



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Trabajo final de grado

Titulación: Grado en Ingeniería Civil
Curso: 2016/17

Autor: Carmen Siso Rosagro
Tutor: Vicente Cerdá García de Leonardo

Valencia, marzo de 2017

Índice

1. Objeto, alcance y finalidad del estudio	6
1.1. Objeto	6
1.2. Alcance.....	6
1.3. Finalidad	6
2. Localización y características del municipio	8
2.1. Localización.....	8
2.1.1 Situación geográfica: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.....	8
2.1.2 Emplazamiento: Situación geográfica municipal	8
2.2. Historia.....	9
2.2.1 Prehistoria	10
2.2.2 Edad Antigua: Romanización del Pinatar	10
2.2.3 Edad Media	11
2.2.4 Edad Moderna	12
2.2.5 Edad Contemporánea: el Nacimiento del Municipio de San Pedro del Pinatar	13
2.2.6 Primera mitad del siglo XX en San Pedro del Pinatar	14
2.2.7 Del 'boom' turístico de los sesenta al San Pedro del Pinatar de hoy	14
2.3. Características del municipio.....	14
2.3.1 Demografía y población.....	14
2.3.2 Economía	17
2.3.3 Accesos	17
3. Evolución histórica de la Manga del Mar Menor.	19
3.1. Características del municipio.....	19
3.1.1 Turismo	19
3.1.2 Planeamiento.....	20
3.2. Geomorfología.....	21
3.2.1 Procesos geomorfológicos.....	21
3.2.2 El litoral Este. Mar Menor-La Manga.....	22
3.3. Evolución histórica.....	22
3.4. Conclusión	27

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

4. Playa de la Llana	29
4.1. Descripción	29
4.1.1 Playas de la Llana. Playa de las Salinas	31
4.1.2. Playas de la Llana. Playa de la Barraca Quemada	32
4.1.3. Playas de la Llana. Punta de algas	33
4.2. Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar.....	34
4.2.1 Descripción	34
4.2.2. Marco territorial	36
4.2.3. Diagnóstico.	38
4.3. Infraestructuras y equipamientos	47
4.3.1. Red viaria	47
4.3.2. Puertos comerciales y deportivos	48
4.3.3. Aeropuertos y tráfico aéreo	48
4.4. Conclusión	48
5. Geología y geotecnia	50
5.1. Introducción.....	50
5.2. Geología.....	50
5.2.1 Descripción general	50
5.2.2 Estratigrafía y litología	52
5.2.2.1 <i>Andesitas hipersténicas</i>	53
5.2.3 Historia geológica	55
5.2.4 Tectónica	55
5.3. Factores con incidencias geotécnicas.....	56
5.3.1 Características físico-geográficas	56
5.3.2 Climatología	57
5.3.3 Precipitaciones	58
5.3.5 Características geomorfológicas.....	59
5.3.6 Características hidrogeológicas	60
5.4. Características geotécnicas	62
5.4.1 Problemas de tipo hidrológico y geotécnico	63
5.4.2. Granulometría de la zona de estudio	63

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

<i>Granulometría de la zona Playa de la Llana</i>	67
6. Climatología marítima	70
6.1. Introducción.....	70
6.2. Régimen de vientos	71
6.2.1 Origen y tipos de vientos en la península	71
6.2.2 Caracterización régimen de vientos en la costa levantina	72
6.2.3 Régimen de vientos en nuestra zona de actuación.....	75
6.3. Oleaje.....	80
6.3.1 Introducción	80
6.3.2 Datos disponibles del oleaje	80
6.3.3 Régimen medio del oleaje: Rosas de oleaje	81
6.3.4 Régimen extremal del oleaje.....	89
6.3.5 Aplicación de las fórmulas de Iribarren.....	91
6.4. Corrientes	91
6.5. Conclusión	94
7. Dinámica litoral.....	95
7.1. Introducción.....	95
7.2. Transporte de sedimentos.....	96
7.2.1 Transporte transversal	96
7.2.2 Transporte longitudinal de sedimentos	97
7.3. Cálculo del transporte longitudinal	97
7.4. Evaluación del transporte efectivo anual.....	103
7.4.1 Playas de la llana.....	104
7.4.2 Playa de la Torre Derribada (norte del puerto)	107
7.5. Conclusión	109
8. Servidumbres y DPMT	110
8.1. Introducción.....	110
8.2. Ley 22/1988 de costas	111
8. 2.1. Objeto y finalidades de la Ley.....	111
8.2.2. Bienes de Dominio Público Marítimo Terrestre	111
8.3. Servidumbres legales.....	113

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

8.3.1. Servidumbre de protección	113
8.3.2. Servidumbre de tránsito.....	114
8.3.3. Servidumbre de acceso al mar	115
8.4. Zona de influencia	115
8.5. Plan General de Ordenación Urbana (PGOU).....	116
8.5.1. PGOU de San Pedro del Pinatar.....	116
Suelo no urbanizable	116
8.6. Conclusiones.....	118
9. Estabilidad de la Llana. Diagnostico.	119
9.1. Evolución histórica.....	119
9.1.1. Introducción	119
9.1.2. Posición de la línea de costa.....	120
9.2. Necesidad de actuación.....	132
9.3. Delimitación de la actuación	140
10. Estudio de soluciones	141
10.1. Introducción	141
10.2. Definición del problema	142
10.3. Análisis de la situación actual.....	143
10.4. Métodos usuales para la regeneración y protección costera.	144
10.4.1 Defensas longitudinales.....	145
10.4.2. Defensas transversales (espigones)	147
10.4.3 Defensas exentas.....	150
10.4.4. Alimentación artificial.....	153
10.5. Análisis de las alternativas y elección de la solución óptima.....	156
10.5.1. Criterios de valoración.....	157
10. 5.2. Generación de alternativas / propuesta de soluciones	158
10.5.3. Análisis de las alternativas.....	159
10.6. Selección de la solución óptima	180
11. Descripción de la solución adoptada.....	182
11.1. Introducción	182
11.2. Equipos de bypass	183

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

11.2.1 Sistemas móviles	183
11.3. Origen de la medida correctora	184
11.4 Descripción de la actuación.....	184
11.4.1 Aportación inicial procedente de yacimiento de arenas	185
11.4.2 Aportación periódica de mantenimiento mediante bypass móvil.....	189
11.5 Programa de trabajos	192
11.5.1 Equipos	193
11.5.2 Programa de trabajos extracción de yacimiento	193
11.5.3 Programa de trabajos bypass móvil	196
11.6 Presupuesto.....	198

1. Objeto, alcance y finalidad del estudio

1.1. Objeto

El objeto del presente estudio es servir como trabajo de fin de grado de la titulación “ingeniería civil” impartida en la Escuela Técnica Superior de Caminos Canales y Puertos en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

El proyecto tiene una finalidad meramente académica, y en él se ha abordado la problemática existente en **la playa de la Llana**, situada en San Pedro del Pinatar.

El presente estudio, cuyo título es “**Estudio de las posibles actuaciones en la playa de la Llana**”, (Subtítulo) para ordenar los usos, paliar el retroceso de la línea de costa, y restaurarla ambientalmente” tiene como **principales objetivos**:

- **Estudiar el tramo de costa** de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar), para conseguir un diagnóstico de la problemática relacionada con la regresión de la línea de costa en las últimas décadas. Así como realizar un estudio básico de la dinámica litoral de la zona.

- **Analizar** de manera general la tipología de las **obras de defensa** costera actuales.

- **Proponer una alternativa** que consiga recuperar la línea de costa que en los últimos años ha experimentado una considerable regresión.

- Conseguir con la alternativa elegida una **playa estable** frente a la dinámica litoral y una mayor protección frente a la acción puntual de los temporales.

- **Restaurarla ambientalmente** para volver en la medida de lo posible a la estructura, funciones, diversidad y dinámica del ecosistema original.

- Ordenación de los usos de la playa.

1.2. Alcance

El **alcance** de este trabajo se desarrollará al nivel de estudio de soluciones sin alcanzar el de proyecto.

1.3. Finalidad

La **finalidad** del presente estudio consiste en **diagnosticar el estado de la playa** y seleccionar un conjunto de **actuaciones coherentes** con el diagnóstico establecido, que pudiera servir de base para la redacción de un proyecto posterior.

En este trabajo final de grado se ha hecho una recopilación de las diferentes obras costeras que se utilizan para proteger el litoral, en las que se destacan la **obras**

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

duras o rígidas tales como revestimientos, espigones, diques y las obras exentas. De las **obras blandas** se encuentra la alimentación artificial de playas, las defensas dunares y los trasvases de arena.



Imagen 1: Playa de la Llana (San Pedro del Pinatar, Región de Murcia). Tras la playa, el Parque Regional de las Salinas y el Mar Menor.

2. Localización y características del municipio

2.1. Localización

2.1.1 Situación geográfica: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

El municipio de San Pedro del Pinatar pertenece a la Comunidad Autónoma de Murcia, la cual se encuentra situada en el sudeste de la Península Ibérica, a las orillas del Mar Mediterráneo.



Imagen 2: Situación geográfica de la Comunidad autónoma de Murcia.

2.1.2 Emplazamiento: Situación geográfica municipal

San Pedro del Pinatar, en el levante de la península Ibérica, está ubicado entre el Mar Menor y el Mar Mediterráneo. Es limítrofe con la provincia de Alicante y está a 37 km de Cartagena y a 50 km de Murcia. Sus municipios colindantes son San Javier y Pilar de la Horadada.

Se trata de una pequeña península que tiene catorce kilómetros de costa repartidos entre los dos mares. Las playas en el Mar Menor son: Villananitos, La Puntica y La Mota. En el Mediterráneo están las Playas de La Llana, que son la Playa de las Salinas, Barraca Quemada y Punta de Algas (junto a la Playa de las Salinas se encuentra el puerto). Unas de las playas más destacadas del litoral murciano por su carácter natural.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Está situado en una depresión litoral que finaliza en dos núcleos de población: El Mojón, compartido con el Pilar de la Horadada, en la provincia de Alicante, y Lo Pagán, que limita con San Javier. Entre estos núcleos se encuentra el humedal más importante de la Región de Murcia: el Parque Natural de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar, con casi 900ha.

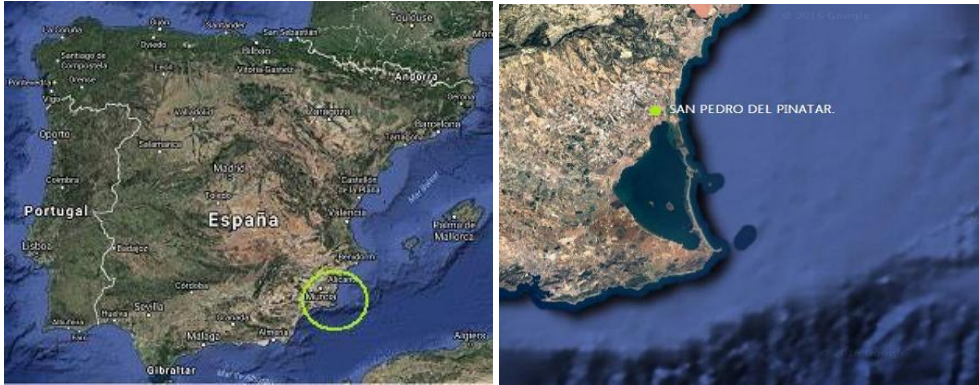


Imagen 3: localización San Pedro del Pinatar

Es en las Salinas de San Pedro del Pinatar donde se sitúan las tres playas objeto de estudio: La playa de las Salinas, La Barraca quemada y Punta de Algas (figura 1).



Imagen 4: Playas objeto de estudio de San Pedro del Pinatar

2.2. Historia

San Pedro del Pinatar está bañado al Este por el Mar Mediterráneo y al Sur por el Mar Menor. Esta singular situación geográfica ha condicionado su devenir histórico,

que siempre ha estado ligado al Mar Menor y a sus habitantes. Hasta el siglo XVII, San Pedro del Pinatar era denominada 'El Pinatar', aludiendo a su aspecto de extensa masa forestal, en la que abundaban los pinos.

La Historia de San Pedro del Pinatar está ligada a su situación geográfica, entre el Mar Menor y el Mar Mediterráneo, a la riqueza pesquera de sus aguas y a la presencia del humedal de las salinas, declarado Parque Regional en 1985. La arqueología subacuática ha desvelado que fenicios, griegos y tirios comerciaron en las costas pinatarenses, y que fueron los romanos los pioneros en la explotación de las salinas, sentando las bases de la industria de salazones.

2.2.1 Prehistoria

Los primeros vestigios de civilización en el entorno del Mar Menor datan del Paleolítico. Las estructuras arqueológicas halladas en el yacimiento de Las Amoladeras, situado en Cabo de Palos, confirman que en este lugar existió un poblado Eneolítico (III milenio a.C.), es decir, correspondiente a ese período transitorio entre el Neolítico y la Edad de los Metales.

En esos tiempos, el Mar Menor era, aún, una bahía abierta al Mediterráneo, en la que sus pobladores recolectaban marisco, pescaban libremente y cazaban en los frondosos bosques del Campo de Cartagena, cuyas encinas y cipreses llegaban hasta la orilla del mar. A bordo de rústicas barcas, estos antepasados de los marmenorenses navegaban de isla en isla en busca de pesca y marisco, asentándose temporalmente en ellas, como prueban las piezas de sílex tallado encontradas en estos lugares. Sin embargo, no fue una zona muy poblada, ya que a la riqueza pesquera del Mar Menor y su benignidad climática se contraponían los peligros acuciantes por la presencia en los bosques de panteras y otros animales carnívoros peligrosos.

San Pedro del Pinatar es uno de los lugares más importantes dentro de la Historia de la Arqueología Subacuática de España. Yacimientos hallados son testimonio del paso por las costas de civilizaciones fenicias, griegas, púnicas y romanas. La civilización íbera también encontró en la costa marmenorense el lugar idóneo para asentarse y comerciar con un pueblo venido por mar: los fenicios, que traían especias, tejidos, cerámica y vidrio. Hay constancia de que en El Estacio fondeaban las naves fenicias, que surcaron el litoral murciano hace 2.700 años.

2.2.2 Edad Antigua: Romanización del Pinatar

Hacia el siglo VI a. C, la llegada de los cartagineses marcó el final de los pueblos íberos y helenos, haciéndose con el poder del litoral murciano, sus minas de plata y plomo y sus factorías de salazones. El Pinatar asistió a las refriegas de las Guerras púnicas entre cartagineses y romanos (264-146 a.C.) en la Península Ibérica. Los episodios bélicos se saldan con la hegemonía de Roma en el Mediterráneo. Los

vencedores se afianzaron y romanizaron el Campo de Cartagena, al que ellos denominarían 'Campus Spartarius'. Restos hallados de villas romanas y fustes de columnas demuestran que El Pinatar se convirtió en una villa industrial, cuyas salinas fueron explotadas por los romanos, por otro lado restos de ánforas, naves, dolios, cuencos y otros utensilios de cerámica confirman la existencia de un intenso tráfico mercantil en la costa de San Pedro del Pinatar. La Vía Augusta, que unía Cartago Nova y Tarraco (Tarragona) atravesaba San Pedro.

2.2.3 Edad Media

La llegada de los árabes a las costas marmenorenses supone la creación de las encañizadas. Los árabes establecieron en las golgas estos sistemas de pesca realizados con estacas y cañizo, con los que pescaban mújol y otras especies típicas del Mar Menor. Las golgas son pasos del Mar Menor vinculados a San Pedro del Pinatar por razones geográficas. Los adalides árabes del interior, atraídos por la benignidad climática y la suave orografía de la zona, llegaban hasta las costas del Mar Menor, asolando la comarca y cobrando prisioneros y botín, entre los que la sal y la pesca eran bienes muy apreciados.

En 1243 las Capitulaciones de Alcaraz producen la sumisión pacífica del reino de Murcia, que pasa a ser protectorado de Castilla y León. Fernando III llegaba a Murcia para confiar a su hijo, el infante don Alfonso, el gobierno de las tierras incorporadas por vasallaje del emir murciano. Don Alfonso ocupó los campos de Murcia y la ciudad de Cartagena. En este tiempo, la jurisdicción del concejo de Murcia llegaba hasta la costa, comprendiendo la Albufera con su campo ribereño y, por tanto, el territorio de San Pedro del Pinatar.

Tras el fallecimiento de Fernando III en 1252, Alfonso X asumía los poderes reales y dividía en dos jurisdicciones, Cartagena y Murcia, esa gran extensión de campo al Sur de las sierras que delimitaban meridionalmente la Huerta. San Pedro del Pinatar quedó dentro del territorio de Murcia. En 1264, Alfonso X entrega las pesquerías del reino de Murcia (entre las que se encontraban las de San Pedro del Pinatar) al, mal llamado, infante don Juan Manuel. Las continuas discordias entre ambos empujaron a Alfonso a despojar al infante del Adelantamiento de Murcia y de las pesquerías de la Albufera, quedando estas últimas en manos de la ciudad de Murcia.

El Libro de Montería de Alfonso XI, escrito en 1340, revela el aspecto de San Pedro del Pinatar en la Baja Edad Media, como una espesa masa forestal, donde en invierno se cazaba el jabalí. En los albores del ocaso medieval, los musulmanes de Granada penetraron en territorio murciano y cartagenero, llegando hasta El Pinatar, donde se libró una batalla de la que los musulmanes tuvieron que acabar retirándose hacia el Valle del Guadalentín. Más tarde, volvieron a intentar la escaramuza, pero fueron derrotados. Por lo tanto, San Pedro del Pinatar asistió a la última incursión de

cierta importancia, que penetró por tierras castellanas antes de la reconquista cristiana de Granada en 1492. En los documentos de la época, San Pedro del Pinatar y Los Alcázares aparecen como los puertos de Murcia donde se desembarcaba trigo, para abastecer a la población de la ciudad, cuyo Concejo administraba las pesquerías y encañizadas del territorio pinatarese. San Pedro del Pinatar finaliza la Edad Media con una población en aumento, gracias a la llegada de familias por los sucesivos poblamientos a censos.

2.2.4 Edad Moderna

Las salinas se explotaban mediante arrendatarios, cuyos derechos llegaron a superponerse a los de la Corona. Para recuperar sus derechos sobre las salinas, el Rey compensará a los poseedores de hecho, otorgándoles acciones.

La vida tranquila del litoral marmenorense se vio interrumpida por las incursiones de piratas berberiscos. El fácil acceso a la Albufera permitía a los corsarios desembarcar con facilidad y arrasarlo la comarca, llevándose botines. Para defenderse de las incursiones se construyeron torres vigía a lo largo del litoral. Por una Carta Pragmática del 6 de junio de 1592, Felipe II anunciaba su intención de levantar una torre defensiva en El Pinatar, entre las de la Forada (Horadada) y la de San Miguel del Estacio, con el fin de conformar un sistema defensivo para la comarca. La Torre del Pinatar se construyó en 1602 y se mantuvo artillada y guarnecida hasta el siglo XVIII.

En el siglo XVII, el Campo de Murcia asistirá a la proliferación de ermitas, fruto de una misión predicada por padres franciscanos. La población del caserío de El Pinatar estaba compuesta principalmente por pescadores, labriegos, salineros, arrieros y pastores, gentes sencillas y azarosas, que vieron elevarse sobre sus cabezas una ermita que se puso bajo la advocación del pescador y apóstol San Pedro. A partir de entonces El Pinatar pasó a denominarse San Pedro del Pinatar y sus pobladores fueron agrupándose en torno a la sencilla torre de la ermita.

El estallido de la Guerra de Sucesión (1700-1713) colocó a Murcia de parte de Felipe V. Los partidarios del archiduque Carlos de Austria atacaron en 1706 Cartagena, su puerto y la comarca del Mar Menor, que cayeron en manos de la Armada Británica, aliada del archiduque. El duque de Berwick, general borbónico, consiguió recuperar las tierras perdidas, siendo recompensado con la donación de terrenos. Estos terrenos debieron abarcar parte de San Pedro del Pinatar, puesto que existe constancia de que el duque poseyó propiedades en el término. Por esta época, era San Pedro del Pinatar un lugar de realengo del término de Murcia, ya que pertenecía a la Corona y no se encontraba bajo ningún señorío secular o particular.

Los últimos años de la Edad Moderna en San Pedro del Pinatar fueron de tranquilidad y prosperidad por la disminución de los ataques corsarios y la pujanza

económica y demográfica, que llevaron a Carlos IV a concederle una feria por junio, coincidiendo con las celebraciones de su santo patrono. Los padrones de población de finales del siglo XVIII señalan una duplicación de la población entre 1771 y 1798.

2.2.5 Edad Contemporánea: el Nacimiento del Municipio de San Pedro del Pinatar

El siglo XIX despunta en el Sureste español cargado de catástrofes naturales. San Pedro del Pinatar sufrió también los avatares del despertar decimonónico, acuciando los daños provocados por una serie de terremotos en el año 1829. El cólera morbo provocó estragos entre la población regional, quedando San Pedro del Pinatar libre de la epidemia, lo que llevó a familias de Murcia y Cartagena a adquirir casas en esta zona. Se inicia así la transformación de San Pedro del Pinatar en centro de recreo estival para familias de abolengo.

En 1820, San Pedro del Pinatar intentó constituirse en municipio, pero el retorno del absolutismo abortó el ensayo, volviendo la población a ser un lugar del término murciano. Cuando fallece Fernando VII, el país vuelve a la Constitución y al amparo de las leyes liberales. En este contexto político San Pedro del Pinatar quiso segregarse de Murcia y constituirse en Ayuntamiento el 16 de septiembre de 1836. El primer alcalde sería José Imbernón Ruíz. Las autoridades pinatarenses trabajaron para obtener una Aduana Marítima y lo consiguieron en 1857. Como consecuencia, el punto de El Mojón fue designado como "embarcadero-puerto habilitado para el comercio de cabotaje".

La Ley de 16 de junio de 1869 privaba a San Pedro del Pinatar del monopolio de la sal, quedando las salinas en venta. Fueron compradas por don Manuel García Coterillo, al que deben su nombre, y más tarde las adquirió un grupo de empresarios murcianos, que constituirían la Mancomunidad de Salinas Marítimas de San Pedro del Pinatar. Actualmente pertenecen a Salinera Española.

En los últimos retazos del siglo XIX San Pedro del Pinatar era una población bañada por dos mares, en la que sencillos salineros, artesanos, pescadores, arrieros, herradores, pescateros y demás gremios conviven con personalidades ilustres del panorama español. Es la época de figuras como Emilio Castelar, el barón de Benifayó, el industrial Manuel García Coterillo, los médicos Perpén y Ferrero, los descendientes del conde de Floridablanca, del marqués de Ensenada, de la Condesa de Tetuán, y de un sin fin de personalidades. El político y orador don Emilio Castelar y Ripoll, que había sido presidente del Poder Ejecutivo de la I República Española, falleció en 1899 en San Pedro del Pinatar, mientras se hospedaba en villa San Sebastián, el caserón que la familia Servet-Spottorno poseía en la localidad y que, actualmente, se conoce como Casa del Reloj. Algunos meses antes había fallecido en su casa palacio de Las

Esperanzas el barón de Benifayó, don Julio Falcó d'Adda, perteneciente a la casa italiana de Saboya.

2.2.6 Primera mitad del siglo XX en San Pedro del Pinatar

San Pedro del Pinatar inicia el siglo XX con optimismo, siendo una villa en la que veranean familias de la nobleza española y donde los habitantes de la Huerta pasan sus vacaciones. La población pinatarense continúa ocupándose de tareas tradicionales como la pesca y la agricultura, aunque esta última acusa las eternas dificultades impuestas por la escasez de terreno y por la sequía, que intentaban paliar, elevando aguas subterráneas con norias y aceñas.

El laboreo de las salinas era una de las principales actividades económicas desde tiempo inmemorial y una fuente inagotable de trabajo. Todavía quedan como reliquias los molinos de Quintín y la Ezequiela, con los que aprovechaba la energía eólica para trasvasar el agua del Mar Menor a las Salinas. Los expolios e incendios propiciados por la Guerra Civil llevaron a restaurar en su interior la iglesia de San Pedro y a comprar nuevas imágenes que reemplazasen a las desaparecidas.

2.2.7 Del 'boom' turístico de los sesenta al San Pedro del Pinatar de hoy

En la década de los 60' comienza el fenómeno turístico en San Pedro del Pinatar y su entorno, lo que dará lugar a un gran despegue económico y a la creación de multitud de puestos de trabajo en la construcción y los servicios. El avance demográfico propiciado por el incremento del nivel de vida, arroja cifras de población que llegan a duplicarse entre 1971 y 1991, pasando de 6.637 a 13.400 habitantes, en tan sólo veinte años. Convertido en uno de los grandes destinos turísticos de la Costa Cálida y dotado de una extensa actividad comercial, San Pedro del Pinatar es, además, un municipio marinerero.

Su flota pesquera faena en el Mar Mediterráneo y el Mar Menor, de donde extrae las especies más cotizadas en el mercado: la dorada, el lenguado, el salmonete y el mújol. Las Salinas de San Pedro del Pinatar continúan siendo fuente inagotable de ingresos y fueron declaradas Parque Regional en 1985. En este espacio natural se pueden admirar salinas, saladares, carrizales, playas, dunas, pinares y encañizadas. En torno a ellas ha proliferado un turismo de salud, atraído por las propiedades terapéuticas de las aguas ricas en sales minerales de este humedal. Agricultura, pesca, industria y servicios son los pilares de la próspera economía pinatarense, uno de los de mayor renta per cápita de la Región de Murcia.

2.3. Características del municipio

2.3.1 Demografía y población

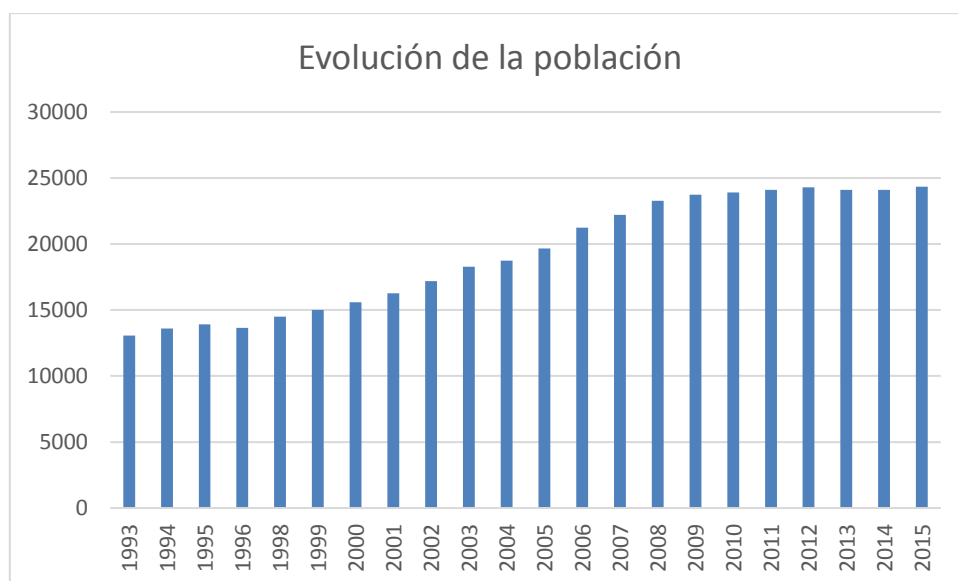
Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

La evolución que presenta la población de derecho del municipio de San Pedro del Pinatar, permite conocer la dinámica de crecimiento de los habitantes empadronados, independientemente de si residen o no de manera permanente en él. A continuación se muestran los datos de la evolución de la población total desde 1993 hasta la actualidad (2015 como último dato oficial publicado). Todos estos datos proceden de la Explotación del Padrón Municipal y se encuentran publicados por el Instituto Nacional de Estadística (INE).

La población censada en el municipio se ha incrementado en un 186% situándose en 24339 habitantes, así como la densidad de población desde el año 1993 hasta el año 2015 que se encuentra en 1088hab/km² (debido a su pequeña superficie de 22,32km²).

Actualmente su población se encuentra distribuida uniformemente en el municipio, aunque se concentra en los núcleos de San Pedro del Pinatar y sus barrios, Lo Pagán, Los Sáez y El Mojón. De acuerdo con el Centro Regional de Estadística de Murcia, en San Pedro del Pinatar 6035 de sus habitantes son extranjeros, lo cual sitúa a un 25% de la población como extranjera.

La evolución demográfica de los últimos 22 años se muestra en la siguiente tabla:



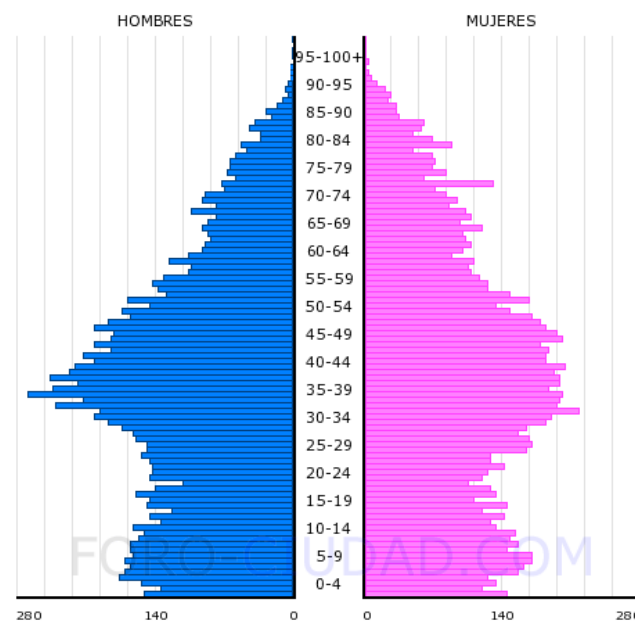
Grafica 1: evolución de la población

El crecimiento de población ha sido paralelo al desarrollo económico del municipio, liderado particularmente por el sector servicios relacionado con el turismo. El aumento poblacional ha sido constante a lo largo de los últimos 20 años, sin haberse visto muy afectado por movimientos migratorios consecuencia de la crisis económica de 2007. En este sentido, tan sólo ha habido dos años en los que la población del municipio ha decrecido y coincide con los años de mayor paro registrado en España

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

durante la crisis, justo antes del cambio de dinámica económica vivida en el reino de España en el año 2014-15. En dichos años 2013 y 2014, la población descendió en 194 personas.

Edad	Hombres	Mujeres	Total
0-5	792	689	1.481
5-10	836	814	1.650
10-15	757	718	1.475
15-20	723	647	1.370
20-25	697	630	1.327
25-30	779	797	1.576
30-35	1.006	961	1.967
35-40	1.200	990	2.190
40-45	1.053	959	2.012
45-50	962	950	1.912
50-55	786	778	1.564
55-60	627	588	1.215
60-65	504	519	1.023
65-70	452	539	991
70-75	413	477	890
75-80	322	367	689
80-85	220	327	547
85-	164	296	460
Total	12.293	12.046	24.339



Gráfica 2: Pirámide de población año 2015

La pirámide de población de San Pedro del Pinatar muestra una distribución estrecha en la cúspide (grupos de edad mayores), frente a un ligero ensanchamiento de la base y los grupos centrales, siguiendo los parámetros de una sociedad desarrollada. La distribución de la población según sexo de los habitantes evidencia que en la actualidad existe un porcentaje muy similar de hombres y mujeres en el municipio.

2.3.2 Economía

Dispone de una agricultura muy limitada por la poca extensión del municipio. Sin embargo, dispone de una pesca bastante desarrollada tanto en el Mar Mediterráneo como en el Mar Menor, con importantes industrias derivadas de la pesca y la agricultura circundante. Además, el sector servicios está bastante desarrollado en diferentes actividades tales como banca, turismo, etc. En la pedanía de Lo Pagán se encuentra una sede del Instituto Español de Oceanografía.

Existe un pequeño puerto en el Mar Mediterráneo, con 146.800 m² y tres metros de calado, con una actividad centrada principalmente en la pesca y el transporte de la sal; en su interior hay dos puertos deportivos con bastantes puntos de amarre (denominados Villa de San Pedro y Marina de Salinas). Hay otro puerto deportivo (Lo Pagán) en el Mar Menor junto a la lonja del pescado y el muelle de los pescadores.

La industria más tradicional desde el tiempo de los romanos es la explotación de la sal en las Salinas de Coterillo, que mantienen su actividad empresarial hasta la actualidad.

Desde el año 2005 se produce agua desalada, están funcionando dos plantas potabilizadoras de agua, que trabajan por ósmosis inversa, y producen agua destinada a consumo humano para toda la zona costera hasta Cartagena. Sin embargo, desde un punto de vista ecológico existe una fuerte crítica a estas instalaciones al considerarse que sus residuos afectan negativamente a praderas de posidonias marinas existentes en la costa. Estas plantas potabilizadoras se encuentran situadas junto al parque natural de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar.

Las actividades relacionadas con el ocio ocupan un destacado papel, ya que dispone de un clima adecuado para actividades al aire libre, varias playas y puertos deportivos, instalaciones de talasoterapia, itinerarios ecológicos por sus espacios protegidos por lo que existe una oferta diversificada.

2.3.3 Accesos

Existen múltiples opciones para acceder al municipio de San Pedro del Pinatar. Las más comunes son las siguientes:

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Por carretera:

Desde Murcia: A 52,6 Km. Por A-30 y RM-19 hasta Avda. de Balsicas. AP7 salida 775/ RM-F25 hasta Avda. De Orihuela.

Desde Alicante: A 86,8 Km. A-31 /N-332. Sigue por E-15/A-70 y AP-7 hacia N-332. Toma la salida 774 desde AP-7. N-332 en San Pedro del Pinatar.

Por ferrocarril:

La Estación de Ferrocarril más cercana es Balsicas - Mar Menor, situada en la comunidad de Murcia, a tan solo 20 Km. A menos de 70km también se sitúan las estaciones de Cartagena, Alicante y Murcia.

Por avión:

Aeropuerto de San Javier: a 15km por N-332 o AP-7. Aeropuerto de Alicante (El Altet): a 60km por N-332 o AP-7

Por barco:

Existen dos puertos privados deportivos, uno situado en la pedanía de Lo Pagan dentro del Mar Menor y otro en San Pedro del Pinatar, en el Mar Mediterráneo.

3. Evolución histórica de la Manga del Mar Menor.

Para entender las playas de la Llana, es necesario mencionar la Manga del Mar Menor. Ésta, es un cordón litoral que encierra la laguna litoral de agua salada más grande de España. Se encuentra en la Región de Murcia, y es uno de los principales reclamos turísticos de la zona.

3.1. Características del municipio

La Manga del Mar Menor, perteneciente a los municipios de Cartagena en su mitad sur, San Javier hacia el norte y, San Pedro del Pinatar, en el istmo septentrional, es seguramente el **foco turístico de referencia** de la Región de Murcia.

Un cordón extendido a lo largo de, aproximadamente, **24 km entre Cabo de Palos y la Punta del Mojón**, que pone límites naturales a la laguna de agua salada conocida como Mar Menor.

En su **origen**, lo que actualmente se conoce como La Manga del Mar Menor fue una **bahía abierta al Mediterráneo**; en sus extremos, escollos de rocas volcánicas fueron actuando paulatinamente como frenos de arenas y sedimentos arrastrados por las corrientes marinas, hasta conformar una columna arenosa de dunas y vegetación agreste y extensas playas bañadas por dos mares, el Mediterráneo y el Menor. La Manga es una estrecha franja de terreno cuya **anchura varía entre 200 m y 1 km y medio**. Está cortada por canales naturales que mantienen el contacto entre los dos mares; las llamadas golgas permiten la entrada en el agua del Mediterráneo en la laguna. Como tal espacio, se mantuvo **virgen hasta la década de los años sesenta**, cuando se produce el "descubrimiento" de La Manga como **enclave turístico**, experimentando una transformación con la urbanización de la zona y la construcción de infraestructuras turísticas.

3.1.1 Turismo

Actualmente es el primer destino turístico de la Región de Murcia, ya que alberga más del 50% de la actividad turística de playa de toda la Comunidad Autónoma, según el Plan Estratégico Regional de Turismo.

Se trata de un área de larga tradición urbanística destinada al **turismo tradicional de sol y playa**, de un éxito reconocido incluso a nivel internacional. Su clima cálido y su paisaje peculiar hacen de sus playas unos lugares muy atractivos para el turismo estival y de fin de semana, de modo que en temporada alta (verano) la población se estima hasta en unos 200000 efectivos, frente a los 15285 que en 2013 aparecen censados (INE).

Los Lodos como atractivo turístico

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Las particulares condiciones climatológicas del Mar Menor, con un alto porcentaje de horas de sol al año y una elevada salinidad, han propiciado que en el extremo norte de la laguna, en la zona conocida como Las Charcas, se fueran depositando durante siglos lodos muy apropiados para tratamientos terapéuticos.

Análisis realizados por la Universidad de Murcia (Estudio de 1995) revelan que estos sedimentos contienen un alto porcentaje de cationes, calcio, magnesio, potasio y flúor, así como aniones, cloruro y sulfato, muy superiores a los esperables, incluso, en aguas de esta salinidad. Además, la granulometría médica en esta zona incluye una elevada presencia de arenas finas y muy finas (limos y arcillas), que son las verdaderas artífices de las propiedades curativas atribuidas a los lodos. El pH es básico y oscila entre los valores de 7,12 y 8,45



Imagen 5: lodos del mar menor

3.1.2 Planeamiento

A la formación del Mar Menor, que se debe a la inundación por el mar de una cubeta sedimentaria, siguieron una serie de oscilaciones en el nivel marino que lo convirtieron, ya en albufera, ya en laguna endorreica, aproximándose a su configuración actual sólo hace un milenio. Pero el hombre ha intervenido cada vez más con mayor intensidad. Muchos son los **impactos** que este ecosistema recibe, derivados de las **actividades mineras y agrarias del entorno**, de los **vertidos urbanos e industriales**, y del **turismo**. Todas estas intervenciones se han convertido en la **principal amenaza** para el frágil equilibrio lagunar.

En cuanto se refiere al **planeamiento**: por iniciativa privada, **desde los años 60 se ha transformado, desde un cordón de arena prácticamente virgen, en un eje antrópico** de una densidad urbana cercana al 100% del territorio (252 urbanizaciones contabilizadas), lo que genera una presión ambiental inmensa difícil de gestionar, que probablemente haya llegado a su límite.

Por suerte, **un área ha escapado de esta potente agresión urbanística**; se trata del istmo al norte de la gola de las encañizadas (la más septentrional), al ser declarado como **espacio protegido** desde 1985: las **Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar**.

