incluyendo el vertido accidental de hidrocarburos) durante la ejecución de las obras y que en este caso afectaría también temporalmente a comunidades ubicadas fuera de las zonas ocupadas directamente por las obras. Por otro lado una vez finalizadas las obras la tipología de obra de los espigones (tipo arrecife) podría favorecer el desarrollo de especies bentónicas [comunidades naturales].
- 8.- **Afección a las comunidades planctónicas y neríticas**, consistente en la modificación de las comunidades de fitoplancton a causa del cambio en las condiciones físicas (turbidez) o químicas (nutrientes e hidrocarburos vertidos accidentalmente) del medio durante la ejecución de las obras. Por otro lado una vez finalizadas las obras la tipología de obra de los espigones (tipo arrecife) podría favorecer el desarrollo de especies neríticas [comunidades naturales].



## 8.5 MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS

a continuación se incluye una breve descripción de las mismas, referidas tanto a las zonas de extracción como a la de aportación, así como otras medidas de carácter general.

### 8.5.1 EN LA ZONA DE OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES (ÁRIDOS Y ESCOLLERA) Y TRANSPORTE HASTA LA ZONA DE APORTACIÓN

#### 8.5.1.1 Medidas preventivas o moderadoras

Las medidas preventivas o moderadoras de los impactos de carácter negativo quedan integradas en el propio proyecto y actúan desde el momento inicial. De este modo, puede lograrse que algunos impactos no lleguen a producirse o bien lo hagan con una intensidad menor. Se desprenden, fundamentalmente, de su aplicación a obras de naturaleza parecida a la que aquí se analiza.

- Uso de medios poco impactantes

El proyecto deberá contemplar el uso de maquinaria moderna que cumpla los requerimientos para evitar la contaminación.

- Planificación de un calendario adecuado de obras

Es recomendable, como medida moderadora de carácter general, situar la realización de la obra fuera de la época de máxima afluencia de bañistas a las playas, ya que de este modo se logra una mitigación significativa en la intensidad del impacto debido a la disminución de la población usuaria.

- Reducción del plazo de ejecución

El programa de trabajos ha sido confeccionado solapando actividades cuando sea posible de manera que se reduzca el plazo total de la obra. Asimismo se ha efectuado una optimización de los volúmenes de materiales a emplear, lo cual también permite la disminución del plazo de la obra..

- Medidas moderadoras relacionadas con el transporte de los áridos de origen continental

Tiene por finalidad la determinación de rutas de acceso, horario de paso y frecuencia máxima horaria de vehículos que evite la generación de molestias a la población residente cercana.

#### 8.5.1.2 Medidas correctoras o reductoras

El objeto de las medidas correctoras o reductoras es disminuir el impacto residual que la obra genera en el entorno: su coste económico deberá incorporarse al proyecto. En este caso las principales

medidas correctoras se relacionan con el transporte de los materiales desde la cantera y del puerto de Arrecife hasta la zona de aportación. Se indican las principales:

- Uso de camiones provistos de lona para el transporte de los áridos (escollera y arena).
- Riego frecuente de los viales de acceso.
- Barrido de los viales en caso que se considere necesario.
- Mantenimiento adecuado de las vías de circulación de los transportes.

#### 8.5.1.3 Medidas compensatorias

Las escolleras necesarias para la obra deberán obtenerse de una cantera legalizada, que disponga de un plan de restauración del medio. En consecuencia, las comunidades vegetales que puedan quedar destruidas a consecuencia de la extracción de los materiales necesarios para la obra, deberá compensarse a través de la replantación de especies autóctonas de acuerdo con el programa aprobado.

### 8.5.2 EN LA ZONA DE APORTACIÓN

La mayoría de las medidas propuestas mantienen un paralelismo con las descritas en el ámbito de explotación del yacimiento, por lo que algunas de ellas se identifican de forma resumida.

#### 8.5.2.1 Medidas preventivas o moderadoras

Como se ha comentado, las medidas preventivas o moderadoras de los impactos de carácter negativo quedan integradas en el propio proyecto y actúan desde el momento inicial.

- Diseño de obras poco impactantes

Los espigones laterales que deben estabilizar la arena vertida se han diseñado con una baja cota de coronación (la +4,50 m CH en el tramo inicial y la +2,00 m CH en el tramo final) con objeto de minimizar su impacto visual. Asimismo el pantalán de uso recreativo corona a ña cota +4,00 m CH.

Estas cotas son inferiores a la del actual paseo marítimo (entre +5,00 y +5,60) a la cual hay que añadir la altura del punto de vista de un adulto (1,60 m aproximadamente) de modo que éste pasa a estar a una cota entre +6,60 y +7,20 m, por lo que la intercepción de vistas del paisaje para los usuarios del paseo marítimo será menor y solamente superior en 0,5 m a la berma de la nueva playa en la cual estarán los bañistas (+4,0 m CH). En cualquier caso el aspecto que tendrán estos espigones será muy similar al del entorno actual, como puede comprobarse en la Figura 127.- , en la que al fondo puede apreciarse el espigón de la playa de Los Charcos, confundidos con los cantos rodados existentes en la playa.

Por lo que respecta al espigón de pie de apoyo, su cota de coronación es la -1,0 m CH, lo que significa que no será visible al estar siempre sumergido.

A todo ello debe añadirse, tal como se ha comentado, que existen otros espigones próximos visibles desde la zona de actuación, por lo que no se trata de un elemento nuevo en el paisaje.

- Uso de medios poco impactantes: flota de camiones y parque de maquinaria que cumpla con los límites de emisión.
- Para evitar los impactos sobre la calidad del agua deben reducirse los productos residuales de obra, evitar cualquier vertido contaminante al medio marino, etc.
- Evitar la manipulación de materiales en días con condiciones meteorológicas desfavorables (tanto atmosféricas como marinas).
- Elegir un calendario adecuado de obras (fuera de la temporada alta).
- Anunciar el inicio de las obras para retirar los artes de pesca instalados en las zonas próximas a las obras.

#### 8.5.2.2 Medidas correctoras o reductoras

Como ya se ha comentado, el objeto de las medidas correctoras o reductoras es disminuir el impacto residual que la obra genera en el entorno y su coste económico deberá incorporarse al proyecto. En este caso las medidas correctoras se relacionan con la reducción de la dispersión de los finos.

- Uso de barreras que eviten la dispersión de finos en la zona de obras (vertido de escollera y de arena).

#### 8.5.2.3 Medidas compensatorias

No se prevén medidas compensatorias en la zona de aportación de arena y escollera.

### 8.5.3 OTRAS MEDIDAS GENERALES

#### 8.5.3.1 Medidas preventivas o moderadoras

Las medidas moderadoras han sido incorporadas a nivel de Proyecto, que ha desarrollado la solución que desde un punto de vista ambiental menor impacto introduce en la calidad del medio; no suponen en principio ningún coste específico. Se plantean como consecuencia del análisis llevado a cabo a partir del inventario ambiental a fin de introducir las menos alteraciones posibles. Se consideran como más importantes:

- La elección de una solución constructiva que reduce las mediciones tanto en escollera como en arenas a fin de moderar la artificialización.
- Evitar la sobrealimentación innecesaria de la playa.
- Determinación de perfil y planta adecuados para la consecución de los objetivos.

#### 8.5.3.2 Medidas correctoras o reductoras

Las medidas correctoras son actuaciones que se aplican durante las obras a fin de reducir el impacto residual; el general llevan un coste asociado que debe ser asumido por la empresa Constructora a fin de garantizar los objetivos de sostenibilidad planteados en el estudio.

- Control de la calidad de los materiales a fin de comprobar que se ajusta a lo previsto, lo que implicará unos gastos analíticos
- Desarrollar un programa de vigilancia ambiental de la obra que procure también el control del hallazgo de restos arqueológicos.

#### 8.5.3.3 Medidas compensatorias

Estas medidas no disminuyen la magnitud del impacto provocado pero aminoran su efecto en la globalidad del sistema al compensar la incidencia negativa de una actuación con otra acción que puede provocar un beneficio en el entorno. En este caso no se considera necesario la introducción de medidas compensatorias de carácter general.

### 8.5.4 MATRIZ DE IMPACTOS RESIDUALES

La aplicación de las medidas reductoras del impacto (tanto moderadoras como correctoras) tienen como resultado que el impacto residual sea de menor intensidad que el resultante inicialmente de la actuación. Los cambios producidos se recogen en la Tabla 37.-, que muestra la reducción en la intensidad de los impactos y que da lugar a la matriz de impactos residual mostrada en la Tabla 38.-

Tabla 37.- Reducción de la intensidad de los impactos (Fuente: elaboración propia)

	ANTES DE MEDIDAS REDUCTORAS	DESPUÉS DE MEDIDAS REDUCTORAS
Sin impacto	1	4
Compatibles	6	7
Moderados	6	2
Severos	1	1
Críticos	0	0

Si se asigna un valor 0 a la ausencia de impacto (N = 0), 1 a los impactos compatibles (C = 1), 2 a los moderados (M = 2) y 4 a los severos (S = 4), se obtiene el siguiente resultado:

- Antes aplicación medidas reductoras:  $\Sigma(1N+6C+6M+1S) = 1 \times 0 + 6 \times 1 + 6 \times 2 + 1 \times 4 = 22$
- Después aplicación medidas reductoras:  $\Sigma(4N+7C+2M+1S) = 4 \times 0 + 7 \times 1 + 2 \times 2 + 1 \times 4 = 15$

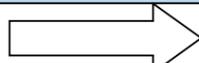
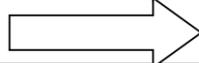
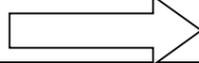
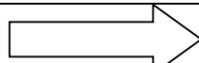
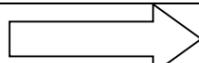
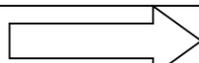
En consecuencia, la aplicación de las medidas reductoras del impacto tiene como consecuencia en relación a los impactos residuales:

- Se reduce el número de impactos que no tengan la calificación de "sin impacto", pasando de 13 a 10.
- Mantiene los impactos de carácter severo (1).

- Disminuyen los impactos de carácter moderado (de 6 a 2) y se incrementan los de carácter compatible (de 6 a 7).
- De acuerdo con la valoración aplicada, el impacto residual puede estimarse en un  $15/22 = 68\%$  del impacto inicial, con lo que la eficacia de las medidas es evidente.

Puesto que ninguno de los impactos residuales, una vez implementadas las medidas moderadoras y correctoras, presenta la condición de crítico y solamente uno es severo, **se considera que la obra definida en el Proyecto es viable desde el punto de vista ambiental** a condición de que se atiendan todas las recomendaciones definidas en el estudio, referidas sobre todo a la alternativa escogida para el Proyecto, a la procedencia de los materiales y procedimientos constructivos.

Tabla 38.- Matriz de impacto residual como aplicación de las medidas correctoras propuestas (Fuente: elab propia)

Medio afectado	Evaluación antes de las medidas correctoras	Efecto de las medidas moderadoras/correctoras	Evaluación después de las medidas correctoras
1.- Medio abiótico: alteración de la dinámica litoral	MODERADO		COMPATIBLE
2.- Medio abiótico: modificación batimétrica y de la naturaleza del sustrato	MODERADO	≈	MODERADO
3.- Medio abiótico: alteración de la calidad atmosférica y acústica	COMPATIBLE		SIN IMPACTO
4.- Medio abiótico: incremento de la turbidez en la columna de agua	MODERADO		COMPATIBLE
5.- Medio abiótico: alteración de la calidad química del agua	MODERADO		COMPATIBLE
6.- Medio biótico: afección a las comunidades naturales terrestres	SIN IMPACTO	≈	SIN IMPACTO
7.- Medio biótico: afección a las comunidades bentónicas)	SEVERO	≈	SEVERO
8.- Medio biótico: afección a las comunidades planctónicas y neríticas	COMPATIBLE		SIN IMPACTO
9.- Medio biótico: afección a especies protegidas: delfín mular y tortuga boba (Espacios Naturales Protegidos)	COMPATIBLE	≈	COMPATIBLE
10.- Medio biótico: afección a hábitats protegidos: seadales de <i>Cymodocea Nodosa</i> (Espacios Naturales Protegidos)	MODERADO		COMPATIBLE
11.- Medio biótico: afección a las comunidades planctónicas y neríticas	COMPATIBLE		SIN IMPACTO
12.- Medio antrópico: afección al resto de especies del LIC (Espacios Naturales Protegidos)	COMPATIBLE	≈	COMPATIBLE
13.- Medio antrópico: alteración de recursos pesqueros	COMPATIBLE	≈	COMPATIBLE
14.- Medio antrópico: alteración de las actividades recreativas y de ocio	MODERADO	≈	MODERADO

## 8.6 PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

En el apartado 7 de este documento se detalla el Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental (PVA), que abarcará tres ámbitos de control:

- Zona de playa (vertido de arena y de escollera para la construcción de los espigones).
- Zona de extracción de la escollera (canteras) y de la arena (yacimientos del Sáhara).
- Vías de acceso para el transporte de la escollera y arena.

El alcance del Programa de Vigilancia Ambiental que se incluye en dicho apartado ha de considerarse como indicativo y responde únicamente al contenido del Estudio de Impacto Ambiental. Es probable que durante el trámite administrativo se añadan nuevos condicionados, aunque el programa ha sido redactado de acuerdo con nuestra experiencia en estudios de parecidas características. Para una definición práctica de los mismos, se han considerado tres fases:

- Fase previa o preoperacional: con anterioridad al inicio de las obras, se corresponde con la organización de la asistencia y la implantación
- Fase de obras.
- Fase operacional.