Es un **paisaje de dunas y humedales, con praderas de posidonia** y todo un ecosistema propio, donde se localizan unas salinas en explotación y playas vírgenes en las que son frecuentes los baños en lodo, por la creencia popular en sus propiedades curativas.

3.2. Geomorfología

La Manga se trata de una formación tipo isla-barrera de 22 km de longitud y de una anchura variable. Su mayor anchura se alcanza en las salinas de Cotorrillo con 1.500 m, y la menor (100 m) en Matas Gordas.

La barra engloba al cerro volcánico de Calnegre, pero no parece que su presencia haya resultado decisiva para la formación de la misma. Sin embargo, si hay evidencias de que **las playas y dunas actuales que forman La Manga se apoyan en los restos litificados de lo que debió de ser un cordón litoral anterior**. La presencia de este cordón anterior tiende a ponerse de manifiesto por una serie de **afloramientos de calcarenita y caliza oolítica**, algunos de longitud de hasta 1.500 m, que se presentan en superficie a lo largo de La Manga en los siguientes lugares: junto al cerro de Calnegre, en la punta del Galán, en la del Pedrucho, en el faro de El Estacio, **en las proximidades de Las Encañizadas (los escullos)** y junto a las salinas de Cotorrillo.

Geomorfológicamente, La Manga es una lengua de tierra de unos 21 Km que adoptó su forma actual durante la sedimentación cuaternaria, por colmatación natural de sedimentos provenientes en su mayoría de la desembocadura del Río Segura al norte y que eran frenados en su avance hacia el sur por Cabo de Palos.

Esto no es suficiente para fijar un nuevo territorio: durante unos 2000 años estos sedimentos fueron estableciéndose sobre un basamento volcánico y escollos de areniscas terciarias, que cerraban la cuenca neógena del Mar Menor por el este bajo el nivel del mar salvo en algunos puntos. El resultado es un cordón litoral que cierra casi por completo una laguna marina, cuya única **conexión** con el resto del Mar Mediterráneo es una serie de **golas o canales**, algunos de los cuales son artificiales.

El litoral este ocupado por el Mar Menor. Este conjunto constituye una unidad fisiográfica de un valor excepcional. El Mar Menor es una gran llanura litoral que ocupa una depresión Plio-Cuaternaria. La Manga es una estrecha barra de unos 22 km que encierra casi completamente la zona húmeda del Mar Menor entre Cabo de Palos y El Mojón.

3.2.1 Procesos geomorfológicos

En definitiva **la existencia de La Manga se debe a los mecanismos de la dinámica litoral**, que tiende a dar este tipo de formación cuando sobre una costa con topografía/batimetría suave y perfil longitudinal sinuoso, confluyen abundantes áridos, circunstancias que, evidentemente concurren en este caso. Los ríos, sobre todo el

cercano Segura, fueron responsables de su formación, aportando al mar los materiales que la dinámica costera depositó en las playas. Hoy el proceso dominante es el inverso: **el aporte de sedimentos se ha visto reducido por la construcción de embalses en los ríos, y la proliferación de obras costeras dificulta su movilización.** Como **resultado las playas y arenales se hallan en manifiesta y preocupante regresión.** Sobre las areniscas litificadas se depositaron dunas, que en la actualidad están siendo destruidas a un ritmo acelerado. Sólo en **las tres últimas décadas** se han **destruido en el Mar Menor más de 300 has de dunas**, la mayor parte en la Manga. En la **actualidad**, en la Región de Murcia, **sólo quedan dunas en dos espacios naturales protegidos**, en las **Salinas de San Pedro del Pinatar y en Calblanque.** En este último lugar la formación de dunas es mucho más modesta pero tienen un enorme interés geomorfológico al coexistir dunas fósiles con otras móviles.

3.2.2 El litoral Este. Mar Menor-La Manga

El *Mar Menor* es una albufera cerrada por una restinga en avanzado proceso de colmatación. Se localiza al pie de la amplia planicie del Campo de Cartagena y constituye **la mayor laguna del litoral español** y una de las más extensas del Mediterráneo. Tiene una superficie de **180 km²**, con una anchura máxima de 10 km y una longitud de 22 km. Su **profundidad** es escasa, alcanzándose el máximo entre las islas Mayor y Perdiguera, con **menos de 7 m.** La costa oriental, La Manga, separa el Mar Menor del Mediterráneo. La laguna, con una salinidad muy superior al Mediterráneo no recibe escorrentías superficiales de importancia, sólo las de las aguas estacionales y esporádicas de las ramblas que a ella van a desembocar: Carrasquilla, Beal, Miranda, Albuñón, Los Alcázares y otras de menor entidad. Su desecación por la intensa evaporación e infiltración que registra no se ha producido, porque mantiene con el Mediterráneo unos estrechos pasos de comunicación hídrica natural denominados *golas*: son las del Ventorrillo, El Charco, El Estacio y Marchamalo. El ensanche y dragado del canal del Estacio en 1973 ha contribuido a la modificación de los caracteres de la laguna (descenso de temperatura y salinidad), haciéndola más parecida en la actualidad al Mar Mediterráneo. Rodríguez Estrella (1986) apunta la idea de una subsidencia en el Mar Menor sincrónica con la sedimentación, lo que explicaría la paradójica no colmatación del mismo.

3.3. Evolución histórica.

En 1.862 se construyen los faros del Estacio e Islas Hormigas y tres años más tarde el Faro de Cabo Palos. La existencia de numerosos bajos submarinos provocó durante siglos grandes catástrofes marítimas en la zona. El naufragio del Sirio, en 1.906, que costó la vida a más de trescientas personas, es uno de los más recordados. A mediados del siglo XVIII, coincidiendo con el proceso desamortizador, el apellido Maestre se vincula con La Manga. En pública subasta, la familia adquiere la zona norte. **A principios de 1960, Tomás Maestre** compra a Francisco Celdrán el resto, **e inicia un**

plan de urbanización apoyado por el Ministerio de Educación y Turismo. En plena etapa desarrollista, La Manga fue impulsada por la Ley de Centros de Interés Turístico de 1963. Un año más tarde, **en 1964, se construye el primer edificio** en la entrada de La Manga, la Torre Negra. Poco después se inauguran los dos primeros hoteles, Entremares y Galúa. Desde entonces **La Manga ha crecido hasta convertirse en uno de los lugares turísticos más importantes de Europa**. La apertura del aeropuerto de San Javier para uso civil en 1968 fue una medida importante para la atracción del turismo al litoral murciano.

La familia Maestre y La Manga

La Manga del Mar Menor pertenecía al Estado, pero la Ley de desamortización de Mendizábal de 1855 a 1856 la confiscó en Subasta Pública el 10 de enero de 1863. A partir de este momento pasó a manos de los antecesores de los actuales promotores y urbanizadores, que la compraron por el precio de 31.000 reales (7.750 pesetas).

Sin embargo, no permaneció mucho tiempo en manos de sus nuevos propietarios, puesto que **la familia Maestre comienza a comprarla a finales del siglo XIX**. En la década de los años 50 del siglo XX la zona norte de La Manga ya se encontraba en manos de Tomás Maestre Zapata, patriarca de la familia en esos momentos.

Mientras tanto, en la zona cartagenera se extendía la finca denominada "la encañizada de Marchamalo", que había sido cedida a José Huertas en 1868 para el establecimiento de una pesquería. Años más tarde pasaría a manos del empresario minero Francisco Celdrán.

Tomás Maestre Aznar: el gran promotor de La Manga

En 1956 uno de los sobrinos de Tomás Maestre Zapata, Tomás Maestre Aznar, convenció a su tío para que le vendiera el conjunto de sus derechos sobre La Manga Norte, con el objeto de materializar el proyecto que tenía en mente.

Para la ejecución completa de su propósito, este abogado afincado en Madrid, necesitaba comprar también la zona sur, con el fin de organizar un plan general que pretendía construir los dos extremos de La Manga, dejando una finca relativamente extensa virgen en el centro, en la que se conservase intacta la esencia natural del paisaje mangleño.

Tras años de litigios con algunos de sus familiares y arduas negociaciones con Celdrán, Maestre Aznar se hace con el conjunto de La Manga del Mar Menor y comienza a convertirla en ciudad de vacaciones y destino turístico internacional.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Una vez adquiridos estos terrenos, inicia **en 1961 un proyecto urbanístico** que deja en las manos del arquitecto Antonio Bonet Castellano, que plantea la construcción de una serie de grandes núcleos con una torre incluida (de unas veinte alturas o más) y amplios espacios entre cada una de ellos, con el fin de ofrecer racionalidad, integración y una densificación del espacio baja (en total se calculó el despliegue de doce núcleos compactos).

Maestre Aznar contó con el apoyo de los Ayuntamientos de San Javier y Cartagena, de los que dependía La Manga, pero el espaldarazo definitivo para el éxito y desarrollo de su proyecto llegó con la visita a la restinga del entonces Ministro de Turismo Manuel Fraga Iribarne, que **en 1962** conoció estas playas y permitió su **entrada en el ámbito de la Ley de Centros de Interés Turístico**.

De este modo, el 23 de julio de 1966 y el 16 de diciembre de 1968 la Comisión provincial de Urbanismo de Murcia acordó la aprobación de los planes de ordenación urbana de los centros de Interés Turístico "Hacienda de La Manga de Cartagena" y "Hacienda de La Manga de San Javier" respectivamente.

Las primeras infraestructuras de La Manga

Las primeras obras urbanísticas e infraestructuras realizadas se llevaron a cabo en dos fases:

- **Fase 1 (1963-1964): Comienzan las obras de la Gran Vía**, y viales adyacentes, que supuso un hito en la Región de Murcia ya que ofrecía un nuevo sistema de vida, a través de la segunda residencia para disfrutar de unas excelentes vacaciones.
- **Fase 2 (1964-1965):** Se finalizaron las primeras urbanizaciones y Bungalows, el Hotel Entremares y el Centro Comercial Entremares.

A partir de este momento el paisaje de La Manga del Mar Menor fue adquiriendo a pasos agigantados su aspecto actual, con numerosas urbanizaciones al borde mismo del mar, bungalows, centros comerciales, zonas de restaurantes y grandes "Rascacielos" como la "Torre Júpiter" y la "Torre Varadero".

En esta época ya cuenta con gran número de servicios con los que satisfacer la demanda de los empleados de los numerosos hoteles, los de la construcción y la incipiente colonia de habitantes venidos de las inmediaciones, así como de otros puntos de la geografía española, con la intención de fijar aquí su residencia habitual.

La llegada de un turismo de alto nivel

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

La Manga comenzó a tener proyección turística más allá de las fronteras nacionales y consiguió atraer a un turismo de calidad concentrado en los meses estivales.

Surgiría en esos momentos el primer y más famoso eslogan turístico de La Manga del Mar Menor: 'Un Paraíso entre Dos Mares'.

La consolidación turística de La Manga

Al comenzar **la década de los 70** la consolidación turística de La Manga era ya un hecho irrefutable, su **fama desbordaba las fronteras nacionales** y su nombre aparecía en los folletos turísticos de todas las agencias de viajes. La enorme proyección de La Manga se reflejó en el conjunto de la comarca del Mar Menor, que asistió a un despegue turístico y a la proliferación de urbanizaciones de segundas residencias.

Asiste a un aumento de su población global del 37,6 % y al incremento de la ocupación de terrenos para urbanizaciones. Se **construye el Puerto Deportivo Tomás Maestre**, así como las parcelas y canales navegables de la Hacienda del extremo norte de La Manga o Veneziola y el Casino del Mar Menor.

El crecimiento de los años 70 se nutrió en gran parte con los aportes migratorios procedentes de otros ámbitos de la geografía regional y nacional, atraídos por la dinámica económica y las condiciones de vida del área.



Imagen 6: Cabo de Palos, al frente, y La Manga de Mar Menor en 1978



Imagen 7: construcción hoteles 1976

Al entrar la **década de los 80** contaba con una **población residente de 6.000 personas**, repartida entre La Manga de San Javier y La Manga cartagenera, habitando un porcentaje mayor en la segunda.

Es preciso apuntar que en la década de los años ochenta y de los noventa no se construyen más hoteles, sino una inmensa cantidad de viviendas para el mercado que demanda una segunda residencia en la playa. Esto supone un cambio en el modelo, que pasa de ser turístico a convertirse en una zona predominantemente residencial, de uso sólo estival.

La unidad que suponía el proyecto de Antonio Bonet Castellano se rompió en mil pedazos y se inició una etapa de individualidades y de proyectos inconexos, que pronto originaron una importante anarquía constructiva así como una desigual densificación del espacio.

La Manga en la actualidad: “Un Paraíso entre Dos Mares”

La Manga del Mar Menor ha ido incrementando su **fama internacional como destino turístico excepcional**, gracias al gran número de servicios y especiales condiciones climáticas y geográficas. Estas circunstancias hacen las delicias de los miles de turistas que la visitan cada año y de aquellos que tienen en sus urbanizaciones y

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

edificios de apartamentos, esa segunda residencia donde prolongar las vacaciones a cualquier época del año.

Además de ser un destino turístico de primer orden, La Manga de San Javier también es el lugar elegido por españoles y extranjeros para establecer su lugar de residencia habitual, entre los que cuenta con pequeñas colonias de alemanes, franceses, ingleses y suecos.



Imagen 8: vista aérea de la Manga en la actualidad

3.4. Conclusión

La Manga del Mar Menor ha sido sometida a un gran desarrollo urbanístico a lo largo de la segunda mitad del S.XX, donde se permitió un crecimiento de la especulación que derivó en graves daños ambientales

El ritmo y la cantidad de construcción de viviendas, ligada a una actitud de permisividad en las mismas, ha provocado la desaparición de dunas al haber construido sobre estos espacios y como consecuencia dar lugar al retroceso de playas, afectando muy negativamente a las playas cuando era una zona con enormes posibilidades turísticas debido a su originaria calidad ambiental.

La Manga del Mar Menor además de ser ejemplo de una pésima organización del espacio, primando intereses personales y con una falta de criterio urbanístico desde su concepción, el escaso patrimonio arqueológico local no ha sido debidamente conservado, como claro ejemplo los molinos de sal que se encuentran al final de La Manga.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 9: molino de sal en el km 17 de la Manga

El paisaje natural único que cierra la laguna del Mar Menor ha sido transformado y ha dado lugar a una ciudad donde las construcciones se suceden de manera continua (donde la densidad de población llega a ser de más de 5000 hab/km² en los meses de verano en el tramo de La Manga), **quedando sólo virgen la zona del norte de Las Encañizadas, correspondiente con las playas de La Llana.**

4. Playa de la Llana

4.1. Descripción

Las **playas de la Llana** son playas naturales protegidas, con dunas y salinas, situadas en el **Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar**; en el Mar Mediterráneo, en la parte norte del Mar Menor.

Está formada por **tres playas**, Las Salinas, La Barraca quemada y Punta de Algas, sin encontrar ninguna barrera física que las separe. Abridadas al norte de las mismas por el Puerto de San Pedro, que comenzó su construcción en la década de los '60.

Tienen una longitud total de 3000 metros aproximadamente y está formada por arena fina.

Geomorfológicamente, estas playas son la **continuación a la Manga del Mar Menor** y terminan de cerrar la laguna por el norte. La gran diferencia entre estas playas y las de la manga, es que éstas **están protegidas** y carecen de cualquier tipo de edificación. Lo que las convierte en un reclamo turístico, al ser **de las pocas playas vírgenes que quedan en el litoral murciano**.



Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Imagen 11: Puerto de San Pedro del Pinatar, a la izquierda las playas de la Llana

El alzado de esta playa coincide con el de una **playa colgada**, este tipo de playas encuentra interrumpida la playa sumergida por una barrera, como podría ser un afloramiento rocoso, implicando que el perfil quede sustentado, o colgado, del obstáculo, y la playa, incompleta, se denomina colgada.

Este fenómeno hace que la playa tenga un funcionamiento distinto a cada lado del obstáculo. En nuestra playa denominaremos “tramo 1” a la zona que queda sustentada por la mencionada barrera, y “tramo 2” a la zona que queda tras ella.



Imagen 12: tramos playa separados por la barrera

La barrera natural que provoca esta forma de perfil de la playa, podemos verla fácilmente en la siguiente foto aérea:

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 13: barrera natural y corriente de turbidez

4.1.1 Playas de la Llana. Playa de las Salinas

Se trata de la primera de las playas que forman la Llana. Es la más próxima al puerto de San Pedro del Pinatar. Por lo que es muy frecuentada sobre todo en verano, por su fácil acceso desde los aparcamientos del puerto.

Tiene una longitud aproximada de 1200 m; una anchura media de 10 m y la bañan las aguas del mar Mediterráneo.

El tipo de suelo es arena fina y gris; y tiene un grado de ocupación medio.

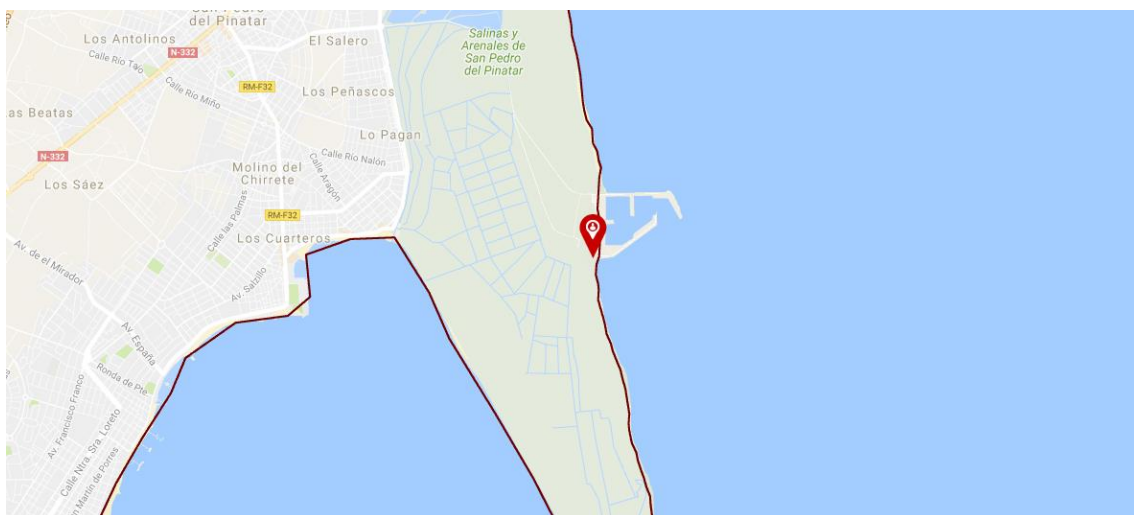


Imagen 14: localización Playa de las Salinas

El acceso a la playa es el siguiente:

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Indicaciones: AP7 (Salida 774) o N-332 de Cartagena a San Pedro del Pinatar. Avda. del Puerto, dirección Parque Regional Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar. A la derecha del puerto de San Pedro.

Tipo de aparcamiento: En área reservada

Cuenta con los siguientes servicios y actividades:

Aparcamiento discapacitados, aseos adaptados, buceo, chiringuitos, contenedores de recogida selectiva, lavapiés, papeleras, primeros auxilios y socorrismo, restaurantes, vestuarios adaptados.

ACCESIBILIDAD

Aparcamiento reservado a discapacitados: Sí, (2).

Falta señalización vertical con el disco de prohibido aparcar.

Rampas de acceso a la playa: Si. Pendiente 9,5 %

Vestuarios adaptados: Sí, (1). Acceso al módulo con carencias (Escalón en acceso)

Aseos adaptados: Si, (1) Acceso al módulo con carencias (Escalón en acceso). Aseo con

barra abatible pero sin espacio de transferencia lateral a inodoro.

Zona de baño balizada para discapacitados: Si, pero no especifica para personas con discapacidad.

* Datos referidos al verano 2016

En cuanto a los aspectos medioambientales, se encuentra en una zona protegida.

4.1.2. Playas de la Llana. Playa de la Barraca Quemada

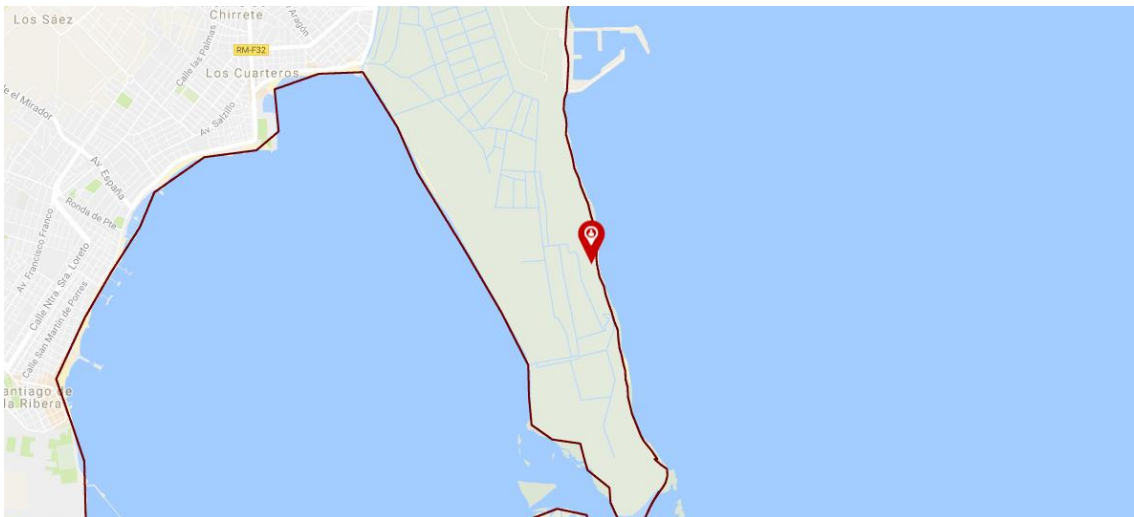


Imagen 15: playa de la Barraca Quemada

Es una **Playa natural** protegida con dunas y salinas, situada en el **Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar**. Es la segunda playa que

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

forman La Llana y el único lugar donde podemos obtener un poco de sombra formada por un grupo de palmeras. Está situada entre las playas de Las Salinas y Punta de Algas.

Tiene una longitud aproximada de 700 m; una anchura media de 10 m y la bañan las aguas del mar Mediterráneo.

El tipo de suelo es arena fina y gris; y tiene un grado de ocupación bajo.

El acceso a la playa es el mismo que para el de la playa de las Salinas, y está a continuación de la misma: AP-7 (Salida 774) o N-332 de Cartagena a San Pedro del Pinatar. Avda. del Puerto, dirección Parque Regional Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar. A la derecha del puerto de San Pedro, y a continuación de la Playa de las Salinas.

Tipo de aparcamiento: En playas colindantes

Refiriéndonos a los aspectos medioambientales, se encuentra en una zona protegida.

4.1.3. Playas de la Llana. Punta de algas



Imagen 16: playa Punta de Algas

Es una playa natural protegida con dunas y salinas, situada en el Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar. Desde este lugar se puede ver el **intercambio de aguas entre el Mar Mediterráneo y el Mar Menor**. Se practica el arte de pesca antiguo denominado "**encañizadas**" debido a la abundancia de pesca en esta zona.

Tiene una longitud aproximada de 1260 m; una anchura media de 20 m y la bañan las aguas del mar Mediterráneo.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

El tipo de suelo es arena fina y gris; y tiene un grado de ocupación bajo.

El acceso a la playa es el mismo que para el de la playa de las Salinas: AP-7 (Salida 774) o N-332 de Cartagena a San Pedro del Pinatar. Avda. del Puerto, dirección Parque Regional Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar. A la derecha del puerto de San Pedro. Después de la Playa de las Salinas y Barraca Quemada a pie 3160 m, o bien, existe un camino peatonal alternativo desde la Playa de la Mota (Mar Menor), 2700 m.

Tipo de aparcamiento: En playas colindantes.

Refiriéndonos a los aspectos medioambientales, también se encuentra en una zona protegida.

4.2. Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar

4.2.1 Descripción



Imagen 17: Parque Regional Salinas y Arenales San Pedro del Pinatar

Dos municipios se reparten las más de ochocientas hectáreas del Parque Regional de las Salinas y Arenales, son San Pedro de Pinatar y San Javier, correspondiendo la mayor parte de la zona terrestre y los estanques salineros a San Pedro de Pinatar.

Las Salinas de San Pedro se extienden a lo largo de una franja litoral mediterránea de unos 6 km. Éstas, **junto con Las Encañizadas** (vía natural de intercambio de agua entre el Mar Mediterráneo y el Mar Menor), constituyen el **Parque Regional**, con una **extensión de 856 has.**

Las Salinas de San Pedro son el resultado de la transformación de una **antigua zona lacustre** generada por los aportes de la Rambla de las Siete Higueras, en el vértice Norte del Mar Menor, separadas del Mar Mediterráneo por una estrecha franja de dunas fijadas, en gran parte, por la vegetación. El gradiente de salinidad aumenta de Norte a Sur. En las charcas salineras del límite Norte del Parque se desarrolla el carrizo por la intrusión de agua dulce.

Estas salinas conforman el humedal más importante de la Región de Murcia, con un gran valor ecológico, que provocó su **declaración como Parque regional protegido en 1985.** Debido a los elevados valores naturales, esta zona húmeda fue incluida en 1994 en la **Lista de Humedales de Importancia Internacional** (convenio RAMSAR), junto a la laguna del Mar Menor. En 1998 fue designada como Zona de Especial Protección para las Aves (**ZEPA**), por lo que queda incorporada a la Red Natura 2000 de la Unión Europea.

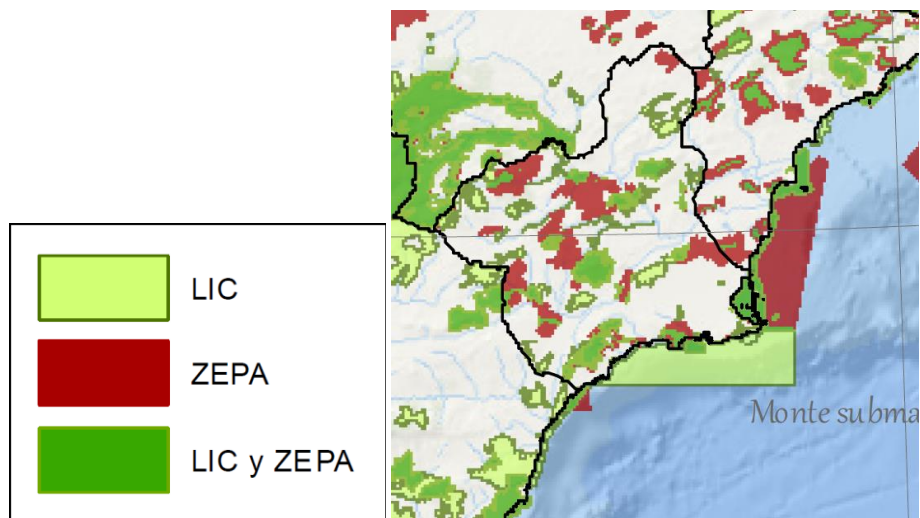


Imagen 18: LIC y ZEPA de la zona de estudio

Estas salinas se empezaron a explotar ya en tiempos de los romanos, constituyendo un claro ejemplo de equilibrio entre el aprovechamiento y la convivencia con la naturaleza.

Estas charcas son también famosas por los “baños de lodo”, debido a la alta concentración de yodo y la temperatura alta que las hacen tener efectos terapéuticos en el tratamiento de las enfermedades reumáticas.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

El **Parque Regional de las Salinas de San Pedro**, a pesar de su pequeña superficie, guarda interesantes formaciones de costa sedimentaria y formaciones dunares. Además es un buen ejemplo de **transformación de una antigua laguna litoral** en salinas que aún siguen en activo.

Ejemplo de formaciones dunares lo encontramos en las dunas de la Playa de la Torre Derribada, éstas tienen una altura superior a 3 m, y entre estas y las charcas salineras se localizan los saladares y juncales. La playa está sometida a continuos cambios debido al aporte de materiales arrastrados por las olas y el viento.

Las Encañizadas, paso natural de agua entre el Mar Mediterráneo y el Mar Menor, son una zona de aguas someras y fondos fangosos con abundantes restos de algas y plantas marinas arrancadas de los fondos próximos de ambos mares. Su carácter pseudomareal, muy escaso en el Mediterráneo y lo que hace tan peculiar esta laguna marina, se debe a que las masas de agua están reguladas por el régimen de los vientos.

Zonas / ecosistemas del parque

Tres son los ecosistemas que podemos distinguir en el Parque, cada uno de ellos con las siguientes características.

En cuanto a la fauna, en el saladar, distinguimos aves como la cigüeñuela, pechiazul, cicindela, o musaraña común, por nombrar algunos ejemplos.

La zona que se extiende por la periferia, el carrizal, con una especie de flora que es la que le da el nombre, además de especies como el carricero común, ruiseñor bastardo o pájaro moscón.

Y por último la zona de **las dunas** que destaca por especies como distintos tipos de escarabajos, aves tales como el alcaudón real, terrera marismeña; así como flora del tipo azucena de mar o cuernecillo de mar.

Refiriéndonos a la flora, destaca una zona de pinada junto al puerto, asentada sobre terrenos arenosos, que también contribuye a conformar un conjunto único en la Región; además del enebro marítimo, el junco, la azucena de mar, etc.

4.2.2. Marco territorial

4.2.2.1. Encuadre geográfico.

Limita al Norte con El Mojón, y al Sur con el inicio de La Manga del Mar Menor. Presenta una morfología costera llana sin accidentes destacables, salvo la acumulación de arenas que ha dado lugar a la formación de dunas y algunos enclaves de costa baja rocosa.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

El cordón dunar delimita una antigua zona lagunar (Lagunas de Patnia) transformada para la explotación salinera. En la hidrología y modelado de las salinas, incluyendo la propia génesis de las Lagunas de Patnia, debió jugar un papel importante la Rambla de las Siete Higueras, actualmente cultivada y subadaptada en su parte terminal, que desemboca en la zona norte de las Salinas. A esta rambla se ha atribuido históricamente la progresiva colmatación de la cubeta.

En el sector sur, la zona de las **Encañizadas** es considerada la **principal vía de comunicación Mar Menor - Mar Mediterráneo** y su conservación es **esencial para el funcionamiento de la laguna**.

El Espacio Natural de las Salinas constituye el complejo de humedales más importante del entorno del Mar Menor, formado principalmente por extensas superficies destinadas a la explotación salinera y sistemas ecológicos adyacentes de relevante interés, característicos tanto de zonas palustres como de otros ecosistemas sedimentarios del litoral lagunar, carrizales, saladares, arenales y playas.

Entre ellos destaca el conjunto de las Encañizadas, área de gran singularidad en el contexto de los humedales costeros y de los ecosistemas litorales murcianos en general.

En términos generales se trata de un espacio con una vocación naturalística clara y reconocida, aunque mantenida en buena parte por la **actividad salinera**, que ha utilizado **técnicas tradicionales** de explotación permitiendo la conservación de sus valores naturales. Presenta además un carácter de espacio periurbano bien manifiesto, dada su situación geográfica y el desarrollo enorme de las iniciativas urbano-turísticas en su entorno.

4.2.2.2. *Ámbito territorial*

4.2.1.2.1 *Límites del PORN (plan de ordenación de los recursos naturales)*

Al Norte, queda delimitado por una línea recta que, partiendo de la orilla del Mediterráneo, sigue el borde externo del canal perimetral de las Salinas, prolongándose hacia el oeste hasta enlazar con el límite exterior de la banda de 100 metros, medidos a partir del borde externo de dicho canal (calificada como Parque Urbano de tipo lineal del sistema general de espacios libres en el Plan General de Ordenación Urbana de San Pedro del Pinatar).

Al Oeste, sigue por el límite de dicha banda hasta contactar con la parcela pública de El Saladar (antiguo campo de fútbol), que bordea por sus lados norte y oeste, hasta contactar con la carretera de acceso al Puerto de San Pedro del Pinatar, que sigue hacia el este hasta el borde externo del canal perimetral, dónde toma hacia el sur, siguiendo por el límite externo de dicho canal, hasta el Molino de Quintín.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Desde este molino continúa en dirección sur por el borde externo de la mota divisoria entre el Mar Menor y las charcas salineras, incluyendo el Molino de la Calcetera y recogiendo los islotes del Ventorrillo y las encañizadas de la Torre y el Charco.

Al Sur limita con la línea que divide las Encañizadas con la Urbanización Venezia de La Manga del Mar Menor (en el término municipal de San Javier), que sigue hacia el este hasta entrar en contacto con la orilla del Mar Mediterráneo.

Al Este bordea los Escullos de la zona de las Encañizadas hasta Punta de Algas, y continúa por la línea de costa hasta alcanzar su unión en el límite norte en la Playa del Mojón.

La adopción de dichos límites se justifica en base a diversos criterios. A los límites ya establecidos como Espacio Natural Protegido en el Plan Especial de Protección de las Salinas de San Pedro del Pinatar, Coto de las Palomas y de la Llana y del Mojón, reclasificado con la misma superficie con la categoría de Parque Regional, se ha considerado una ampliación incluyendo en el ámbito del PORN una representación de la zona de carrizal (tanto de la parte conservada como la destruida).

4.2.3. Diagnóstico.

4.2.3.1. Estado de conservación de los recursos.

En el presente apartado se desarrolla el diagnóstico sectorial relativo al conjunto de ecosistemas existentes en su ámbito territorial

1) Especies y/o comunidades de distribución muy localizada, o restringidas a un sólo tipo de ecosistema y con distribución discreta o zonal. A este tipo pertenecen:

- Comunidades marinas sumergidas (**praderas de Posidonia**)
- Comunidades de playa y taxocenosis asociadas (aves marinas y limícolas)
- Comunidades de carrizal y taxocenosis asociadas (passeriformes, acuáticas)
- Taxocenosis estrictamente acuáticas de las salinas (macrófitos, peces - excepto *Aphanius iberus*-, y macroinvertebrados acuáticos, formaciones de algas unicelulares y comunidades bacterianas).

2) Especies y/o comunidades de distribución restringida a un sólo ecosistema, pero sin una localización discreta o zonal dentro de él:

- Comunidades de dunas móviles y herbáceas
- Formaciones forestales sobre dunas (con especies de matorral noble, como *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus lycioides* y el relicto *Juniperus phoenicea* ssp. *lycia*)

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

- Juncales, saladares y almarjales y taxocenosis asociadas (reptiles, micromamíferos, aves e invertebrados terrestres) - Fartet (*Aphanius iberus*)

3) Especies de distribución amplia que utilizan secuencial o alternativamente distintos ecosistemas:

- Aves acuáticas y limícolas

- Aves marinas

ZONAS DE PROTECCION ESPECIAL

En función de estos valores, y de la calidad paisajística e importancia ecológica, se establecerán las **áreas que deberán ser objeto de una protección especial**.

ZONAS DE VALOR ALTO

En este grupo encontramos:

1. Playas
2. Arenales
3. Saladares
4. Encañizadas
5. Salinas

*** PLAYAS**

- Características generales

Esta unidad comprende la zona directamente afectada por el oleaje, extendiéndose tierra adentro hasta el inicio de las primeras dunas móviles, y mar adentro hasta el límite de la banda de estudio de las comunidades sumergidas.

Los materiales que las componen son las "arenas de playa" del Cuaternario reciente y se localizan formando una estrecha franja que discurre en dirección Norte-Sur en el tramo de costa perteneciente al Mediterráneo.

Cuatro son las playas que componen esta franja:

- Playa de El Mojón (sector septentrional)
- Playa de la Torre Derribada
- Playa de Las Salinas
- Playa de la Barraca Quemada (sector meridional)

Flora y fauna

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Consideradas en conjunto, la composición florística de las playas se caracteriza por las siguientes especies, no sujetas a ningún tipo de protección: *Cakile maritima*, *Salsola kali*, *Eryngium maritimum* y *Lotus creticus*.

A estas comunidades de playa se le asocian taxocenosis de aves marinas y larolimícolas, que utilizan el medio pelágico para alimentarse o como zona de desplazamiento o de reposo.

Entre las limícolas destaca el Chorlito Patinegro (*Charadrius alexandrinus*) especie sobre la que existe creciente interés internacional por la disminución poblacional que experimenta en muchas regiones, junto al Correlimos Tridáctilo (*Calidris alba*), Vuelvepiedras (*Arenaria interpres*) y Ostrero (*Haematopus ostralegus*).

Entre las láridas el Charrancito (*Sterna albifrons*) y gaviotas que lo utilizan fundamentalmente para alimentarse. se contempla la designación de "zonas de especial protección para las aves" en la que, en virtud de su importancia y del tipo de uso que hacen de él las aves acuáticas, debería incluirse el conjunto del humedal de las Salinas, aspecto que se analiza más adelante.

Además de las aves, los únicos vertebrados que también se localizan en estas unidades de playa son algún reptil como el Eslizón Ibérico (*Chalcides bedriagai*), incluido en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, en un nivel de protección de "interés especial", y a escala internacional se considera que requiere "protección estricta". Finalmente, la riqueza faunística de las playas de arena la proporcionan los invertebrados, fundamentalmente de carácter detritívoro (anfípodos, poliquetos), que sirven de alimento a las especies de larolimícolas, de relevante importancia ecológica.

- Valoración ambiental

Las unidades de playa, no suelen caracterizarse por una amplia biodiversidad, especialmente para taxocenosis de vertebrados, si bien tienen una gran importancia derivada de su interrelación con las especies de otros ecosistemas, que la utilizan principalmente para alimentarse gracias a su riqueza en invertebrados.

La valoración general de las playas mantiene una estrecha relación con su estado de conservación y la incidencia de la demanda recreativa que soporta, con unos máximos de perturbación que se concretan en la época estival.

En general son **espacios bien conservados**, con alto valor paisajístico al pertenecer a una franja de litoral **no urbanizada**, lo que les confiere un **carácter único en el área** del Mar Menor y en el conjunto de la costa española.

Se calcula que existen escasamente 100 Km de playas vírgenes, sin urbanizar, en España (Fuente: Parque Nacional de Doñana, I.CONA-M.A.P.A), de las que casi 6

Km pertenecen al Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro. En ellos, el sistema de accesos que se diseñe actuará de forma determinante, tanto en las propias unidades de playa como en los ecosistemas adyacentes.

La realización de actuaciones que modifican de manera importante sus características sí tienen unos importantes efectos negativos. Entre ellas, **el Puerto de San Pedro está modificando actualmente el equilibrio de las playas localizadas a ambos lados del mismo**, que para el caso de La Llana y la Barraca Quemada se manifiesta aportando un alto grado de fragilidad al haber desencadenado una **importante regresión de la línea de costa**.

Actuaciones de limpieza no ajustadas a técnicas recomendables en zonas especialmente sensibles, tienen también una incidencia negativa, especialmente para las comunidades de invertebrados de la zona alta de la playa, y para la propia estructura y dinámica del sistema playa-duna, favoreciendo la erosión del cordón dunar. La retirada indiscriminada de arribazones de Posidonia oceánica, motivada por una percepción negativa de estos restos naturales, favorece la erosión de la playa y elimina un sustrato de alimentación de gran importancia para la avifauna. Además, su depósito genera impactos en ecosistemas adyacentes, existiendo ya una amplia zona de vertido de estos materiales en los arenales inmediatos a la Playa de la Llana.

* ARENALES

- Características generales

Incluye las **unidades de arenas móviles (dunas) y arenas consolidadas**. A estas podrían añadirse las barras fósiles de naturaleza calcarenítica, en origen de características similares pero evolutiva y estructuralmente muy diferentes, representadas estas últimas en los escollos que delimitan el área de las Encañizadas.

Ambas unidades, arenales y dunas, constituyen los denominados ecosistemas sabulícolas. Los materiales que las componen son las "arenas de dunas" del Cuaternario reciente, que se localizan formando una franja de 200-300 m. en la zona norte, en contacto con las arenas de la Playa de El Mojón, y como retazos más estrechos al sur, en contacto con las arenas de las Playas de la Torre Derribada, la Barraca Quemada y junto a Punta de Algas.

- Flora y fauna

Los arenales constituyen unidad temática de vegetación diferenciándose grupos de especies según se trate de arenas móviles o consolidadas.

Arenas móviles (playa alta y crestas de dunas): destacan las gramíneas (*Sporobolus pungens*, *Elymus farctus* y *Ammophila arenaria*) junto a especies como

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Lotus creticus ssp. salzmanni, Launaea fragilis, Ononis ramosissima, Eryngium martimum, Centaurea sonchifolia, Pancratium maritimum y Euphorbia paralias.

Arenas consolidadas (dunas semifijas y fijas): la principal formación vegetal son los tarayales concretamente de Tamarix boveana, "especie de flora silvestre estrictamente protegida" en virtud de la Orden de 17 de febrero de 1989 sobre protección de especies de la flora silvestre de la Región de Murcia. Otras comunidades significativas son los tomillares sobre dunas semifijas y fijas. En las depresiones interdunares húmedas, de carácter salino o subsalino, aparecen saladares y juncales.

Entre los grupos faunísticos destacan las comunidades de aves con especies nidificantes propias de otros ambientes como el Tarro Blanco (Tadorna tadorna), y larolimícolas como el Chorlitejo Patinegro (Charadrius alexandrinus), el Charrancito (Sterna albifrons) y el Alcaraván (Burhinus oedicnemus) incluidas en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas como especies "de interés especial" y consideradas de interés comunitario con una protección a escala internacional.

- Valoración ambiental

La caracterización general de los ecosistemas sabulícolas (órganos y plantas que viven en la arena) engloba un conjunto de factores interrelacionados que les confieren una singular importancia ecológica.

Presentan una biodiversidad amplia y contienen hábitats de especial interés en base a las formaciones vegetales que los definen, además de ser utilizados por aves acuáticas y otras especies sensibles como zonas de nidificación.

Su buen estado de conservación general le ha otorgado una valoración alta, no olvidando que se trata de un espacio muy vulnerable que necesita una protección especial como zona de conservación y regeneración, así como una ordenación de los accesos que la preserve de las agresiones exteriores.

*SALADARES

- Características generales

Esta unidad comprende tanto los saladares estrictos sobre suelos frecuentemente encharcados por agua salada, como matorrales halófilos sobre sustratos secos, y etapas de degradación. Se atribuyen también a esta unidad las zonas inundadas marginales de las salinas, muy someras y con márgenes densamente poblados por vegetación halófila.

En el ámbito territorial del PORN de las Salinas de San Pedro del Pinatar mantienen su localización en la periferia de las salinas y en contacto con las zonas de arenales próximos a las playas mediterráneas, y de forma discontinua bordeando las

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Encañizadas. También tienen representación en el sector noroeste, donde entran en contacto con la unidad de carrizal dominante actualmente en ese sector.

- Flora y fauna

Las especies vegetales se caracterizan por poseer una distribución amplia, entre las que dominan *Arthrocnemum fruticosum*, *A. glaucum*, *Limonium sp.pl.* y *Halimione portulacoides*.

Al igual que los arenales, los saladares tienen especial significación por ser zonas de nidificación para aves acuáticas.

- Valoración ambiental

La valoración general que reciben los saladares es alta, manteniendo un buen estado de conservación de sus recursos naturales. Sin embargo, son espacios que requieren acciones preferentes de conservación y regeneración al configurarse como ecosistemas de gran fragilidad.

Tanto los arenales como los saladares resultan especialmente vulnerables al tránsito incontrolado sobre la vegetación y el relieve (dunas móviles) que provocan la destrucción de los mismos al ser utilizados como zona de acceso a las playas y estancia alternativa a ésta. A ello se le une la circulación de motos y bicicletas, ejemplo de comportamientos más destructivos. En determinados sectores de la playa de las Salinas y Barraca quemada, junto al puerto de San Pedro del Pinatar, la regresión de la línea de costa fuerza a los bañistas a invadir las dunas lo que causa una grave erosión de las mismas.

*ENCAÑIZADAS

- Características generales

El ecosistema litoral de las encañizadas se localiza en el **sector más meridional** del espacio, constituyendo el único punto del Mar Menor que de forma natural se abre a la entrada del Mediterráneo. En él se incluyen tanto las islas con saladar mencionadas anteriormente, como las zonas inundadas de profundidad variable y las playas limosas y de restos (fundamentalmente de *Posidonia*) que las bordean.

Por su uso pesquero tradicional, y por el consiguiente interés para mantener la funcionalidad de esta vía de comunicación, su hidrografía natural ha resultado modificada por obras de acondicionamiento. Con respecto a su dinámica hidrológica, las variaciones de nivel se conectan con las experimentadas por el conjunto del Mar Menor. Los niveles inferiores corresponden al período entre enero y marzo, y máximos entre agosto y octubre. Ambas escalas de variación, y el propio carácter de vía de

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

comunicación Laguna-Mediterráneo, tienen una notable trascendencia para las comunidades animales y vegetales que pueblan la zona.

- Flora y fauna

La riqueza natural de este sector sur del ámbito del PORN viene determinada principalmente por la variedad faunística y la existencia de microhábitats de gran singularidad.

La variación aperiódica del grado de encharcamiento, junto a la existencia de amplias zonas someras, y la abundancia de peces e invertebrados, determinan la dominancia de limícolas y garzas en las comunidades de aves no reproductoras. También aparecen importantes concentraciones de láridos y cormoranes, que las utilizan como zonas de reposo, y eventualmente grupos de Serretas Medianas (*Mergus serrator*) se alimentan en ellas.

Las comunidades sumergidas son de una gran singularidad, debido al funcionamiento pseudomareal del área, la variedad de microhábitats y el propio carácter de frontera entre el Mediterráneo y el Mar Menor. Entre las comunidades vegetales sumergidas se localizan "**Praderas de *Posidonia oceanica***" incluido como hábitat natural de interés comunitario con la categoría de **Hábitat prioritario** (Directiva Hábitat).

- Valoración ambiental

Las Encañizadas constituyen un área de gran singularidad en el conjunto de humedales que configuran el espacio natural de las Salinas de San Pedro, y de los ecosistemas litorales murcianos en general. Su **importancia ecológica, biológica, y para el funcionamiento de la laguna del Mar Menor**, son evidentes.

La buena conservación de sus valores naturales, muy relacionada con el aprovechamiento pesquero que contribuye a la organización del sistema, determina en gran medida el interés ecológico de la zona. A este conjunto de valores bióticos habría que añadir el **interés paisajístico y cultural** al conjugar elementos naturales, arqueológicos y etnográficos de gran singularidad.

*SALINAS

- Características generales

Comprende todas las **superficies permanentemente inundadas** destinadas a la explotación de sal, salvo los encharcamientos marginales prácticamente desconectados de los circuitos salineros, y con fisonomía de saladar. Su composición litológica es fundamentalmente de **suelos salinos** compuestos de limos negros de marisma, ricos en materia orgánica y **de permeabilidad nula**.

Flora y fauna

A excepción de la estrecha franja de saladar que bordea los estanques de menor salinidad y cubre las motas divisorias, dominada por *Sarcocornia fruticosa* y de algunas manchas de *Phragmites australis* que penetran en las charcas, la única planta superior presente en las salinas es *Ruppia cirrhosa*, que forma praderas sumergidas (en aguas de salinidades inferiores a 64 g/l). En otros sectores de las salinas, sobre todo en zonas someras resguardadas, se han observado praderas mucho más desarrolladas. Destaca también el desarrollo estacional de masas de algas filamentosas (*Chaetomorpha sp.*), asociadas normalmente a *Ruppia*. En el resto de las salinas no existen plantas superiores, y la vegetación sumergida se ve progresivamente dominada por tapetes de cianofíceas, y por bacterias y algas unicelulares (*Dunaliella*). En conjunto, son especies que constituyen comunidades de gran interés, si bien no están sujetas a ningún tipo de protección.

Como área preferente para nidificar las utiliza la Avoceta, y para otras especies como el Chorlitojo Patinegro, Cigüeñuela (en menor medida), Charrancito y Charrán Común son una zona segura para la reproducción. Además, las especies mejor adaptadas a utilizar las salinas como medio de alimentación son el Tarro Blanco, Flamenco y Zampullín Cuellinegro. Todas ellas aparecen recogidas en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas en la categoría "de interés especial".

Por otra parte, la importancia internacional de algunas de ellas se ha consolidado en los últimos años (Avoceta, Cigüeñuela, Charrán Común, Charrancito); en este sentido, el espacio natural de las Salinas de San Pedro del Pinatar en su conjunto cumple por sí solo los criterios establecidos en la Directiva Aves, para la designación de "zonas de especial protección para las aves" (ZEPA).



Imagen 19: flamencos en las salinas

- Valoración ambiental

En conjunto, el ecosistema de salinas alcanza un **alto grado de interés ecológico**, presentando una buena conservación de sus valores naturales. Gran parte de sus valores bióticos se basan en un proceso derivado de su aprovechamiento, que además de poseer interés por sí mismo, sustenta unos valores naturalísticos que reproducen o modulan fenómenos naturales responsables de la organización original del humedal en su conjunto. Habrá que atender por tanto a este factor, junto a la presión recreativa a la que se ven sometidos, para conjugar uso salinero, uso recreativo de áreas próximas y circundantes y conservación del medio natural.

ZONAS DE VALOR MEDIO

En el ámbito espacial objeto del PORN, y siguiendo los "**Estudios Básicos de los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales en el Espacio Litoral de las Salinas de S. Pedro**", no se han definido **zonas de valor medio**.

ZONAS DE VALOR BAJO

Se corresponden con aquellas zonas que no albergan ninguna especie o hábitat de suficiente interés, o que debido a su alto grado de degradación u ocupación física del espacio han perdido su valor.

En el ámbito del PORN se describen 4 zonas:

1.- Zona portuaria.

2.- Zona industrial salinera adyacente a las instalaciones portuarias, y con algún enclave aislado en el interior de las salinas. Las instalaciones destinadas al almacenamiento y procesado de la sal, el área aneja al puerto y otras zonas similares, prácticamente sólo son utilizadas por especies estrictamente antropófilas: Vencejos Común y Pálido, Aviones Común y Roquero, Gorrión, Lavandera Blanca, Colirrojo Tizón, Estorninos, Gaviota Reidora, etc., y las Salamanquesas Común y Costera.

3.- Zona recreativa intensiva localizada en una estrecha franja que se inicia en el entorno del Molino Quintín y márgenes del tramo de carretera que discurre en dirección sur. Esta zona es la denominada Playa de la Mota que separa las salinas del Mar Menor. Es una estrecha barra de tierra sometida a una masiva afluencia de visitantes (aproximadamente el 30% del total en las Salinas), debido a su proximidad a áreas densamente urbanizadas y a su localización junto a la zona de "baños de lodo".

4.- Carrizal: incluye la parte de carrizal que ha sido destruida como consecuencia de actuaciones de relleno y desecación, el vertido de escombros procedentes de las zonas en construcción y el depósito indiscriminado de basuras y desechos.

4.3. Infraestructuras y equipamientos

4.3.1. Red viaria

Las carreteras y caminos que discurren en el interior del Espacio Natural forman parte integrante de la red viaria general del municipio de San Pedro del Pinatar. Algunos de sus tramos son a la vez límite del Espacio Natural con el consiguiente efecto de barrera, en doble sentido.

En el interior, la carretera que comunica San Pedro del Pinatar con el Puerto facilita el acceso a las playas a ambos lados del puerto, y al oeste, el camino que discurre paralelo a las salinas hasta el Molino Quintín facilita a su vez el acceso a la Playa de La Llana a través de la senda peatonal que parte del Molino de la Calcetera.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

La ordenación del sistema de accesos tiene una importancia fundamental como forma de control de los efectos negativos que su ausencia desencadena, y como factor que actúa directamente para preservar áreas y posibilitar su regeneración y recuperación.

4.3.2. Puertos comerciales y deportivos

Las principales actividades que se realizan en el Puerto de San Pedro del Pinatar son de carácter industrial, comercial y pesquero. En general, el volumen de tráfico de mercancías es pequeño, destacando con cierta importancia la actividad pesquera.

Su repercusión sobre las comunidades marinas de la zona ha sido mínima, limitándose al propio lugar de ubicación. Ya se ha comentado, no obstante, su efecto sobre la dinámica litoral.

4.3.3. Aeropuertos y tráfico aéreo

La localización del Aeropuerto de San Javier en la ribera del Mar Menor genera un tráfico aéreo con importantes repercusiones en el Espacio Natural de las Salinas de San Pedro.

Son evidentes las molestias a la avifauna, particularmente en especies de interés naturalístico, características de las salinas (Flamenco, Tarro Blanco), para las que supone una importante alteración de su balance energético y de actividad.

4.4. Conclusión

San Pedro del Pinatar como municipio turístico alberga un valiosísimo espacio natural protegido denominado Parque Regional Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar. La playa de la Llana es una playa natural, que se encuentra dentro del mismo.

El Plan de Ordenación de Recursos Naturales (PORN) del Parque Regional Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar establece unas normas y directrices de protección, usos y aprovechamientos que hay que respetar en la gestión de estas playas.

El bañista, básicamente, encontrará los mismos servicios que en cualquier playa urbana, pero con las diferencias que algunos de esos servicios tales como: papeleras, lavapiés, chiringuitos, aseos, etc. en una playa natural, se encuentran ubicados sólo en los accesos.

También debemos tener en cuenta que el sistema de limpieza se debe adecuar al carácter natural de la playa. En una playa natural la limpieza se hace de forma manual, con el fin de evitar los arrastres de arena producidos por las máquinas limpiaplayas. La retirada de los restos de posidonia oceánica que llegan a la orilla se

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

debe realizar de forma selectiva, para no dejar el litoral desprotegido contra la erosión del mar. Por lo tanto, no pueden realizarse retiradas masivas que impliquen la desaparición de esta barrera natural que es la posidonia oceánica ya que la protege contra la erosión y el retroceso de la playa debido a las fuertes mareas.

5. Geología y geotecnia

5.1. Introducción

El presente anejo pretende profundizar en las características geológicas de los materiales que constituyen nuestra zona de actuación así como describir el comportamiento geotécnico de los mismos frente a una actuación en el terreno. El propósito del mismo no es otro que describir de forma detallada la cartografía de la zona y aspectos fundamentales como el comportamiento litológico, hidrogeológico, geomorfológico, tectónico y geotécnico de los distintos materiales. A la hora de recopilar la información para la redacción del Anejo, se han usado los mapas elaborados por el IGME (Instituto Geológico Minero Español).

Para la realización del estudio en las playas de la Llana es necesario conocer las características geológicas y geotécnicas que permitan conocer las características principales de la zona, con ello se dará una idea del marco estructural en que se ubica la playa.

5.2. Geología

5.2.1 Descripción general

La zona de estudio, situada en San Pedro, pertenece en su totalidad a la provincia de Murcia, ésta a su vez queda enmarcada dentro del llamado Campo de Cartagena y abarca casi completamente el perímetro del Mar Menor.



Imagen 20: localización del municipio de San Pedro del Pinatar

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

La información geológica y geotécnica ha sido recogida a partir de los mapas y memorias elaborados por el IGME pertenece a las Hojas 956 de San Javier (22-38) y Murcia (1-10/79).

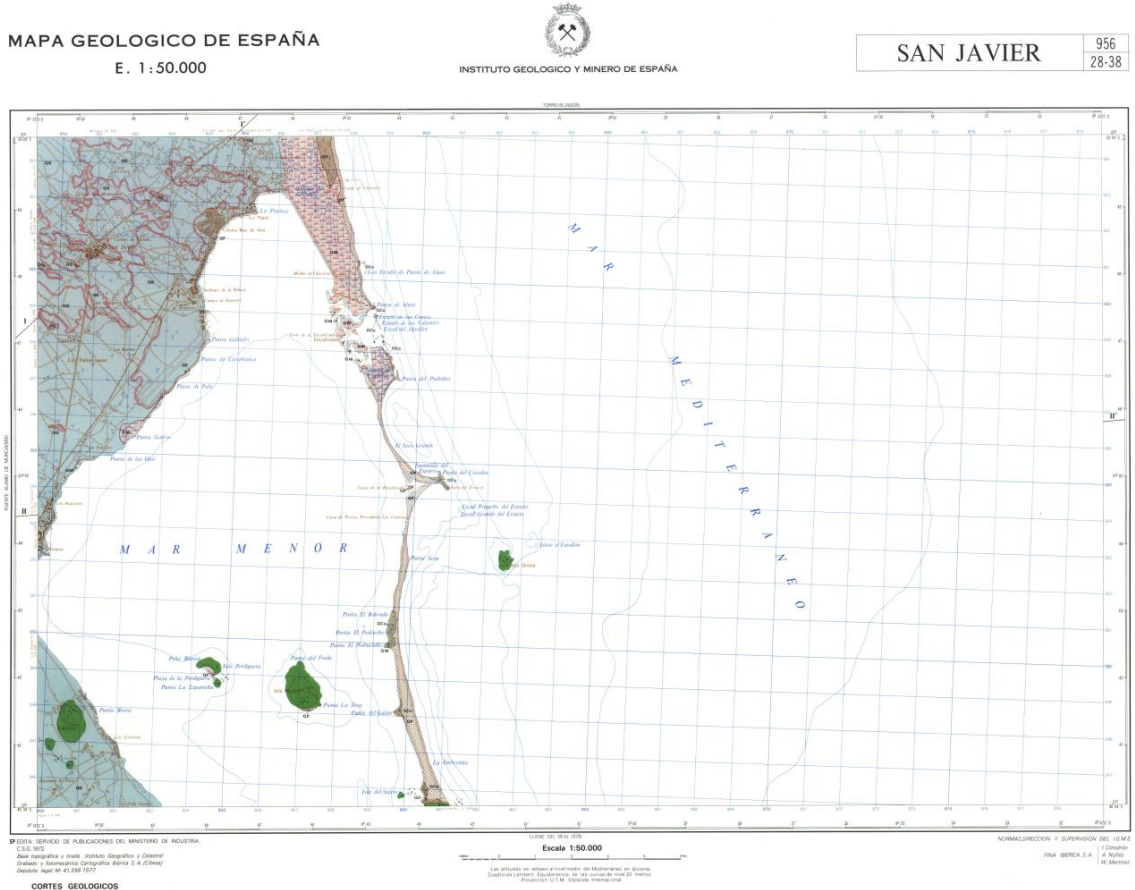


Imagen 21: mapa San Javier hoja 956 28-38

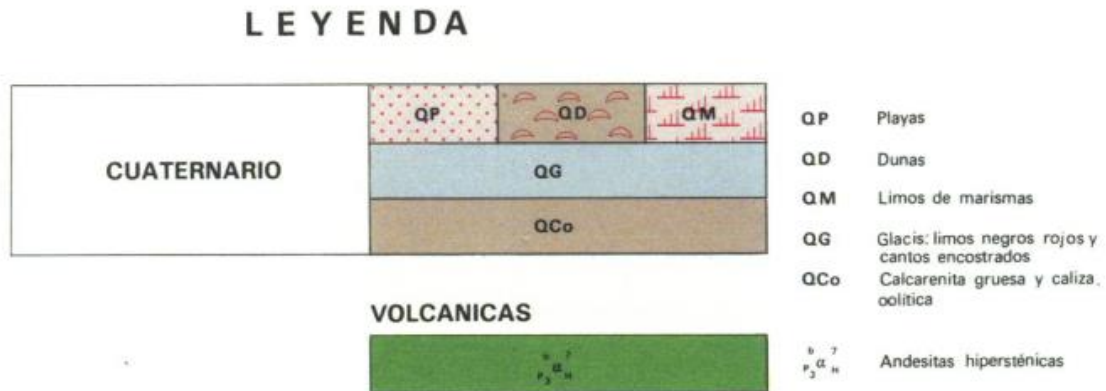


Imagen 22: leyenda mapa San Javier 956 28-38

La zona emergida se presenta como una homogénea llanura con relleno cuaternario. Esta planicie está rota topográficamente por restos de materiales

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

volcánicos de edad indeterminada, puesto que los sedimentos, al no presentar metamorfismo, son posteriores; por tanto, tan sólo puede decirse que el vulcanismo es, como mínimo, Cuaternario Antiguo (Pleistoceno).

Esta hoja está dividida en tres áreas: Cuenca de Torre Pacheco, Alto del Cabezo Gordo y Cuenca de San Pedro del Pinatar. Estas tres divisiones, hechas con el mapa gravimétrico como base, se disponen con una dirección predominante NO-SE, si bien el Alto del Cabezo Gordo gira posiblemente hacia el Oeste, uniéndose así a la Sierra de Cartagena. La fosa de Torre Pacheco sólo está representada en el borde SO de la hoja. La Cuenca de San Pedro del Pinatar, más representada, se extiende entre los Altos del Cabezo Gordo y San Miguel de Salinas (situado ya en la Hoja de Torrevieja).

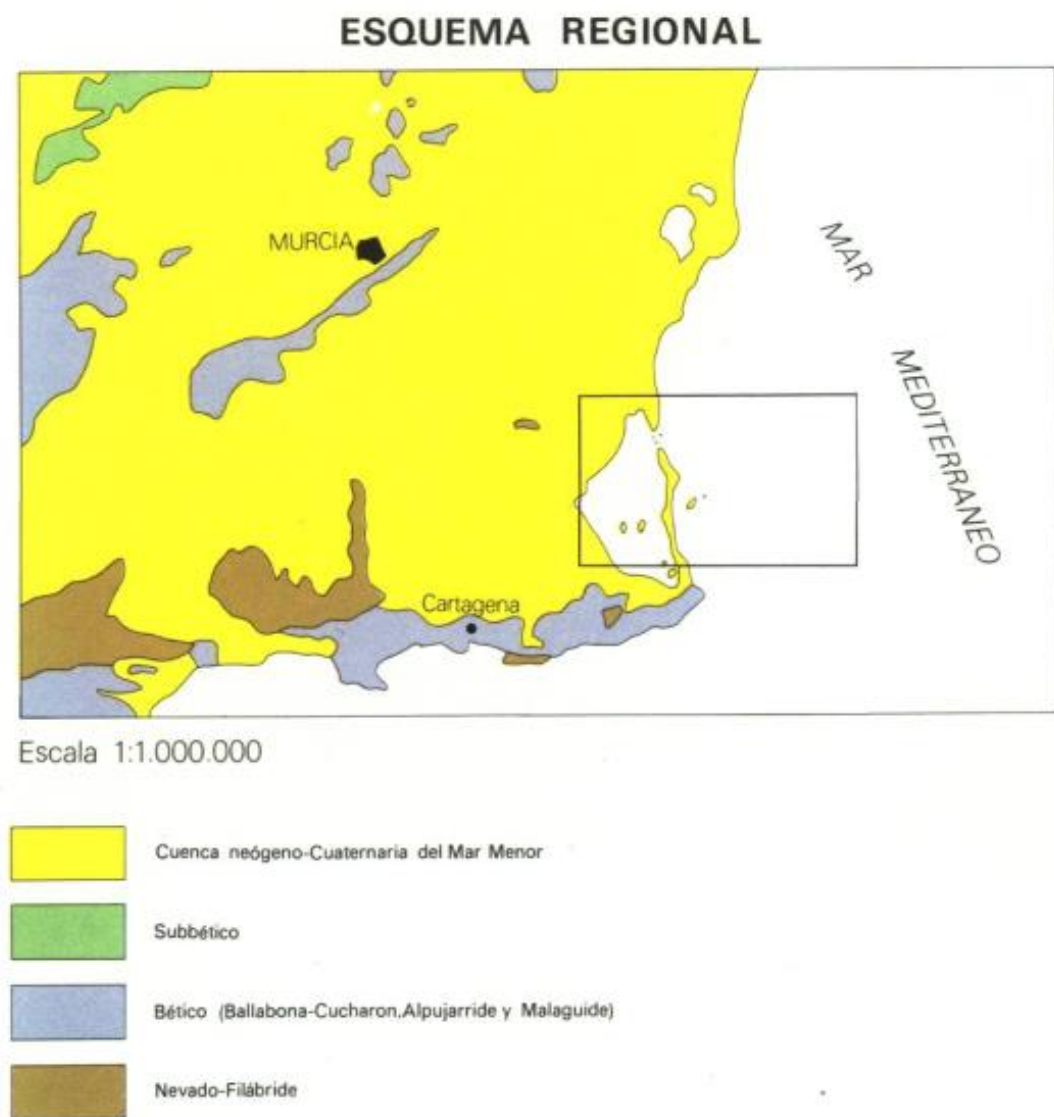


Imagen 23: esquema regional geológico

5.2.2 Estratigrafía y litología

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Salvo las rocas volcánicas, cuya edad ya ha sido mencionada (como mínimo del Cuaternario Antiguo o Pleistoceno), todos los materiales que aparecen en el mapa están limitados a términos cronoestratigráficos muy recientes que abarcan tan sólo el Cuaternario.

5.2.2.1 Andesitas hipersténicas

Tipos ígneos característicos de todo el SE de la Península Ibérica. Afloran en el volcán del Carmolí, Islas Mayor, Perdiguera, Sujeto, Grosa e islote de Farallón. Presentan un grado de meteorización poco elevado.

5.2.2.2 Cuaternario

Los depósitos cuaternarios pueden ser divididos en dos grandes conjuntos, con cronologías relativas bien determinadas.

Cuaternario antiguo

Comprende dos formaciones de génesis bien distintas, una inferior marina y otra superior continental.

A) Calcarenitas y calizas oolíticas (Q_{CO})

Son un conjunto de calizas oolíticas, calcarenitas y litarenitas bioclásticas con oolitos. Corresponden posiblemente a un antiguo cordón o barra litoral, que en gran parte parece ser el responsable del cierre del Mar Menor. Presentan a veces estratificaciones cruzadas, y como regla general, un elevadísimo porcentaje de restos de moluscos equinodermos y algas coralíneas.

Estos depósitos, que buzcan suavemente hacia el mediterráneo, están correlacionados con los existentes en la Hoja de Torre Vieja.

B) Glacis (Q_G)

Presenta una superficie topográfica suavemente inclinada hacia la costa. Este glacis está formado por limos negros y limos rojos con cantos encostrados, formando a veces un caliche muy parecido al de la costra de Sucina (Fuente Alamo de Murcia).

Es de destacar un escarpe muy degradado que surca el glacis paralelamente a la actual costa del Mar Menor pudiendo apreciarse que limos rojos y cantos encostrados se sitúan en la parte alta del escarpe, mientras que los limos negros se encuentran preferentemente al otro lado. Así pues, son enunciadas ciertas características para uno y otro lado del resalte.

Compartimiento alto

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Limos rojos, grises y delgados niveles de auténtico caliche. Paleocauces con forma global semicircular, en los que aprecian depósitos gruesos bien rodados, con frecuentes y espectaculares estratificaciones cruzadas y oblicuas, así como autopavimentación y orientación y orientación-imbricación de cantos. Morfología suave pero irregular.

Compartimiento bajo

Limos negros y grises, que en algunas áreas están francamente enriquecidos en materia orgánica. Ausencia total de calichificación y lentejones detríticos. Morfología literalmente plana con suave descenso hacia el mar menor.

Estas características revelan una génesis continental para el área alta y muy posiblemente una génesis de marisma o albufera para la parte baja. Con lo cual los sedimentos de la zona alta serían anteriores a los del otro lado, pensando que el escarpe correspondería a un cantil marino fósil que marcaría el último límite visible del Mar Menor. Siendo así, este cantil fósil podría representar el conocido como edad Flandriense y práctico límite entre Pleistoceno y Holoceno; de este modo quedaría como Cuaternario Antiguo la mayor parte del Campo de Cartagena.

Sin embargo, otra hipótesis puede enunciarse respecto a la cronología relativa de los distintos depósitos, si el escarpe hubiera sido producido por un fenómeno erosivo de rejuvenecimiento y los sedimentos de compartimiento geoméricamente más alto fueran posteriores a los otros; con lo cual sería a la inversa, y hoy día la erosión nos ha dejado ver los términos iniciales de una formación muy parecida a la plio-cuaternaria de Sucina (aflorante en las Hojas vecinas): uno inferior limoso y otro superior más grueso y encostrado.

Sin duda alguna, esta segunda hipótesis podría ser más fehaciente a la vista del mapa para aquellos que no conozcan la zona, dado que la línea que marca el escarpe es muy sinuosa y que existen algunas islas. Sin embargo, se ha de resaltar que la actual profundidad del Mar Menor no supera los 7m y que para esos tiempos ya estaba cerrado, siendo mínima su energía.

La peculiaridad de este resalte morfológico (probable cantil fósil) y la indeterminación originada en cuanto a la cronología relativa de los sedimentos de uno y otro lado ha llevado al conservadurismo de representar ambos depósitos bajo una misma notación y color, esperando que eso suscite inquietudes para nuevas investigaciones.

Cuaternario moderno (Q_P, Q_D, Q_M)

Comprende los depósitos típicos del litoral mediterráneo. Están constituidos por arenas de playa (Q_P) y arenas de dunas (Q_D) móviles o fijadas por la vegetación y heredadas de las playas, ya que en las curvas granulométricas es difícil distinguir

ambas familias, debido seguramente a que el viento no ha tenido tiempo de hacer una nueva selección. Existen además, limos negros de marisma (Q_M) con materia orgánica y conchas de Gasterópodos; estos limos, además en algún punto aislado se extienden a lo largo de la zona norte de La Manga y están casi totalmente cubiertos por unos centímetros de agua.

5.2.3 Historia geológica

Al sur de la Hoja, en La Manga del Mar Menor, existe un afloramiento de caliza oolítica que parece estar fosilizado las andesitas del Cerro de Calnegre; este hecho hace pensar que el vulcanismo es anterior a las calizas posiblemente Tirrenienses; sin embargo, esta formación no contiene ningún producto volcánico, lo que induce a intuir que la cronología relativa es a la inversa. De cualquiera de las maneras, ambos materiales son los más antiguos de todos los afloramientos en el mapa.

Así pues, tras el vulcanismo y la formación de este posible Tirreniense, queda cerrado el Mar Menor. Cabe destacar que en la orilla oeste no hay calcarenitas.

Al mismo tiempo, aunque con síntomas de posterioridad al Tirreniense, en las áreas emergidas se desarrolla el glacis (Q_D), quedando terminada la época Pleistocena con la formación del discutido escarpe (posible cantil fósil). Comienza entonces la deposición de los sedimentos actuales de playas, dunas y marismas.

5.2.4 Tectónica

La zona de estudio se puede encuadrar (dentro de un marco tectónico regional) como la cuenca o cobertera neógeno-cuaternaria que se apoya directamente sobre las unidades béticas.

Este substrato ha regido y está rigiendo por continuos movimientos la tónica estructural a adoptar por estos sedimentos neógenos-cuaternarios.

En el esquema tectónico adjunto quedan representadas anomalías gravimétricas positivas y negativas, que corresponden a altos y cuencas neógenas, respectivamente.

Signos claros de neotectónica son visibles en las Hojas vecinas por el encajamiento de la red actual en la parte alta y media del Campo. En nuestro mapa sólo podemos aludir al buzamiento de las calcarenitas oolíticas (Q_{CO}), que en zonas vecinas quedan colgadas a varios metros sobre el nivel del mar; este hecho podría explicarse por un descenso del nivel de base, pero no así el ligero basculamiento que de estas capas existe al norte de la hoja de San Javier. Si bien la retirada de la línea de costa es un hecho no comprobado, el continuo levantamiento parece realmente claro en zonas próximas (Torrevieja).

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Parece ser que el vulcanismo de la Hoja (al que se le puede atribuir una edad plio-cuaternaria, a pesar de que no hay datos concluyentes) se manifiesta como consecuencia de la dinámica tectónica, que está en zona activa se está produciendo continuamente, y como colofón lo demuestra la existencia de un alto gradiente geotérmico.

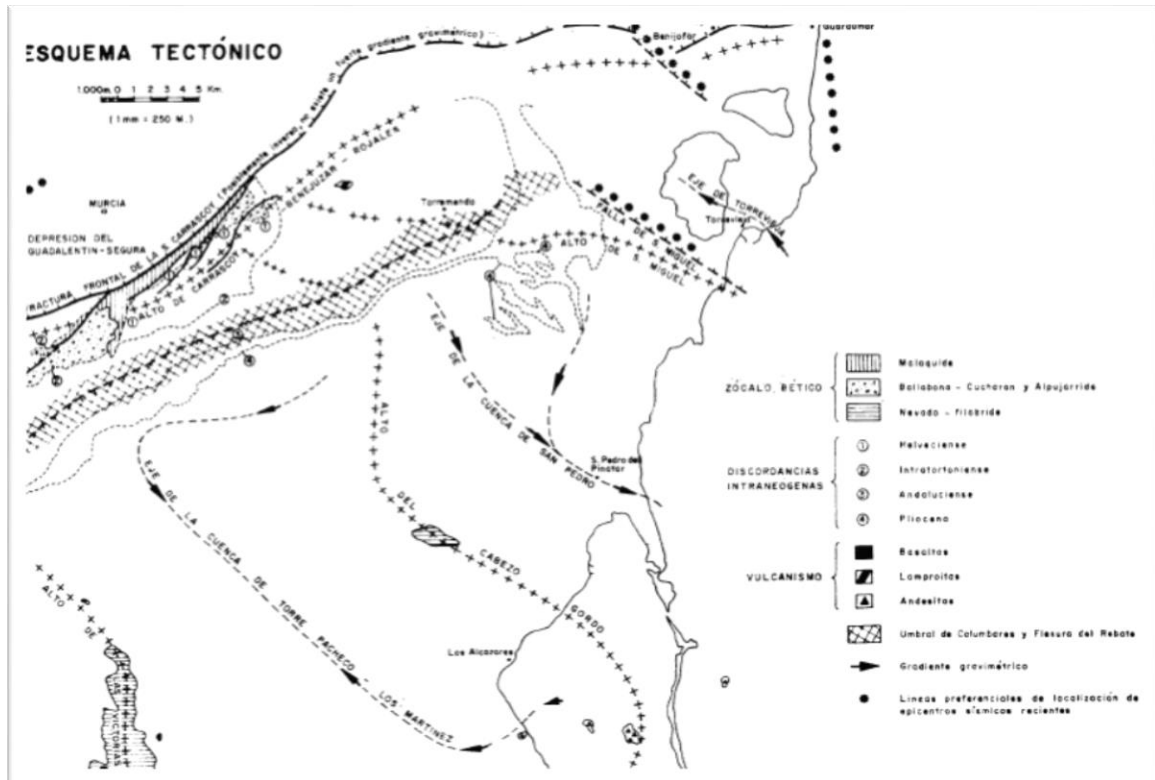


Imagen 24: esquema tectónico del área de estudio

5.3. Factores con incidencias geotécnicas

De forma general, se considerará la situación geográfica, el relieve, la red fluvial y todas aquellas características que puedan tener, al fin, una incidencia geotécnica.

5.3.1 Características físico-geográficas

La hoja 7-10, se sitúa al SE de la Península, perteneciendo caso toda ella a la provincia de Murcia; solamente los vértices NE y SO corresponden respectivamente a las provincias de Alicante y Almería.

Prácticamente el S y E de la Hoja se encuentran ocupados por el mar, observándose que en la parte E abundan las playas arenosas, mientras que en la zona S son frecuentes los acantilados, alternados con playas de poca extensión.

Morfológicamente se aprecian dos zonas bien diferenciadas, la parte E y el centro son prácticamente una llanura, sólo interrumpida por la Sierra de Carrascoy; mientras que por el contrario la mitad O, es predominantemente montañosa

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

destacándose la Sierra de Espuña, Sierra de Ponce y Sierra de la Almenara, entre otras. Al S se destacan las Sierras de Algarrobo y la de Muela.

Existen pues, grandes oscilaciones de altitud, de un lado encontramos la cota 0, y de otro, en Espuña, 1585m.

La red fluvial, está representada en primer lugar, por el río Segura, que se sitúa en la parte central, al norte de la Hoja, en las proximidades de Murcia; tributario de este importante cauce, es el río Guadalentín. El resto de la red fluvial está constituida por una serie de ramblas de régimen muy estacionario, permaneciendo secas casi todo el año con rápidas crecidas que provocan catástrofes de gran magnitud.

5.3.2 Climatología

El clima dominante en la zona de estudio es el mediterráneo. No obstante, en la Hoja también aparece hacia el sur, a sotavento de las montañas béticas, el clima subtropical seco. Es una de las regiones más secas de España, se trata de un clima seco, menos de 300mm y caluroso.

El clima mediterráneo se caracteriza por tener inviernos suaves y veranos cálidos. Las temperaturas máximas diurnas son superiores a las de la zona ecuatorial pero la sequedad reinante, con una humedad relativa en torno al 60% que se mantiene bastante constante a lo largo del año, permite que el ambiente no sea agobiante.

En la zona costera se obtienen unos valores de temperatura media anual en torno a los 17-18°C tal y como se observa en la siguiente figura obtenida de los Mapas de Valores Climáticos de la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS).

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 25: temperatura media anual de la cuenca hidrográfica del segura. Fuente: CHS

5.3.3 Precipitaciones

El territorio estudiado presenta las características típicas del clima mediterráneo en cuanto a las precipitaciones: lluvias torrenciales y frecuentes inundaciones.

Se observan diferencias climáticas significativas entre las distintas zonas del Mapa, en ocasiones dichas diferencias se fundamentan en la variabilidad de la topografía de la zona, originándose diferentes topoclimas.