A continuación se resume su contenido.

En la FASE PREVIA se han considerado las siguientes medidas:

- Constitución del equipo de trabajo, nombramiento de la Dirección Ambiental y coordinación con la Dirección de Obra. El equipo estará formado por un Director Ambiental con dedicación parcial y un inspector ambiental permanente a pie de obra.
- Revisión del sistema de gestión ambiental por parte de los adjudicatarios de la obra. Incorporación de las mejoras que se consideren necesarias. Aprobación final.
- Revisión del Proyecto Constructivo a fin de comprobar que se incluyen todas las medidas correctoras definidas a nivel de estudio de impacto ambiental, incluida la programación de las obras en los meses de menor interferencia con el uso del litoral.
- Revisión del marco normativo ambiental (comunitario, estatal, autonómico y municipal) que es de aplicación a la obra.
- Planificación metodológica del funcionamiento de la asistencia técnica.
- Realización de una campaña preoperacional de muestreo y medidas de diferentes vectores ambientales con la finalidad de definir el 'Estado Cero' del medio antes de las obras y definir los valores de referencia para el seguimiento ambiental. En la Tabla 29.- se incluye el alcance del estudio de 'Estado Cero'.
- Propuesta de valores de referencia para los diferentes vectores ambientales implicados en la obra. Instalación oficina a pie de obra
- Planificación metodológica del funcionamiento de la asistencia técnica

- Análisis de la idoneidad de los accesos provisionales a la obra a fin de minimizar el impacto sobre el medio atmosférico y la población residencial cercana
- Comprobación de que los pescadores de la zona han retirado los artes (nasas y trasmallos) de la zona de obras

En la FASE DE OBRAS se han considerado las siguientes medidas:

- En las canteras / zona de obtención de la arena
  - Comprobación de que las canteras para la obtención de escolleras están legalizadas de acuerdo con la normativa que es de aplicación. Revisión de los planes de restauración
  - Comprobación de que la calidad de los materiales destinados a la obra y de que el porcentaje de finos en la arena es en promedio inferior al 1% y puntualmente inferior al 2%
- En las vías de acceso
  - Adaptación del programa de controles y medidas a las condiciones concretas del programa de obras del contratista
  - Análisis de la idoneidad de los accesos a la obra a fin de minimizar el impacto sobre el medio atmosférico y la población humana
  - Supervisión de las vías de acceso de la obra, horarios previstos para el paso de camiones, número máximo de unidades por hora
  - Control de la aplicación de todas las medidas protectoras tendentes a la reducción de los impactos (camiones con caja cubierta con lona, riego frecuente viales, barrido de viales en caso de necesidad, fosa de lavado de ruedas, utilización de maquinaria de alta capacidad, cumplimiento de los límites de emisión de ruidos y contaminantes atmosféricos, etc).
  - Medida quincenal del nivel de ruidos en las mismas estaciones que en el estudio preoperacional. Las medidas se realizarán en dos franjas horarias, de las que sólo una coincidirá con los horarios de trabajo de la obra
- En la zona de aportación
  - Balizamiento de la zona de aportación mediante boyas con el fin de que en todo momento sea posible comprobar si las operaciones se llevan a cabo en su totalidad en la zona recomendada.
  - Comprobación de los perfiles batimétricos de la zona de aportación de la cartografía biónmica a fin de certificar que la zona de está completamente libre de cualquier impedimento de tipo ambiental.
  - Control de que la descarga de los materiales se realiza de forma apropiada, procurando la sedimentación de los finos con anterioridad a su empuje hasta el agua
  - Control de que la descarga de los materiales se realiza con la presencia de barreras anticontaminantes de acuerdo a lo indicado en el proyecto

- Control continuado en la zona de aportación de toda una serie de variables ambientales que pueden verse afectadas por la operación.
- Control topográfico-batimétrico continuo de la zona de vertido a fin de conocer su evolución: grado de uniformidad en el material depositado y reducción de los calados a medida que avance el vertido de materiales.
- Control de la posible aparición de restos arqueológicos o del patrimonio histórico, comunicando inmediatamente el hallazgo a las autoridades competentes.
- Control de la deposición de correcta de los excedentes de tierras y de los materiales no aptos. Cumplimiento de las condiciones para la gestión de tierras
- Control de que la empresa adjudicataria de las obras no realiza mantenimientos de maquinaria en la parcela y que, en cualquier caso, dispone de los elementos necesarios para evitar que las averías produzcan contaminación en el medio.
- Control de la gestión de los residuos líquidos y sólidos realizados durante las obras. Control de la ubicación y usos de almacenes
- Control permanente de la calidad de las variables del medio terrestre que pueden resultar afectadas en esta fase de las obras. El programa de muestreo dará continuidad a las medidas preoperacionales, con el alcance indicado en la Tabla 30.-
- Control permanente de la calidad de las variables del medio marino que pueden resultar afectadas en esta fase de las obras. El programa de muestreo tendrá el alcance indicado en la Tabla 31.- y Tabla 32.- .
- Control de eventuales aterramientos en la zona de *Cymodocea Nodosa*.

En la FASE OPERACIONAL se han considerado las siguientes medidas a realizar en la zona de aportación durante los 2 años siguientes a la ejecución de las obras y con periodicidad anual.

- Control continuado en la zona de aportación de toda una serie de variables ambientales que pueden verse afectadas por la operación. Seguimiento de la evolución de la calidad del agua de acuerdo con el programa de muestreo mostrado en la Tabla 31.- .
- Control topográfico-batimétrico de la zona de vertido a fin de conocer su evolución temporal y comportamiento respecto al teórico previsto en proyecto.

El presupuesto ha sido estimado a partir de un plazo de ejecución de las obras de 4 meses. Según lo descrito en el párrafo anterior durante este tiempo, el programa de vigilancia ambiental constará de:

- Participación de personal: un director ambiental (con dedicación del 10%), un técnico que supervise todos los días que la ejecución de las obras se realiza conforme a lo establecido en el PVA (con dedicación del 50%) y personal técnico de apoyo para realizar los trabajos de campo.
- Analíticas y trabajos de campo (incluyendo tanto las previas a la obra, las que deben realizarse durante las obras y las de la fase operacional).
- Edición de informes mensuales.

En la Tabla 39.- se incluyen las cantidades detalladas para cada una de las partidas que componen el Programa de Vigilancia Ambiental:

Tabla 39.- Presupuesta del Programa de Vigilancia Ambiental (Fuente: elaboración propia)

CONCEPTO		MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE (€)
Mes	Director ambiental, titulado superior con más de 10 años de experiencia y dedicación al 20% y emisión de informes	4	1.000	4.000
Mes	Experto a pie de obra, titulado superior, con al menos 5 años de experiencia en la vigilancia ambiental. Dedicación al 50 % con visitas todos los días a la obra.	4	1.700	6.800
P.A.	Muestras y analíticas en fases pre-constructiva, constructiva y operacional	1	22.500	22.500
Ud	Levantamientos y comprobaciones topográfico-batimétricas en fase operacional	2.	2.500	5.000
			<b>SUMA</b>	<b>38.300</b>

De acuerdo con las unidades detalladas, asciende el presente Presupuesto de Ejecución Material (IVA no incluido) del Programa de Vigilancia Ambiental a la cantidad de TREINTA Y OCHO MIL TRESCIENTOS EUROS (38.300 €). Dicho importe ha sido incluido en el presupuesto de la obra como Partida Alzada (PA), si bien la Propiedad se reserva el derecho de adjudicar esos trabajos a una empresa especializada que efectúe las tareas de Dirección Ambiental de las obras.

Arrecife, septiembre de 2017

El Autor del Proyecto

F. Javier Escartín García  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Colegiado nº 11.275



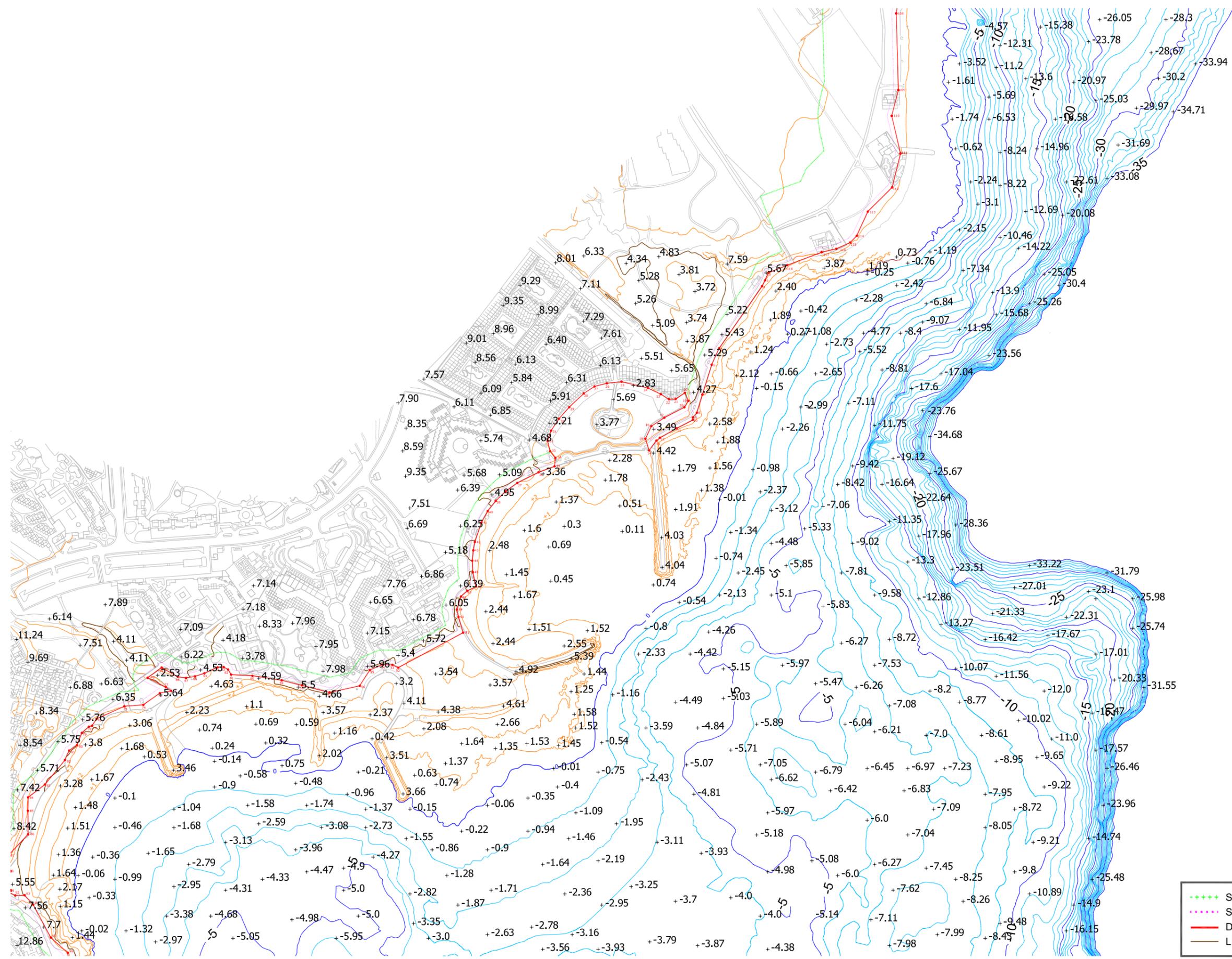
## APÉNDICE 1. PLANOS



## ÍNDICE DE PLANOS

- A2.1. Topografía y batimetría
- A2.2. Geomorfología de fondos
- A2.3. Biocenosis (Fuente: Estudio Ecocartográfico)
- A2.4. Mapa bionómico (Fuente: elaboración propia)
- A6.1. Alternativa 1. Planta
- A6.3. Alternativa 2. Planta
- A6.2. Alternativa 3. Planta
- 3. Planta general de obras
- 5. Aportación de arena
  - 5.1. Planta general
- 6. Espigones
  - 6.1. Planta general y de ubicación de las secciones tipo
  - 6.2. Secciones tipo
- 8. Pantalán de uso lúdico
  - 8.1. Planta y perfil longitudinal
  - 8.2. Sección tipo y detalles