La distribución espacial de las precipitaciones medias anuales permite relacionar las variables relieve y lluvia. En efecto, es en las montañas situadas en el noroeste del Mapa y sometidas a la acción de los vientos húmedos de las borrascas atlánticas del frente polar, donde los registros pluviométricos alcanzan sus máximos valores. En estas áreas se llega a superar los 1000 mm/año como media.

Si bien la altitud favorece las precipitaciones, la orientación suroeste-nordeste de las sierras de la cuenca alta del río Segura, (Sierras de Segura, Alcaraz, Taibilla,...) dificultan el avance de las influencias atlánticas arrastradas por los flujos del oeste, y hacen que la pluviometría muestre una disminución de la precipitación media anual en

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

una diagonal de orientación noroeste-sudeste, que va desde estas tierras hasta el litoral, con valores mínimos (inferiores a 300 mm) en las zonas próximas a la costa tal y como se observa en la siguiente figura:

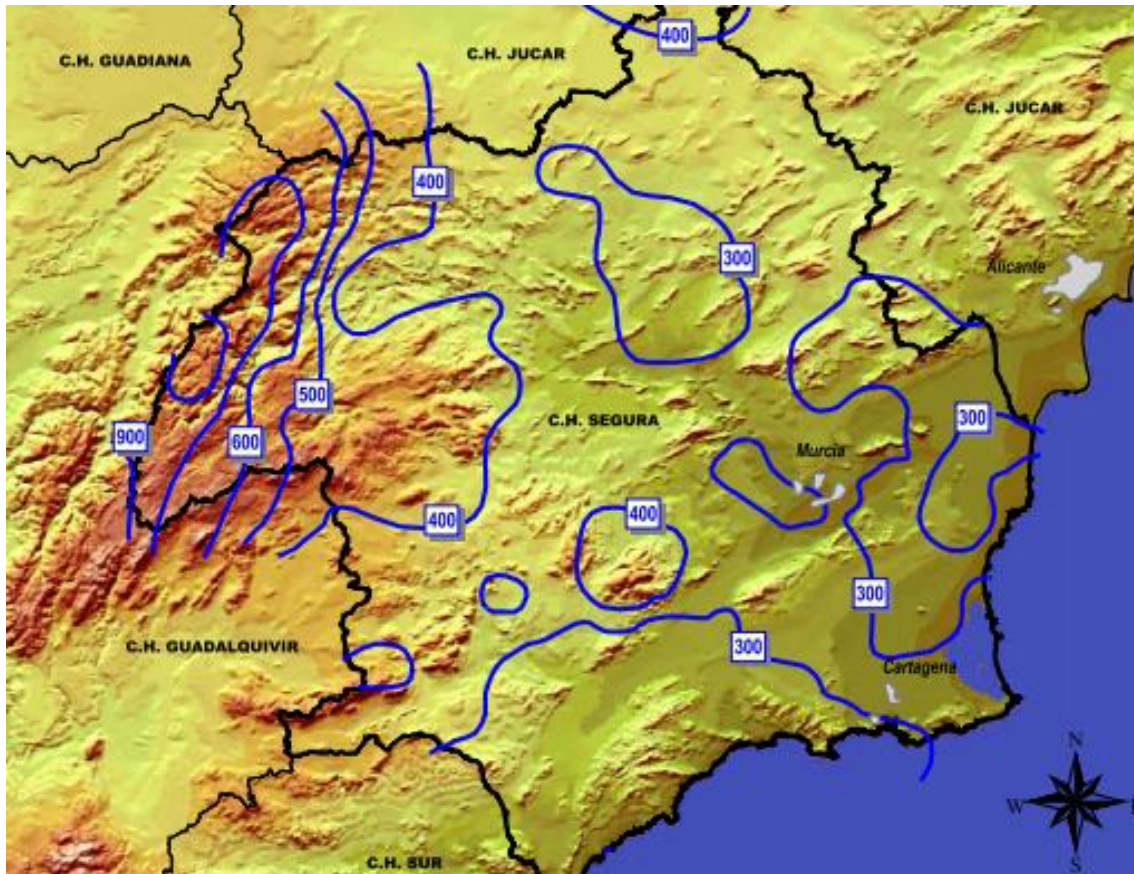


Imagen 26: Precipitación media anual (mm/año). CHS confederación hidrográfica del segura.

Como excepciones a este esquema general de distribución de las lluvias están Sierra Espuña, con valores algo superiores a 500 mm. En cuanto a la intensidad de lluvias, pueden darse valores de 100 mm en un día, habiéndose llegado incluso a superar los 300 mm en los registros sistemáticos disponibles. Este carácter torrencial de la lluvia, unido a la estructura de la red fluvial y a la densidad de asentamientos urbanos próximos a los cauces, causa con frecuencia súbitas crecidas y graves inundaciones.

En otoño la gota fría es un fenómeno frecuente y activo, aunque no tanto como un poco más al norte, ya que el aire frío en altura tiene ciertas dificultades para llegar hasta la región.

5.3.5 Características geomorfológicas

El área de estudio se encuentra en el litoral este de la península, concretamente en el área ocupada por el Mar Menor. El Mar Menor es una gran

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

llanura litoral que ocupa una depresión Plio-Cuaternaria. La Manga es una estrecha barra de unos 22 km que encierra casi completamente la zona húmeda del Mar Menor, entre Cabo de Palos y El Mojón.

El Mar menor es una albufera cerrada por una restinga en avanzado proceso de colmatación. Se localiza a pie de la amplia planicie del Campo de Cartagena y constituye la mayor laguna del litoral español y una de las más extensas del Mediterráneo. Tiene una superficie de 180km², con una anchura máxima de 10km y una longitud de 22km. Su profundidad es escasa, alcanzándose el máximo entre las islas Mayor y Perdiguera, con menos de 7m. La costa oriental, La Manga, separa el Mar Menor del Mediterráneo.

La laguna con una salinidad muy superior al Mediterráneo no recibe escorrentías superficiales de importancia, sólo las aguas estacionales y esporádicas de las ramblas que a ella van a desembocar. Mantiene con el Mediterráneo estrechos pasos de comunicación hídrica natural denominados golas. La albufera adquirió su configuración actual hace aproximadamente un milenio.

La albufera del Mar Menor se encuentra cerrada por una formación tipo isla-barrecha de 22 km de longitud y una anchura variable (oscila entre 1500m en las salinas del Cotorrillo y la menor de 100 m).

La existencia de esta barrera de debe a los mecanismos de la dinámica litoral, que tiende a dar este tipo de formación cuando sobre una costa con topografía o batimetría suave y perfil longitudinal sinuoso confluyen abundantes áridos. Los ríos que desembocan cerca son los responsables de la aportación de sedimentos que posteriormente la dinámica litoral depositó en las playas. Actualmente el proceso predominante es el opuesto, debido a procesos varios, y como resultado las playas y arenales se hallan en una importante recesión.

Por otro lado, en el litoral Murciano se pueden distinguir dos tipos de islas: volcánicas y calizas.

Las volcánicas deben su formación a fenómenos de volcánicos y son geológicamente recientes, están situadas en su mayoría en el interior del Mar Menor. La más grande es la isla del Barón o Mayor, con una altura de 108m. Hay dos islas que tras el proceso de cierre de la Manga quedaron fuera, que son. Isla Grosa y el Farallón.

Los relieves en el litoral murciano, al ser escarpado continúan mar a dentro con frecuencia, originando así islas e islotes de diversas formas y tamaños, todas ellas de naturaleza caliza, como pueden ser las islas Las Hormigas o las Escombreras.

5.3.6 Características hidrogeológicas

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

El Campo de Cartagena, donde se encuentra situada la zona de estudio, constituye una unidad hidrogeológica amplia y compleja que se ubica en una de las grandes depresiones interiores postmanto de las Cordilleras Béticas ocupada por un potente relleno neógeno, predominantemente margoso de más de 1000 metros de espesor, en el que se existen intercalaciones detríticas y calcáreas del Mioceno al Cuaternario que constituyen diferentes niveles acuíferos.

Tiene una superficie de 1.240 km², ubicada en el 92% en la Región de Murcia y el resto en la provincia de Alicante. La ocupación general del suelo en el año 2000 era agrícola (76%), urbana (9%) y forestal (15%). En este ámbito geográfico se ubican los Espacios naturales protegidos del Parque Regional de Las salinas y arenales de San Pedro del Pinatar y los Paisajes Protegidos del Cabezo Gordo y de los Espacios Abiertos e Islas del Mar Menor.

Los materiales más modernos corresponden al Cuaternario, con limos, gravas y arcillas. En el CC se han definido seis acuíferos constituidos por materiales permeables (carbonatados y detríticos) pertenecientes al Triásico, Tortonense, Andaluciense, Plioceno y Cuaternario.

Dada la compleja estructura tectónica interna de esta depresión, el carácter discordante de muchas de sus formaciones y el contacto por el este con el Mar Menor y el Mediterráneo, existe en ciertas zonas una conexión hidráulica entre acuíferos y entre éstos y los mares referidos. Es por tanto, que desde el punto de vista hidrogeológico el Campo de Cartagena, es un sistema acuífero complejo constituido por diferentes acuíferos superpuestos (sistema multicapa).

La unidad hidrogeológica, contemplada en su conjunto, recibe alimentación por tres vías diferentes: mediante infiltración de la lluvia útil caída sobre los afloramientos de los seis acuíferos existentes, que supone 55 hm³/año, de los que 46 hm³/año corresponden al acuífero Cuaternario; por infiltración de excedentes de regadío, que representan 24 hm³/año, y por alimentación lateral subterránea proveniente de la sierra de Cartagena, que se estima en 4 hm³/año. Todo ello supone una alimentación total de 83 hm³/año. Las salidas totales han sido evaluadas en 61 hm³, correspondiendo 56 hm³ a bombeos y 5 hm³ a descargas al mar. Considerada en su totalidad, la unidad hidrogeológica del CC presenta en la actualidad un balance para las aguas subterráneas claramente positivo a favor de las entradas. Esta situación que contrasta fuertemente con la de déficit (del orden de 80 hm³/año) que tenía lugar en los años setenta como consecuencia de intensas explotaciones por bombeo (se llegaron a contabilizar hasta 120 hm³/año), se ha generado por la llegada a la zona de las aguas del Trasvase Tajo-Segura (ATS) que han provocado un doble efecto: reducción del 50% de las extracciones de agua subterránea de la unidad e infiltración en la misma de excedentes de regadío. Este hecho ha tenido su respuesta en la

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

evolución piezométrica, cuya tendencia anterior, fuertemente descendente, se ha visto modificada en los últimos años, en los que se observa un marcado ascenso generalizado, incluso en áreas no regadas por el Tránsito.

En cuanto a la calidad de las aguas:

- La salinidad de las aguas del sistema es de media a alta, con valores generalmente comprendidos entre 2 y 6 g/l.
- En relación con metales pesados la masa del Campo de Cartagena presenta problemas de calidad por Pb y Cd. En estos casos las mineralizaciones de Pb-Zn, asociadas al vulcanismo neógeno del SE ibérico, existentes en los distritos mineros de Cartagena, La Unión, Mazarrón y en menor medida de Águilas, Lorca y Zarzadilla de Totana, parecen ser el origen de elevados fondos geoquímicos de Pb. En cuanto al Cd, cabe indicar que la blenda es su principal mena, y que este mineral se encuentra asociado a la galena en los distritos mineros anteriormente mencionados, por lo que también se le puede atribuir un origen geogénico. Sin embargo, la industria extractiva y los residuos generados pueden actuar como focos de concentración de estos metales. Del mismo modo y para el caso del plomo, los vertidos de purines pueden ser fuentes puntuales de contaminación, a diferencia del cadmio con el que no se puede establecer una relación directa. No obstante, el hecho de que los valores anómalos encontrados de ambos metales suelen estar asociados, hace pensar en un origen geogénico.
- En cuanto a las especies nitrogenadas, se han identificado problemas por nitratos, identificándose problemas generalizados en las que existe una importante actividad agropecuaria como es en el Campo de Cartagena. En concreto, el acuífero Cuaternario es muy vulnerable a los retornos de aguas de riego, debido a que el agua subterránea se encuentra a escasa profundidad. Es frecuente encontrar pozos con contenidos en ión nitrato superior a 150 mg/l al este del canal del tránsito.

Relación de las aguas subterráneas con el Mar Menor:

Los balances hídricos indican la importancia que los retornos de riego presentan en el sostenimiento del equilibrio del sistema multicapa. Una parte de estos retornos vierten de modo subterráneo al Mar Menor a través del acuífero Cuaternario, en contacto con las aguas de la laguna. Esta relación con el Mar Menor aconsejaría un control estricto de las aguas de drenajes con el objeto de limitar en lo posible la aportación de nutrientes a la laguna.

5.4. Características geotécnicas

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

En este apartado se analizarán las principales características geotécnicas de la Hoja, entendiendo bajo esta acepción todas aquellas que estén implicadas con la mecánica del suelo y con su posterior comportamiento al verse solicitado por cargas.

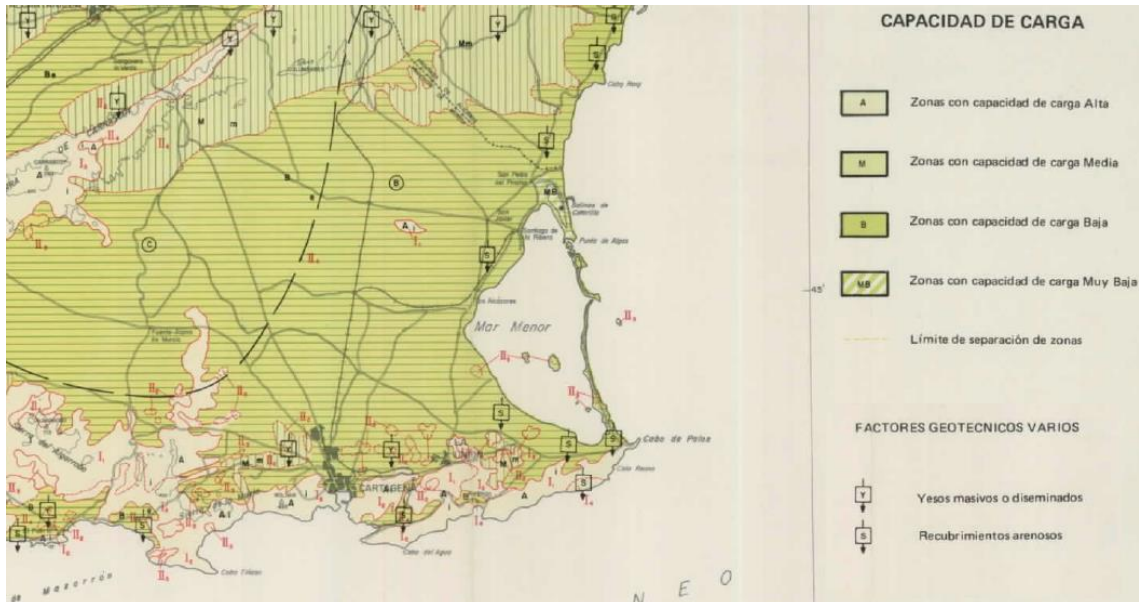


Imagen 27: Características geotécnicas zona de estudio. Mapa IGME.1-10/79

En el área de estudio, en general, salvo en puntos aislados donde las características pueden mejorar, todos sus terrenos presentan capacidades de carga baja y asentamientos de magnitud media a elevada. A estos problemas se deben sumar los problemas dimanantes de la existencia de niveles acuíferos muy superficiales, así como la aparición de áreas recubiertas de arenas sueltas de muy bajas características mecánicas.

5.4.1 Problemas de tipo hidrológico y geotécnico

Dado que presentan una morfología llana y una composición litológica muy informe, los únicos problemas que pueden surgir y que han dado pie a su evaluación, son los relacionados con el nivel freático, normalmente alto, aunque no suele alcanzar el nivel de las cimentaciones normales, y si el de obras importantes, y si el de obras importantes, y los conectados con pequeñas irregularidades en cuanto al comportamiento de los diferentes materiales, relacionados a menudo con los niveles freáticos.

5.4.2. Granulometría de la zona de estudio

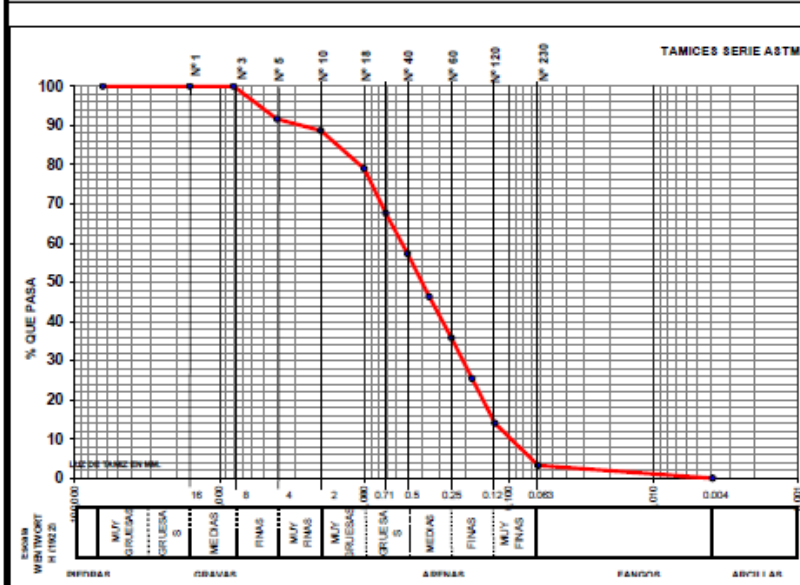
Es importante que conozcamos algunas de las características geológicas del terreno como la granulometría; ya que en el caso de que sea necesario realizar algún aporte de arenas para la restauración de la playa, es fundamental fijarnos en la arena ya existente en la misma.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Granulometría de la zona de estudio al norte del Puerto

Nº TAMIZ (ASTM)	luz de malla (mm)	muestra (gr)	% RETENCIÓN	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
GJ	64,000	0,00	0,00	0,00	100,00
GG	1	16,000	0,00	0,00	100,00
GM	3	8,000	0,00	0,00	100,00
GF	5	4,000	8,40	8,40	91,60
GMF	10	2,000	2,90	11,30	88,70
AMG	18	1,000	9,70	21,00	79,00
AG	25	0,710	11,40	32,40	67,60
AG	35	0,500	10,40	42,80	57,20
AM	45	0,355	10,90	53,70	46,30
AM	60	0,250	10,50	64,20	35,80
AF	80	0,180	10,40	74,60	25,40
AF	120	0,125	11,40	86,00	14,00
AMF	230	0,063	10,70	96,70	3,30
F	<230	0,0039	3,30	100,00	0,00
Total muestra		100,00	100,00		

OBSERVACION: Los tamices sombreados NO son de aplicación en el presente análisis granulométrico



Origen:	Terrigeno
Mediana:	Arenas Medias
Moda:	Arenas Gruesas
Tm (mm):	0,654
D ₅₀ (mm):	0,40

D5(mm):	5,295
D16 (mm):	1,429
D25(mm):	0,887
D ₅₀ (mm):	0,40
D75(mm):	0,18
D84 (mm):	0,133
D95(mm):	7,02E-02

D5 (phi):	-2,40
D16 (phi):	-0,52
D25 (phi):	0,17
D50 (phi):	1,33
D75 (phi):	2,49
D84 (phi):	2,91
D95 (phi):	3,83

Tm (phi):	0,613
C _u (tn/m ³):	
% finos:	3,300
QD:	1,180
IGSD:	1,801
Kg:	1,102
Ski:	-0,136

CATEGORIA	%
GRAVAS (> 2 mm)	11,30
ARENA (2-0,063 mm)	85,40
LUTITAS (< 0,063 mm)	3,30
ARENA	

Imagen 9: Granulometría muestra: Arenas de la Orilla Playa Norte del Puerto. Fuente: Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino dirección general de sostenibilidad de la costa y del mar

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

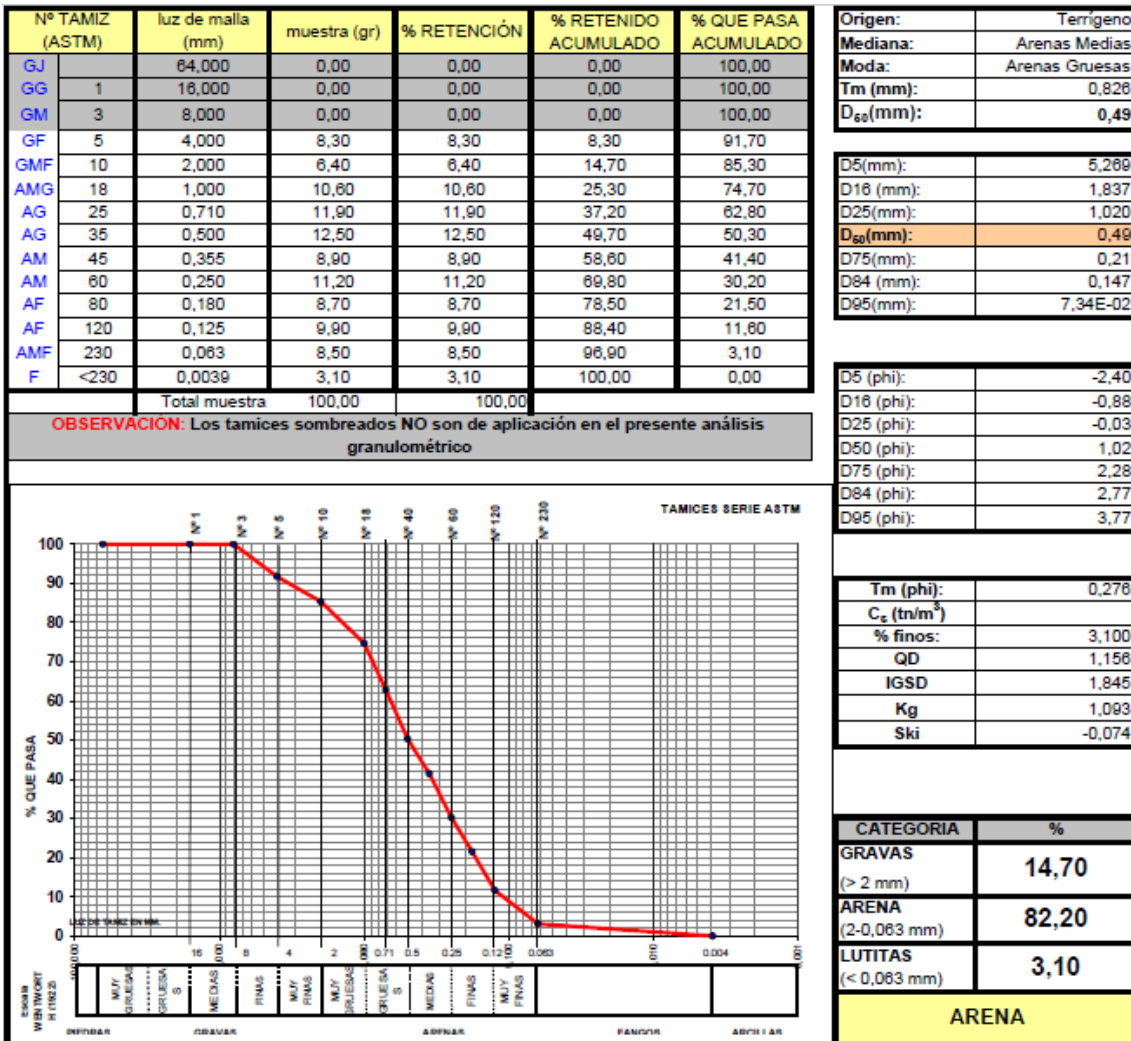


Imagen 10: Granulometría muestra: Arenas Playa Norte del Puerto. Fuente: Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino dirección general de sostenibilidad de la costa y del mar

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

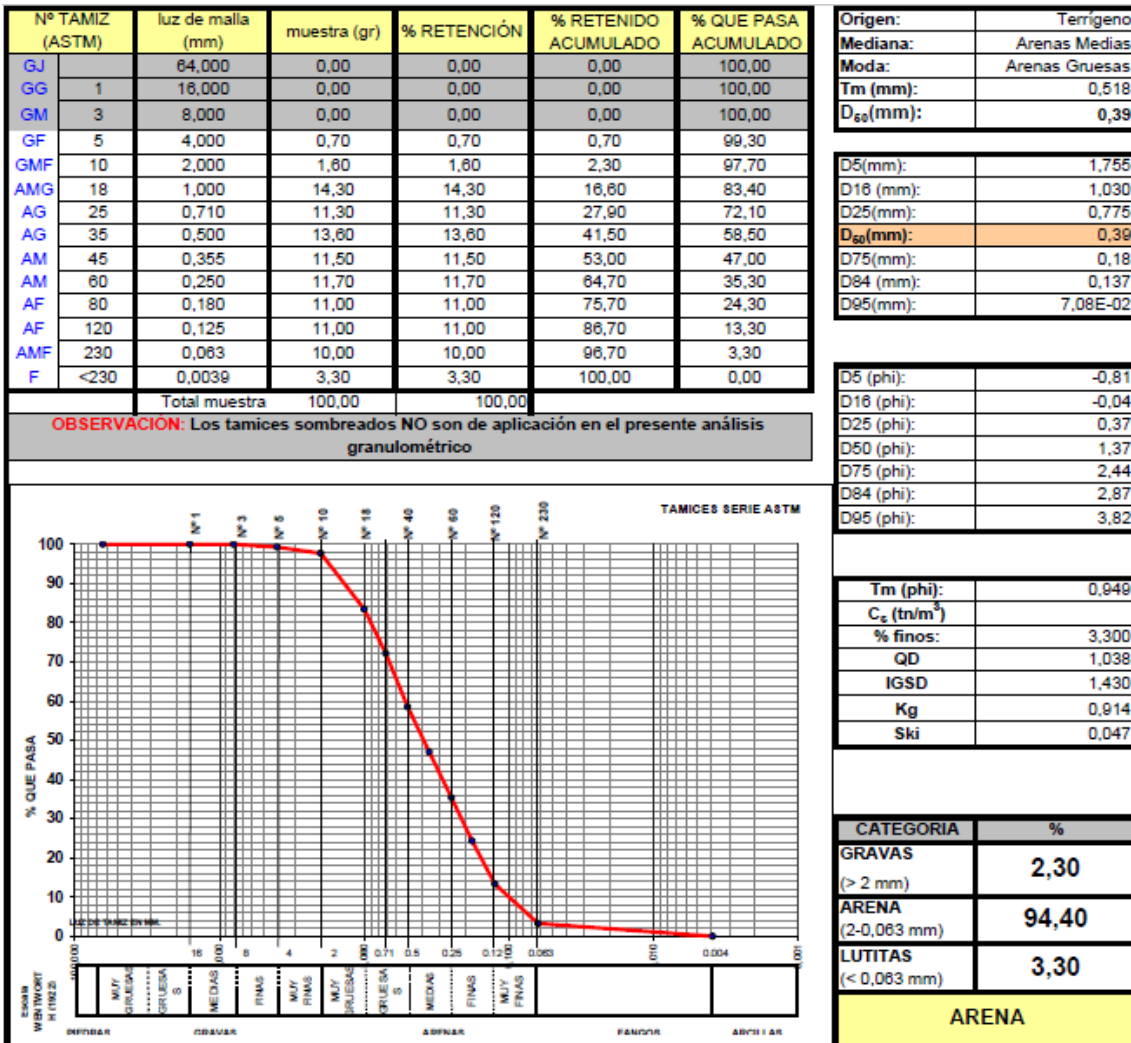


Imagen 11: Granulometría muestra: Arenas Playa Norte del Puerto Junto a Dunas.
Fuente: Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino dirección general de sostenibilidad de la costa y del mar

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Granulometría de la zona Playa de la Llana

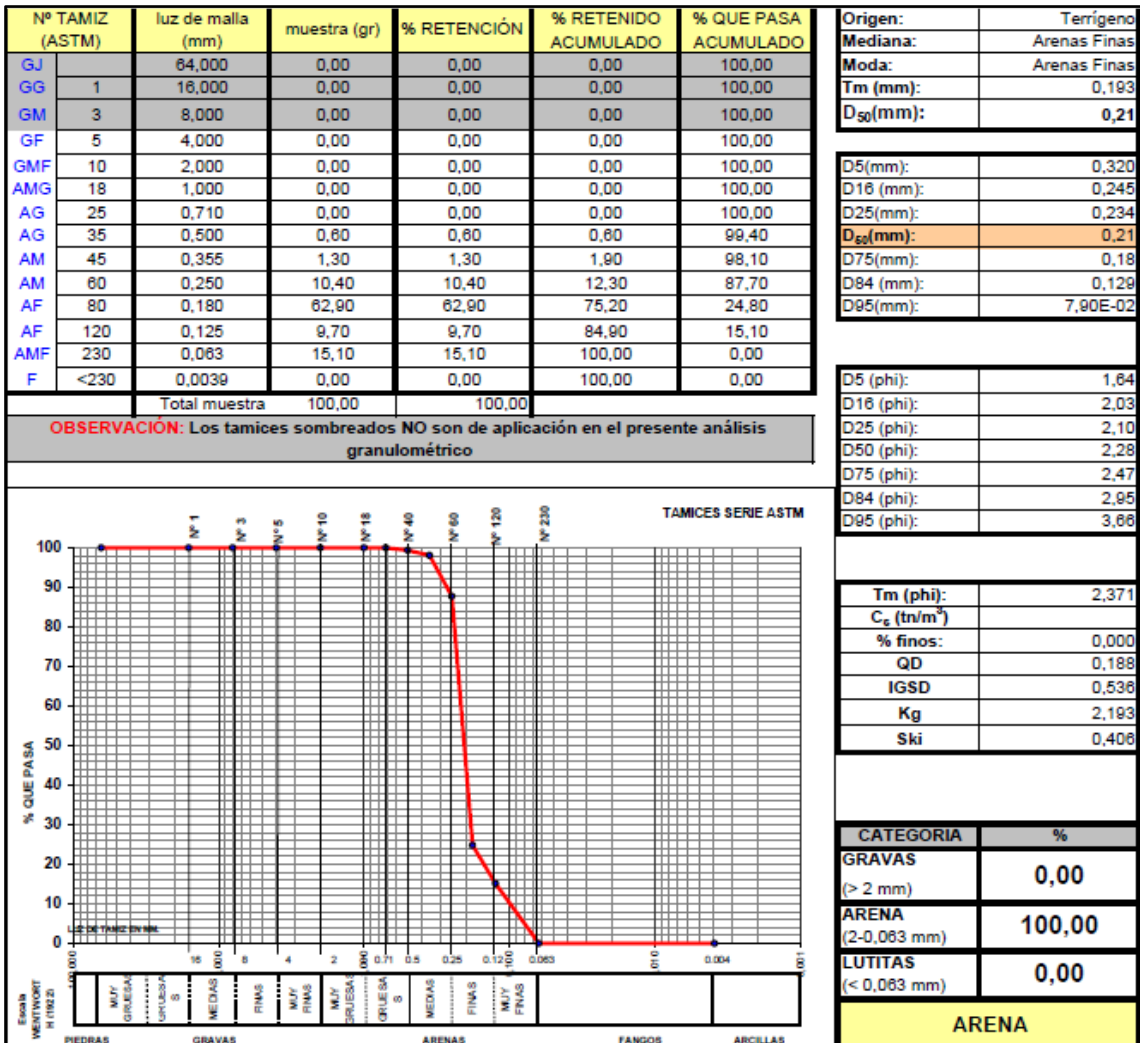


Imagen 12: Granulometría muestra 1: Playa la Llana orilla 2008. Fuente: Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino dirección general de sostenibilidad de la costa y del mar

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

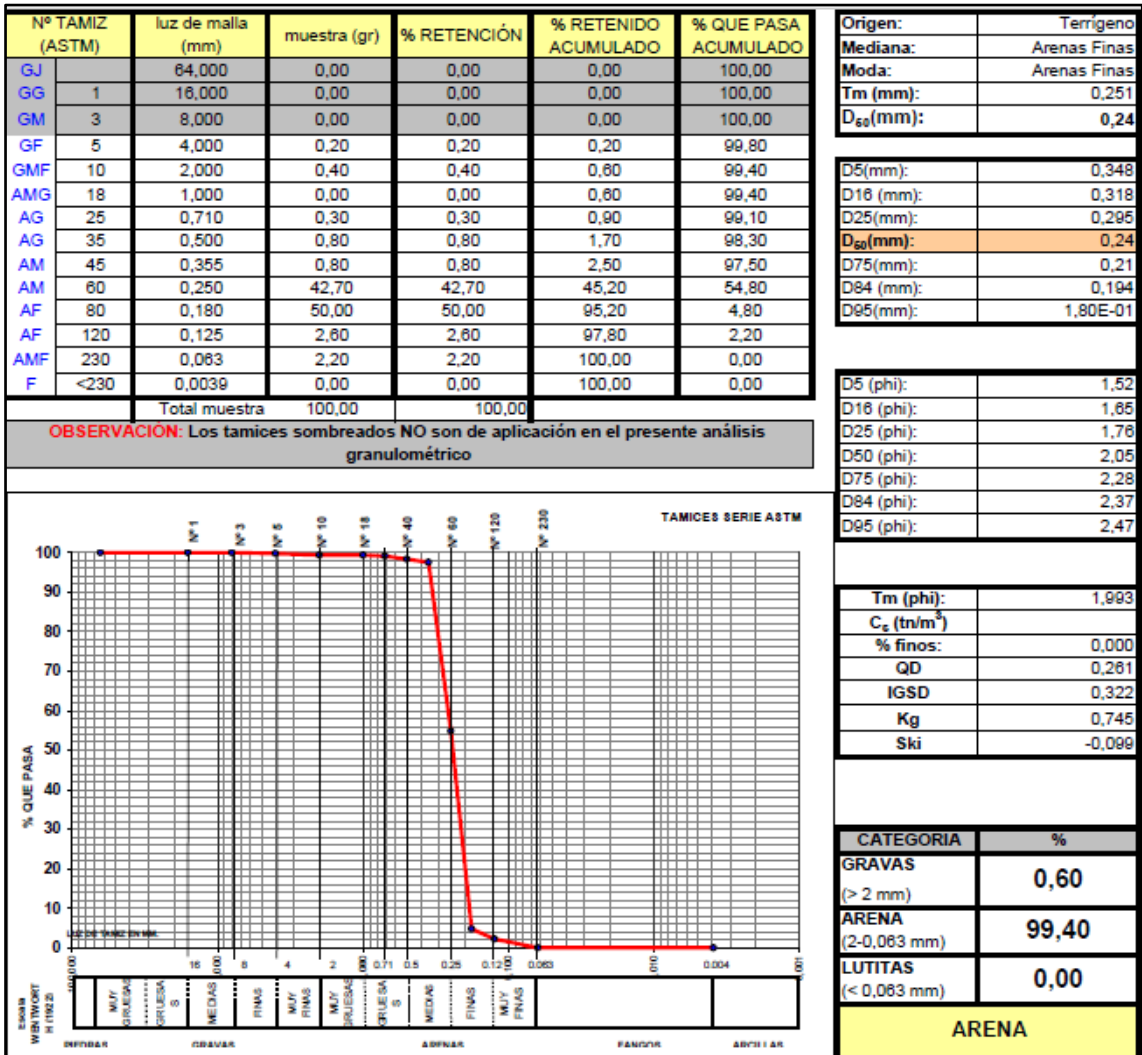


Imagen 13: Granulometría muestra 2: Playa la Llana 2008. Fuente: Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino dirección general de sostenibilidad de la costa y del mar

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

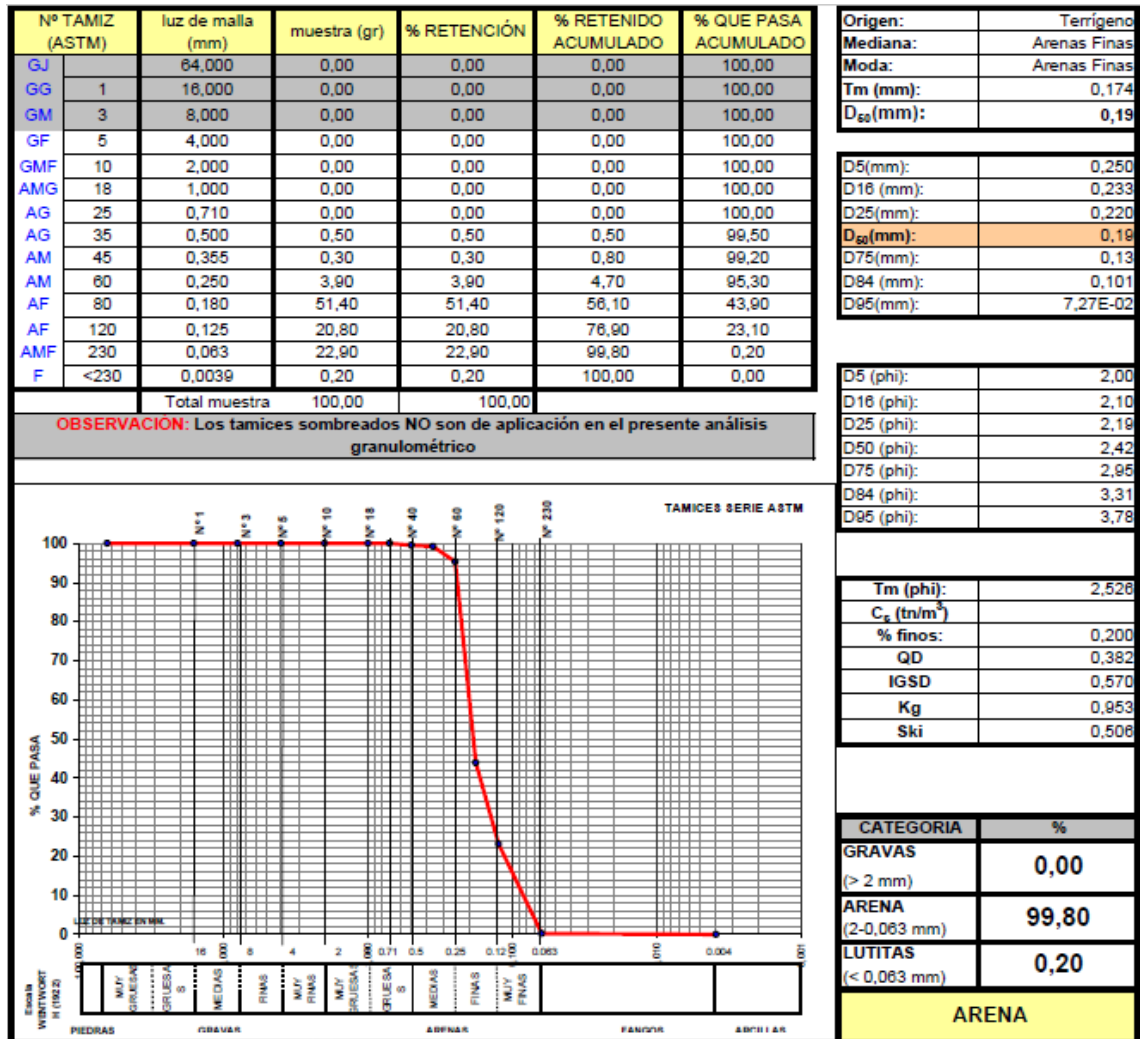


Imagen 14: Granulometría muestra 3: Playa la Llana dunas 2008. Fuente: Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino dirección general de sostenibilidad de la costa y del mar

6. Climatología marítima

6.1. Introducción

El estudio del Clima Marítimo es por sí mismo un aspecto fundamental a la hora de determinar y entender el comportamiento de los distintos agentes climáticos que actúan en la costa y que modifican con su acción la morfología y las propiedades físicas de la misma con el paso del tiempo.

Para la realización del presente estudio, hemos considerado como agentes esenciales, el viento y el oleaje. Dentro de ambos factores estudiaremos los valores más significativos y las direcciones predominantes de actuación que hemos tenido en cuenta a la hora de modelizar ambos factores en nuestros cálculos.

El viento influye en los procesos litorales de dos modos distintos según actúe en las proximidades de la costa o en aguas profundas. En este último caso se generan los oleajes más erosivos con la costa aunque los primeros originan dinámicas litorales que no se pueden tampoco despreciar.

En España, el documento que clasifica los diferentes tipos de Climas Marítimos que existen en nuestro país, es el Anejo I de la Recomendación 0.3. Oleaje: Clima Marítimo en el Litoral Español de la ROM 03.91.

Tal y como se indica en la introducción de la citada normativa: “Se permite la aplicación de dicha normativa en el proyecto, construcción y explotación de todas las obras marítimas y portuarias cualquiera que sea su clase o destino, así como los materiales y elementos empleados en su construcción, siempre y cuando se encuentren ubicadas en el litoral español y estén afectadas por los mismos oleajes que el emplazamiento de alguna de las fuentes de información disponibles analizadas”.

El citado anejo reúne toda la información y criterios necesarios para la caracterización aproximada del Clima Marítimo en el litoral español, y por tanto la definición de oleajes de proyecto en aguas profundas a lo largo de prácticamente toda la costa española, tanto para condiciones extremas como para condiciones normales de operación. Asimismo, permite establecer el espectro de cálculo del oleaje para condiciones extremas en dicho ámbito geográfico.

Dicha Recomendación por tanto pretende proporcionar al proyectista, la información elaborada disponible, actualizada y contrastada existente en el litoral español, correspondientes a zonas ya analizadas y con experiencia acumulada en la caracterización y previsión del oleaje en períodos largos de tiempo y en su aplicación práctica al proyecto de obras marítimas.

En la figura siguiente se encuentran las coordenadas geográficas de cada una de las 10 áreas, de condiciones climáticas distintas, en los que se divide la Península.

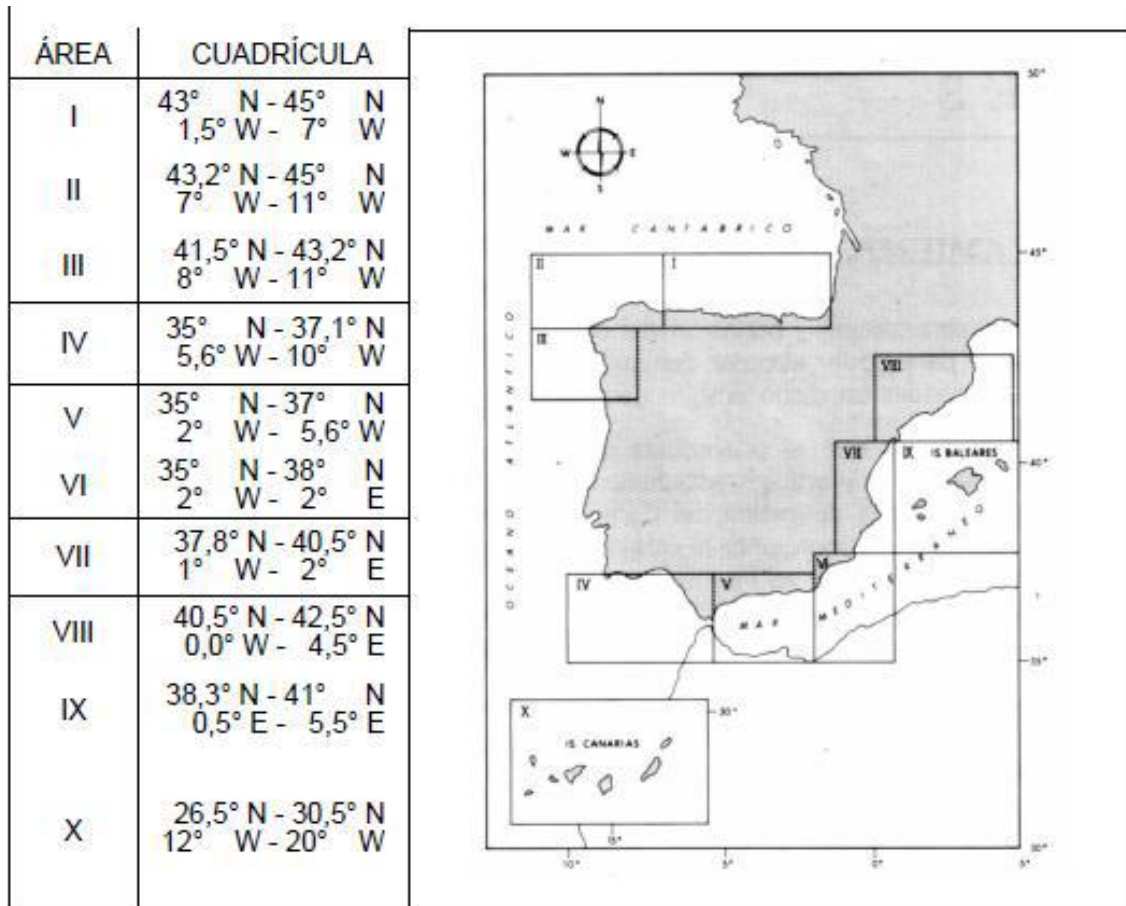


Imagen 28: Zonificación del litoral español a efectos de caracterización del Clima Marítimo. Fuente: ROM 03.91

6.2. Régimen de vientos

6.2.1 Origen y tipos de vientos en la península

Al no ser el globo terráqueo homogéneo en cuanto a su forma, la cantidad de calor solar que recibe cada parte de la Tierra no es la misma, principalmente a causa de la distribución de las tierras y de los mares. Debido a este motivo, además de las corrientes verticales por convección, se producen movimientos horizontales de aire por la superficie terrestre o paralela a ella. Estos flujos horizontales de aire, debidos a las desigualdades de temperatura, se denominan vientos.

La dirección del viento depende de la presión existente en las distintas regiones, desplazándose desde las regiones de altas presiones a las regiones de más baja presión. Denominamos dirección del viento al punto del horizonte de donde sopla. Para clasificar todas las direcciones del viento se usan las rosas de viento que pueden caracterizar hasta 32 direcciones diferentes.

En la Península ibérica no se dan de forma continua vientos muy fuertes. Las velocidades medias raramente superan los 50 Km/h, aunque en algunas ocasiones se

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

observan rachas superiores a los 180 Km/h. A nivel general se puede decir que los vientos dominantes en nuestro territorio son los siguientes:

- Interior: dominan los vientos del Nordeste y los de componente Oeste (Noroeste y Sudeste).
- Litoral Mediterráneo: encontraremos los vientos del Este, Norte y Sur.
- Estrecho: el viento presente es el que proviene del Oeste.

El Levante (E), Lebeche (ESE) y el Xaloc (SE) son los vientos más comunes en nuestra zona de actuación, típicos en el sureste de la Península.

El lebeche es un viento típico del suroeste (SO) .Se produce por el desplazamiento de borrascas en el Mediterráneo sur de oeste a este; este desplazamiento provoca el movimiento de masas de aire tropical, cálidas, secas y polvorientas desde el Sahara hasta el sureste de España.

La aparición de este viento anuncia la llegada de la depresión que lo provoca, depresión que a veces conlleva tormentas y lluvia.

6.2.2 Caracterización régimen de vientos en la costa levantina

A la hora de caracterizar el régimen de vientos en la costa mediterránea, cobra un papel fundamental un accidente geográfico, la Meseta. Con una altitud aproximada de 600 metros y abierta por su flanco sudoccidental hacia el Océano Atlántico, tiende a provocar el ascenso vertical del viento superficial desencadenando los vientos del Oeste en la Comunidad Valenciana.

En la Revista de Obras Públicas encontramos el trabajo “Bases para una aproximación a la dinámica litoral del país valenciano” del profesor J.J. Díez en el que estima la evolución de la morfología de la costa valenciana en función del régimen de vientos que actúan en el levante español. El encuadre general en dicho espacio geográfico es el siguiente:

- a) El frente polar originado en las áreas anticiclónicas del círculo polar ártico y cuyo alcance se reduce durante los meses cálidos, pero que durante el resto del año empuja a los ciclones extratropicales hacia latitudes menores.
- b) Los ciclones extratropicales , fenómeno que se concreta en el Atlántico Norte las bajas presiones centrales en los 60º de latitud y cuya marcha del Oeste al Este suele detenerse sobre la llanura centroeuropea donde se disuelven.
El fuerte gradiente de presiones propio del fenómeno, siempre introduce una cierta cantidad de aire fresco marítimo en el tercio Norte peninsular. En la temporada fría las borrascas se sitúan a latitudes menores afectando notablemente a costas del Norte y Oeste de la Península.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Si son suficientemente potentes (rebasan en estos casos las sucesivas cadenas montañosas y llegan a situarse en Centroeuropa aún con fuerza), alcanzan las costas del Mediterráneo. Descensos importantes del frente polar durante esta temporada hacen descender aún más estos ciclones hasta transformarlos de noratlánticos en suratlánticos de forma que entonces afectan a la totalidad de la Península, alcanzando en consecuencia las costas mediterráneas.

- c) La franja de altas presiones de los 30º de latitud se concentra en el Atlántico Norte, en el anticiclón de las Azores. Se acerca a la Península Ibérica por el Suroeste al principio de la estación invernal, permanece próximo a ella durante algún tiempo para desplazarse después en dirección SW, volviendo a estabilizarse en su posición más alejada de la Península durante el verano. En torno a los equinoccios se desplaza manteniendo su latitud, un poco hacia el Oeste en otoño y hacia el Este en primavera.
- d) El carácter notablemente continental de la Península Ibérica, lo que es causa de escasa nubosidad y fuerte influencia de las radiaciones. Durante el verano la intensa radiación , solar y de la corteza, origina un calentamiento considerable de las masas de aire sobre la meseta, generándose así un área de bajas presiones que entra en relación con la general centroeuropea; en invierno, por el contrario, estas masas de aire muestran un déficit térmico que se manifiesta en el establecimiento de un anticiclón , en relación, bien con el de las Azores , bien, asilado, con las masas de aire frío de Centroeuropa. Su presencia está en relación con el conjunto de circunstancias que determinan el carácter noratlántico y suratlántico de los ciclones extratropicales mencionados.
- e) El carácter predominantemente desértico del Norte de África es causa, por su fuerte insolación, de la formación de una estable y extensa área de bajas presiones anómalas cuya posición central oscila, aproximadamente, a lo largo de un paralelo situándose más hacia Argelia y Marruecos en verano-otoño, para retornar hacia el Sur de Túnez y Libia en invierno. Estos ciclones son de aire caliente en contraposición con los suratlánticos extratropicales, aunque todos dan vientos del SE, sobre las costas mediterráneas.

Además de los factores citados anteriormente, se superponen fenómenos mucho más locales. En particular destaca uno que lo podríamos denominar área de bajas presiones ligur. Surge en el otoño, cuando se acelera el enfriamiento de la Meseta y del macizo alpino, mientras el área marina conserva aún su carácter cálido. Se sitúa entonces en el golfo de León, entre Génova y las Baleares: se desplaza, en invierno, hacia el Sur de Italia y desde allí, en primavera, hacia el Noroeste, es decir hacia el Sur Balear, donde termina disolviéndose. Durante su etapa activa se potencia con los ciclones extratropicales que han llegado a esas áreas.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Del conjunto de todos estos fenómenos, los ciclones extratropicales son sin duda los que ocasionan los vientos más intensos por el fuerte gradiente de presiones que les caracteriza. Sin embargo, su principal incidencia en la Península se produce en las costas cantábricas y atlánticas. En las mediterráneas, los ciclones noratlánticos dan lugar a intensos vientos del NE. Los suratlánticos, cualquiera que sea su origen, dan vientos del SE, si bien en el caso de los extratropicales, se inician con vientos del SW que rolan al S y, finalmente, al SE.

En ciertas circunstancias pueden terminar en vientos del Este, cuando se funden con los ligures. Sus costas de influencia en estas circunstancias son, fundamentalmente, las del Sudeste y Este peninsular, pero también las mediterráneas del Sur (Alborán y, en ocasiones, las de Cataluña y Baleares).

Los levantes intensos son más frecuentes con los ciclones suratlánticos. Su intensidad se acentúa hacia el Estrecho, aunque casi nunca lo suelen rebasar, siendo la longitud del Cabo de San Vicente un límite máximo habitual. Pero también ocurren, sobre todo al Norte del Cabo de San Antonio, en conexión con la depresión estival del desierto del Sáhara y con el anticiclón invernal europeo. Este último caso, cuando el anticiclón se centra en Francia y coincide con los efectos de la depresión ligure, es el de las "levantadas" más intensas. En conjunto los levantes no son muy frecuentes (3% en invierno, 10% en verano y otoño y 14% en primavera, como promedio), pero sí suelen ser intensos y persistentes por lo que tienen influencia en el transporte sólido de todo el litoral levantino originando resultados máximos en algunos tramos. Además los temporales más intensos del levante ocasionan fuertes precipitaciones, lo que da lugar no sólo a inundaciones sino a fuertes aportes de materiales sólidos sobre los deltas, en el momento de máxima actividad del oleaje.

Los garbís, vientos del SW, pueden ser tan intensos o más, pero soplando en la dirección general de la línea de costa, o desde el interior en ciertos tramos, su influencia en el transporte sólido es mucho menor.

Sobre estos vientos correspondientes a la circulación general atmosférica, en nuestras latitudes se deben tener en cuenta los ocasionados por el brusco gradiente térmico que siempre se establece en la interfase litosfera-hidrosfera, y que se produce a consecuencia de los diferentes calores específicos de ambos medios. Durante el día, debido a que se calienta más rápido la fase continental, pasan por un máximo de intensidad hasta alcanzar un mínimo nulo en el momento de la noche debido al más rápido enfriamiento de la mencionada fase y alcanzando de nuevo el equilibrio térmico. La situación dominante en la fase continental, ciclónica en verano y anticiclónica en invierno, hace que

mientras las brisas del mar o “marinadas” alcanzan importantes velocidades las de tierra o terrales son mucho menos intensas en general. La dirección de estos vientos viene impuesta por la general de la costa en cada tramo, aunque modificada en cada punto por las características fisiográficas y morfológicas de su entorno; en los tramos norte de cada uno de los grandes arcos de nuestro litoral mediterráneo las marinadas coinciden, aproximadamente, con la dirección del garbí mientras que en sus tramos sur se centran en el Nordeste en líneas generales.

6.2.3 Régimen de vientos en nuestra zona de actuación

Se muestran a continuación las rosas de vientos del punto WANA/SIMAR 2075094, al ser la estación de medida de viento más cercana a la costa de San Pedro del Pinatar. La información se ha obtenido a partir de la serie histórica de datos de Puertos del Estado y el período analizado abarca desde el año 2006 hasta el 2016.

En la zona de actuación que se encuentra situada al este de la provincia murciana, predominan los levantes (NE) en verano, mientras que en invierno son más representativos los vientos con dirección SW (lebeche), NW y WSW.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

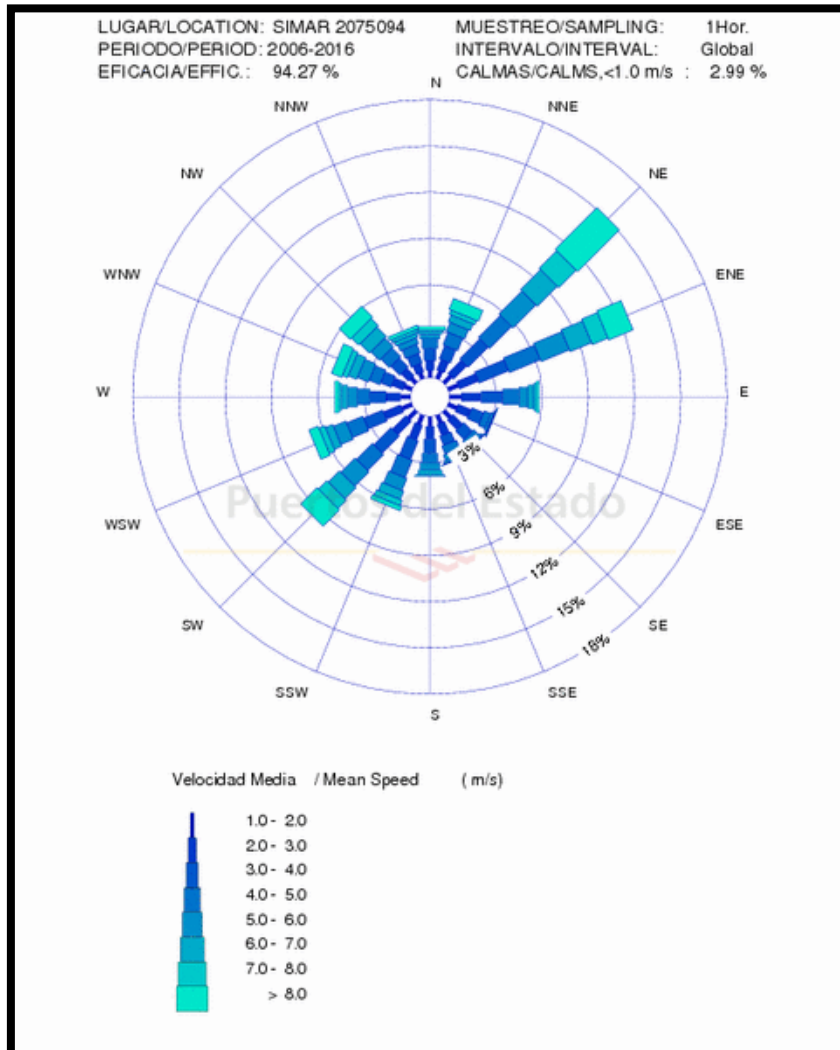


Imagen 29: Rosa de Vientos Punto SIMAR 2075094. Fuente: Puertos del Estado

Tal y como se observa en la figura 2 adjunta, la mayor parte de los vientos en nuestra zona tienen una velocidad moderada, siendo poco frecuentes los que exceden de los 8m/s, representados en las rosas de vientos con el color azul claro. Sin embargo, velocidades superiores se pueden llegar a alcanzar coincidiendo con vientos de levante (NE) y de dirección ENE.

Se va a realizar un estudio estacional de las rosas de oleajes:

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

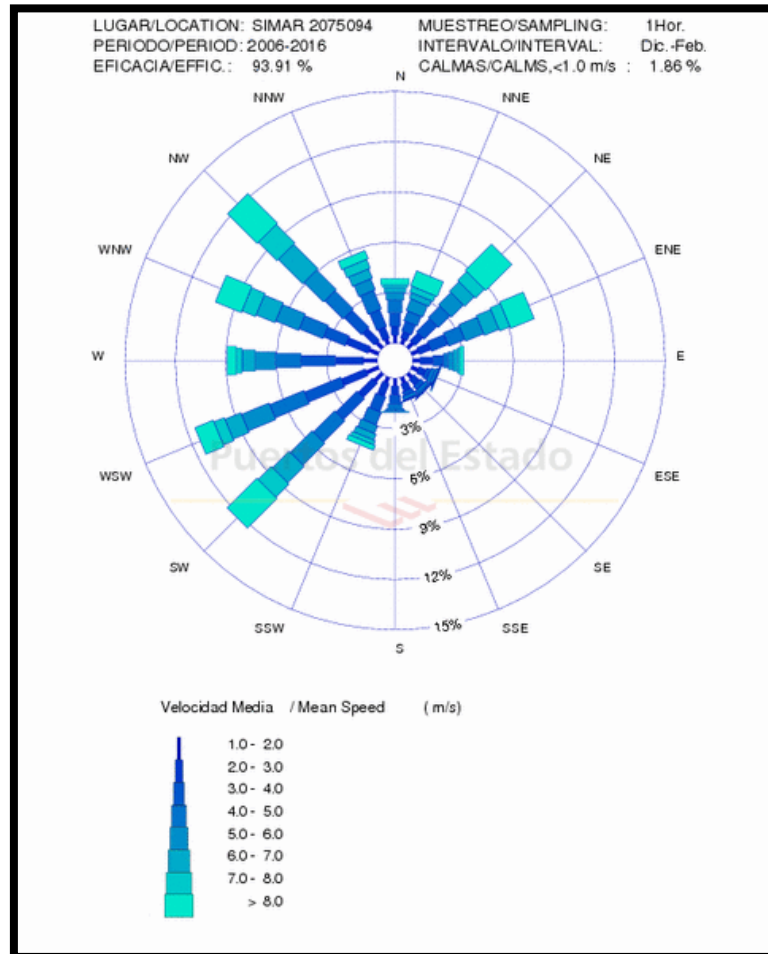


Imagen 30: Rosa de Vientos Invierno Punto SIMAR 2075094. Fuente: Puertos del Estado

Se muestra en la figura 3 la rosa de oleajes en invierno, que comprende el período entre Diciembre y Febrero. Observamos como hemos dicho anteriormente que los vientos predominantes son los de dirección SW, NW y WSW.

Como señala Manuel Viedma Muñoz en “EL viento en el litoral de la península Ibérica y archipiélago Balear” (2012): “En invierno, al decrecer la presión atmosférica desde el centro del solar ibérico hacia la periferia costera, provoca que la Península se comporte como un “centro de divergencia de vientos secos hacia los mares circundantes”, lo que queda reflejado en los rumbos de primer orden de los observatorios” (figura 4).

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

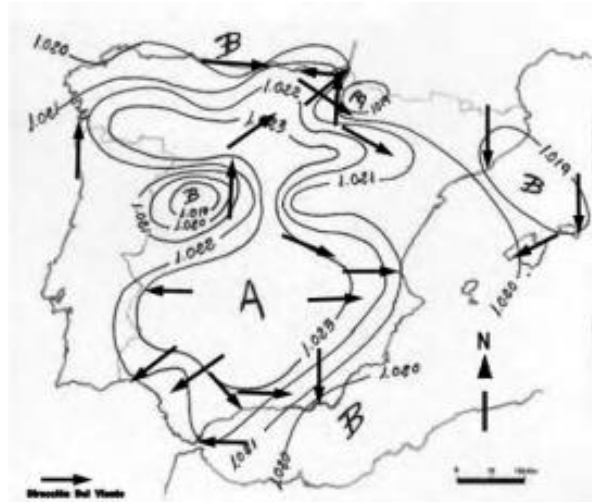


Imagen 31: Isobaras medias y vientos en Invierno

En verano, durante los meses de Junio, Julio y Agosto las direcciones predominantes son las citadas anteriormente, NE y ENE tal y como se observa en la figura siguiente:

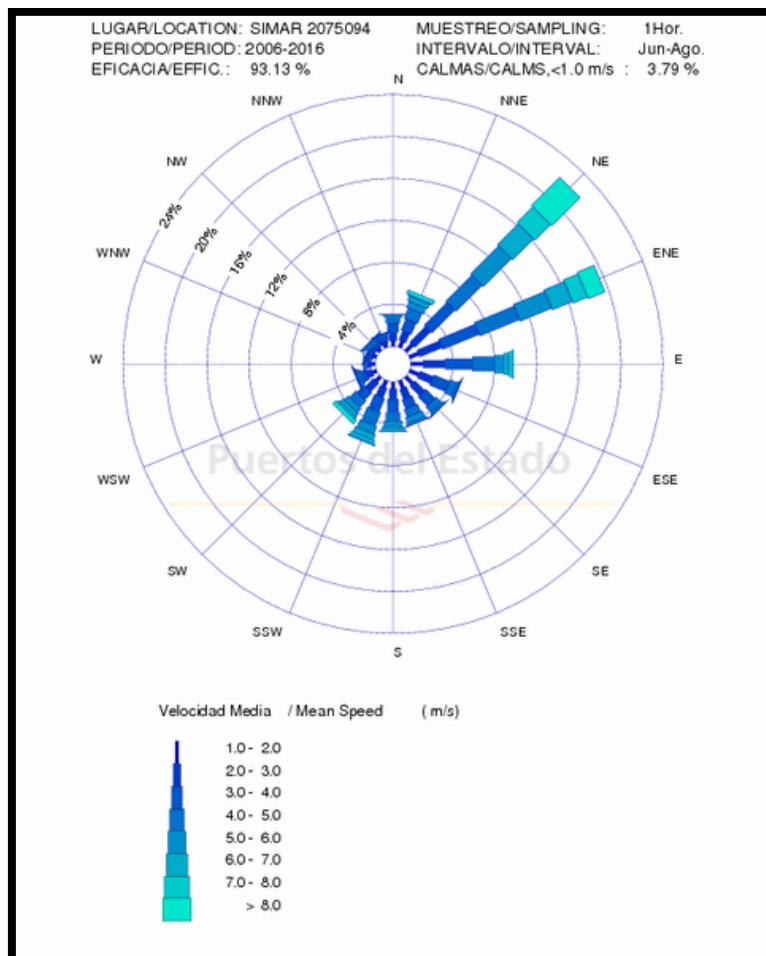


Imagen 32: Rosa de Vientos Verano Punto SIMAR 2075094. Fuente: Puertos del Estado

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Atendiendo de nuevo al artículo de Manuel Viedma Muñoz, “EL viento en el litoral de la península Ibérica y archipiélago Balear” (2012), donde cita: “En verano, al aumentar la presión atmosférica, desde el centro a la periferia costera, hace que la Península se comporte como un núcleo de convergencia de vientos marítimos atrayéndolos hacia ella. Los vientos soplan desviándose hacia su interior, por lo que queda establecido una convergencia desde los mares circundantes hacia la Meseta Ver” (figura 6).

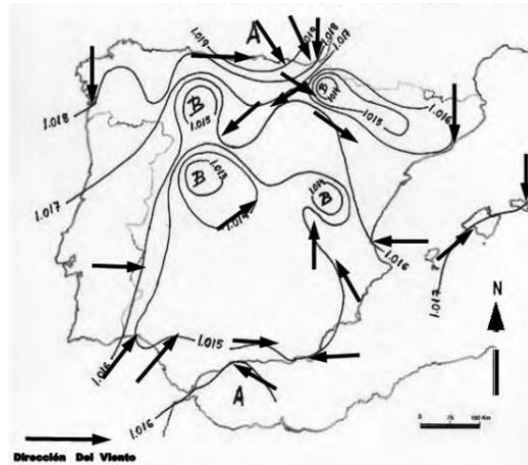
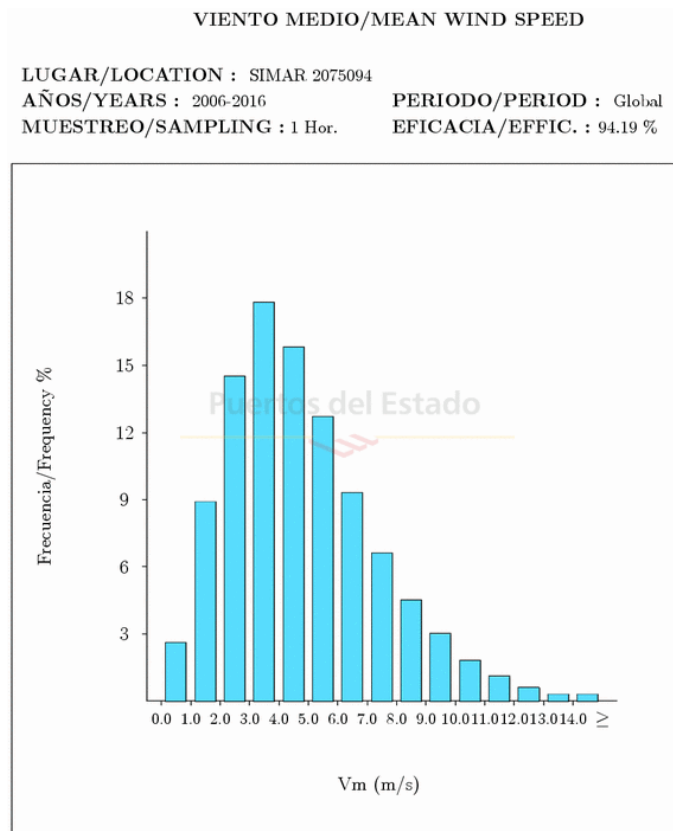


Imagen 33: Isobaras medias y vientos en Verano

A partir del siguiente histograma podemos observar que la máxima frecuencia es la de velocidades del viento en torno a 4 m/s.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Gráfica 3: Velocidad del viento vs Frecuencia

6.3. Oleaje

6.3.1 Introducción

La finalidad del presente apartado es la caracterización del oleaje en la zona de la actuación. El oleaje es el factor que mayor influencia tiene en la geometría y composición de las playas, es decisivo para la planificación del proyecto.

Las olas de superficie derivan su energía de los vientos continuados sobre una superficie (fetch), una parte considerable de esta energía se disipa en las proximidades de la costa, por tanto, están estrechamente vinculadas con la conformación de las playas, el transporte de sedimentos y su distribución en el fondo sobre el frente de playa.

6.3.2 Datos disponibles del oleaje

Atendiendo a la localización geográfica del área de estudio, los distintos tipos de información disponible (instrumentales, visuales y simulados numéricamente) deberán referirse a la instrumentación o conjuntos de datos representativos del oleaje de la zona.

Los conjuntos de datos disponibles para la zona son los existentes en el Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado:

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

- Conjunto de datos visuales de oleaje en aguas profundas con información direccional del Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC), procesada a partir de los datos del National Climatic Data Center (Carolina del Norte, USA) abarcando todas las observaciones realizadas en el período comprendido entre 1950 y 1985.
- Conjunto de datos instrumentales de oleaje registrados por las boyas de medida pertenecientes a la Red Española de Medida y Registro del Oleaje (REMRO).
- Conjunto de datos sintéticos del oleaje SIMAR:
 - Conjunto de datos simulados WANA
 - Conjunto de datos simulados SIMAR-44

El conjunto de datos SIMAR está formado por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modelado numérico. Son, por tanto, datos simulados y no proceden de medidas directas de la naturaleza. Las series SIMAR surgen de la concatenación de los dos grandes conjuntos de datos simulados de oleaje con los que tradicionalmente ha contado Puertos del Estado: SIMAR-44 y WANA. El objetivo es el de poder ofrecer series temporales más extensas en el tiempo y actualizadas diariamente. De este modo, el conjunto SIMAR ofrece información desde el año 1958 hasta la actualidad. Este trabajo de fusión se ha aprovechado para ampliar también la cobertura espacial, ampliando considerablemente el lote de puntos disponibles tanto en el Mar Mediterráneo como en el Océano Atlántico, en aguas abiertas como en costa, llegando a ofrecer datos a escala portuaria.

6.3.3 Régimen medio del oleaje: Rosas de oleaje

Para el estudio del régimen medio del oleaje en la zona de estudio se tomarán las rosas de oleaje del Punto SIMAR 2077094, que es el más próximo a la zona de actuación.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 34: punto SIMAR elegido para el estudio del régimen medio.



Imagen 35: información del punto SIMAR 2077094

Las rosas de oleaje proporcionan tres tipos de información: la dirección de la que proviene las olas, la altura de ola significativa y la frecuencia con que se dan estas direcciones.

Las rosas de oleaje permiten la representación gráfica de la distribución conjunta de probabilidad de las variables altura de ola y dirección del oleaje a lo largo de un periodo de tiempo concreto.

Las rosas están discretizadas en 12 sectores, para cada uno de ellos se representa una rama cuya longitud total indica la frecuencia de presentación del sector. A la dirección más frecuente se la denomina dirección *reinante*. Cada rama está

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

dividida en tramos de distinta anchura que representan las distintas alturas de ola según la escala gráfica que se incluye. A la dirección con mayores alturas de ola se la denomina dirección *dominante*.

La altura de ola que indica la rosa de oleaje suele ser la altura de ola significativa. No obstante si los datos de partida son datos visuales, esta altura de ola es la altura de ola visual. Normalmente las rosas de oleaje se usan para caracterizar el oleaje en aguas profundas, aunque también pueden ser empleadas para caracterizar el oleaje en las cercanías de la costa, según se muestra en la figura.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

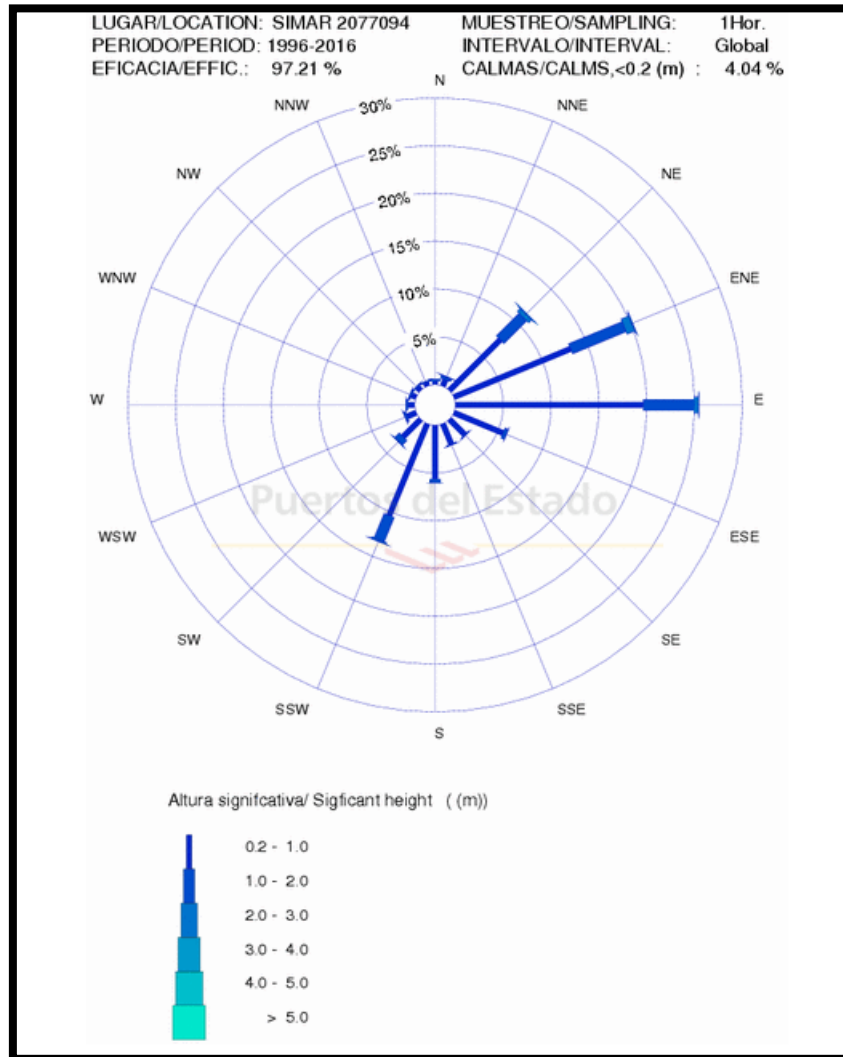


Imagen 36: Rosa del oleaje 1996-2016

La dirección reinante es la E con una frecuencia del 25% seguida de la dirección ENE (20%) y SSW (13%). La altura de ola significativa H_s máxima está comprendida entre 3 y 4 metros con dirección dominante E, el porcentaje de calmas es de 4.04% y cuenta con una eficacia de 97.21%. Las principales direcciones a tener en cuenta son E, ENE, NE y SW.