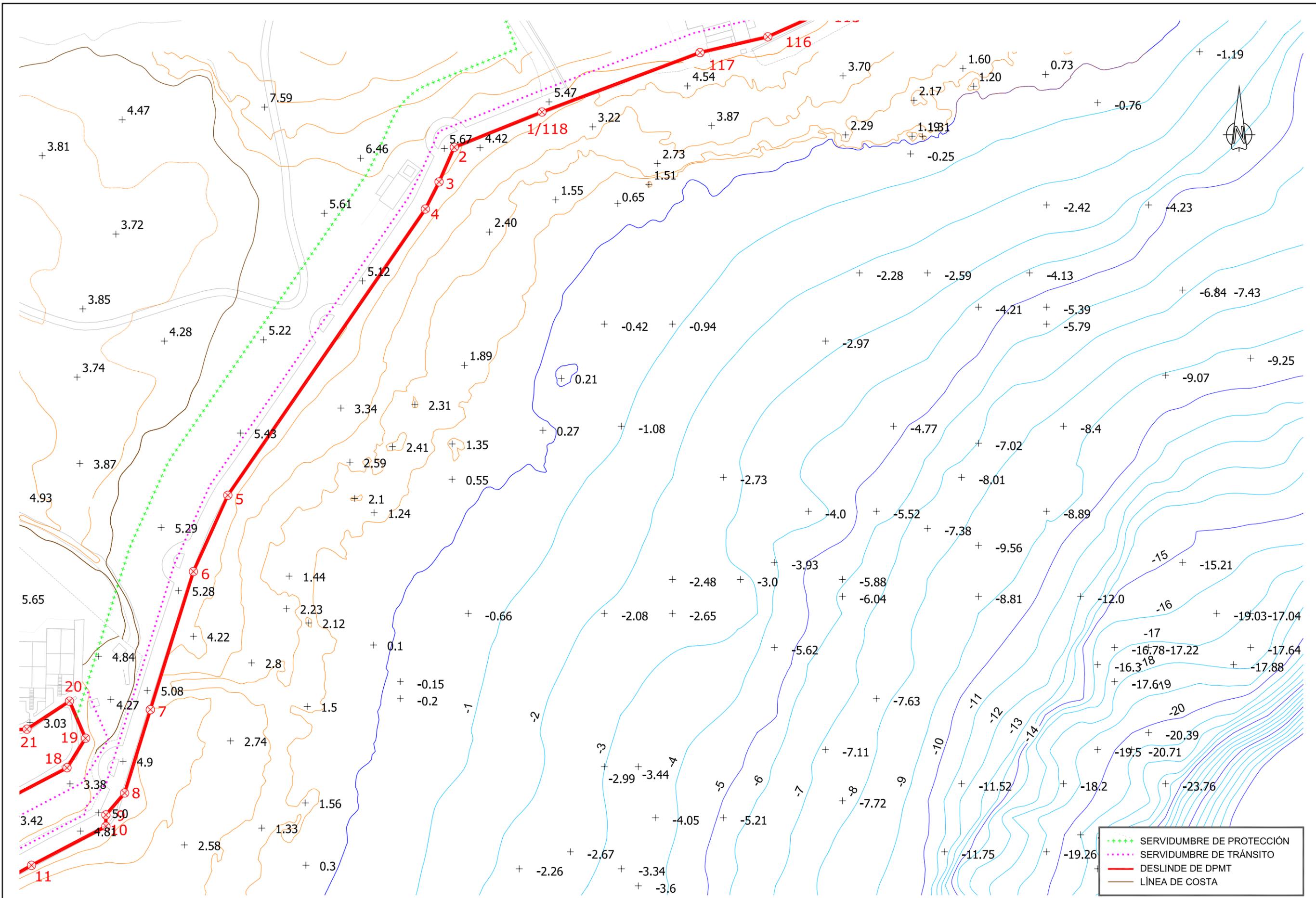


- ++++ SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
- ..... SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
- DESLINDE DE DPMT
- LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A02-F010.dwg

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO 	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 5000 	TÍTULO DEL PLANO TOPOGRAFIA Y BATIMETRIA	Nº DE PLANO A2.1 Nº HOJA 1 DE 2
---------------	-------------------------	---	---	------------------------	---------------------------------	---	--



- SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
- ..... SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
- DESLINDE DE DPMT
- LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A02-F010.dwg

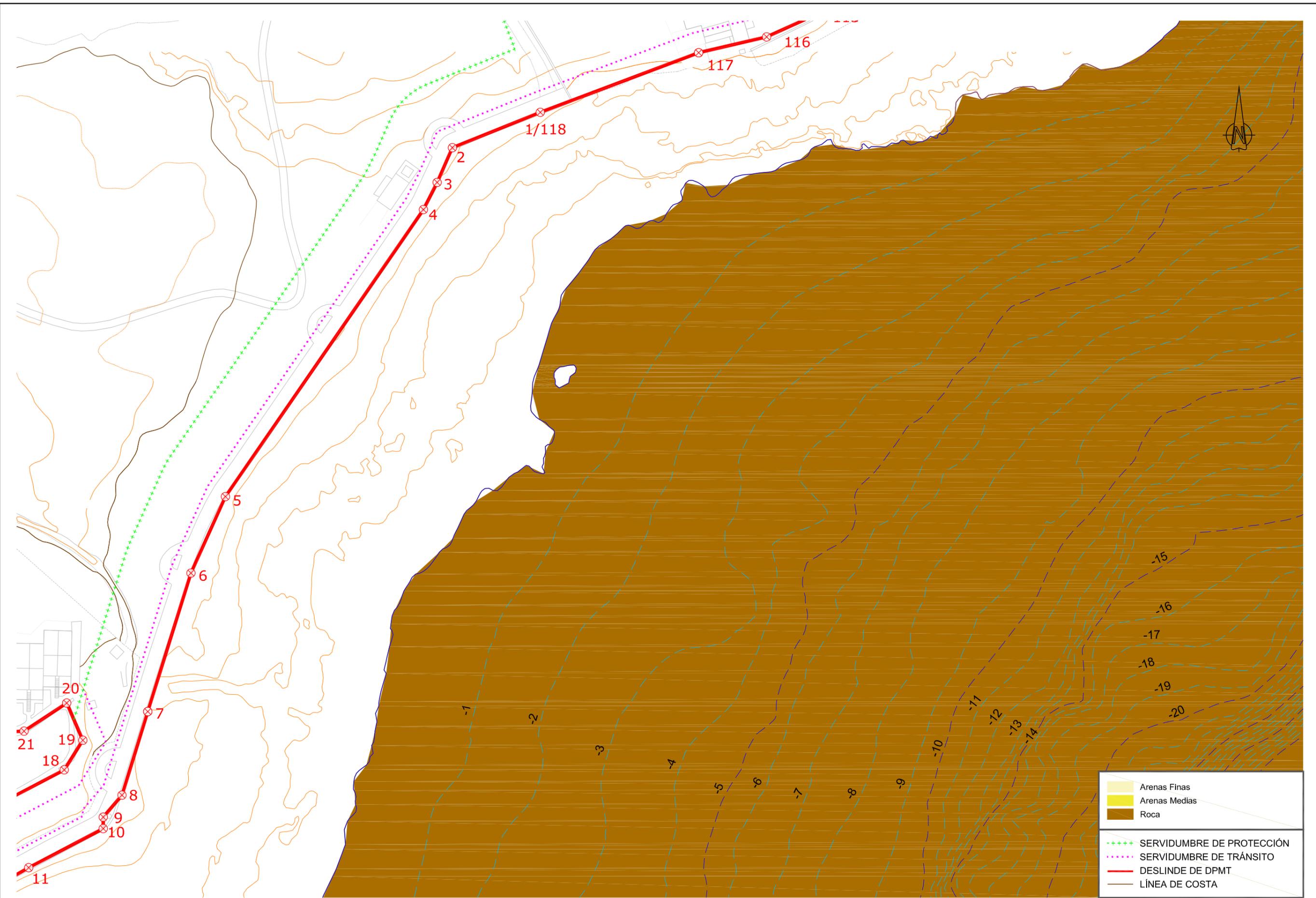
PROMOTOR: <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> <b>Tourin Europeo</b> </div>	EMPRESA CONSULTORA:  F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA <small>I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</small>	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO 	TÍTULO DEL PROYECTO <b>PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA          EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE"          T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)</b>	FECHA <b>MARZO          2017</b>	ESCALA: DIN A-3 <b>1 : 1000</b> 	TÍTULO DEL PLANO <b>TOPOGRAFIA Y BATIMETRIA</b>	Nº DE PLANO <b>A2.1</b> Nº HOJA <b>2 DE 2</b>
--	---	---	--	---	--	--	--



NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA:  EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 5000 	TÍTULO DEL PLANO GEOMORFOLOGIA DE FONDOS	Nº DE PLANO A2.2 Nº HOJA 1 DE 2
--	---	---	------------------------	--	---	--

P1702-F1-A02-F020.dwg

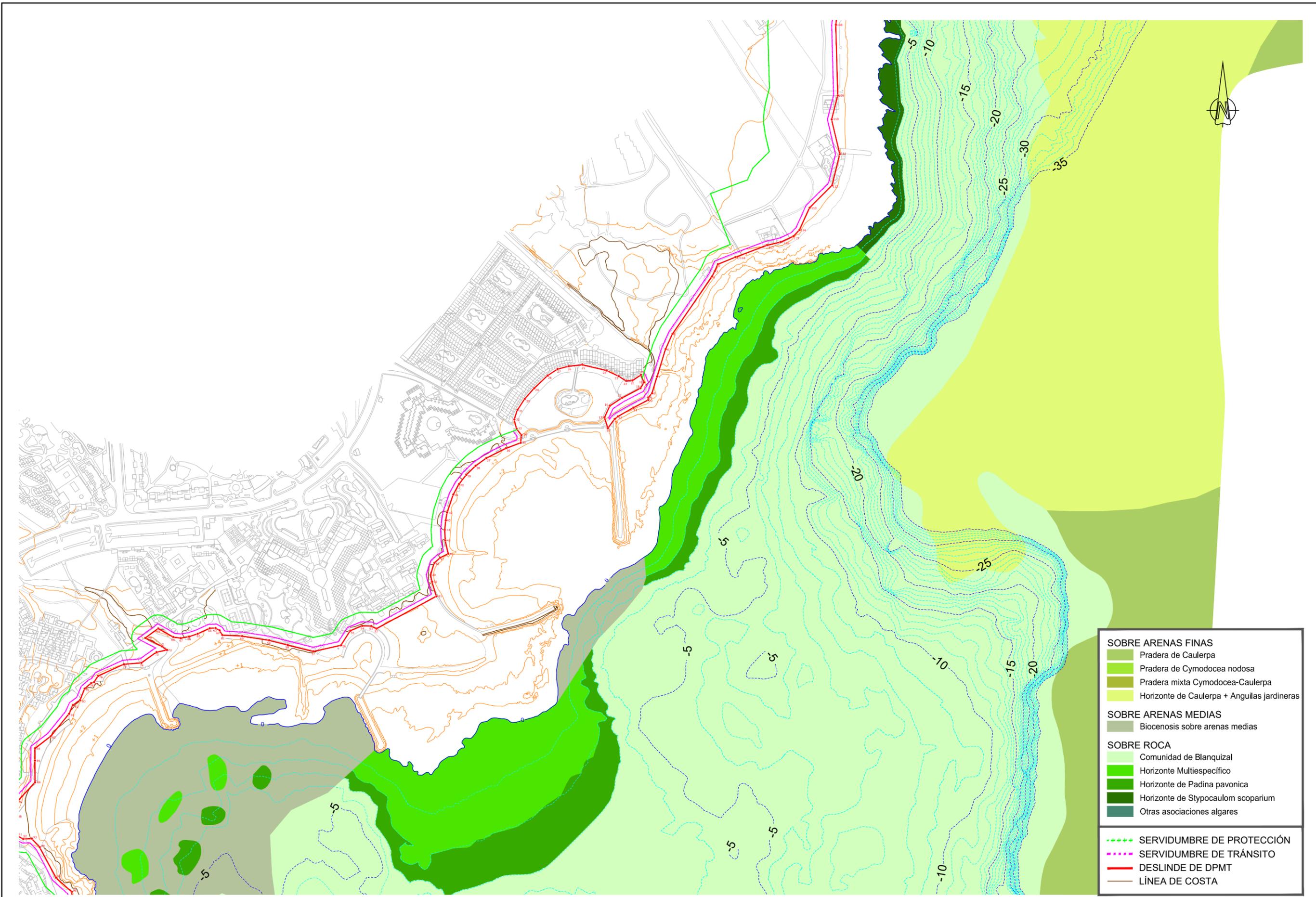


	Arenas Finas
	Arenas Medias
	Roca
	SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
	SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
	DESLINDE DE DPMT
	LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A02-F020.dwg