Se realiza el mismo análisis del oleaje en función de las estaciones del año, obteniéndose los siguientes resultados:

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

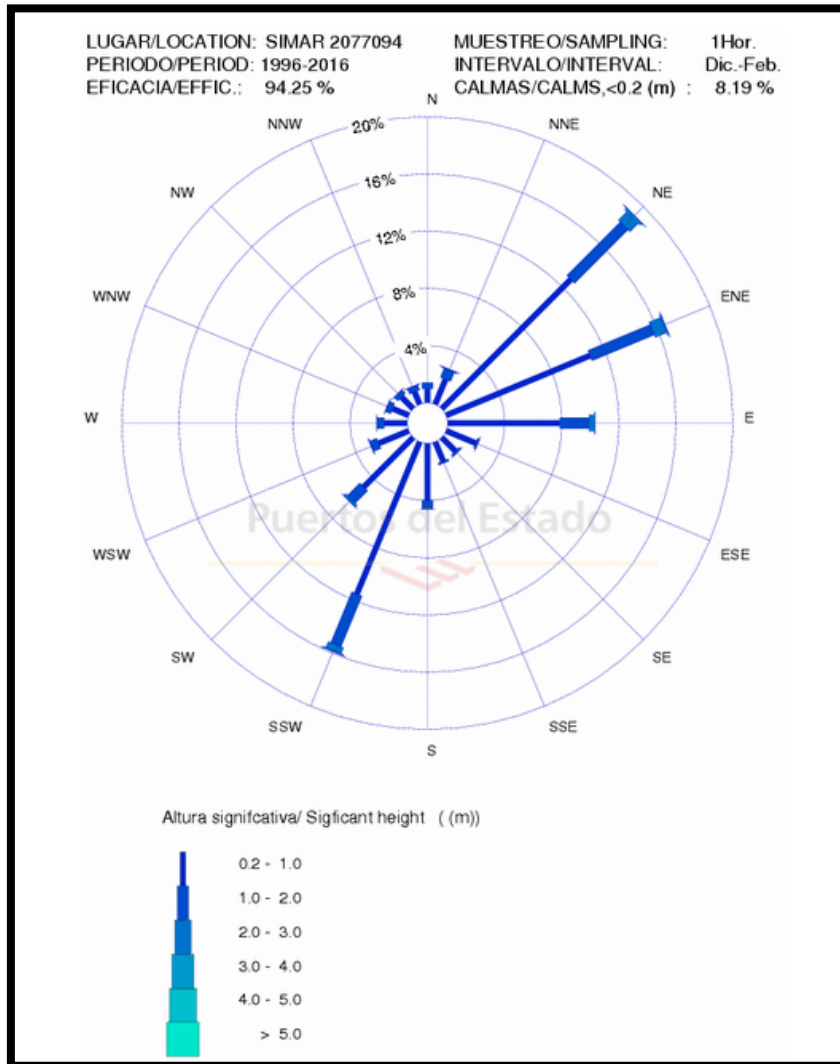


imagen 37: Rosa oleaje invierno

La dirección reinante en Invierno es la NE con una frecuencia de cerca del 20% seguida de la dirección ENE (17%) o SSW (16%). La altura de ola significativa H_s máxima está comprendida entre 3 y 4 metros con dirección dominante NE-ENE, el porcentaje de calmas es de 8.19% y cuenta con una eficacia de 94.25%. Las principales direcciones a tener en cuenta son NE, ENE, SSW y E.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

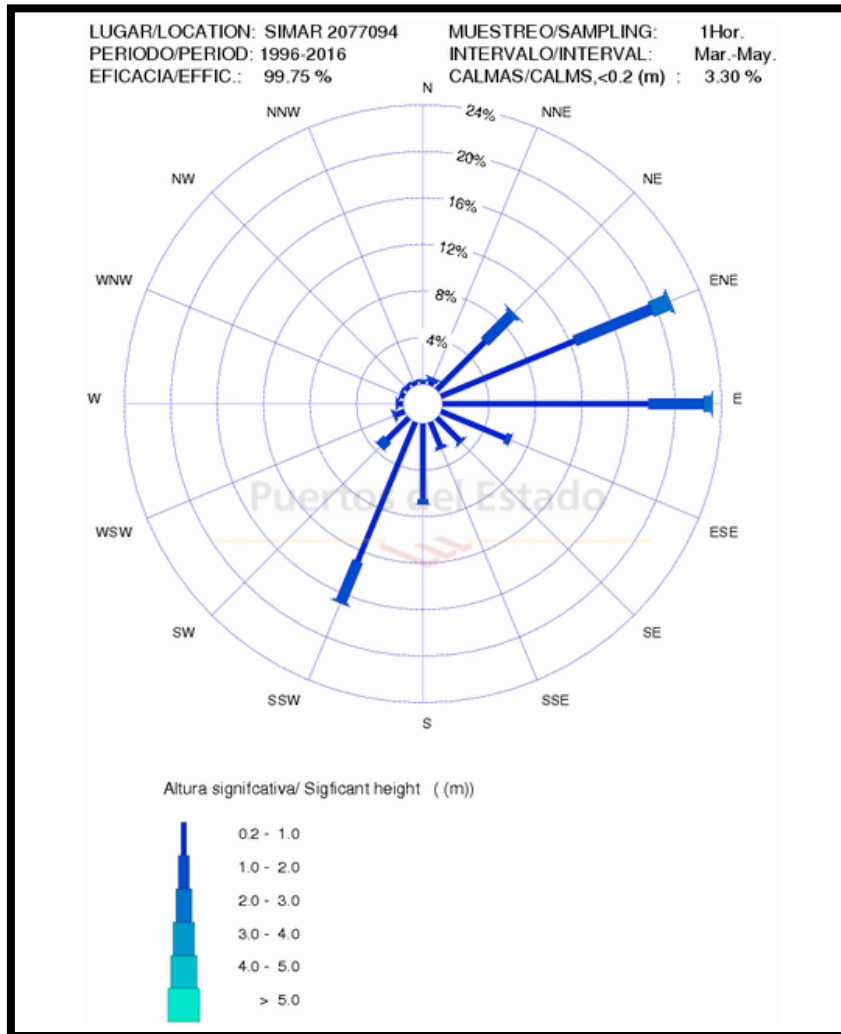


imagen 38: Rosa oleaje primavera

La dirección reinante en Primavera es la E con una frecuencia del 23%, seguida de la dirección ENE (21%) y SSW (16%). La altura de ola significativa H_s máxima está comprendida entre 3 y 4 metros con dirección dominante E y ENE, el porcentaje de calmas es de 3.3% y cuenta con una eficacia de 99.75%. Las principales direcciones a tener en cuenta son E, ENE y SSW.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

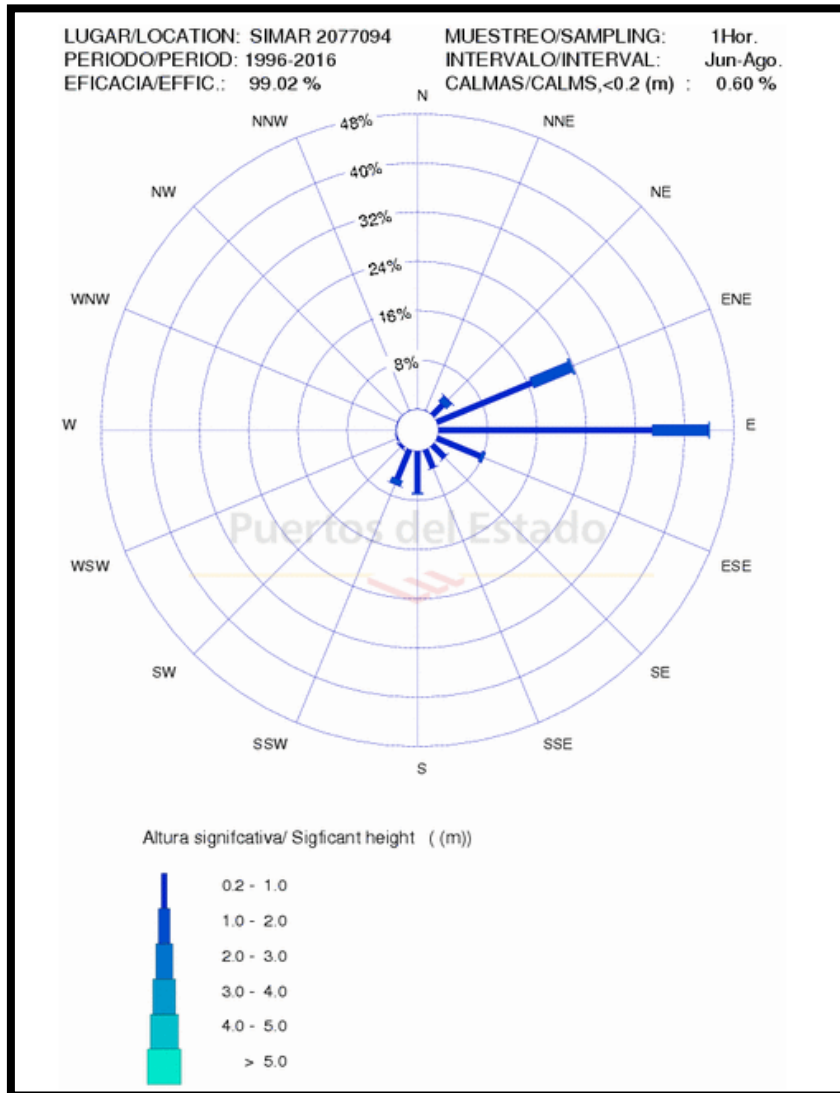


imagen 39: Rosa oleaje verano

La dirección reinante en verano es la E con una frecuencia del 45% seguida de la dirección ENE con un 24%, ESE del 8% y S del 7%. La altura de ola significativa H_s máxima está comprendida entre 3 y 4 metros con dirección dominante E, el porcentaje de calmas es de 0.6% y cuenta con una eficacia de 99.02%. Las principales direcciones a tener en cuenta son E y ENE.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

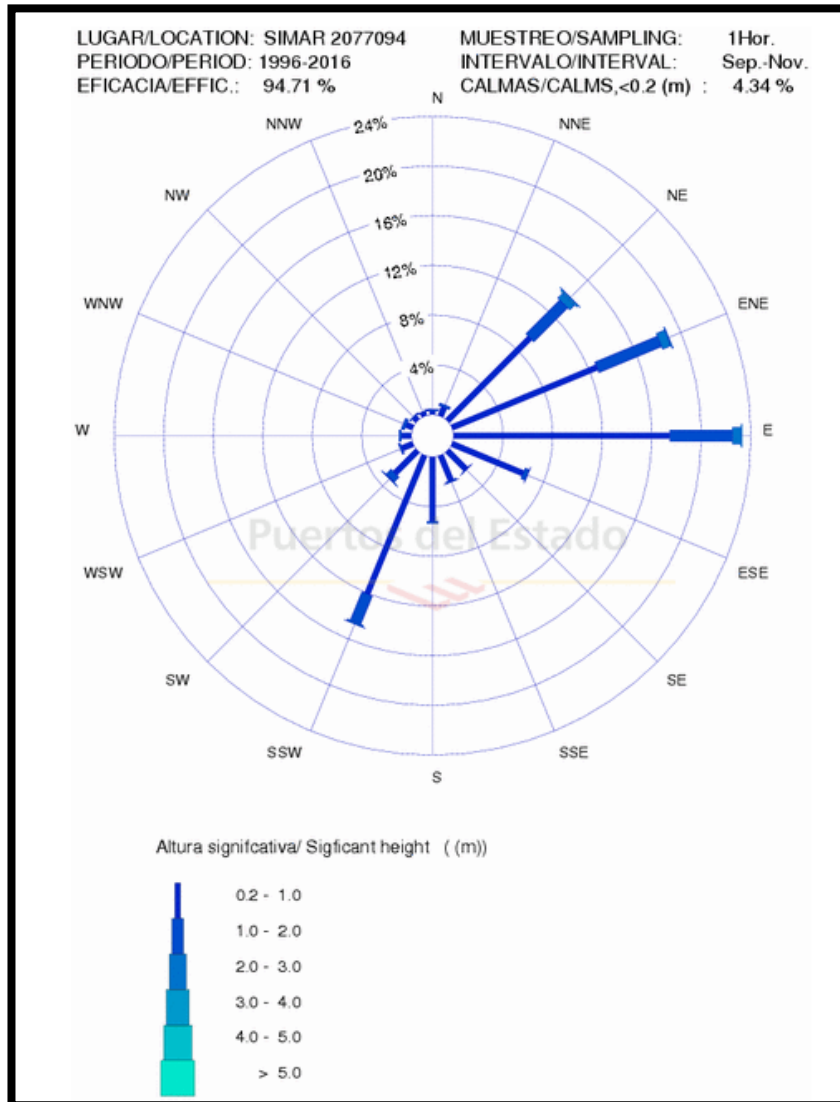


Imagen 40: Rosa oleaje otoño

La dirección reinante en otoño es la E con una frecuencia del 23% seguida de la dirección ENE con casi un 20%, seguido por NE y SSE con cerca de un 16%. La altura de ola significativa H_s máxima está comprendida entre 3 y 4 metros con dirección dominante E, el porcentaje de calmas es de 4.34% y cuenta con una eficacia de 94.71%. Las principales direcciones a tener en cuenta son E, ENE, NE y SW.

Como conclusión, en todas las estaciones predominan las direcciones del oleaje del primer cuadrante, apareciendo también de manera significativa las direcciones S Y SW en primavera otoño e invierno.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Hs (m)	TP (s)	<=1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	>10.0	TOTAL
	<=0.5	---	0.123	3.614	7.989	9.099	5.499	3.125	1.806	0.868	0.304	0.048	32.476
1.0	---	0.001	0.494	5.214	10.150	12.840	6.846	3.838	2.963	1.611	0.603	44.559	
1.5	---	---	0.005	0.322	1.827	4.972	4.168	1.698	1.295	0.968	0.676	15.931	
2.0	---	---	---	0.012	0.209	0.842	1.677	0.815	0.415	0.276	0.337	4.585	
2.5	---	---	---	---	0.017	0.037	0.557	0.551	0.186	0.124	0.132	1.605	
3.0	---	---	---	---	0.001	0.002	0.047	0.227	0.145	0.058	0.034	0.514	
3.5	---	---	---	---	---	---	0.002	0.046	0.080	0.043	0.023	0.193	
4.0	---	---	---	---	---	---	---	0.010	0.035	0.029	0.014	0.089	
4.5	---	---	---	---	---	---	---	---	0.011	0.013	0.012	0.037	
5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.006	0.007	
> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.003	0.003	
TOTAL	---	0.124	4.113	13.538	21.303	24.192	16.423	8.993	5.999	3.427	1.889	100%	

Tabla 1: Altura significativa (Hs) Vs de periodo pico (Ts). Fuente Puertos del Estado.

SIMAR 2077094

EFICACIA 87.1%		Hs (m)											TOTAL
AÑO/YEAR 2006		<= 0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
calmas/calms		1.061											1.061
Dir	N 00	0.026	0.105	0.052	0.118	0.026	---	---	---	---	---	---	0.327
	NNE 22	0.065	0.432	0.472	0.157	0.013	---	---	---	---	---	---	1.139
	NE 45	2.462	4.925	2.475	1.270	0.563	0.314	0.079	0.013	---	---	---	12.102
	ENE 67	5.488	12.246	4.951	1.493	1.048	0.354	---	---	---	---	---	25.580
	E 90	9.836	11.198	1.310	0.694	0.118	---	---	---	---	---	---	23.157
	ESE 112	3.065	1.703	0.079	0.013	---	---	---	---	---	---	---	4.859
	SE 135	1.821	1.113	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2.934
	SSE 157	1.690	0.864	0.013	---	---	---	---	---	---	---	---	2.567
	S 180	4.008	0.655	0.079	---	---	---	---	---	---	---	---	4.741
	SSW 202	4.754	5.619	1.375	0.301	0.092	---	---	---	---	---	---	12.141
	SW 225	1.074	3.183	0.694	0.118	0.065	---	---	---	---	---	---	5.134
	WSW 247	0.655	0.812	0.196	0.013	---	---	---	---	---	---	---	1.676
	W 270	0.380	0.498	0.039	0.039	---	---	---	---	---	---	---	0.956
	WNW 292	0.210	0.354	0.092	0.013	0.013	---	---	---	---	---	---	0.681
	NW 315	0.079	0.445	0.026	0.079	0.039	---	---	---	---	---	---	0.668
	NNW 337	---	0.223	0.052	---	---	---	---	---	---	---	---	0.275
	TOTAL	35.612+	44.375	11.906	4.309	1.978	0.668	0.079	0.013	---	---	---	100%
		1.061											

Tabla 2: Altura significativa (Hs) VS dirección de procedencia. Fuente Puertos del

Estado. SIMAR 2077094

6.3.4 Régimen extremal del oleaje

Dado que cualquier instalación en la costa se puede ver condicionada por la acción de un temporal es necesario estimar la frecuencia o probabilidad con la que se presentan temporales de cierta altura significativa de ola (Hs), para ello se obtendrán los datos a partir del régimen extremal ya que es un modelo estadístico que permite

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

caracterizar los valores extremos del oleaje en un determinado punto del mar. Es una función que relaciona la altura de ola significativa con la probabilidad de que en el próximo temporal no se supere un valor concreto de dicha variable.

$$P(H_s \leq x) = F(x)$$

Las funciones de distribución más habituales para regímenes extremos de oleaje son la de Gumbel y la de Weibull.

Dado que los puntos SIMAR no disponen de la información de régimen extremal y debería ser modelizada atendiendo a las funciones de Gumbel o Weibull, para el estudio del régimen extremal del oleaje en la zona de estudio se tomarán los datos de la Boya Costera de Cabo de Palos.



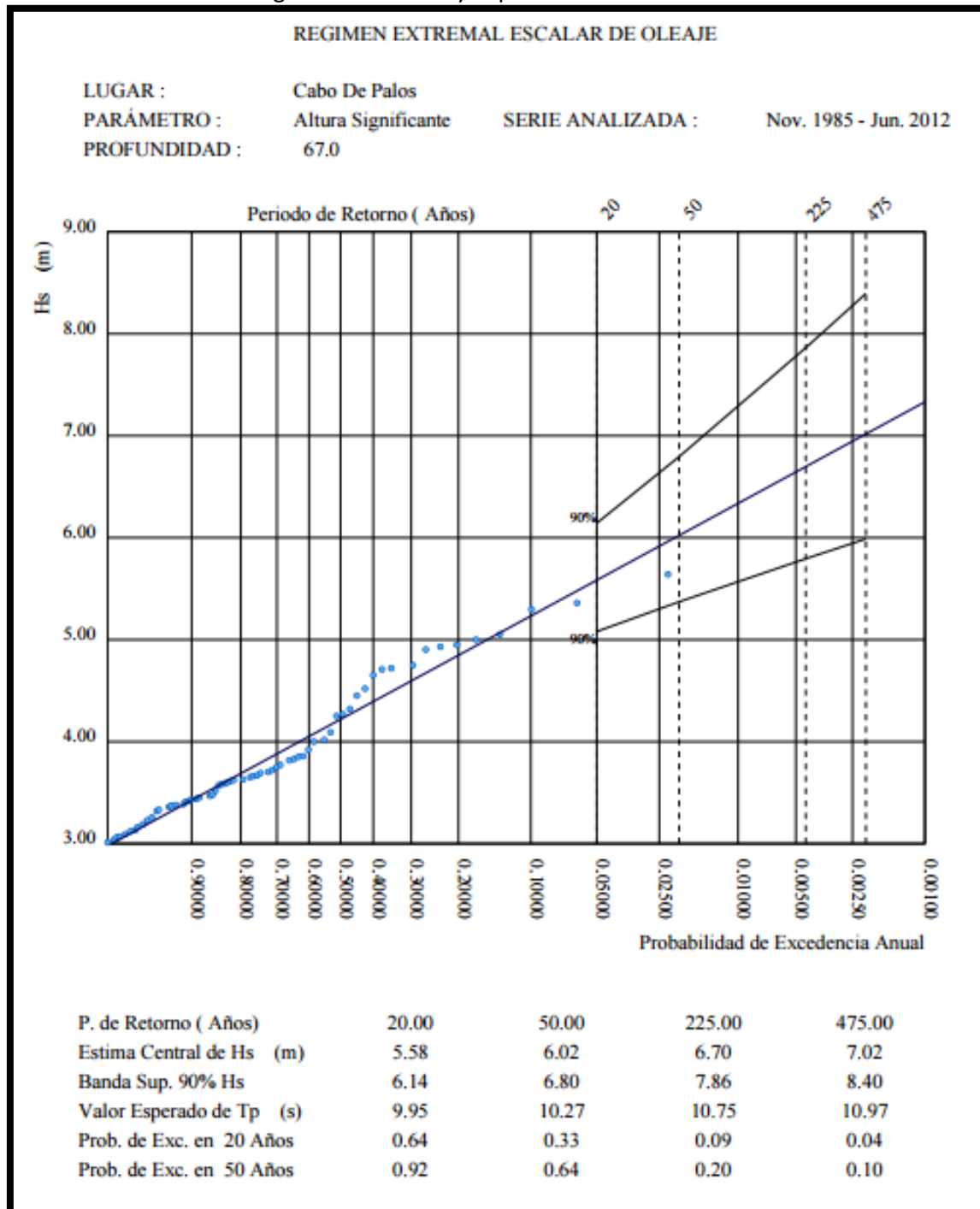
Imagen 41: Boya costera de Cabo de Palos

Acceso a datos		Información del Punto
Longitud:	0.64° W	
Latitud:	37.65° N	
Cadencia:	60 minutos	
Código:	1613	
Profundidad:	67 m	
Inicio de medidas:	14-11-1985	
Fin de medidas:	20-06-2012	
Tipo de sensor:	Escalar	
Modelo:	Datawell	
Conjunto de Datos:	REDCOS	

Imagen 42: Información del punto Boya Costera de Cabo de Palos

6.3.4.1. Datos obtenidos

Relación entre la altura significativa de ola y la probabilidad de excedencia anual:



Grafica 4: Representación de la altura significativa (Hs) VS Probabilidad de Excedencia

6.3.5 Aplicación de las fórmulas de Iribarren

6.4. Corrientes

Las corrientes son movimientos superficiales de las aguas de los océanos y en menor grado, de los mares más extensos. Se caracterizan principalmente por ser no

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

periódicas. Se producen por varios motivos, algunos de los cuales pueden ser: la acción del viento sobre la superficie del agua, diferencias de densidad del agua, influencia de la topografía de la costa, etc.

La climatología hace del Mediterráneo una cuenca de concentración. En efecto, la gran evaporación que vientos e insolación producen, junto con el insuficiente aporte de agua de los ríos y lluvias, origina un déficit hídrico crónico que se compensa con la entrada de agua atlántica a través del estrecho de Gibraltar.

El agua que entra del Atlántico forma una corriente superficial cuyo caudal va a oscilar entre 63 y 146 km³/día. Una vez atravesado el estrecho, la corriente transcurre pegada a la costa africana por efecto de la fuerza de Coriolis, llegando hasta la parte más oriental de la cuenca. Esta corriente principal se bifurca varias veces dando origen a sistemas de corrientes que, ascendiendo primero hacia las zonas más septentrionales (Mediterráneo noroccidental, mar Adriático, zona de Chipre), vuelven a descender realizando una circulación de tipo ciclónico al avanzar las corrientes en sentido contrario a las agujas del reloj.

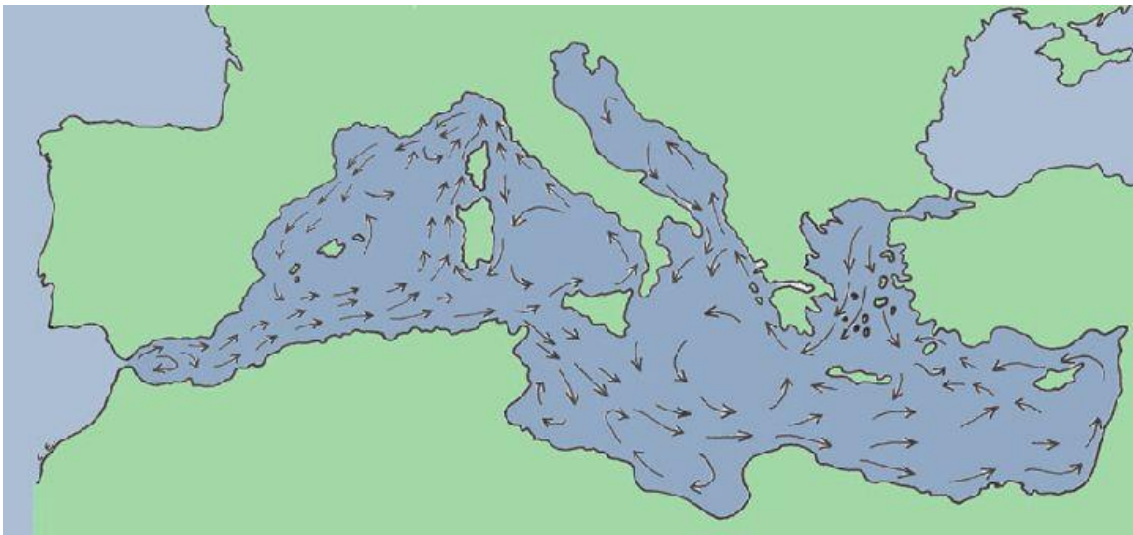


Imagen 43: Corrientes superficiales en el Mediterráneo. Lacombe, H & Tchernia, P., 1972

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

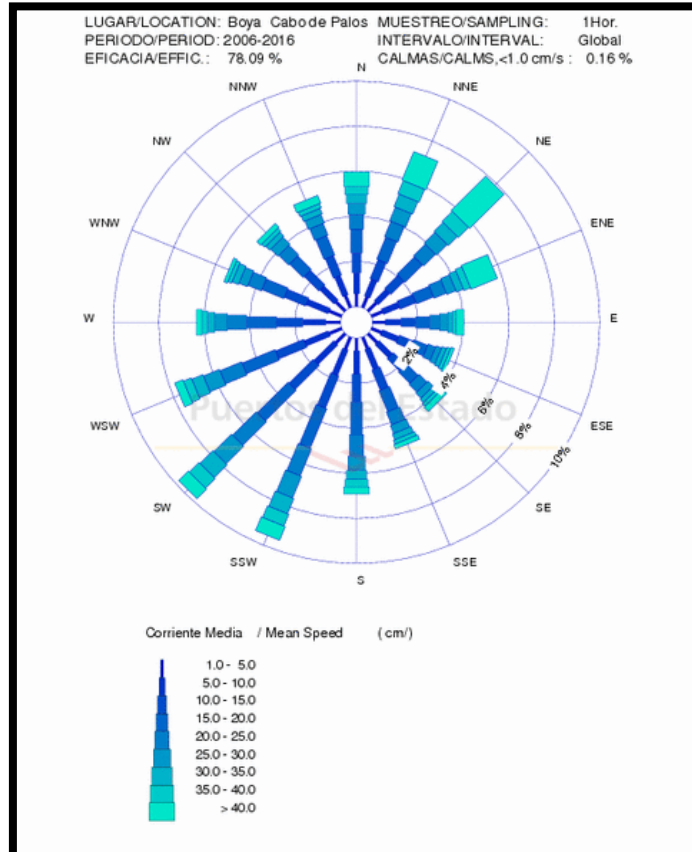
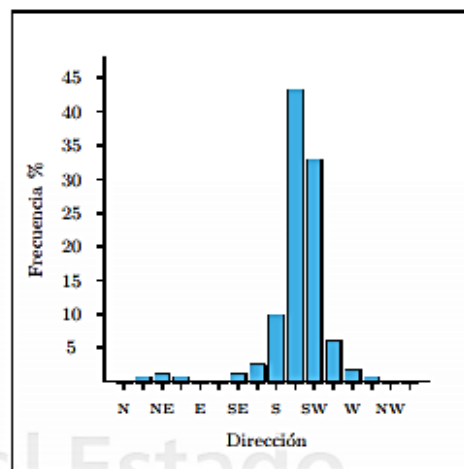
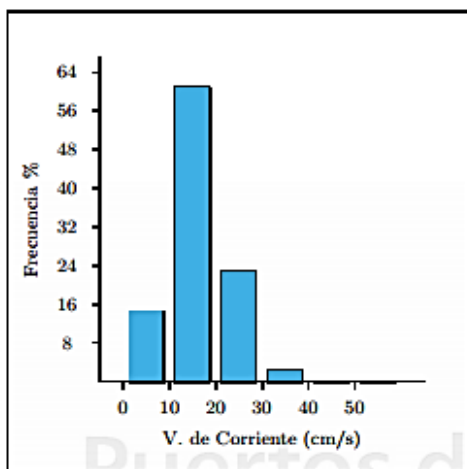


Imagen 44: Rosa de Corrientes Medias Boya de Cabo de Palos

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE INTENSIDAD Y DIRECCIÓN DE CORRIENTE (SERIE DE DATOS SUBINERCIALES)

LUGAR : Cabo de Palos	PERIODO : anual
SERIE ANALIZADA : Dic. 2013 - Nov. 2014	FRECUENCIA : 1 dato hora
NÚMERO DE DATOS : 8689	EFICACIA : 100.00 %
INTENSIDAD RES. MEDIA : 14.61 (cm/s)	DIRECCIÓN RES. MEDIA : 210.65 (grados)
VELOCIDAD MEDIA : 16.12 (cm/s)	VELOCIDAD MÁXIMA : 35.82 (cm/s)



Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Imagen 45: Distribución conjunta de Intensidad y dirección de corriente. Boya de Cabo de Palos. Fuente Puertos del Estado

6.5. Conclusión

Se ha representado y comentado en este Anejo los factores más importantes que intervienen en la climatología marítima como son el viento y el oleaje. Para que los datos a partir de los cuales realizamos el diseño sean lo más cercanos a la realidad, se ha considerado un punto de la red WANA como punto de referencia.

7. Dinámica litoral

7.1. Introducción

Es importante que conozcamos la dinámica litoral de la zona que queremos estudiar, ya que de este modo podremos intuir qué nos puede estar ocasionando algunos de los problemas actuales en nuestra playa, tales como obstáculos en la costa.

Decimos que el tramo litoral es **estable** cuando los aportes y pérdidas de caudal sólido coinciden, en el período de tiempo considerado, pero aun siendo estable el tramo litoral correspondiente el material sólido existente no es siempre el mismo, se renueva, es decir el tramo tiene su dinámica.

Cuando los aportes y pérdidas de caudal sólido no coinciden en un periodo de tiempo determinado, decimos que el tramo es **inestable**.

Este apartado de dinámica litoral tiene como objetivo analizar el transporte de sólido litoral en el tramo de costa perteneciente a San Pedro del Pinatar de la playa de la Llana. Se cuantificará el transporte de sedimentos paralelo a la línea de costa de la forma más aproximada posible apoyándonos en las fórmulas de Shore Protection Manual (SPM). La acción de las dinámicas estudiadas en la climatología marítima sobre los sedimentos de una playa, dan lugar a un transporte de arena.

La dinámica litoral se puede definir como el conjunto de mecanismos físicos que controlan el movimiento de sedimentos en la costa, dando como resultado la forma de la misma.

Las alteraciones a la dinámica litoral se pueden clasificar según el agente climático que se ve modificado. Si mediante la construcción de una infraestructura interrumpimos el oleaje, se puede producir una alteración en la tasa de transporte longitudinal, pudiendo variar incluso hasta su dirección neta. Puede ocurrir que tras la construcción de una infraestructura no puedan incidir determinadas direcciones del oleaje sobre una playa porque se encuentran con un obstáculo.

La interrupción del viento suele provocar la no creación o desaparición de dunas litorales, al no colaborar en su restitución tras los temporales que las erosionan. El viento es un agente fundamental en el transporte de sedimentos, por suspensión transporta arenas estableciendo un flujo de sedimentos. Debido a la construcción de edificaciones, este papel del viento en la restauración dunar puede verse totalmente eliminado.

Los factores que afectan al balance de sedimentos son los siguientes:

- Disponibilidad de sedimentos

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

- Morfología
- Agentes litorales
- Acción del hombre

7.2. Transporte de sedimentos

El transporte litoral se define como el movimiento de sedimentos en la zona de la línea de costa producido por las olas y corrientes. Cuando el oleaje incide de forma oblicua respecto a la costa, origina dos tipos de corrientes. Una es paralela a la línea de costa mientras que la otra es perpendicular a la misma. Estas corrientes provocan el movimiento del sedimento en dirección paralela y perpendicular a la costa originándose un transporte longitudinal y un transporte transversal.

El transporte transversal, perpendicular a la costa depende de la intensidad del oleaje, seguido del tamaño de los sedimentos, y la pendiente de la playa.

El transporte longitudinal resulta del movimiento de sedimentos por la rotura de la ola en la componente del movimiento y la corriente longitudinal generada por la propia rotura. La dirección del transporte está directamente relacionada con la dirección aproximación de la ola y el ángulo de incidencia ola-línea de costa.

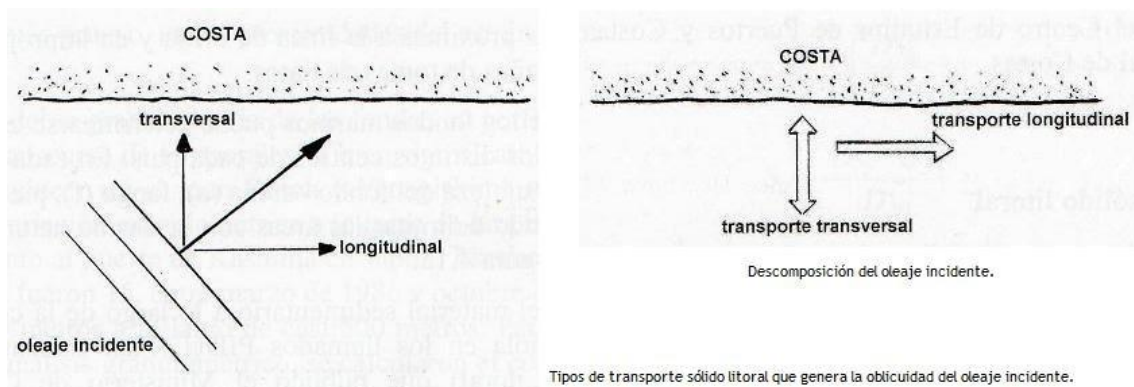


Imagen 46: esquema transporte longitudinal y transversal

7.2.1 Transporte transversal

El transporte transversal de sedimentos tiene su importancia en los cambios en el perfil de la playa (avances y retrocesos) ya que ello implica el avance o retroceso del ancho de playa visible.

Un claro ejemplo del transporte transversal, son los efectos que tiene un temporal sobre una playa, ya que la pendiente de la misma puede cambiar. Para evitar estos cambios de pendientes sería necesario que se conserve la arena y las dunas de la parte de playa seca. La consecuencia de un temporal es el traslado de sedimentos de la parte emergida de la playa a la sumergida, este traslado ocasionará barreras de arena acumuladas que provocan una temprana rotura de las olas, causando una pérdida de

energía de las olas al llegar a la playa y evitando que ésta sea erosionada. Finalmente, cuando el oleaje vuelve a condiciones de normalidad, la arena acumulada sumergida vuelve a la parte emergida y el ancho de la playa se regenera de forma natural.

Las corrientes de resaca u offshore, que se dan notablemente en zonas de gran turbulencia, se generan desde la orilla hasta la zona de rompientes y en su recorrido arrastran sedimentos hasta la zona de rompientes donde la energía con la que llegan es tan pequeña que las partículas se quedan en suspensión originando las barreras típicas de los procesos erosivos.

Este retorno de masa de agua hacia mayores profundidades se realiza por gravedad en forma de un flujo situado cerca del fondo y que es continuo a lo largo de la costa.

7.2.2 Transporte longitudinal de sedimentos

El transporte longitudinal de sedimentos origina cambios tanto en planta como a largo plazo en una playa. En general los cambios a largo plazo suelen ser irreversibles, a no ser que se actúe sobre el sistema de transporte.

Como es de esperar, ese transporte litoral longitudinal de sedimentos debe tener un caudal constante de entrada y de salida, es decir tener la misma cantidad de sedimentos entrante como saliente, para que sea estable. Si no es igual, puede dar lugar a acumulaciones en las playas o erosiones en las mismas, dando lugar a que, en el primer supuesto, la playa se encuentre en aumento y, en el segundo, en retroceso.

7.3. Cálculo del transporte longitudinal

Se procederá al cálculo del transporte longitudinal de sedimentos de forma aproximada apoyándonos en las fórmulas de **Shore Protection Manual (SPM)**.

$$Q \text{ (m}^3\text{/año)} = 2045 \cdot 10^3 \cdot (H_0)^{5/2} \cdot (\cos \alpha)^{1/4} \cdot (\sen 2 \alpha)$$

Siendo:

H_0 = *Altura de ola*

α = *Ángulo de incidencia del oleaje sobre la costa*

Esta ecuación sólo considera la altura de ola significativa en aguas profundas y la dirección de oleaje. Una de las ventajas que tiene la aplicación de esta expresión es que no requiere levantamientos detallados de las características locales, apenas un conjunto de datos estadísticos de las ondas o alineamientos de la costa.

El primer paso consiste en determinar una dirección principal para la alineación del litoral. Tal procedimiento requiere una discretización de la línea de la costa en

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

tramos que tengan una morfología similar para de esta manera calcular el volumen transportado de sedimentos en cada tramo uniforme.

A partir de cálculos estadísticos de probabilidad se ha determinado la frecuencia de actuación de cada evento de onda incidente sobre la costa, a lo largo de un periodo de observaciones. Por lo que cada dirección de procedencia y altura de ola tendrá asociada una probabilidad, y éste será el factor por el que se multiplicará cada expresión. Las alturas de ola conjuntamente con su ángulo de incidencia sobre la costa proporcionan la energía que está siendo transformada por metro de cresta de onda en la zona de rompientes, y consecuentemente por metro de línea de costa. Asumiéndose una relación lineal entre la componente longitudinal del flujo de energía y el volumen de sedimento transportado por este, se puede calcular las cuantías de deriva litoral de las tendencias evolutivas para los diferentes tramos de playa.

Se obtiene la tabla de altura de ola significativa y dirección de procedencia del informe de régimen medio obtenido de la base de datos oceanográficos de Puertos del Estado. Así pues, los datos recogidos del punto SIMAR se muestran en la siguiente tabla:

EFICACIA 100.0%		Hs (m)											TOTAL
AÑO/YEAR 2015		<= 0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
<i>calmas/calms</i>		2.934											2.934
N	0	137	434	388	377	---	---	---	---	---	---	---	1.336
NNE	22	183	799	400	137	11	---	---	---	---	---	---	1.530
NE	45	1.587	4.703	3.162	1.381	331	103	114	171	46	---	---	11.598
ENE	67	3.995	11.107	4.486	1.963	1.358	285	91	68	114	11	---	23.482
E	90	8.904	13.094	3.459	537	422	217	57	57	---	---	---	26.747
ESE	112	2.489	2.192	331	148	57	---	---	---	---	---	---	5.217
SE	135	1.301	1.119	240	11	---	---	---	---	---	---	---	2.671
SSE	157	845	1.210	46	11	---	---	---	---	---	---	---	2.112
S	180	2.934	2.237	34	---	---	---	---	---	---	---	---	5.205
SSW	202	2.774	4.646	1.484	468	160	80	91	---	---	---	---	9.703
SW	225	788	993	217	183	46	34	---	---	---	---	---	2.260
WSW	247	354	639	183	57	34	---	---	---	---	---	---	1.267
W	270	217	674	137	23	---	---	---	---	---	---	---	1.050
WNW	292	274	411	194	80	---	---	---	---	---	---	---	959
NW	315	217	263	194	23	---	---	---	---	---	---	---	696
NNW	337	91	594	365	183	---	---	---	---	---	---	---	1.233
		27089+ 2934	45.114	15.320	5.582	2.420	719	354	297	160	11	---	100%

Tabla 3: anual Hs/Dirección de procedencia SIMAR 2077094

A continuación se realiza la probabilidad de que se dé una altura y una procedencia concretas, en tanto por uno, del total de olas medidas en el periodo. Este factor se tendrá en cuenta a la hora del cálculo del transporte, multiplicando el caudal

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

de sedimentos por este coeficiente. La probabilidad asociada a cada una de estas medidas es la siguiente:

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

EFICACIA 100.0%		Hs (m)											
AÑO/YEAR 2015		<= 0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	TOTAL
<i>calmas/calms</i>		0,029340											2.934
N	0	0,00137	0,00434	0,00388	0,00377	-	-	-	-	-	-	-	1.336
NNE	22	0,00183	0,00799	0,004	0,00137	0,00011	-	-	-	-	-	-	1.530
NE	45	0,01587	0,04703	0,03162	0,01381	0,00331	0,00103	0,00114	0,00171	0,00046	-	-	11.598
ENE	67	0,03995	0,11107	0,04486	0,01963	0,01358	0,00285	0,00091	0,00068	0,00114	0,00011	-	23.482
E	90	0,08904	0,13094	0,03459	0,00537	0,00422	0,00217	0,00057	0,00057	-	-	-	26.747
ESE	112	0,02489	0,02192	0,00331	0,00148	0,00057	-	-	-	-	-	-	5.217
SE	135	0,01301	0,01119	0,0024	0,00011	-	-	-	-	-	-	-	2.671
SSE	157	0,00845	0,0121	0,00046	0,00011	-	-	-	-	-	-	-	2.112
S	180	0,02934	0,02237	0,00034	-	-	-	-	-	-	-	-	5.205
SSW	202	0,02774	0,04646	0,01484	0,00468	0,0016	0,0008	0,00091	-	-	-	-	9.703
SW	225	0,00788	0,00993	0,00217	0,00183	0,00046	0,00034	-	-	-	-	-	2.260
WSW	247	0,00354	0,00639	0,00183	0,00057	0,00034	-	-	-	-	-	-	1.267
W	270	0,00217	0,00674	0,00137	0,00023	-	-	-	-	-	-	-	1.050
WNW	292	0,00274	0,00411	0,00194	0,0008	-	-	-	-	-	-	-	959
NW	315	0,00217	0,00263	0,00194	0,00023	-	-	-	-	-	-	-	696
NNW	337	0,00091	0,00594	0,00365	0,00183	-	-	-	-	-	-	-	1.233
		30023	45.114	15.320	5.582	2.420	719	354	297	160	11	---	100%

Tabla 4: probabilidad altura de ola – dirección de procedencia

El ángulo α , que se emplea en el cálculo del volumen de sedimentos transportados (mediante la expresión anteriormente descrita), se obtiene como diferencia entre el ángulo que forma la normal a la costa respecto al norte y el ángulo que forma la dirección de oleaje incidente con respecto al norte. Para cada una de las playas consideradas obtenemos ángulos distintos por lo que el transporte longitudinal de sedimentos será analizado para cada situación particular.