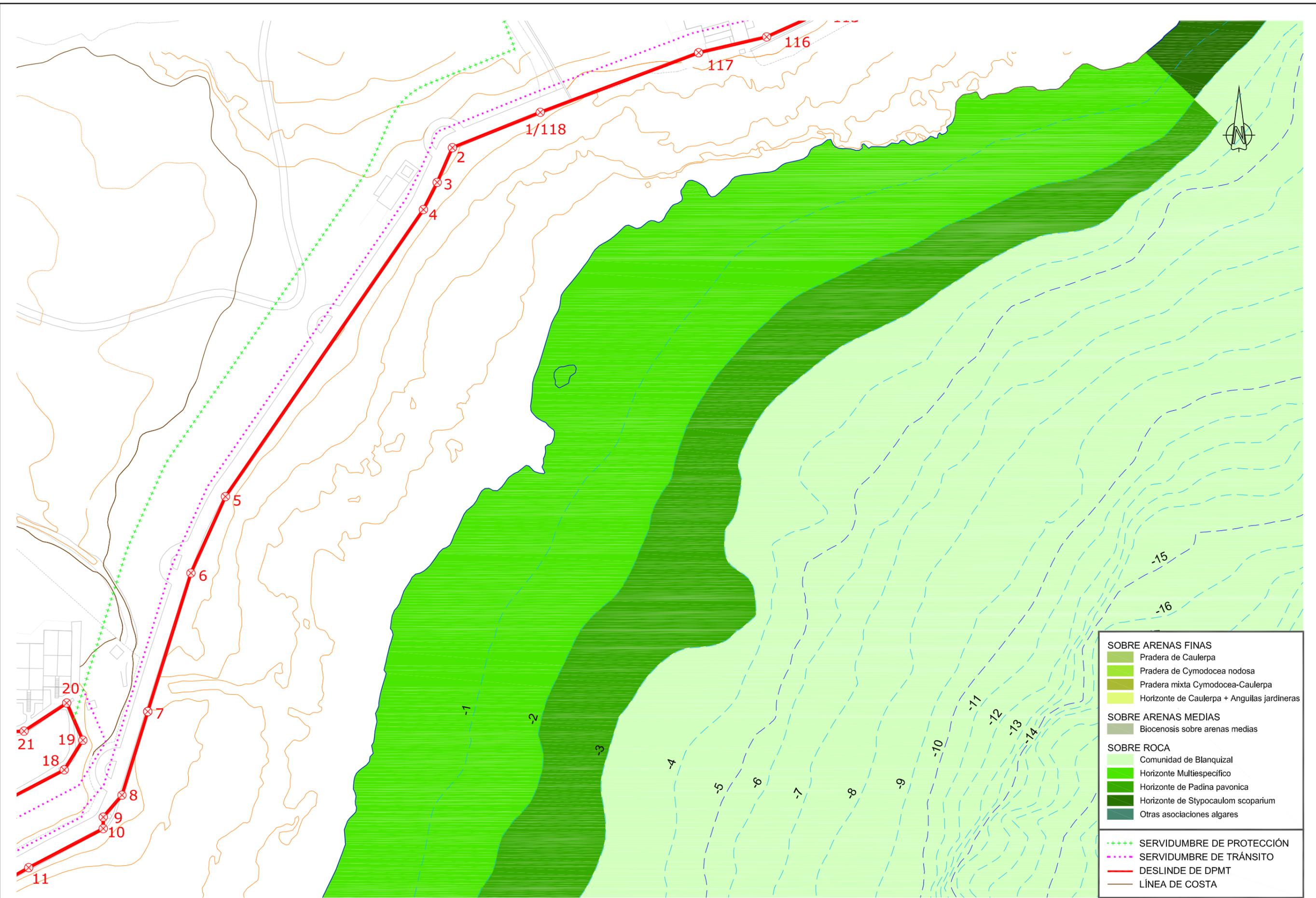
PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO  F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO GEOMORFOLOGIA DE FONDOS	Nº DE PLANO A2.2 Nº HOJA 2 DE 2
---------------	-------------------------	---	---	------------------------	---------------------------------	---	--



NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A02-P030.dwg

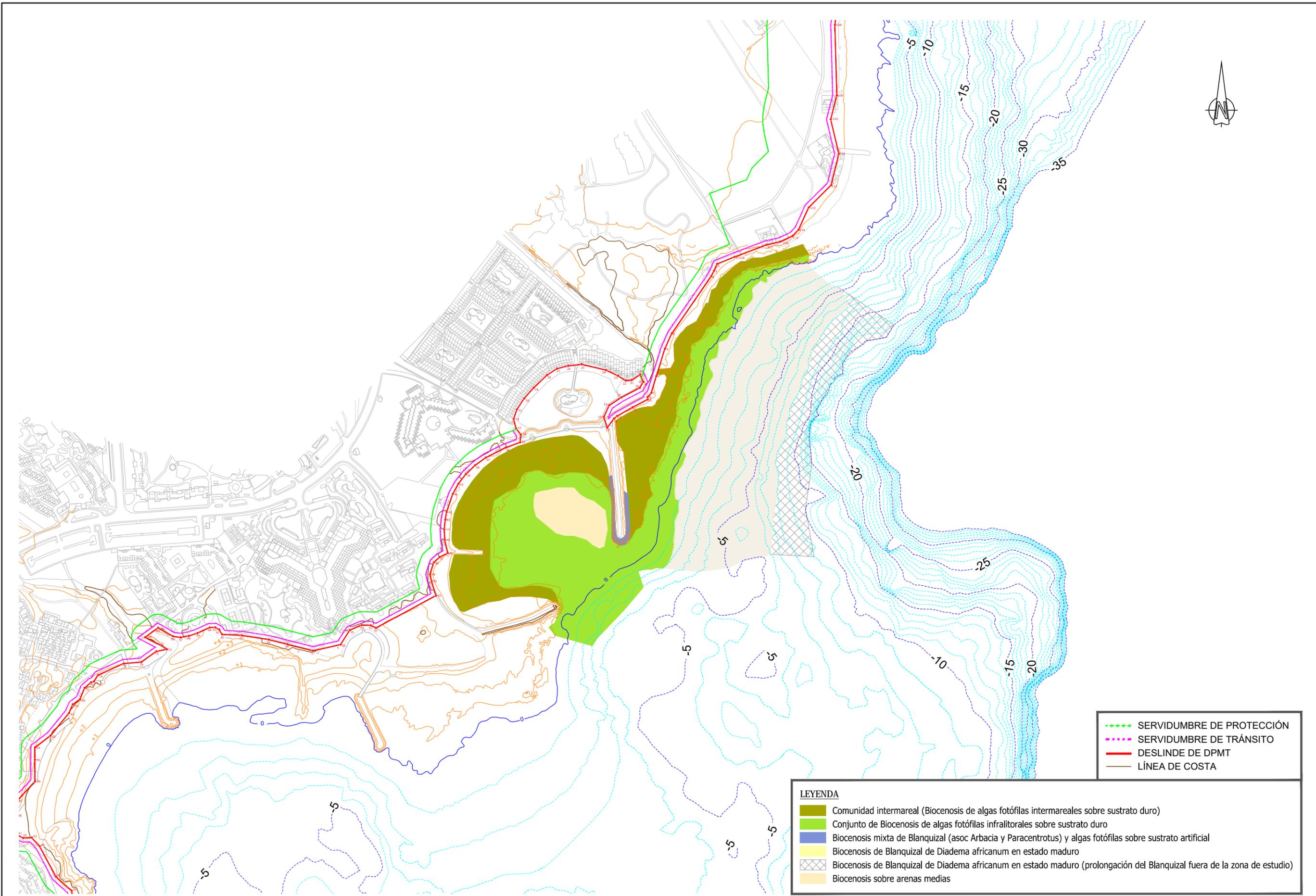
PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO  F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 5000 	TÍTULO DEL PLANO BIOCENOSIS (FUENTE: ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO) Nº DE PLANO A2.3 Nº HOJA 1 DE 2
---------------	-------------------------	--	---	------------------------	---------------------------------	---



NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A02-F030.dwg

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO  F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO BIOCENOSIS Nº DE PLANO A2.3 Nº HOJA 2 DE 2
---------------	-------------------------	---	---	------------------------	---------------------------------	--



NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

**LEYENDA**

- +++++ SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
- SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
- DESLINDE DE DPMT
- LÍNEA DE COSTA

- Comunidad intermareal (Biocenosis de algas fotófilas intermareales sobre sustrato duro)
- Conjunto de Biocenosis de algas fotófilas infralitorales sobre sustrato duro
- Biocenosis mixta de Blanquizal (asoc Arbacia y Paracentrotus) y algas fotófilas sobre sustrato artificial
- Biocenosis de Blanquizal de Diadema africanum en estado maduro
- Biocenosis de Blanquizal de Diadema africanum en estado maduro (prolongación del Blanquizal fuera de la zona de estudio)
- Biocenosis sobre arenas medias

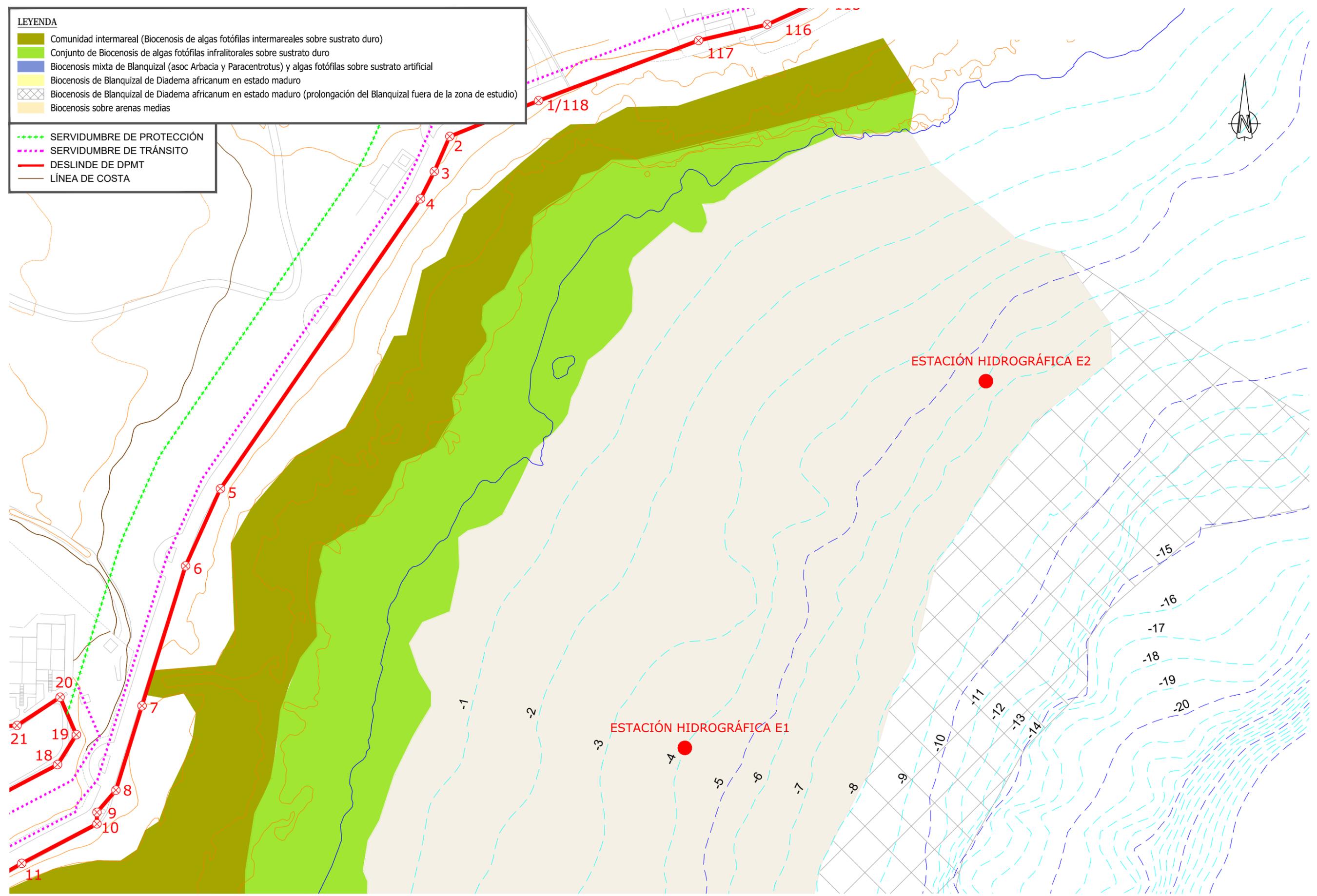
P1702-F1-A02-P040.dwg

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO   F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 5000 	TÍTULO DEL PLANO MAPA BIONOMICO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	Nº DE PLANO A2.4 Nº HOJA 1 DE 2
---------------	-------------------------	--	---	------------------------	---------------------------------	--	--

**LEYENDA**

- Comunidad intermareal (Biocenosis de algas fotófilas intermareales sobre sustrato duro)
- Conjunto de Biocenosis de algas fotófilas infralitorales sobre sustrato duro
- Biocenosis mixta de Blanquiazal (asoc Arbacia y Paracentrotus) y algas fotófilas sobre sustrato artificial
- Biocenosis de Blanquiazal de Diadema africanum en estado maduro
- Biocenosis de Blanquiazal de Diadema africanum en estado maduro (prolongación del Blanquiazal fuera de la zona de estudio)
- Biocenosis sobre arenas medias

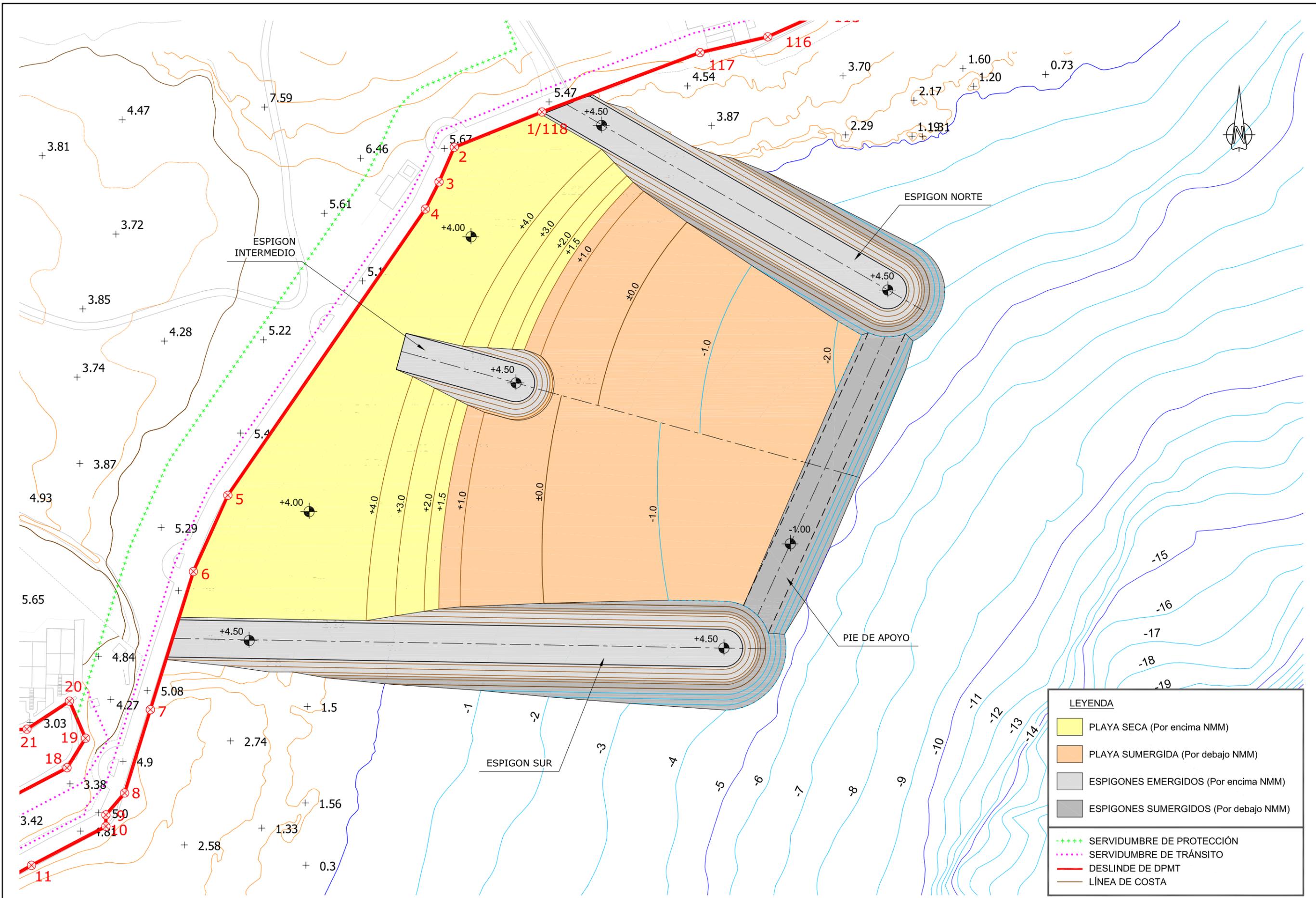
- SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
- SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
- DESLINDE DE DPMT
- LÍNEA DE COSTA



NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A02-P040.dwg

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO  	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO MAPA BIONOMICO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	Nº DE PLANO A2.4 Nº HOJA 2 DE 2
---------------	-------------------------	---	---	------------------------	---------------------------------	--	--

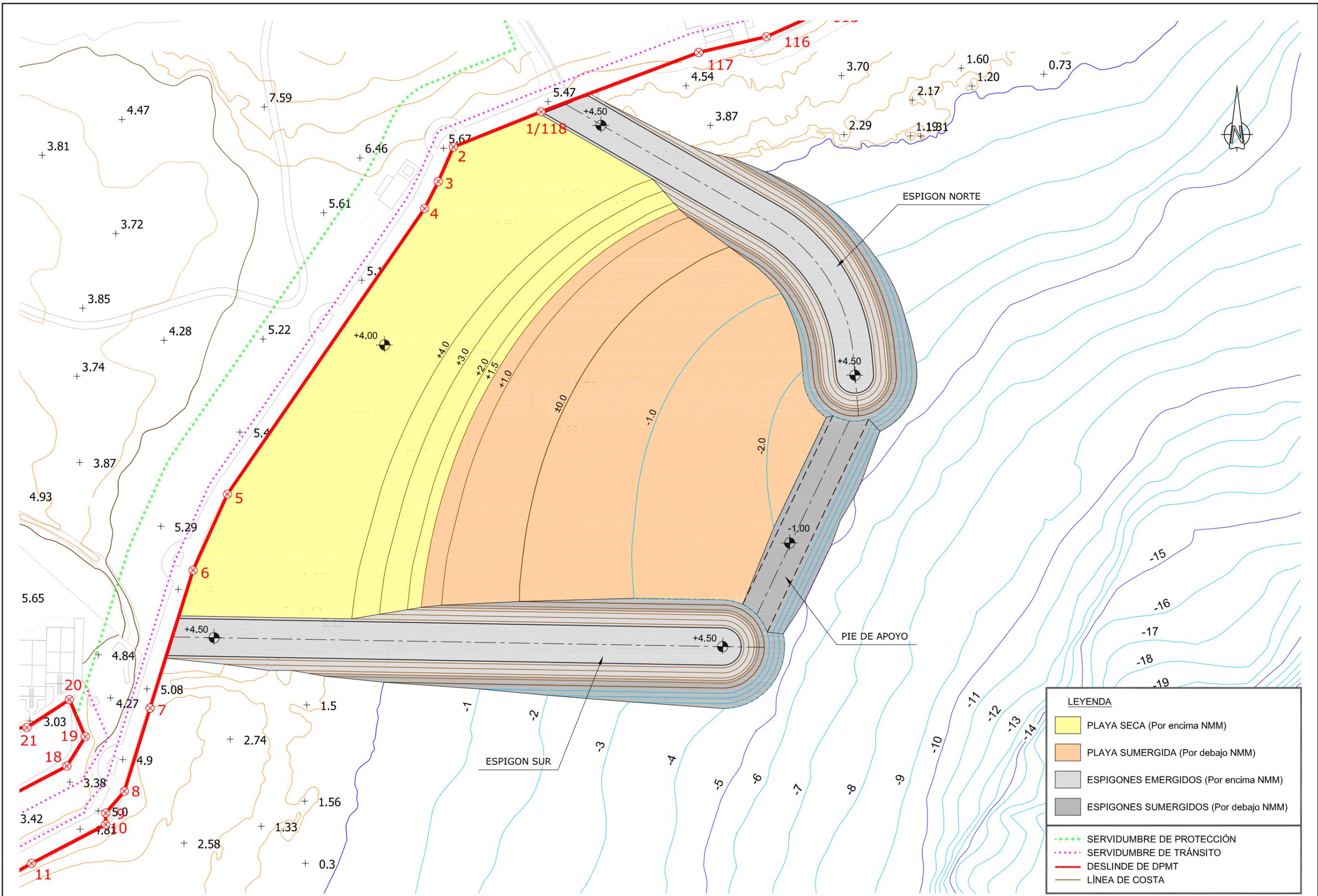


LEYENDA	
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span>	PLAYA SECA (Por encima NMM)
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span>	PLAYA SUMERGIDA (Por debajo NMM)
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightgray; border:1px solid black;"></span>	ESPIGONES EMERGIDOS (Por encima NMM)
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:darkgray; border:1px solid black;"></span>	ESPIGONES SUMERGIDOS (Por debajo NMM)
<span style="display:inline-block; width:15px; border-bottom:1px dashed green;"></span>	SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
<span style="display:inline-block; width:15px; border-bottom:1px dotted magenta;"></span>	SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
<span style="display:inline-block; width:15px; border-bottom:1px solid red;"></span>	DESLINDE DE DPMT
<span style="display:inline-block; width:15px; border-bottom:1px solid brown;"></span>	LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A06-P010.dwg

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO 	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA ABRIL 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO ALTERNATIVA 1 PLANTA	Nº DE PLANO 6.1 Nº HOJA 1 DE 1
---------------	-------------------------	--	---	------------------------	---------------------------------	---	---



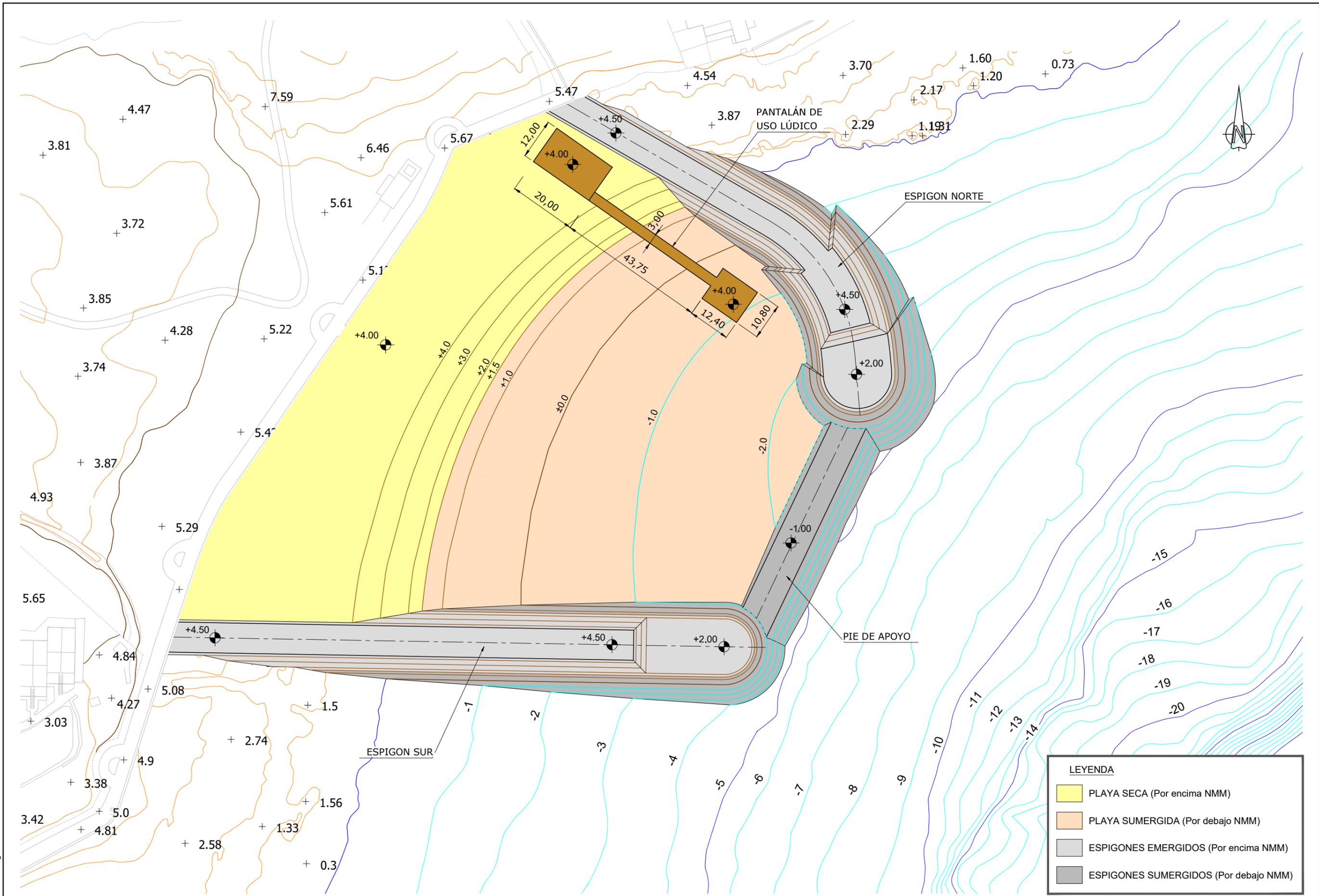
LEYENDA	
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span>	PLAYA SECA (Por encima NMM)
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span>	PLAYA SUMERGIDA (Por debajo NMM)
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightgray; border:1px solid black;"></span>	ESPIGONES EMERGIDOS (Por encima NMM)
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:darkgray; border:1px solid black;"></span>	ESPIGONES SUMERGIDOS (Por debajo NMM)
<span style="display:inline-block; width:15px; border-bottom:1px dashed green;"></span>	SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
<span style="display:inline-block; width:15px; border-bottom:1px dotted magenta;"></span>	SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
<span style="display:inline-block; width:15px; border-bottom:1px solid red;"></span>	DESLINDE DE DPMT
<span style="display:inline-block; width:15px; border-bottom:1px solid brown;"></span>	LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A06-P020.dwg

PROMOTOR: <b>Tourin Europeo</b>	EMPRESA CONSULTORA: <b>MARCIGLOS</b>	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO: <b>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA</b> I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO: <b>PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)</b>	FECHA: <b>ABRIL 2017</b>	ESCALA: DIN A-3 <b>1 : 1000</b> 0 5 10 15 20 25m	TÍTULO DEL PLANO: <b>ALTERNATIVA 2 PLANTA</b>	Nº DE PLANO: <b>6.2</b> Nº HOJA: <b>1 DE 1</b>
------------------------------------	---	---	---	-----------------------------	--	--	---