Estos cálculos se van a realizar en tres puntos de la costa con las direcciones de procedencia de olas que inciden sobre ellos.

Playa de las Salinas

Esta es la playa que se sitúa inmediatamente al sur del puerto de San Pedro.



Imagen 47: Ángulos y direcciones de referencia playa de La Llana

Para la formulación, hacia el norte los ángulos son tomados como positivos y hacia el sur los ángulos han sido tomados como negativos. Los ángulos de incidencia, para poder ser formulados deben estar en radianes.

Playa la Llana	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
º Respecto N	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5
alfa'=77-alfa	77	54,5	32	9,5	-13	-35,5	-58	-80,5

Tabla 3: dirección de incidencia del oleaje Playa de las Salinas

Una vez reunidos todos los datos necesarios para el cálculo aproximado del volumen de sedimentos se procede a su formulación, donde se obtienen los valores mostrados en la siguiente tabla/imagen. Los valores positivos indican un transporte longitudinal de sólidos dirección N-S y negativos indican que el transporte es S-N, de este modo, el sumatorio de las dos direcciones con sus respectivos signos nos dará el transporte neto de sólidos y atendiendo al signo que tenga se podrá conocer la dirección de forma directa.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
Hs (m)	0	22	45	67	90	112	135	157
0,5	149,5	546,0	4948,4	4685,7	-14019,3	-8081,4	-3606,7	-633,9
1	2679,5	13486,5	82953,3	73694,1	-116624,2	-40260,2	-17548,3	-5134,8
1,5	6601,1	18605,4	153691,1	82020,7	-84897,5	-16752,9	-10371,6	-537,9
2	13166,6	13081,2	137793,0	73676,9	-27056,1	-15377,0	-975,8	-264,1
2,5	-	1834,8	57694,8	89040,1	-37143,1	-10345,7	-	-
3	-	-	28320,4	29477,0	-30128,6	-	-	-
3,5	-	-	46082,2	13837,2	-11634,9	-	-	-
4	-	-	96517,2	14437,6	-16245,8	-	-	-
4,5	-	-	34853,6	32491,7	-	-	-	-
5	-	-	-	4079,9	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	22596,7	47554,0	642854,0	417440,9	-337749,5	-90817,2	-32502,4	-6570,7

Tabla 5: cálculo de volumen de sedimentos Playa de la Llana

Realizando el sumatorio de los caudales transportados por dirección (N-S o S-N) vienen recogidos a continuación junto con el resultado final del transporte en este tramo de la playa del Puerto.

Total N-S	889257,5 m ³
Total S-N	-708828 m ³
Transporte neto N-S	180429,6 m³

Tabla 5: balance final de sedimentos Playa de la Llana

La **capacidad de transporte** por tanto es de **Q = 180 000 m³**

7.4. Evaluación del transporte efectivo anual.

Una vez calculada la capacidad máxima de transporte de nuestra playa objeto del estudio, para aproximarnos al comportamiento real que está teniendo la playa, es necesario que **evaluemos el transporte efectivo**. Éste, depende de factores como la climatología, la morfología de la playa, la disponibilidad de arena, etc.

Así como existen métodos empíricos que, con mayor o menor precisión, dan un valor de la capacidad de transporte, en el caso del transporte efectivo la evaluación del mismo se realiza en la mayoría de los casos con mediciones sobre el terreno.

Los dos métodos más usados son los siguientes:

Cubicación de volúmenes de aterramiento junto a obstáculos irrebasables, como son diques perpendiculares a la costa para el apoyo de playas, diques de protección de puertos, etc. De esta forma, se obtienen valores del aterramiento producido en un intervalo temporal, y consecuentemente del transporte real.

Colocación de trampas de sedimentos. Este método consiste en la implantación a lo largo de un perfil de playa de unos sistemas que captan los sedimentos transportados en suspensión y por fondo a varias profundidades. De esta forma, y por interpolación se obtiene una curva del tipo presentado anteriormente que da el transporte real por metro de perfil en función de la abscisa x. Posteriormente, y por integración de la curva, se obtiene el valor del transportereal.

Actualmente existen prototipos de instrumentos que evalúan el transporte sólido por métodos ópticos relacionando la turbidez del agua con el volumen de sedimentos que acarrea en suspensión y relacionando estos con los que se desplazan por arrastre y saltación.

Nosotros **vamos a utilizar el primer método “cubicación de volúmenes”** y basándonos en las ortofotos, calcularemos el volumen erosionado.

Para calcular el perfil aproximado de la playa, nos basaremos en los datos batimétricos recopilados en los años 2008 y 2009 que podemos obtener a través de la web del Ministerio de Agricultura y pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

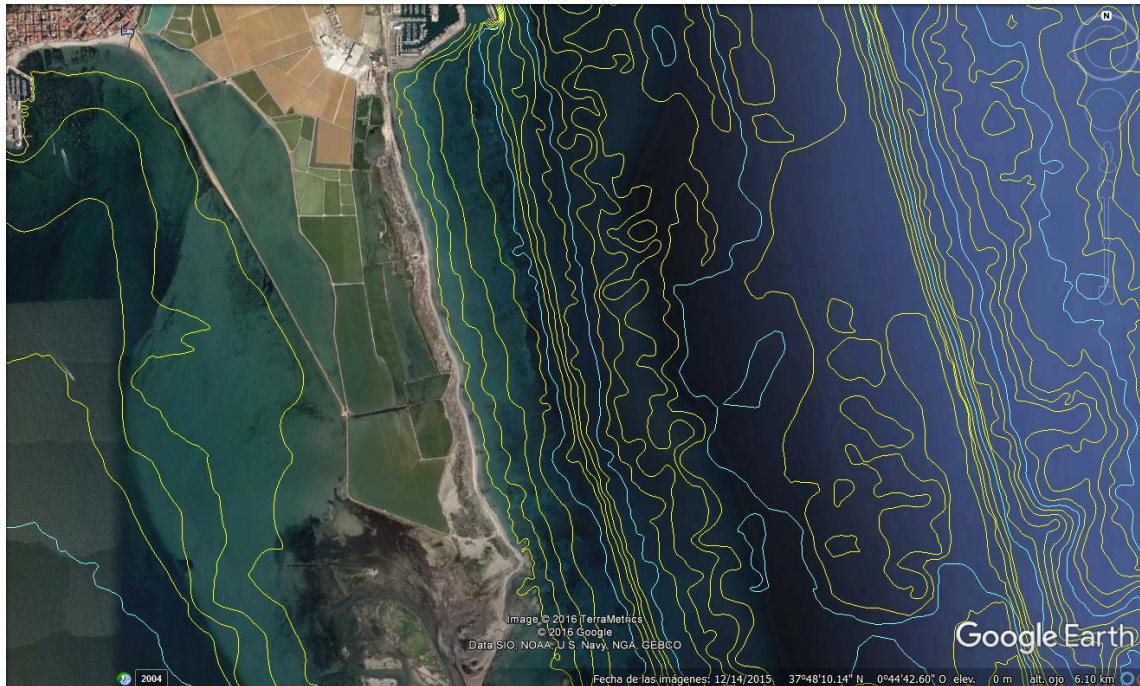


Imagen 48: detalle batimetría de la zona de actuación.

Los incrementos de las líneas batimétricas son de 1 metro, apreciamos en color azul las líneas situadas cada 5 metros.

7.4.1 Playas de la Llana

Con estos datos hemos generado el perfil aproximado de la playa objeto del estudio en distintos puntos, para de esta forma poder calcular los volúmenes de arena perdidos en las fechas de las que tenemos datos de las ortofotos. Se han realizado 3

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

perfiles, uno a unos 710 metros del comienzo de la playa, situado en la playa de las Salinas; otro a unos 1450 metros, en la playa de la Barraca Quemada; y por último, otro a 2400 metros aproximadamente en la playa Punta de Algas, al final de la Llana.

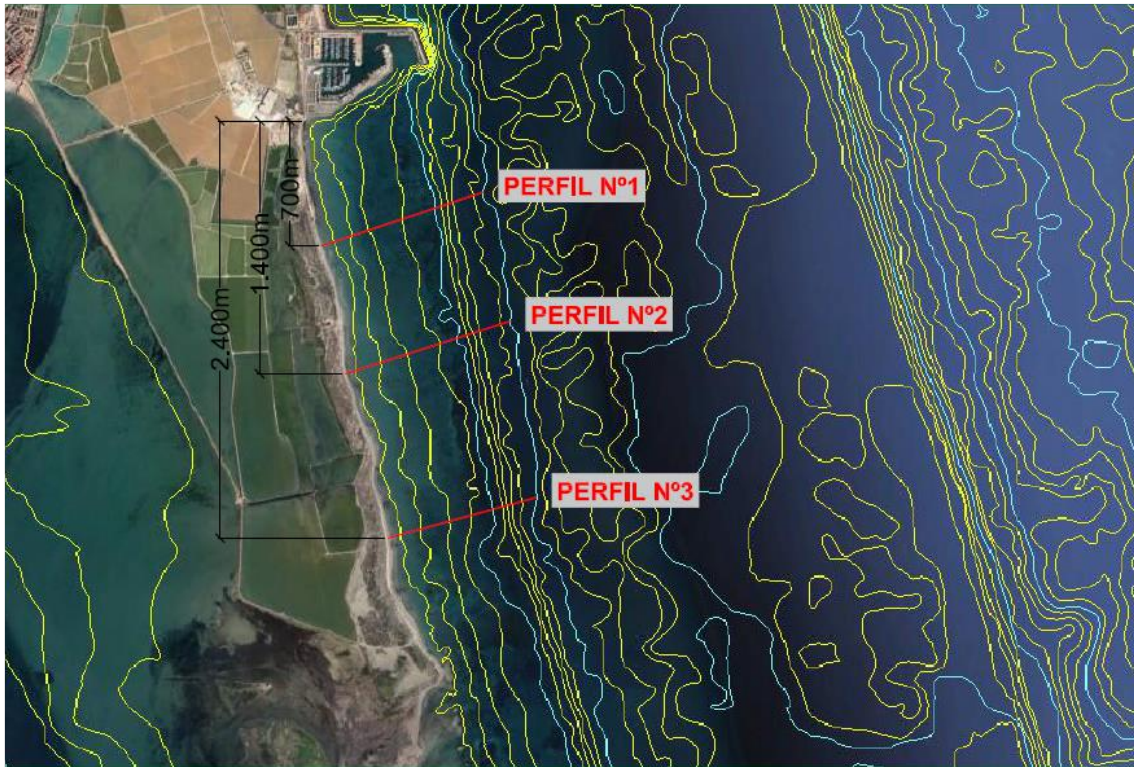


Imagen 49: situación perfiles playa.

Para calcular el volumen de arena perdido hemos medido el volumen de arena entre los dos perfiles de la playa sumergida entre 1945 y 2015 que son de los que tenemos datos (suponiendo que la forma y pendiente del perfil se mantiene constante con los años) y extendiendo esta sección por la longitud que se mantiene homogénea.

A continuación presentamos los 3 perfiles y realizamos el cálculo de los volúmenes erosionados, que queda detallado en el apartado 9.1.2 y 9.2

El primer perfil presentaría la siguiente forma, con un área encerrada de **813 m²**. Esta área la multiplicamos por la longitud del tramo donde hemos considerado la erosión homogénea (unos 1200 metros), obteniendo:

$$(\text{Área}) 813 \text{ m}^2 \times (\text{longitud}) 1200 \text{ m} = \mathbf{975\ 600 \text{ m}^3}$$

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

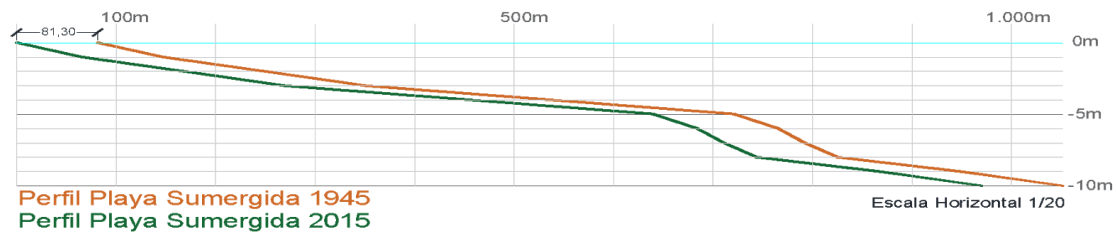


Imagen 50: perfil playa de Las Salinas, primer tramo playa de la Llana.

El segundo perfil, que correspondería al tramo de la Barraca Quemada, que es el más afectado, encerraría un área de 1065 m² aproximadamente. Esta área la multiplicamos por la longitud del tramo donde hemos considerado la erosión homogénea:

$$(\text{área}) 1065 \text{ m}^2 \times (\text{longitud}) 700 \text{ m} = \mathbf{745\ 500 \text{ m}^3}$$

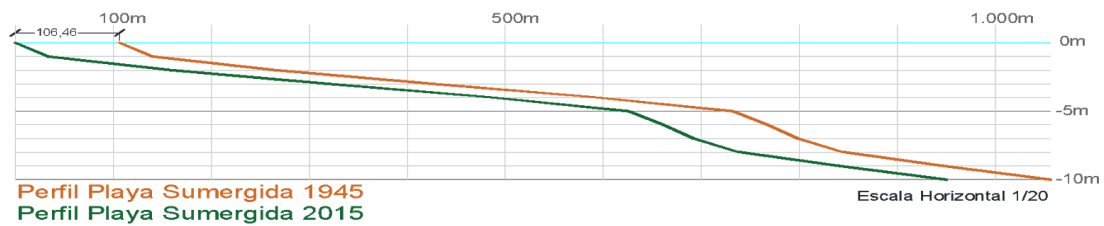


Imagen 51: perfil playa de la Barraca Quemada, segundo tramo playa de la Llana.

El tercer perfil, situado en el tramo de Punta de algas, encierra un área de 309 m² aproximadamente. Esta área la multiplicamos por la longitud del tramo donde hemos considerado la erosión homogénea:

$$(\text{Área}) 309 \text{ m}^2 \times (\text{longitud}) 1260 \text{ m} = \mathbf{390\ 000 \text{ m}^3}$$

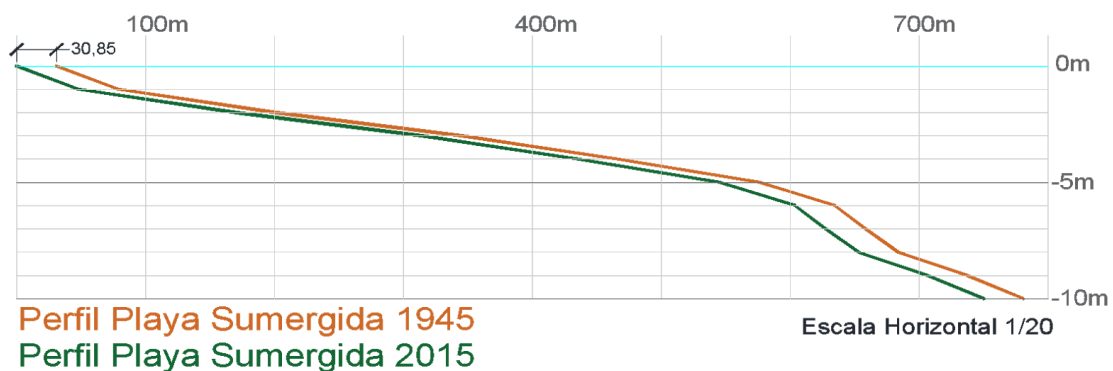


Imagen 52: perfil playa punta de algas, final del tramo playa de la llana.

A lo largo de toda la playa, como podemos observar viendo los 3 perfiles, hay un cambio notable de la pendiente de la misma a partir de la cota batimétrica -5 metros. Esto es debido a la presencia de una barrera natural que se encuentra frente a la costa a unos 500 metros de distancia que divide la playa en dos tramos con distinta pendiente, agudizándose ésta tras la barrera.

Sumando los 3 volúmenes y calculando la erosión entre los años 1945 y 2015, significa que en 70 años, el transporte efectivo anual ha sido de:

$975\ 600 + 745\ 000 + 390\ 000 = 2\ 110\ 600\ \text{m}^3 / 70\ (\text{años}) = \mathbf{30\ 152\ \text{m}^3}$ aproximadamente.

Por lo tanto éste será el volumen que intentaremos trasvasar o una cantidad que se aproxime.

7.4.2 Playa de la Torre Derribada (norte del puerto)

Por otro lado en la playa situada al norte del puerto se ha visto incrementada la anchura con el paso de los años.

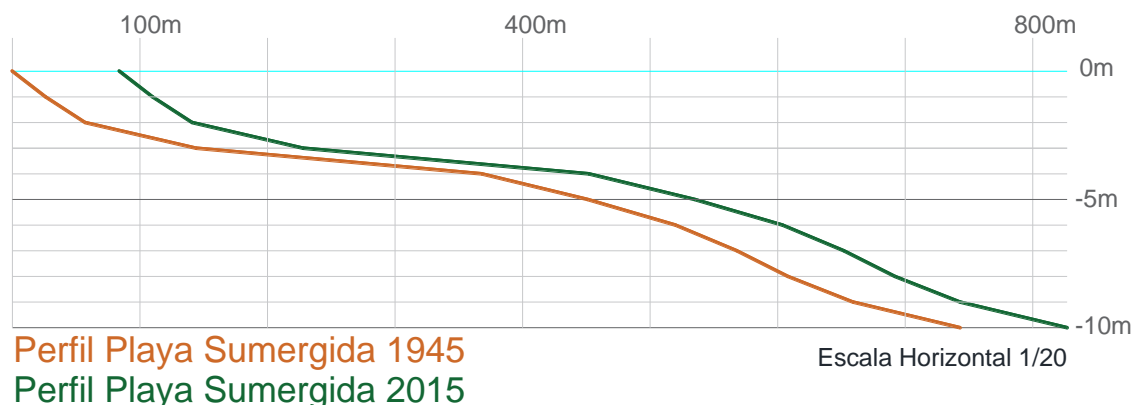


Imagen 53: perfil playa de la torre derribada

El área encerrada entre los perfiles es de 839,30 m² aproximadamente. El **área media** de toda la longitud afectada sería unos **420 m²**. **La longitud afectada** al norte del puerto, hemos estimado superponiendo las líneas de costa de las distintas fechas que es de unos **1.985 m**.



Imagen 54: longitud afectada por la sedimentación al norte del puerto de San Pedro del Pinatar.

La **acumulación anual** por tanto, teniendo en cuenta el área de la sección, la longitud del tramo afectado y el intervalo temporal comprendido entre las dos líneas de costa, sería:

Acumulación anual = $420 \text{ m}^2 \times 2.000 \text{ m} / 70 \text{ (años)} = \mathbf{12\ 000 \text{ m}^3}$ aproximadamente.

7.5. Conclusión

Se puede concluir que en los tres puntos tomados en la playa de la Llana la clara tendencia es de retroceso de la línea de costa, al contrario que en la playa situada al norte del puerto que está en claro aumento de la línea de costa.

Se produce un transporte de sedimentos de dirección Norte-Sur, que lleva consigo una disminución progresiva de la anchura de sus playas. Se pretende, por lo tanto, restablecer el equilibrio sedimentario.

8. Servidumbres y DPMT

8.1. Introducción

El presente anejo, tiene por objetivo dar a conocer cuáles son los terrenos que pertenecen al dominio público marítimo-terrestre en relación con lo dispuesto en la ley de costas sobre el DPMT.

El **objetivo** del presente anejo “Servidumbres y DPMT” es destacar los **aspectos normativos y legales que ha de cumplir cualquier actuación** que se proyecte en el litoral español. La legislación propia considerada en los proyectos de regeneración de playas es la reflejada en la **Ley de Costas 22/1988 (y sus posteriores modificaciones)** y en el Reglamento de la misma.

La **ley de Costas** surge por la necesidad de **controlar y proteger** los casi 7900km de **costa** que existen en el litoral español. La creciente demanda de turismo, el crecimiento de la población experimentado en las últimas dos décadas y el **movimiento de la población hacia el litoral** en busca de una residencia, son factores que hicieron **necesaria la aparición de una normativa que regulase el impacto de estos fenómenos de urbanización sobre el litoral.**

La **aplicación efectiva de la Ley de 1988**, especialmente en su aspecto de protección del litoral, **no llegó a producirse en la mayor parte del territorio**, como señala la Unión Europea en el informe Auken.

La falta de conexión entre la ley del suelo y la legislación del dominio público marítimo ha llevado a que se proyecten actuaciones que dañan al medioambiente y que no respetan dichos espacios tan singulares y sensibles a la acción humana como son los colindantes al mar. Además, en los últimos años muchas zonas del litoral costero han impulsado un turismo basado en el ocio y entretenimiento sin preocuparse en la conservación de su riqueza natural. Únicamente han buscado su crecimiento económico mediante la edificación especulativa y la construcción de infraestructuras.

La **nueva modificación de 2013 suaviza los niveles de protección de la ribera marítima** en favor de la ocupación y las actividades económicas, rebajando la servidumbre de protección de 100 a 20 metros. Las modificaciones que introduce la nueva *Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral, de Costas* permitirá la regularización de 12.800 viviendas situadas en dominio público, que la anterior norma consideraba ilegales y debían ser derribadas. Además 140.000 viviendas podrán acogerse a la amnistía de obras

Ley 22/1988, de 28 de Julio de Costas. Modificaciones efectuadas:

- Real Decreto 876/2014, de 10 de Octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas.

- Ley 2/2013, de Protección y Uso sostenible del litoral y de modificación de la ley 22/1988 de Costas.
- Real Decreto 1471/1989, de 1 de Diciembre, por el que se aprueba el reglamento general para desarrollo y ejecución de la ley 22/1988, de 28 de Julio, de Costas.

8.2. Ley 22/1988 de costas

8.2.1. Objeto y finalidades de la Ley

Artículo 1

La presente Ley tiene por objeto la determinación, protección, utilización y policía del dominio público marítimo-terrestre y especialmente de la ribera del mar.

Artículo 2

La actuación administrativa sobre el dominio público marítimo-terrestre perseguirá los siguientes fines:

- **a)** Determinar el dominio público marítimo-terrestre y asegurar su integridad y adecuada conservación, adoptando, en su caso, las medidas de protección, y restauración necesarias y, cuando proceda, de adaptación, teniendo en cuenta los efectos del cambio climático. Letra a) del artículo 2 redactada por el número uno del artículo primero de 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 («B.O.E.» 30 mayo).
- **b)** Garantizar el uso público del mar, de su ribera y del resto del dominio público marítimo-terrestre, sin más excepciones que las derivadas de razones de interés público debidamente justificadas.
- **c)** Regular la utilización de estos bienes en términos acordes con su naturaleza, sus fines y con el respeto al paisaje, al medio ambiente y al patrimonio histórico.
- **d)** Conseguir y mantener su adecuado nivel de calidad de las aguas y de la ribera del mar.

8.2.2. Bienes de Dominio Público Marítimo Terrestre

Artículo 3

Son bienes de dominio público marítimo-terrestre estatal, en virtud de lo dispuesto en el artículo 132.2 de la Constitución los siguientes:

1. La ribera del mar y de las rías, que incluye:

- a) La zona marítimo-terrestre o espacio comprendido entre la línea de bajamar escorada o máxima viva equinoccial, y el límite hasta donde alcancen las olas en los mayores temporales conocidos, de acuerdo con los criterios técnicos que se

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

establezcan reglamentariamente, o cuando lo supere, el de la línea de pleamar máxima viva equinoccial. Esta zona se extiende también por las márgenes de los ríos hasta el sitio donde se haga sensible el efecto de las mareas.

Se consideran incluidas en esta zona las marismas, albuferas, marjales, esteros y, en general, las partes de los terrenos bajos que se inundan como consecuencia del flujo y reflujo de las mareas, de las olas o de la filtración del agua del mar.

b) Las playas o zonas de depósito de materiales sueltos, tales como arenas, gravas y guijarros, incluyendo escarpes, bermas y dunas, estas últimas se incluirán hasta el límite que resulte necesario para garantizar la estabilidad de la playa y la defensa de la costa.

2. El mar territorial y las aguas interiores, con su lecho y subsuelo, definidos y regulados por su legislación específica.

3. Los recursos naturales de la zona económica y la plataforma continental, definidos y regulados por su legislación específica.

4. A los efectos de esta Ley se entiende por:

- Albufera: cuerpos de aguas costeras que quedan físicamente separados del océano, en mayor o menor extensión por una franja de tierra.
- Berma: parte casi horizontal de la playa, interior al escarpe o talud de fuerte pendiente causada por el oleaje.
- Dunas: depósitos sedimentarios, constituidos por montículos de arena tengan o no vegetación que se alimenten de la arena transportada por la acción del mar, del viento marino o por otras causas.
- Escarpe: escalón vertical en la playa formado por la erosión de la berma
- Estero: caños en una marisma.
- Marisma: terreno muy llano y bajo que se inunda periódicamente como consecuencia del flujo y reflujo de las mareas o de la filtración del agua del mar.
- Marjal: terreno bajo cubierto por un manto de agua que da soporte a abundante vegetación.

Artículo 4:

Pertenecen asimismo al **Dominio Público Marítimo-Terrestre Estatal**:

1 Las accesiones a la ribera del mar por depósito de materiales o por retirada del mar cualesquiera que sean las causas.

2 Los terrenos ganados al mar como consecuencia directa o indirecta de obras y los desecados en su ribera.

- 3** Los terrenos cuya superficie sea invadida por el mar por causas distintas a las previstas en el último párrafo del artículo 3.1 letra A, y en todo caso tendrán esta consideración los terrenos inundados que sean navegables.
- 4** Los acantilados sensiblemente verticales que estén en contacto con el mar o con espacios de dominio público marítimo-terrestre hasta su coronación.
- 5** Los terrenos deslindados como dominio público que por cualquier causa han perdido sus características naturales de playa, acantilado o zona marítimo-terrestre salvo lo previsto en el artículo 18.
- 6** Los islotes en aguas interiores y mar territorial.
- 7** Los terrenos incorporados por los concesionarios para completar la superficie de una concesión de dominio público marítimo-terrestre que les haya sido otorgada cuando así establezca en las cláusulas de la concesión.
- 8** Los terrenos colindantes con la ribera del mar que se adquieran para su incorporación al dominio público marítimo-terrestre.
- 9** Las obras e instalaciones construidas por el estado en dicho dominio.
- 10** Las obras e instalaciones de iluminación de costas y señalización marítima construidas por el estado cualquiera que sea su localización así como los terrenos afectados al servicio de las mismas, salvo lo previsto en el artículo 18.
- 11** Los puertos e instalaciones portuarias de titularidad estatal que se regularán por su legislación específica.

Artículo 5:

Son también de dominio público estatal las islas que estén formadas o se formen por causas naturales, en el mar territorial o en aguas interiores o en los ríos hasta donde se hagan sensibles las mareas, salvo las que sean de propiedad privada de particulares o entidades públicas o proceden de la desmembración de ésta, en cuyo caso serán de dominio público en su zona marítimo-terrestre, playas y demás bienes que tengan este carácter, conforme a lo dispuesto en los artículos 3 y 4.3.

8.3. Servidumbres legales

8.3.1. Servidumbre de protección

Artículo 23.

La servidumbre de protección recaerá sobre una zona de 100 metros medida tierra adentro desde el límite interior de la ribera del mar.

La extensión de esta zona podrá ser ampliada por la administración del estado de acuerdo con la de la CC.AA. y el ayuntamiento correspondiente hasta un máximo de

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

otros 100 metros cuando sea necesario para asegurar la efectividad de la servidumbre, en atención a las peculiaridades del tramo de costa que se trate.

Artículo 24.

1. En los terrenos comprendidos en esta zona se podrán realizar sin necesidad de autorización cultivos y plantaciones sin perjuicio de lo establecido en el artículo 27.

2. En los primeros 20 metros de esta zona se podrán depositar temporalmente objetos o materiales arrojados por el mar y realizar operaciones de salvamento marítimo; no podrán llevarse a cabo cerramientos, salvo en las condiciones que se determinen reglamentariamente

Los daños que se ocasionen por las operaciones a que se refiere el párrafo anterior serán objeto de indemnización según lo previsto en la ley de expropiación forzosa.

Artículo 25.

En la zona de servidumbre de protección estarán prohibidos:

1. Las edificaciones destinadas a residencia o habitación
2. La construcción o modificación de vías de transporte interurbanas y las de intensidad de tráfico superior a la que se determine reglamentariamente, así como de sus áreas de servicio
3. Las actividades que impliquen la destrucción de yacimientos de áridos naturales o no consolidados, entendiéndose por tales los lugares donde existen acumulaciones de material detríticos tipo arenas o gravas
4. El tendido aéreo de líneas de alta tensión
5. El vertido de residuos sólidos, escombros y aguas residuales sin depuración
6. La publicidad a través de carteles o vallas o por medios acústicos o audiovisuales.

Artículo 26.

Los usos permitidos en la zona de servidumbre de protección estarán sujetos autorización de la administración del estado, que se otorgará con sujeción a lo dispuesto en la presente ley, y en las normas que se dicten, en su caso, de conformidad con lo previsto en el artículo 22 pudiéndose establecer las condiciones que se estimen necesarias para la protección del dominio público.

Si la actividad solicitada estuviese vinculada directamente a la utilización del dominio público marítimo-terrestre será necesario, en su caso, disponer previamente del correspondiente título administrativo otorgado conforme a esta ley.

8.3.2. Servidumbre de tránsito

Artículo 27.

La servidumbre de tránsito recaerá sobre una franja de 6 metros, medidos tierra adentro a partir del límite interior de la ribera del mar. Esta zona deberá dejarse

permanente expedita para el paso público peatonal y para los vehículos y para los vehículos de vigilancia y salvamento, salvo en espacios especialmente protegidos. En lugares de tránsito difícil o peligroso dicha anchura podrá ampliarse en lo que resulte necesario, hasta un máximo de 20 metros.

En esta zona podrá ser ocupada excepcionalmente por obras a realizar en el dominio público marítimo-terrestre. En tal caso, se sustituirá la zona de servidumbre por otra nueva en condiciones análogas, en la forma en que se señale por la administración del estado.

8.3.3. Servidumbre de acceso al mar

Artículo 28.

La servidumbre de acceso público y gratuito al mar recaerá en la forma que se determina en los números siguientes, sobre los terrenos colindantes o contiguos al dominio público marítimo-terrestre, en la longitud y anchura que demanden la naturaleza y finalidad del acceso.

Para asegurar el uso público del dominio público marítimo-terrestre, los planes y normas de ordenación territorial y urbanística del litoral, establecerán, salvo en espacios calificados como de especial protección, la previsión de suficientes accesos al mar y aparcamientos fuera del dominio público marítimo-terrestre. A estos efectos, en las zonas urbanas y urbanizables, los de tráfico rodado deberán estar separados entre sí como máximo 500 metros y los peatonales 200 metros.

8.4. Zona de influencia

Artículo 30.

La ordenación territorial y urbanística sobre terrenos incluidos en una zona cuya anchura se determinará en los instrumentos correspondientes y que será como mínimo de 500 metros a partir del límite interior de la ribera del mar, respetará las exigencias de protección del dominio público marítimo-terrestre a través de los siguientes criterios.

1. En tramos con playa y acceso de tráfico rodado, se preverán reservas de suelo para aparcamientos de vehículos en cuantía suficiente para garantizar el estacionamiento fuera de la zona de servidumbre de tránsito.

2. Las construcciones habrán de adaptarse a lo establecido en la legislación urbanística se deberá evitar la formación de pantallas arquitectónicas o acumulación de volúmenes, sin que, a estos efectos la densidad de edificación pueda ser superior a la media del suelo urbanizable programado o apto para urbanizar en el término municipal respectivo.

Para el otorgamiento de las licencias de obra o uso que impliquen la realización de vertidos al dominio público marítimo-terrestre se requerirá la previa obtención de la autorización de vertido correspondiente.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 55:

8.5. Plan General de Ordenación Urbana (PGOU)

El Plan General de Ordenación Urbana es un documento municipal que recoge la normativa urbanística española, la regulación en edificios y las futuras actuaciones entre otras. Actualmente, y tras la Sentencia del Tribunal Constitucional 61/1997, de 20 de marzo, las competencias urbanísticas están atribuidas en exclusiva a las Comunidades Autónomas.

8.5.1. PGOU de San Pedro del Pinatar

El vigente Plan General de Ordenación Urbana de San Pedro del Pinatar fue aprobado definitivamente por la Consejería de Política Territorial de la Región de Murcia el 13 de **Septiembre de 1984**.

Posteriormente, el 12 de Febrero de 1997 se aprueba definitivamente por la Conserjería de Política Territorial una importante modificación de Suelo Urbanizable del Plan General vigente.

A lo largo de sus más de 25 años de vigencia se han aprobado más de doscientas modificaciones puntuales, que han dado como resultado la distribución de suelo que se refleja a continuación:

Clase de suelo	Superficie (Has.)
Urbano	336.91
Urbanizable	592.06
No urbanizable	1301.03
Total	2230

Suelo no urbanizable

Suelo No Urbanizable de Protección Específica (SNU/PE).

En aplicación del Art. 65 de la Ley del Suelo de la Región de Murcia constituirán el suelo no urbanizable de protección específica, **los terrenos que deben preservarse**

del proceso urbanizador, por estar sujetos a algún régimen específico de protección incompatible con su transformación urbanística, de conformidad con los instrumentos de ordenación territorial, los instrumentos de ordenación de recursos naturales y la legislación sectorial, en razón de sus valores paisajísticos, históricos, arqueológicos, científicos, ambientales o culturales.

Espacios naturales (SNU/PEen).

En el ámbito regional, el **Espacio Natural de las Salinas y Arenales**, es un **espacio protegido** que fue calificado como **Parque Regional**, según la Ley 4/1992 de 30 de Julio, de Ordenación y Protección del Territorio de la Región de Murcia (BORM nº 189 de 14/08/1.992) y posteriormente objeto de un Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar, de Junio de 1995. Dicha ley establece su clasificación, así como sus límites geográficos, ocupando una estrecha franja de norte a sur entre el mar Mediterráneo y el núcleo de San Pedro, con una superficie de 837 Has. Este Parque Regional está **sometido a la tutela y el control administrativo de la Comunidad Autónoma de Murcia**, rigiéndose por la normativa recogida en el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN), contenida en el Decreto Regional nº 44 del 26 de Mayo de 1995.

En el **ámbito nacional** el Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar ha sido propuesto como **LIC** (Lugar de Importancia Comunitaria) BORM nº181 de 5/08/2000 y **declarado como ZEPA** (zona de Especial Protección para las Aves) en cumplimiento de la Directiva del Consejo de Comunidades Europeas 79/409/CEE, de 2 de Abril de 1979, mediante Resolución del Gobierno Regional de 13 de Octubre de 1998.

En el ámbito internacional, la laguna del Mar Menor, incluyendo el Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro, fue incluida en el año 1994, en la lista de Humedales de Importancia Internacional del Convenio Ramadar, constituyendo un ejemplo representativo de humedal natural en la región mediterránea. Posteriormente en el año 2001, en aplicación del Protocolo de Barcelona sobre la declaración de Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo (ZEPIM) a solicitud de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, se incluyó como tal el lugar denominado Área del Mar Menor y zona oriental mediterránea de costa en la Región de Murcia que incluye el Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar. Estos lugares así clasificados lo conforman espacios protegidos que pueden desempeñar una importante función en la conservación de la diversidad biológica del Mediterráneo por contener ecosistemas valiosos o hábitats de especies en peligro y que tengan un interés especial desde el punto de vista científico, estético o cultural.

Se pretende mediante este convenio fomentar el desarrollo sostenible en áreas de alto valor ecológico, contribuyendo al desarrollo e implantación de modelo de

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

gestión que favorezca la conservación de los recursos naturales.