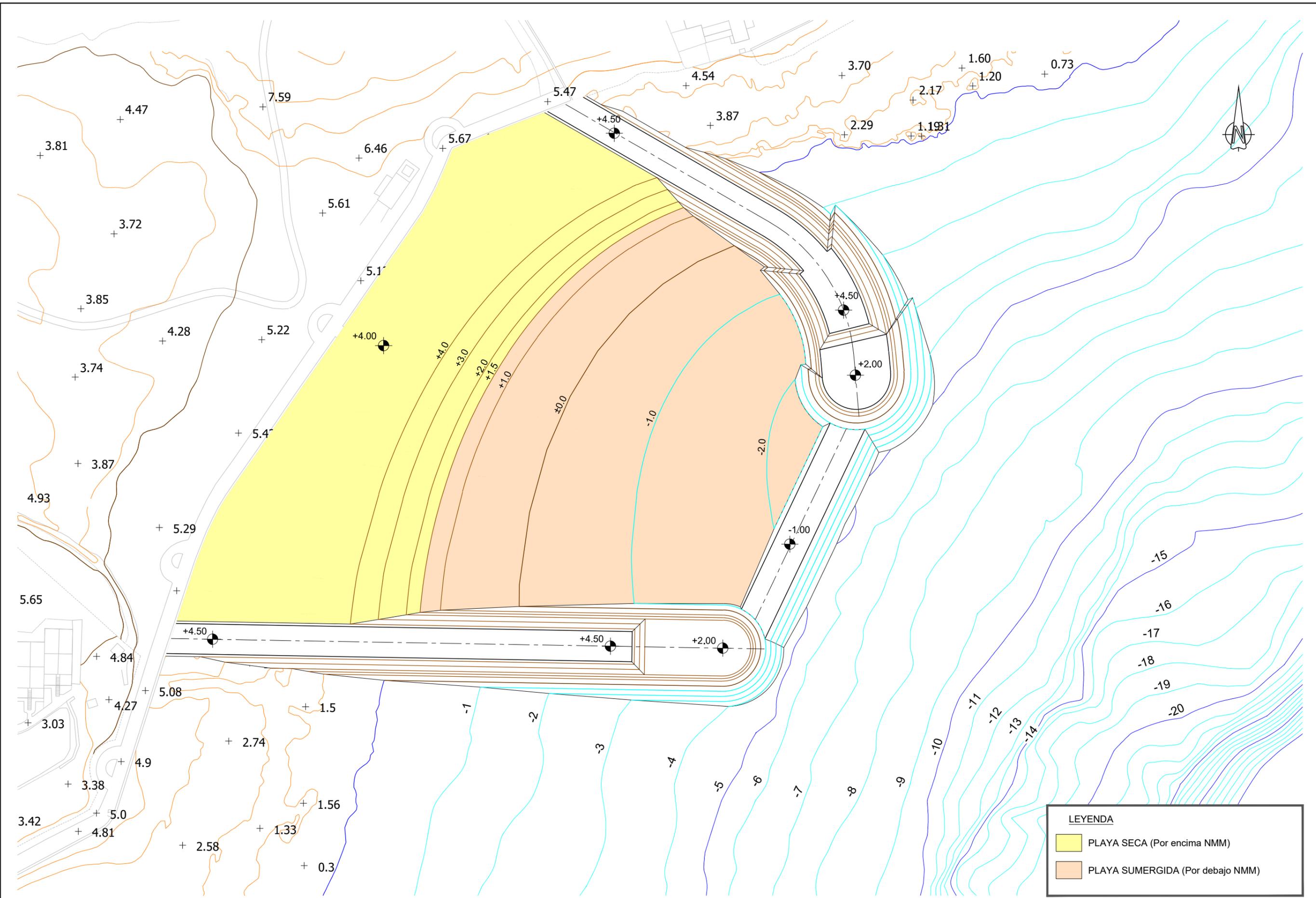


LEYENDA	
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span>	PLAYA SECA (Por encima NMM)
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span>	PLAYA SUMERGIDA (Por debajo NMM)
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightgray; border:1px solid black;"></span>	ESPIGONES EMERGIDOS (Por encima NMM)
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:darkgray; border:1px solid black;"></span>	ESPIGONES SUMERGIDOS (Por debajo NMM)

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F3-PLA-0300.dwg

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO 	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA SEPTIEMBRE 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO PLANTA GENERAL DE LAS OBRAS	Nº DE PLANO 3 Nº HOJA 1 DE 1
---------------	-------------------------	--	---	-----------------------------	---------------------------------	---	---------------------------------------



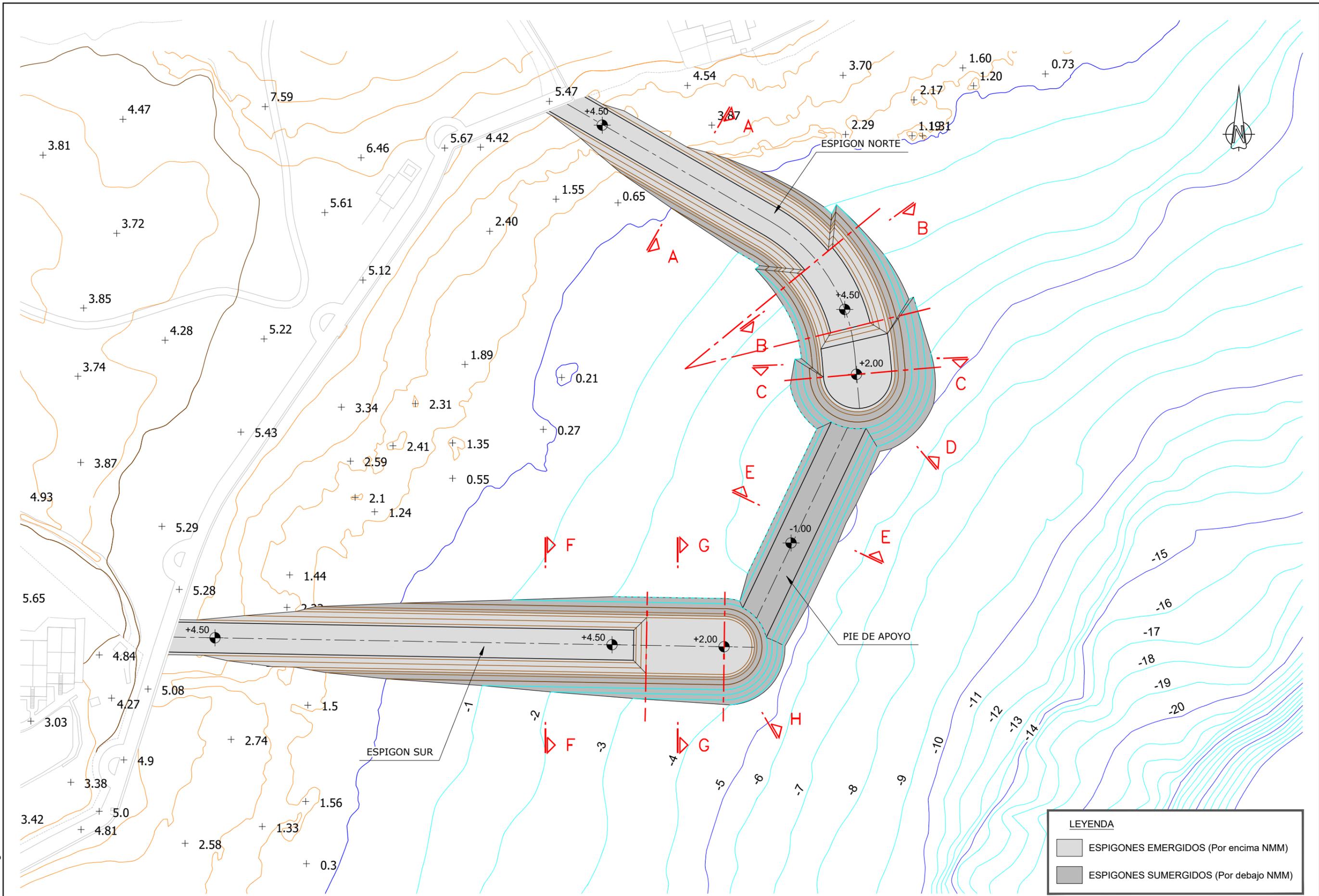
**LEYENDA**

- PLAYA SECA (Por encima NMM)
- PLAYA SUMERGIDA (Por debajo NMM)

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F3-PLA-0510.dwg

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO 	TÍTULO DEL PROYECTO <b>PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA          EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE"          T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)</b>	FECHA <b>SEPTIEMBRE          2017</b>	ESCALA: DIN A-3 <b>1 : 1000</b> 	TÍTULO DEL PLANO <b>APORTACIÓN DE ARENA          PLANTA GENERAL</b>	Nº DE PLANO <b>5.1</b> Nº HOJA <b>1 DE 1</b>
---------------	-------------------------	--	--	--	--	--	---

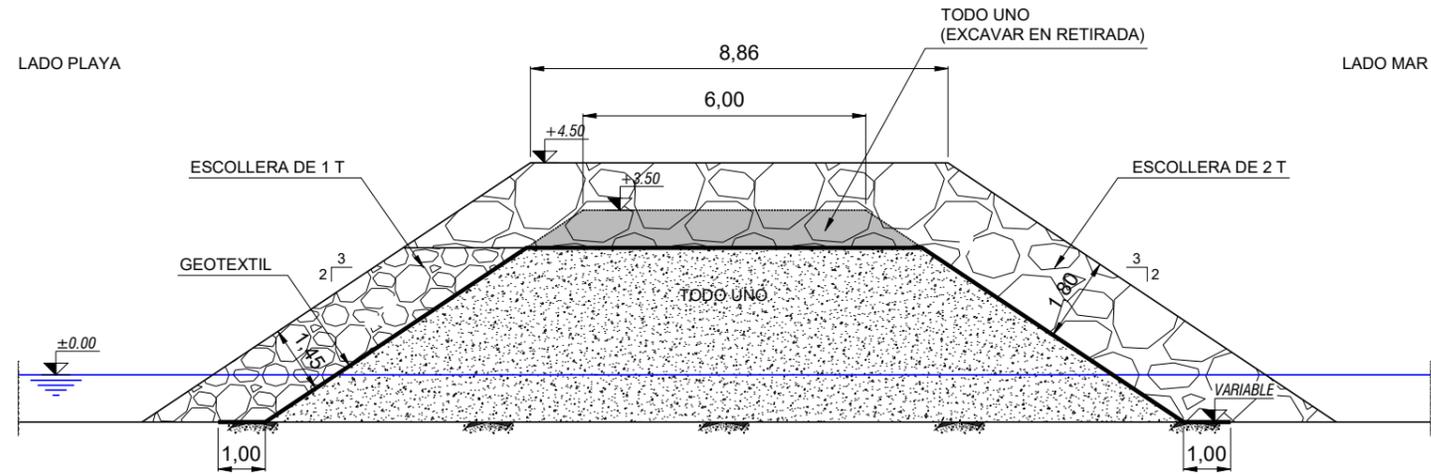


LEYENDA	
	ESPIGONES EMERGIDOS (Por encima NMM)
	ESPIGONES SUMERGIDOS (Por debajo NMM)

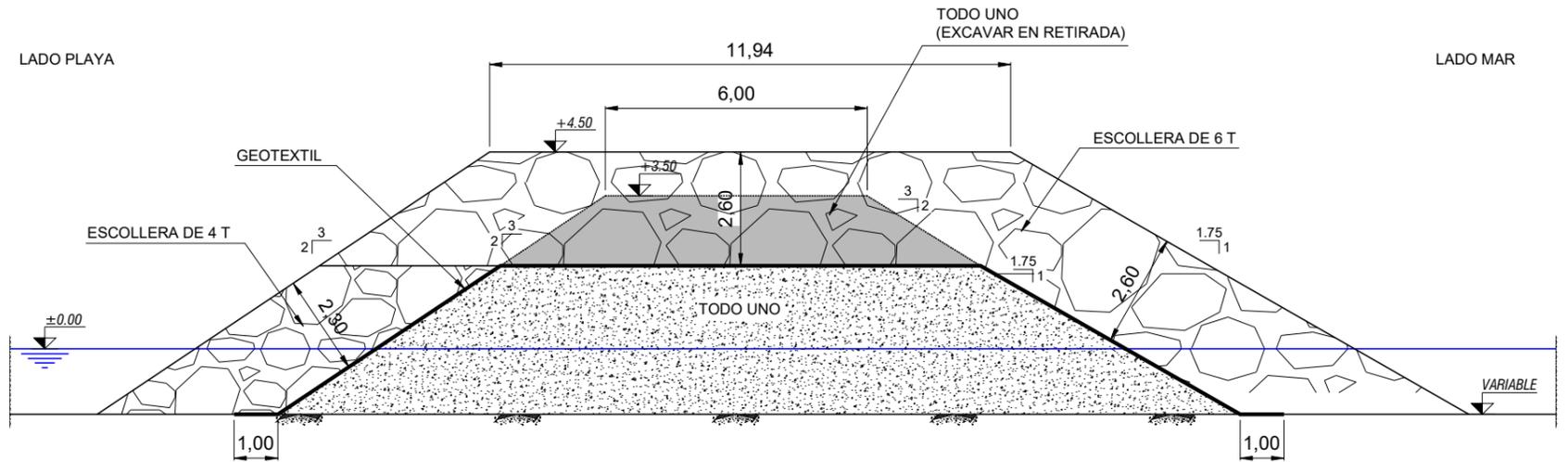
NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO 	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA SEPTIEMBRE 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO ESPIGONES PLANTA GENERAL Y UBICACIÓN DE LAS SECCIONES TIPO	Nº DE PLANO 6.1
							Nº HOJA 1 DE 1

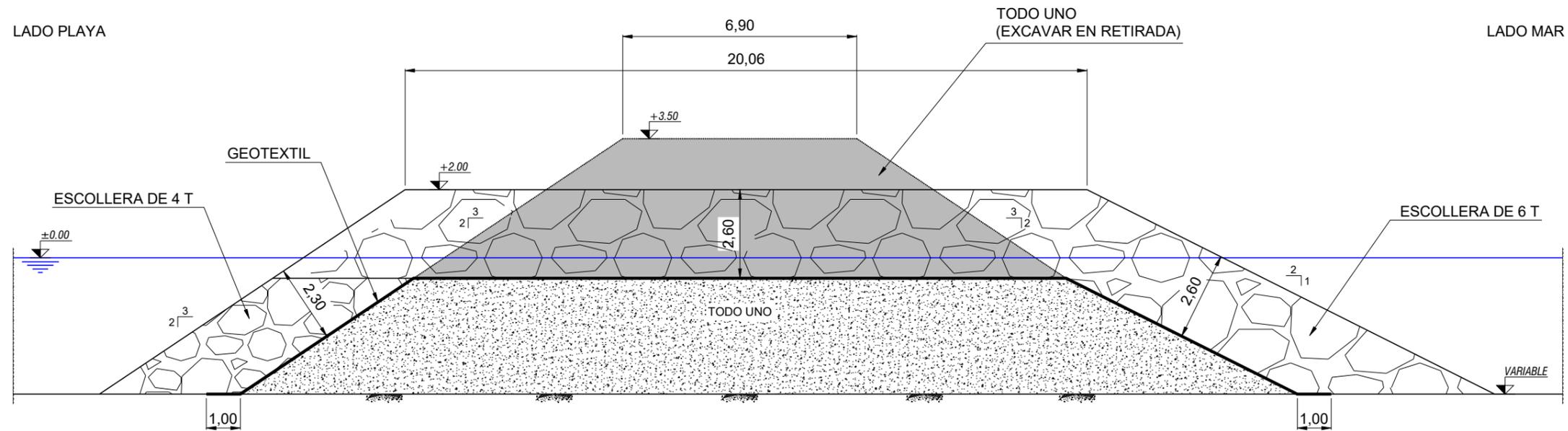
P1702-F3-PLA-0610.dwg



SECCION A-A'. ESPIGON N (h < 1,5m)  
ESCALA 1:150



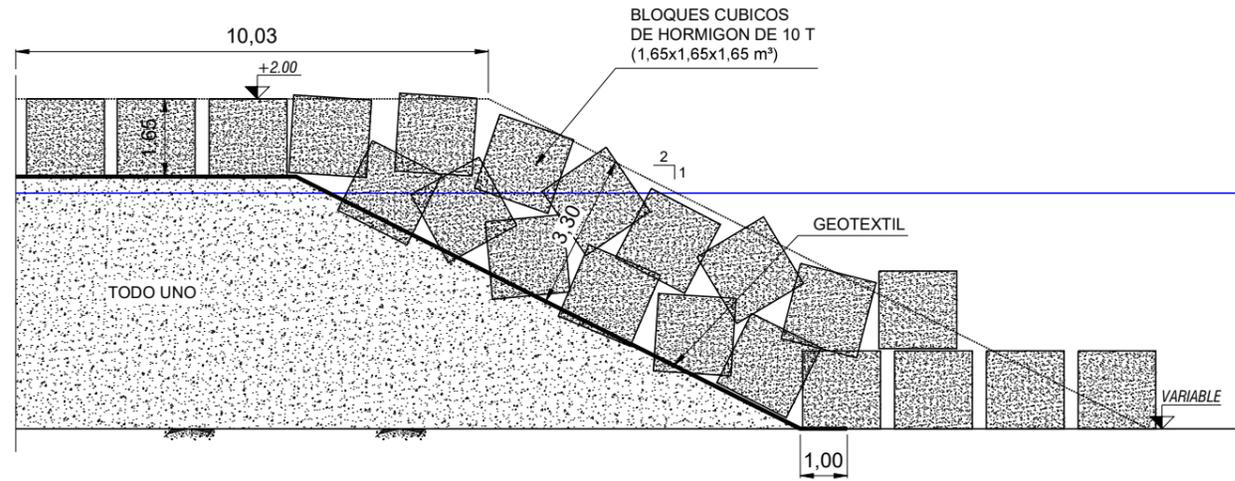
SECCION B-B'. ESPIGON N (h < 1,5m)  
ESCALA 1:150



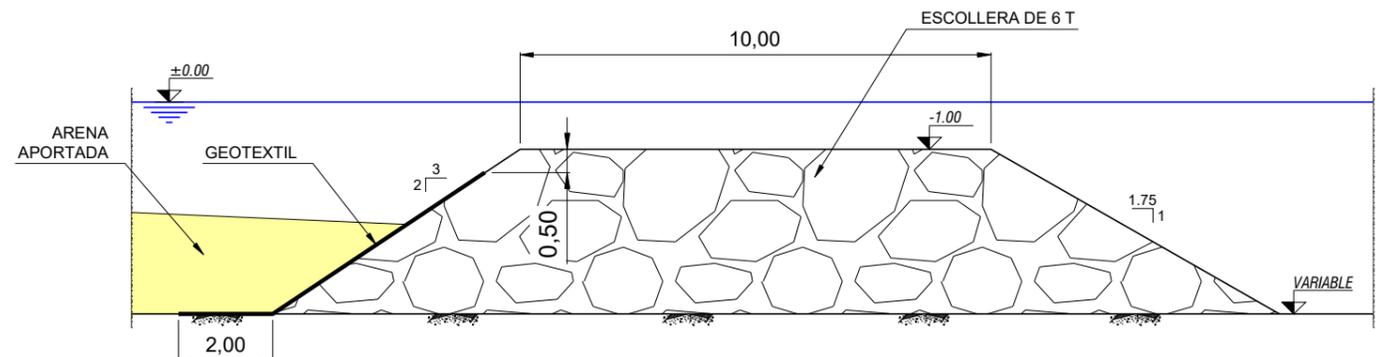
SECCION C-C'. ESPIGON N (h < 4m)  
ESCALA 1:150

P1702-F3-PLA-0620.dwg

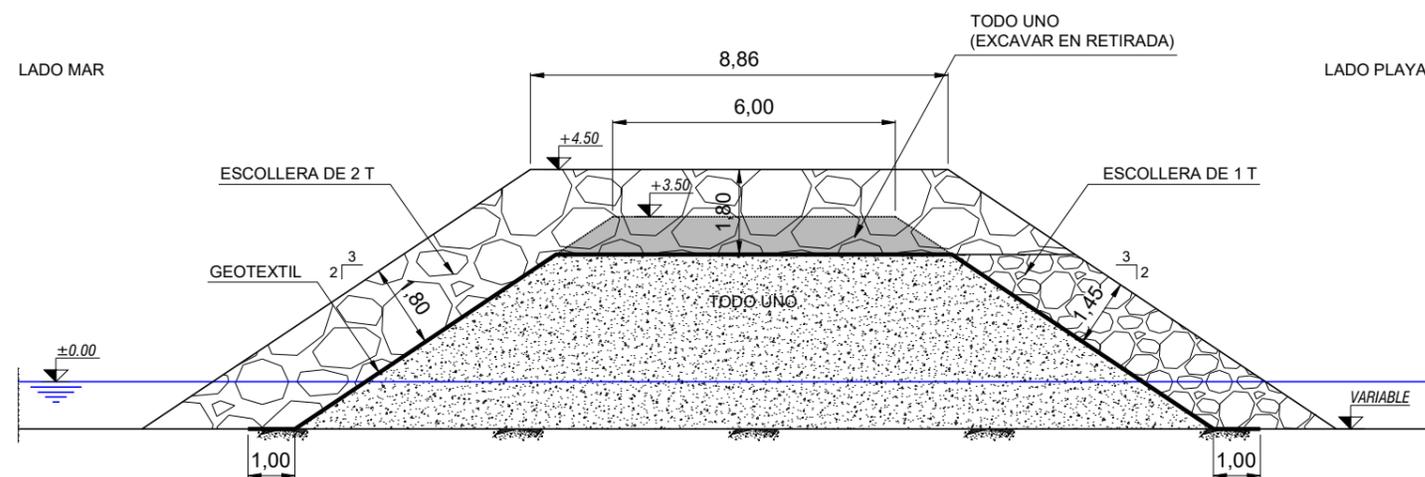
PROMOTOR: <b>Tourin Europeo</b>	EMPRESA CONSULTORA: <b>MARCIGLOB</b> Maritime & Civil Global Consultancy Solutions	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO <b>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA</b> I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO <b>PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)</b>	FECHA <b>SEPTIEMBRE 2017</b>	ESCALA: DIN A-3 <b>1 : 150</b> 0 0.75 1.5 2.25 3 3.75m	TÍTULO DEL PLANO <b>ESPIGONES SECCIONES TIPO</b>	Nº DE PLANO <b>6.2</b> Nº HOJA <b>1 DE 2</b>
------------------------------------	---	---	--	-------------------------------------	--	---	---



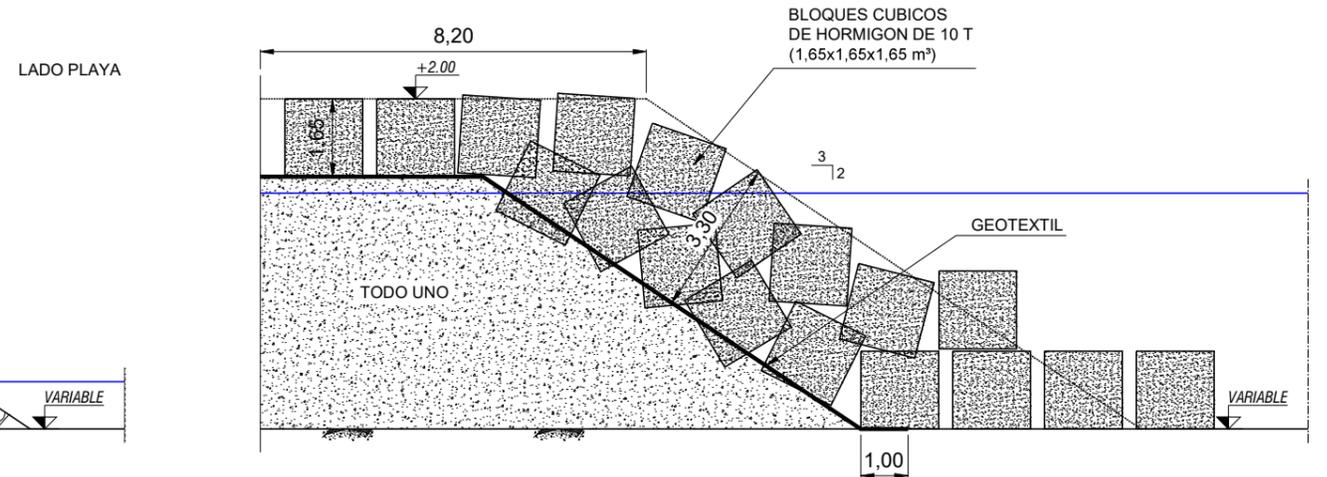
SECCION D-D'. ESPIGON N (MORRO)  
ESCALA 1:150



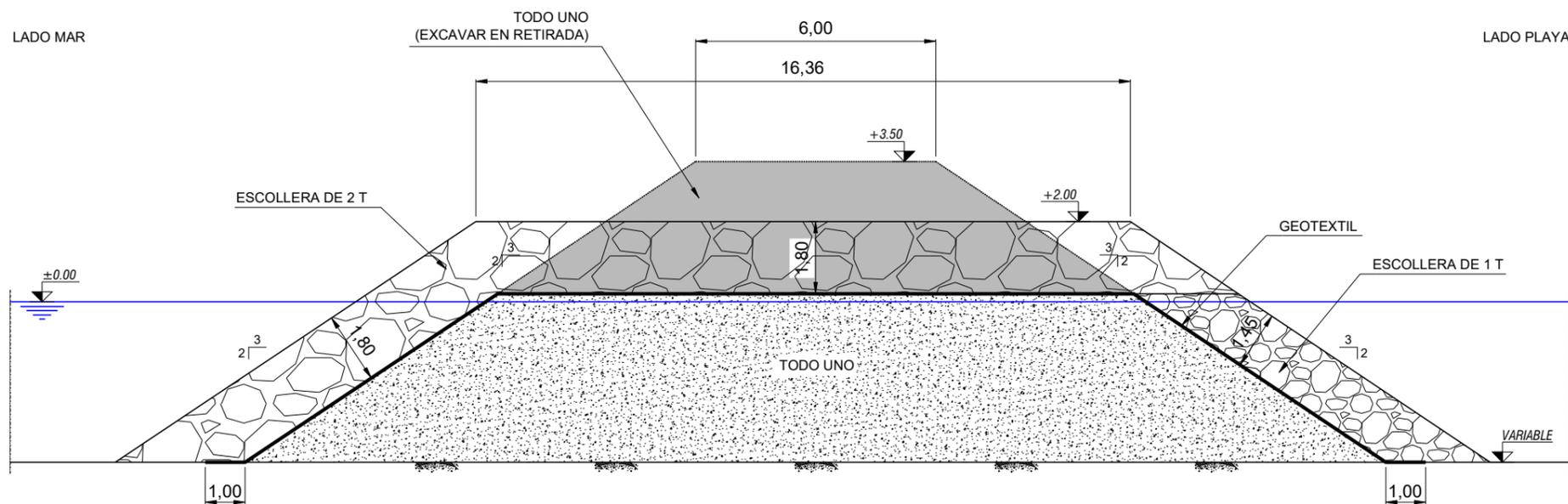
SECCION E-E'. PIE DE APOYO  
ESCALA 1:150



SECCION F-F'. ESPIGON S (h < 3m)  
ESCALA 1:150

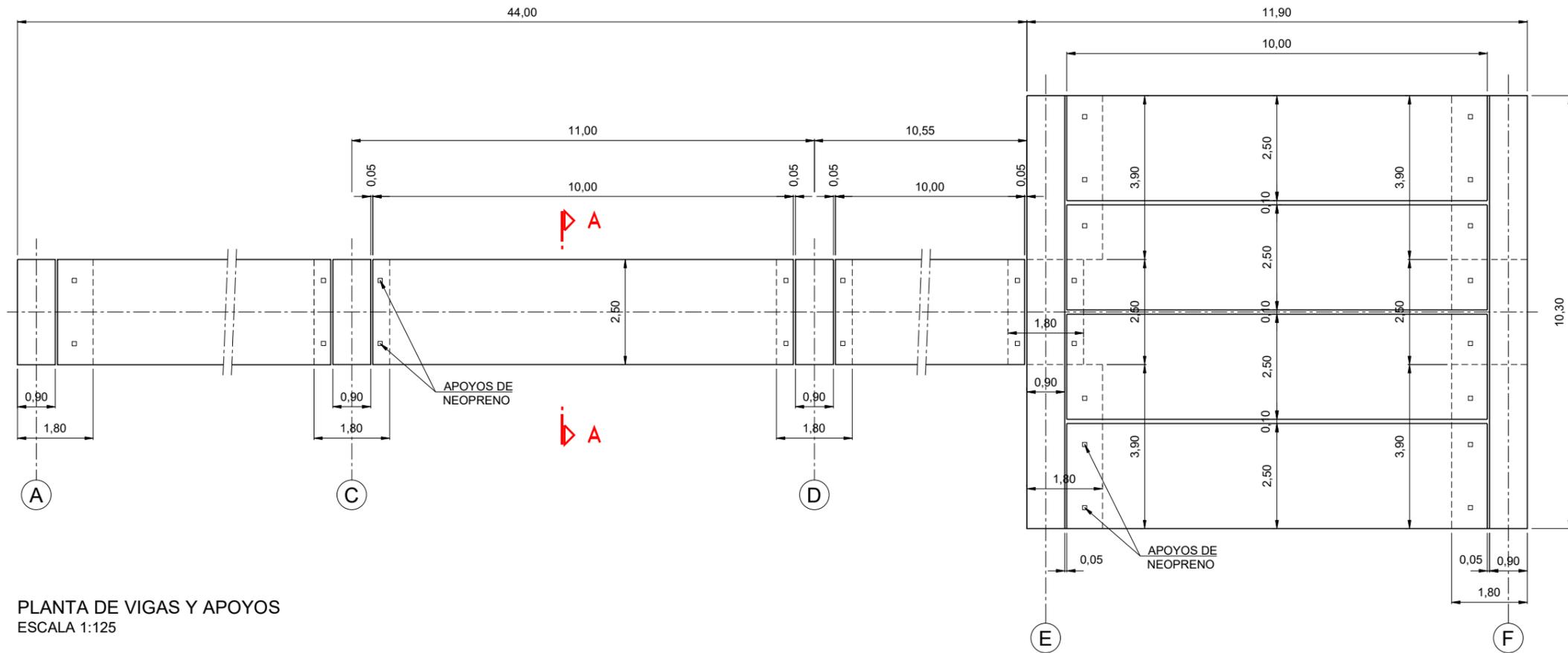


SECCION H-H'. ESPIGON S (MORRO)  
ESCALA 1:150

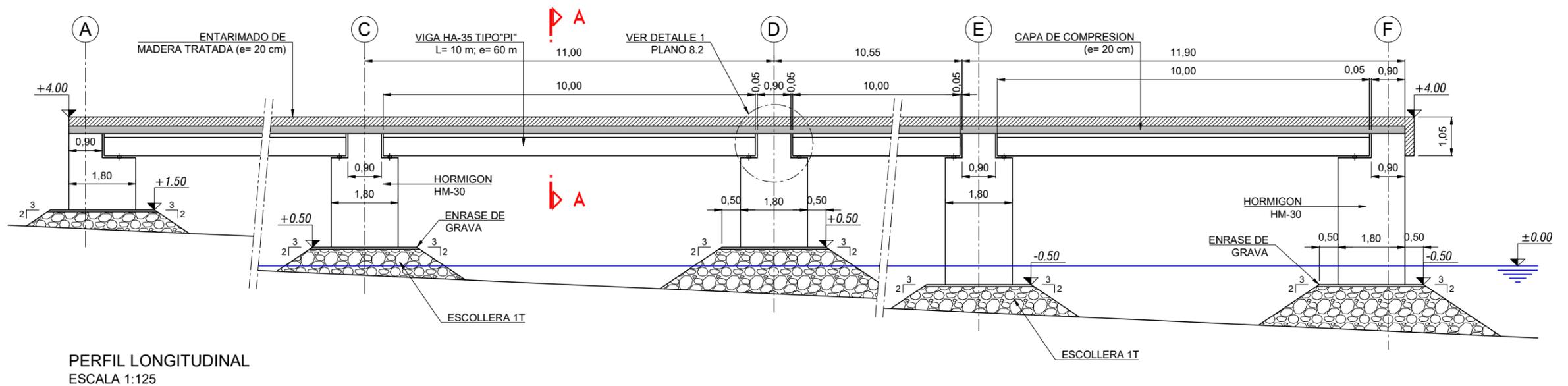


SECCION G-G'. ESPIGON S (h < 4m)  
ESCALA 1:150

P1702-F3-PLA-0620.dwg



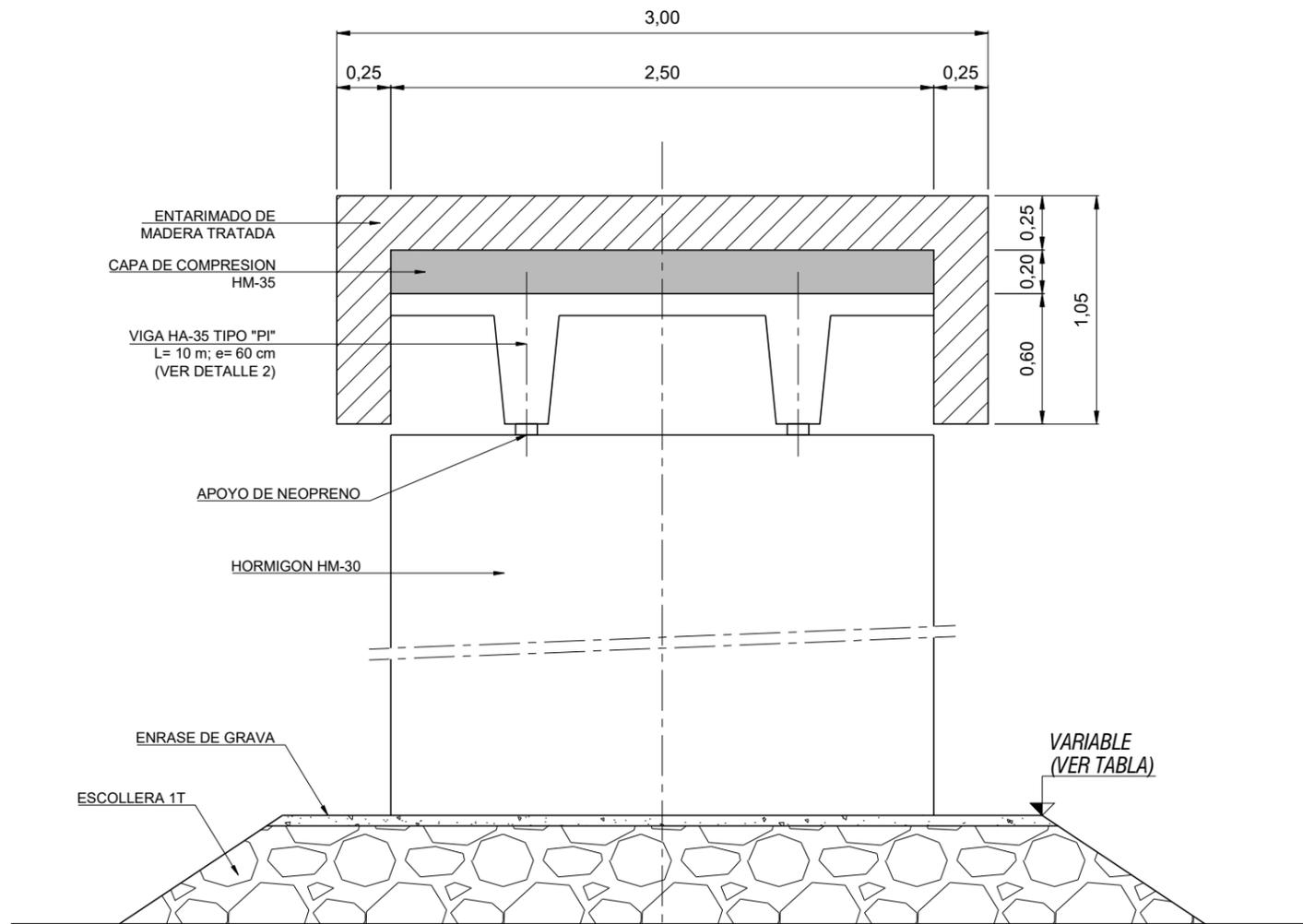
PLANTA DE VIGAS Y APOYOS  
ESCALA 1:125



PERFIL LONGITUDINAL  
ESCALA 1:125

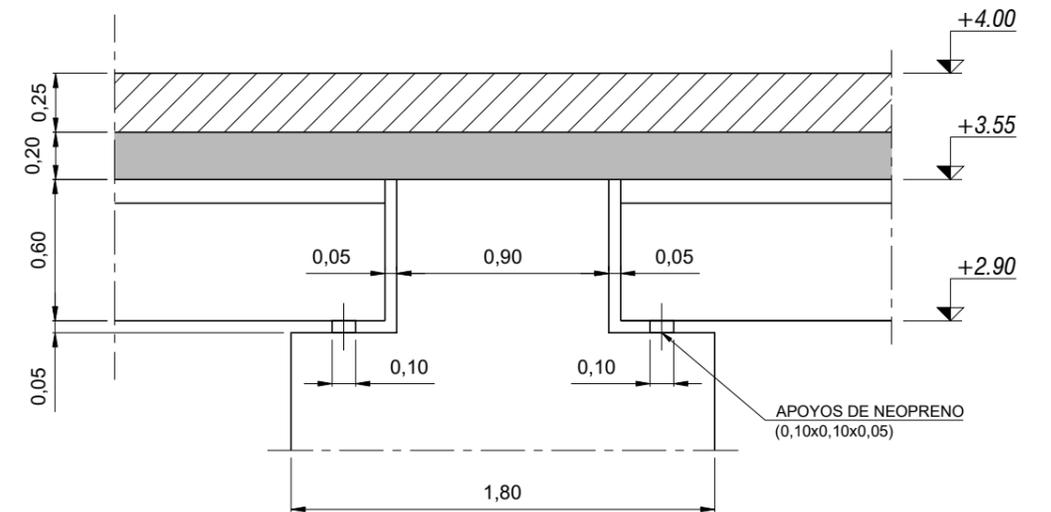
P1702-F3-PLA-0800.dwg

PROMOTOR: <b>Tourin Europeo</b>	EMPRESA CONSULTORA: <b>MARCIGLOB</b> Mallorca & Civil Global Consultancy Solutions	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO <b>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA</b> I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO <b>PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)</b>	FECHA <b>SEPTIEMBRE 2017</b>	ESCALA: DIN A-3 <b>1 : 125</b> 0 1,25 2,5 m	TÍTULO DEL PLANO <b>PANTALAN DE USO LÚDICO PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL</b>	Nº DE PLANO <b>8.1</b> Nº HOJA <b>1 DE 1</b>
------------------------------------	---	---	--	-------------------------------------	---	--	---

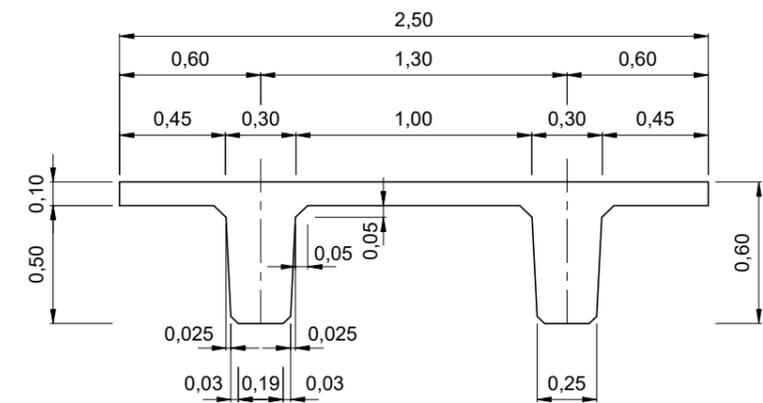


SECCION A-A  
ESCALA 1:30

COTA DE CIMENTACION	
APOYO	COTA
A	+ 1,50
B	+ 1,50
C	+ 0,50
D	+ 0,50
E	- 0,50
F	- 0,50



DETALLE 1  
ESCALA 1:30



DETALLE 2. VIGA TIPO "PI"  
ESCALA 1:30

P1702-F3-PLA-0800.dwg