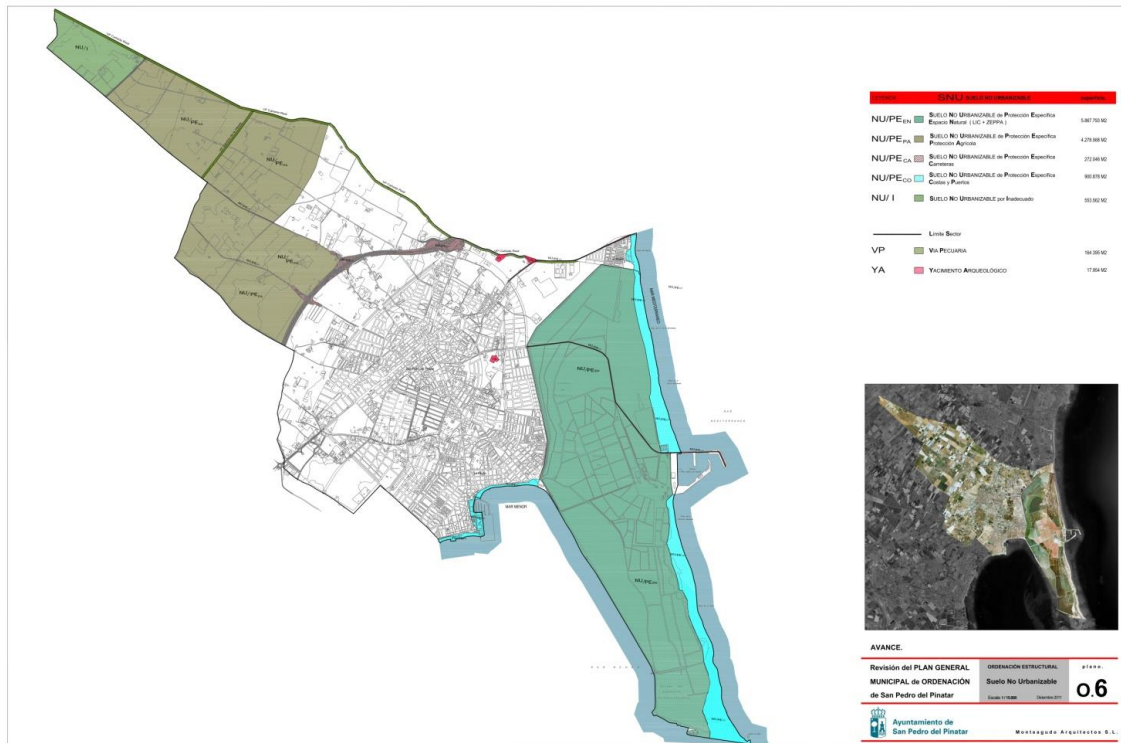


Imagen 56: Clasificación suelo parte costera San Pedro del Pinatar

Observamos como las tres playas de la actuación se encuentran en suelo no urbanizable de protección especial de costas (NU/PE).

8.6. Conclusiones

Una vez analizados los planos del municipio citados anteriormente y según la normativa vigente podemos concluir que la zona de nuestra actuación se encuentra en Suelo No Urbanizable de Protección de Costas (NUPEC). En esta zona no se podrá efectuar ninguna construcción de nueva planta y **para actuar en la zona tendremos que obtener las autorizaciones pertinentes por parte de la autoridad municipal.**

9. Estabilidad de la Llana. Diagnostico.

Por definición un tramo de costa, que puede comprender una o varias playas, o un tramo de playa, estará en equilibrio cuando la suma total de los caudales sólidos que entran el tramo sea igual a la suma de los caudales sólidos que salen del tramo.

Estos caudales sólidos pueden estar movilizados por la dinámica marina, por el viento, por los ríos o cañones submarinos, por la acción del hombre (extracciones de áridos, vertidos...) o por cualquier otra causa.

La situación del tramo será **estática** únicamente cuando tanto los caudales sólidos aportados como los perdidos, sean **nulos**. Este equilibrio litoral estático, rara vez ocurre, salvo en áreas muy abrigadas como el fondo de ensenadas o zonas muy protegidas por obstáculos naturales o artificiales.

El oleaje es el principal agente responsable de la sedimentación y modelado de los depósitos costeros, viniendo la marea a modificar el nivel de la acción del oleaje, que es fundamentalmente superficial.

Cuando en el tramo litoral considerado, **los aportes superen las pérdidas** se producirá un **depósito** en el tramo, diremos que el tramo es **hiperestable**.

Por el contrario cuando **los caudales sólidos perdidos superen a las aportaciones**, se producirán erosiones y decimos que el tramo es **inestable**.

Decimos en el tramo litoral es **estable** cuando **los aportes y pérdidas de caudal sólido coinciden**, en el período de tiempo considerado, pero aun siendo estable el tramo litoral correspondiente el material sólido existente no es siempre el mismo, se renueva, es decir el tramo tiene su dinámica.

Tras haber realizado un estudio de la dinámica litoral de la zona del estudio, observamos que **nuestro tramo litoral es inestable**, ya que el volumen de material aportado es inferior al volumen perdido. Esto nos conduce a la **necesidad de actuar** para paliar el retroceso de la línea de costa.

Podemos ver mediante las siguientes fotos históricas, el avance de este proceso y los posibles motivos.

9.1. Evolución histórica

9.1.1. Introducción

La costa puede considerarse como un ámbito frontera donde coinciden e interactúan procesos desarrollados en medios acuáticos, terrestres y atmosféricos sobre un espacio muy estrecho, por lo que el total de la energía recibida es muy alta para esta franja y le proporciona un fuerte dinamismo.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

A continuación vamos a estudiar la **evolución del medio litoral** de la playa de La Llana en San Pedro del Pinatar.

Para ello se exponen las distintas acciones que ha efectuado el hombre a lo largo de este pequeño tramo del litoral murciano, así como una serie de fotografías históricas para entender de una manera más visual los fenómenos que allí han acontecido.

Las ortofotos utilizadas son de los vuelos históricos recogidos por la Infraestructura de Datos Espaciales de Referencia de la Región de Murcia (IDERM). Estos datos se pueden visualizar en el visor cartográfico antiguo del IDERM, el llamado cartomur. En él, está disponible toda la producción digital que ofrece el servicio de cartografía de la CARM (Comunidad Autónoma de la Región de Murcia), para su visualización, comparación e impresión. Ofrece multitud de herramientas de gestión para facilitar la navegación entre las capas disponibles: vectoriales, ortoimágenes, modelos digitales de elevaciones y cartografía urbana, entre otros.

En la **década de los 60** comenzó la **construcción del Puerto de San Pedro del Pinatar**. Antes de su construcción las playas situadas a barlomar se encontraban en unas condiciones óptimas, ya que no existía ningún elemento que ejerciera de barrera al transporte de sedimentos de componente N-S típico del Mediterráneo.

9.1.2. Posición de la línea de costa

Lo que realmente interesa es conocer la posición de la **línea de costa y su evolución a lo largo de los últimos años hasta la actualidad**, así como conocer los volúmenes de arena erosionados.

Para el estudio se han utilizado las imágenes realizadas por los vuelos históricos efectuados por el IDERM (Infraestructura de Datos Espaciales de Referencia de la Región de Murcia), así como otras disponibles en el visor sitmurcia. El **origen** del estudio es el año **1945**, año en el que fue tomada la primera fotografía y **finaliza** en el año **2013**, año en el que se tomó la última de ellas.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 57: posición de la línea de costa en 1945



Imagen 58: posición de la línea de costa en 1956 (se empieza a construir el dique norte del puerto)

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 59: posición de la línea de costa en 1981



Imagen 60: posición de la línea de costa en 1997

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 61: posición de la línea de costa en 1999



Imagen 61: posición de la línea de costa en 2002

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

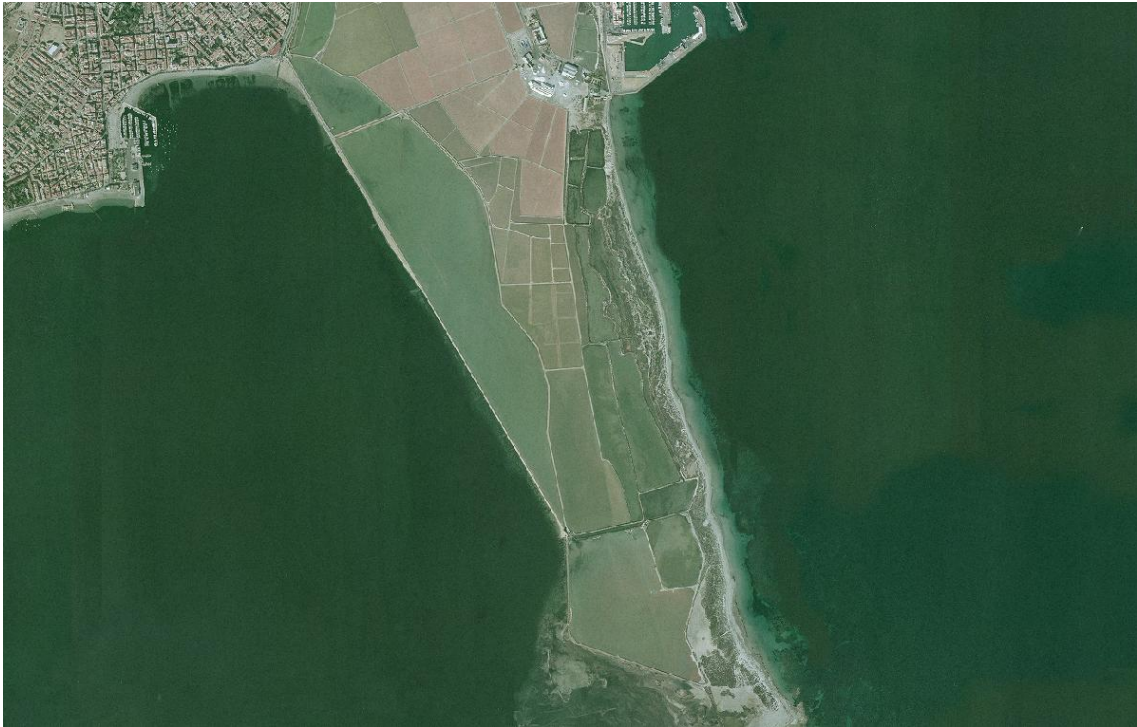


Imagen 62: posición de la línea de costa en 2004



Imagen 63: posición de la línea de costa en 2007

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 64: posición de la línea de costa en 2009



Imagen 65: posición de la línea de costa en 2011

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 66: posición de la línea de costa en 2013

A partir de las fotografías anteriores se superponen las líneas de costa de cada una de ellas para conseguir la siguiente figura que nos da una idea visual de la evolución que ha sufrido la playa en estos últimos años.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

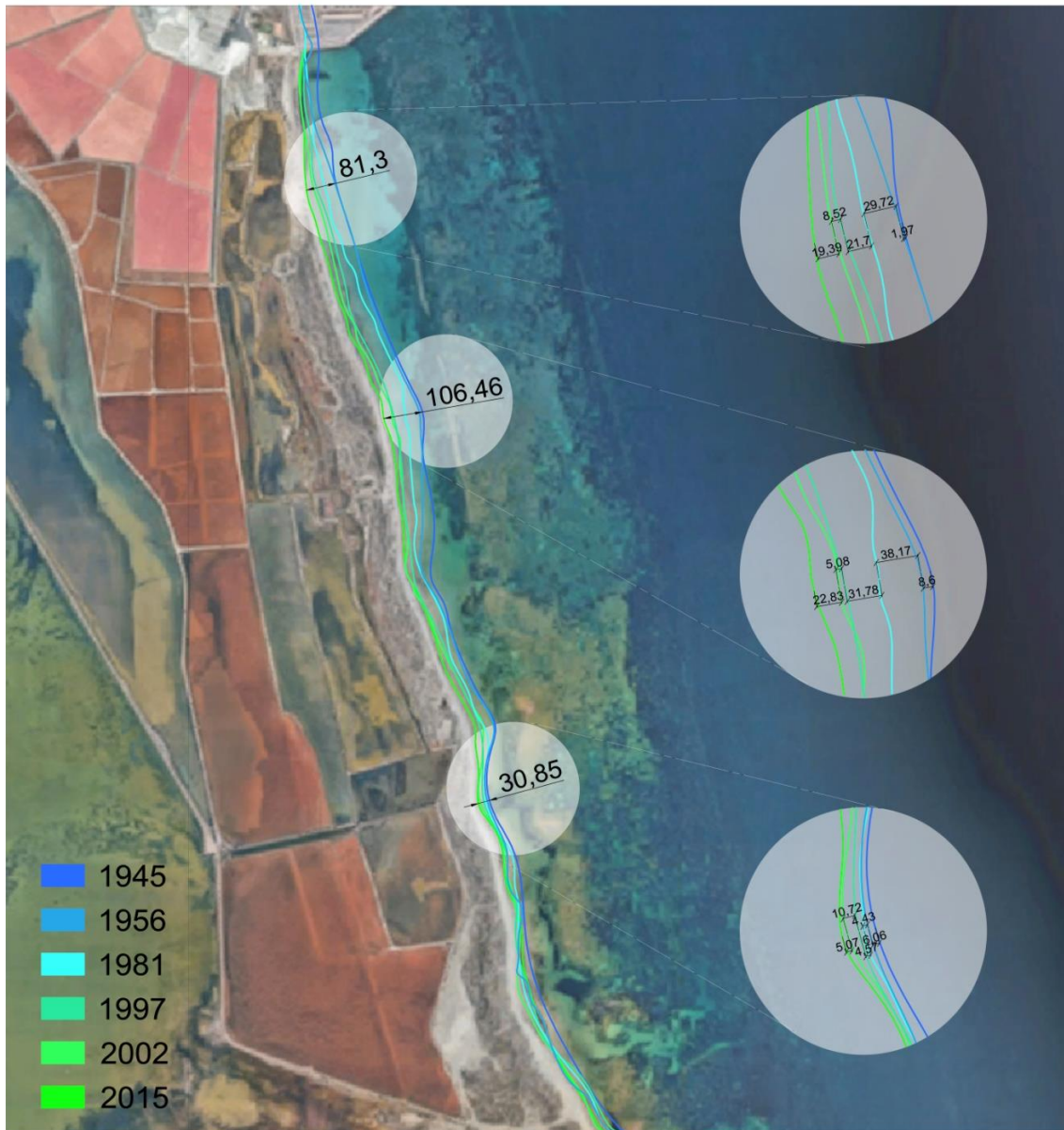


Imagen 67: vista general de la evolución histórica

En la imagen se muestra la evolución de la línea de costa del Puerto de San Pedro hasta el final de la playa de la Llana; donde la clara tendencia es una **importante regresión de la línea de costa** a lo largo de los 3000 m de longitud de la misma donde estimamos cifras de hasta 100 metros en algunos puntos.

En el intervalo de 1956 (inicio de la construcción del puerto) hasta 1981, en algunos tramos de la costa se observa una disminución de hasta 40m aproximadamente, además podemos apreciar una primera zona de acumulación de arenas justo al norte del puerto.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Por lo tanto, se puede concluir que el efecto de la construcción de los diques del puerto de San Pedro ha tenido un efecto catalizador en la regresión de la línea de costa, que ya existía antes en menor medida.

Al igual que se ha sufrido un proceso de retroceso en las playas de la llana por el efecto del puerto en el transporte sólido, se ha producido el **efecto contrario** al norte del mismo, en la **playa de la torre derribada**.



Imagen 68: Puerto en el año 1956



Imagen 69: Puerto en el año 1981

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 70: puerto en el año 1997

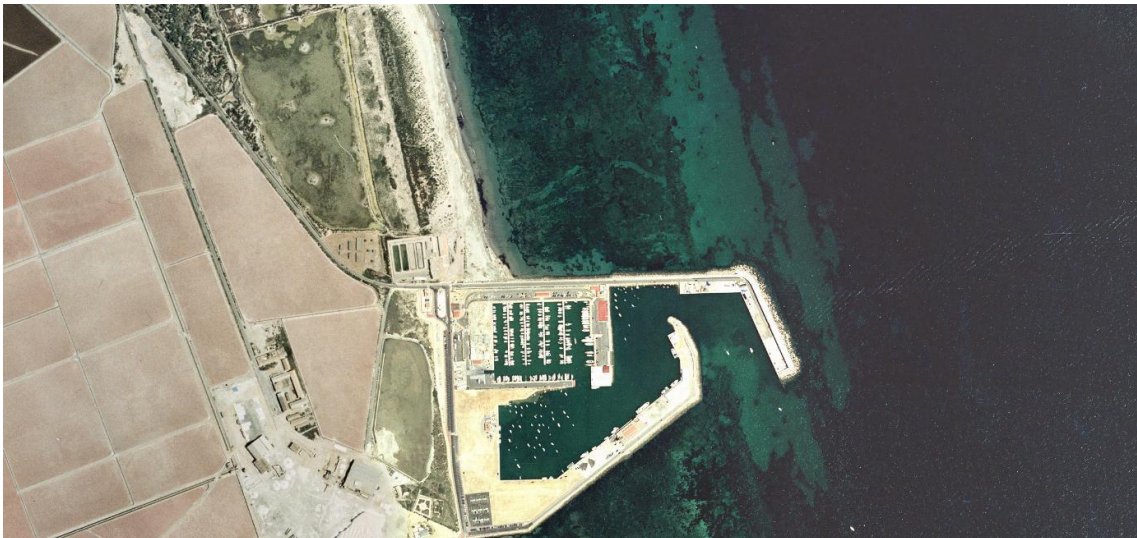


Imagen 71: puerto en el año 2002



Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Imagen 72: puerto en el año 2004



Imagen 73: puerto en el año 2007

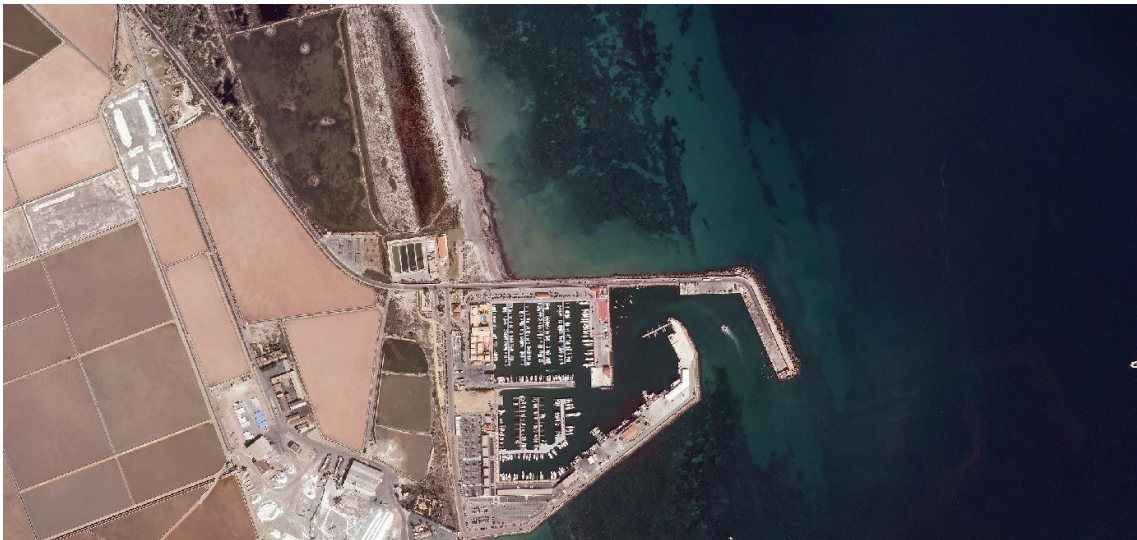


Imagen 74: puerto en el año 2009

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 75: puerto en el año 2011



Imagen 76: puerto en el año 2013

A partir de las fotografías anteriores, se superponen las líneas de costa de cada una de ellas para conseguir la siguiente imagen que nos da una idea visual de la evolución que ha sufrido la playa en estos últimos años. Así podemos medir aproximadamente el crecimiento de la playa. La tendencia clara es el crecimiento de la línea de costa que estimamos alrededor de unos **84 metros en las zonas más afectadas**.

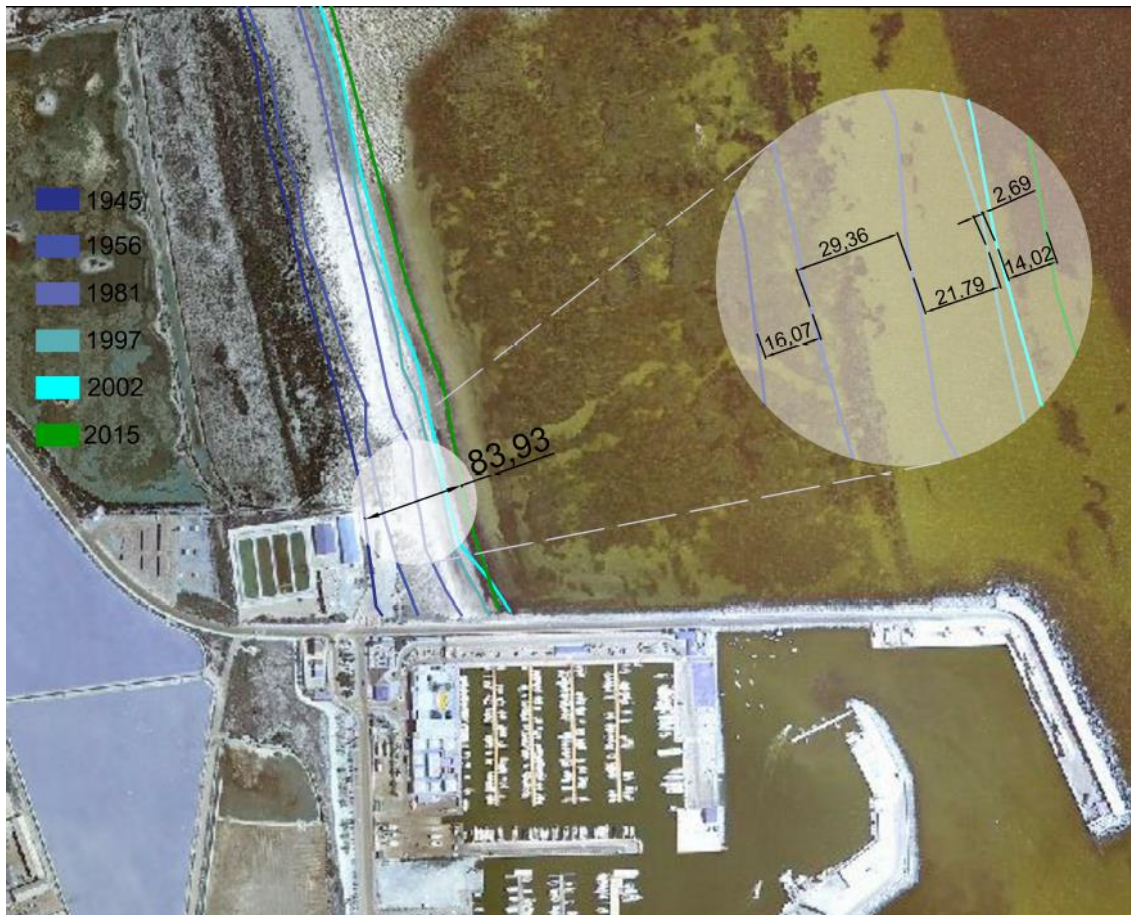


Imagen 77: vista general de la evolución histórica

9.2. Necesidad de actuación

Las playas de **Las Salinas y Barraca Quemada**, siendo las primeras playas situadas al sur del Puerto, situadas en el interior del Parque Regional Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar, son las que **han experimentado un mayor retroceso** desde mediados del siglo XX, que diferentes estudios calculan en unos 80 metros de anchura aproximadamente.

Las **causas** que han provocado dicha regresión son diversas: falta de aporte de materiales procedentes de la desembocadura del río Segura, **retirada de arenas** para creación de playas artificiales en la orilla norte del Mar Menor, manejo inadecuado de los arribazones de posidonia ("limpieza" con maquinaria pesada que arrastre consigo grandes cantidades de arena), y **construcción del puerto de San Pedro del Pinatar**, como obra de mayor impacto, que ha modificado las corrientes marinas en la costa.

Tras la construcción del Puerto deportivo de San Pedro del Pinatar en los años 80 así como la canalización de la mayoría de las ramblas del municipio, se produce una **disminución del volumen de sedimentos** aportados a la deriva litoral natural.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Tras la construcción del puerto se crea una situación de descompensación sedimentaria en la zona, que origina la aparición de fenómenos erosivos intensos en algunos puntos, así como un cambio en la morfología de las playas situadas al sur de la infraestructura portuaria.

Además tal y como podemos observar en la imagen que se adjunta, hay una **corriente de turbidez** que rebasa el dique norte del puerto, **depositando el sedimento** que trasporta, en el segundo tramo de la playa, **tras la barrera** mencionada anteriormente, sin llegar a aportarlo en la playa de la Llana.

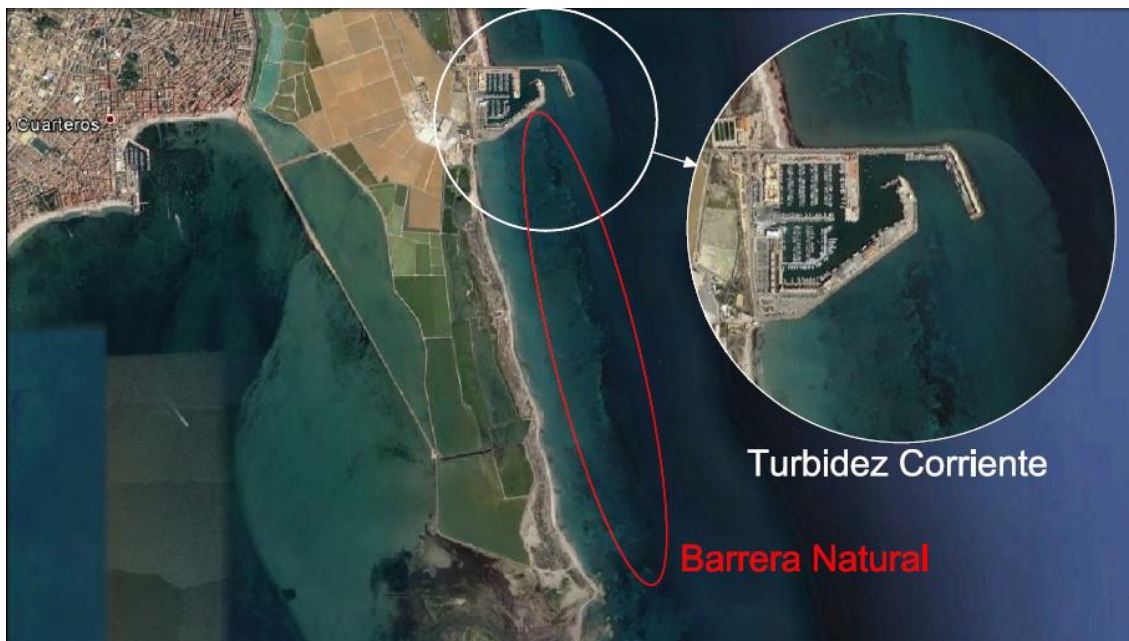


Imagen 78: corriente turbidez + barrera

Tal y como se refleja en el anejo 7 de Dinámica litoral, en las playas de **la Llana**, **la capacidad de transporte máxima neta de sedimentos** es de **más de 180000 m³** al año, en **dirección Norte-Sur**.

Pero esta cifra queda modificada por la que calcularemos a continuación, basándonos en los datos batimétricos de 2009 que podemos obtener a través de la web del Ministerio de Agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente podemos obtener el perfil de la playa sumergida.

Con este perfil y los datos obtenidos a partir de las ortofotos podemos obtener una **medición aproximada de los volúmenes perdidos** en la playa de la Llana.

- Playa de las Salinas:

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

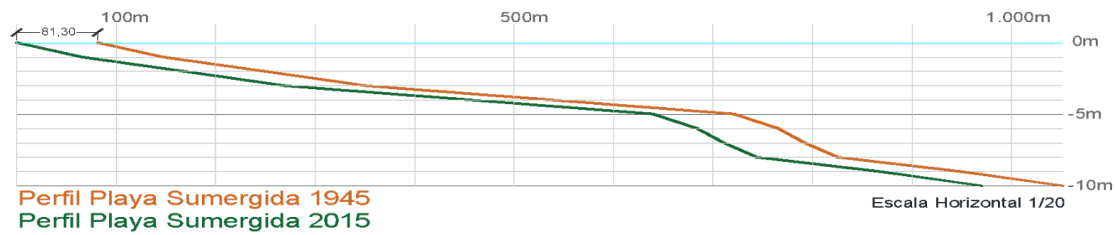


Imagen 79: evolución aproximada del perfil de la playa sumergida de la playa de las Salinas

La diferencia entre estos perfiles encierra un área aproximada de 813 m². Que extendido por la longitud donde se produce esta variación del perfil, (aprox. unos 1200 m).

Son (área) 813 x 1200 (long) = 975 600 m³ en el periodo comprendido entre 1945 y 2015.

- Playa de la Barraca Quemada

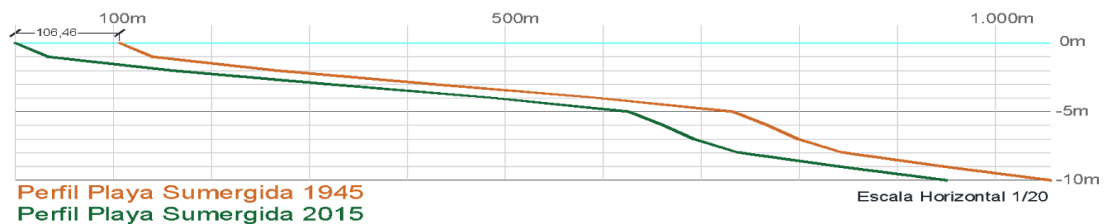


Imagen 80: evolución aproximada del perfil de la playa sumergida de la playa de la Barraca Quemada

La diferencia entre estos perfiles encierra un área aproximada de 1065 m². Que extendido por la longitud donde se produce esta variación del perfil, (aprox. unos 700 m.)

Son (área) 1065 x 700 (long) = 745 500 m³ en el periodo comprendido entre 1945 y 2015.

- Playa punta de algas:

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

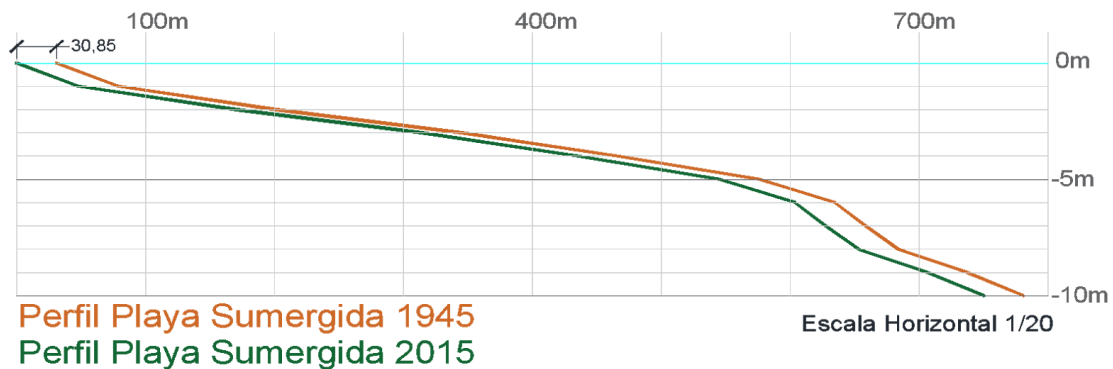


Imagen 81: evolución aproximada del perfil de la playa sumergida de Punta de algas.

La diferencia entre estos perfiles encierra un área aproximada de 309 m². Que extendido por la longitud donde se produce esta variación del perfil, (aproximadamente unos 1260 m.)

Son (área) 309 x 1260 (long) = 390 000 m³ en el periodo comprendido entre 1945 y 2015.

La **media de pérdida anual de volumen de arena** se situaría en la cifra de:

$$(975\ 600 + 745\ 500 + 390\ 000) \text{ m}^3 / 70 \text{ (años)} = \mathbf{30\ 151 \text{ m}^3}.$$

Vamos a estimar que estos **30 000 m³ de transporte efectivo** en la playa de la llana es la misma cantidad que en la playa de la torre derribada (al norte del puerto). Esta cifra que se encontraría dentro de las posibles, ya que la capacidad de transporte máxima que tiene la playa es de 180 000 m³.

De forma que si de esos 30 000 m³ anualmente **se depositan 12 000 m³**, la cantidad restante, **18 000 m³ pasarían al segundo tramo de la playa de la llana.**

Estos 18 000 m³ que pasan al segundo tramo de la playa, se quedan detrás de la barrera. Este tramo tiene una pendiente más pronunciada como hemos podido ver en los perfiles citados anteriormente. La existencia de esta barrera hace que se dificulte la llegada de este material a la orilla y por tanto su sedimentación en ella.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 82: estimación del transporte de sedimentos.

Es por ello que se plantea una actuación de defensa y de regeneración de la costa para solucionar los problemas detectados.

A continuación se muestran fotos de los **principales problemas detectados**, así como el estado actual de la playa:

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 83: estrecha playa seca en las playas cercanas al puerto de san Pedro



Imagen 84

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 85

Imágenes 84 y 85: acumulación de posidonia en la entrada en la playa



Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Imagen 86: camiones en labores de recogida de posidonia



*Imagen 87: torre socorrista que quedó fuera de la playa seca por la regresión de la
línea de costa (ya retirada en el año 2009)*



*Imagen 88: vista aérea del puerto, observando las diferencias entre las playas situadas
al norte y sur del mismo*

9.3. Delimitación de la actuación

Norte: la calle Diseminado salinas supone el norte de la actuación, que coincide con el sur del puerto de San Pedro del Pinatar (Playa de las Salinas)

Sur: Playa punta de algas

Este: Mar Mediterráneo

Oeste: el tramo acordonado por las dunas

10. Estudio de soluciones

Para paliar el evidente retroceso de la línea de costa que existe en esta playa, vamos a estudiar las posibles actuaciones que darían en mayor o menor medida solución a este problema, para intentar convertirla en una playa menos inestable.

10.1. Introducción

La transición entre la tierra y el mar traza la línea de costa, ésta se puede presentar en multitud de formas cambiantes y contiene gran número de variables aleatorias que modelan su perfil. Por ello, es un complejo sistema que precisa de gran conocimiento, estudio y experiencia para predecir su comportamiento.

Debido a causas naturales o inducidas por actuaciones humanas muchas costas presentan una tendencia estructural de continua acreción o erosión. La franja litoral es un sistema muy vulnerable, por esto es muy importante la gestión de costas.

Las bases en las que fundamentar una actuación costera son las siguientes:

- Se deben considerar zonas amplias de tramo litoral, la costa es un todo uno y debe ser entendida y analizada como tal. Cada playa pertenece a una unidad morfodinámica superior a la que se encuentra unida, de modo que cualquier actuación a lo largo de toda la unidad tendrá repercusión sobre la playa y viceversa.
- Antes de poner en marcha alguna actuación hay que estudiar las consecuencias que se pueden derivar en la zona. Se debe evitar que la corrección de un problema genere efectos negativos en las zonas próximas a la zona de estudio.
- Las costas y las playas representan un bien público de alto valor social y estético, cualquier actuación en dicho ámbito debe tener la calidad en consonancia con el ámbito que le rodea.

En este anejo se estudiarán **diferentes propuestas para solucionar la problemática presente en la zona**. Para determinar la alternativa más conveniente se realizará un análisis detallado que incluya todas las variantes según unos criterios definidos a priori.

En primer lugar se han planteado las opciones más comunes cuando se aborda un problema de erosión costera y **se han analizado sus ventajas e inconvenientes**. Posteriormente se ha elegido el tipo de infraestructura más conveniente para nuestra actuación teniendo en cuenta aspectos diversos como la morfología de la playa, el LIC en el que se encuentra, impacto visual, valoración económica, efectividad de la solución, etc.

10.2. Definición del problema

La playa objeto del estudio perteneciente al término municipal de San Pedro del Pinatar (Murcia) comprende una extensión total de 3000 metros desde el Puerto de San Pedro hasta las encañizadas, llamadas así por el arte de pesca que aprovecha el paso de los peces entre ambos mares.

Durante la década de los 60 y 80 se produjeron en el municipio de San Pedro del Pinatar una serie de sucesos que provocaron una modificación de las características morfológicas que habían tenido sus playas a lo largo de los años.

En el año **1956 se comenzó a construir el puerto de san Pedro**, realizándose una ampliación importante a finales de los '80. Antes de la construcción de la infraestructura, las playas situadas a sotamar (las playas de la Llana) se encontraban en unas condiciones óptimas. No existía ningún elemento que obstaculizara el transporte de sedimentos de componente Norte-Sur típico del Mediterráneo y el disfrute de los usuarios que accedían en aquella época a las playas era máximo.

El tramo de costa **sufre regresiones desde los años 60**. La extracción de arenas para regenerar las playas del Mar Menor, la retirada de arribazones de posidonia en grandes paladas (el estudio calcula que cada camión contenía un 50% de plantas marinas y otro 50% de arena) hasta el año 2006 y, sobre todo, la alteración de la dinámica litoral de transporte de sedimentos con la construcción del puerto en 1956.



Imagen 89: acumulación de posidonia en el inicio de las playas de la Llana

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Una **playa** como franja que está sometida al medio terrestre y marino se espera que desarrolle las siguientes **funciones**:

- **Defensa de la Costa**: Se espera que la playa se modele de tal forma que absorba la energía del oleaje sin llegar a alcanzar nunca los bienes existentes en su trasdós.
- **Hábitat de Flora y Fauna**: Posee un valor ecológico muy importante que hay que preservar y/o recuperar.
- **Uso lúdico humano**: Se debe satisfacer a los usuarios para lo cual se debe disponer de un área que lo permita.

Cuando existe la necesidad de recuperar un tramo costero es porque hay deficiencias en alguna de estas tres funciones.

10.3. Análisis de la situación actual

Los 3000 metros que conforman la playa de la Llana tiene como delimitación norte el puerto de San Pedro del pinatar y como delimitación sur las encañizadas del Mar Menor. Tras el cordón dunar se encuentran **las charcas salineras**; que en **temporales de levante** incluso han llegado a ser alcanzadas por las **olas al sobrepasar el cordón dunar**.

El ancho de la playa seca varía mucho en el tramo del estudio, existen tramos que alcanzan los 20 m de ancho y otros tramos en los que apenas se alcanzan los 10 m.



Imagen 90



Imagen 91

Imagen 90 y 91: detalle de las dunas y la playa emergida de la Llana

Algunos de los ejemplos de **aportes puntuales de arena** son:

En el año **2010** se realizó un aporte de arena de las playas situadas al norte del puerto de San Pedro hacia la zona sur del mismo;

En el año **2015** se realizó un aporte de 7500 m³ de arena en los primeros 500 m de playa como medida de choque para frenar la erosión que soporta desde el año 1956 cuando se construyó el puerto. De ahí la necesidad de este estudio para determinar las causas y una solución a largo plazo que garantice la estabilidad de la línea de costa.

10.4. Métodos usuales para la regeneración y protección costera.

Las obras marítimas para la defensa de costas podemos clasificarlas desde dos puntos de vista distintos; en primer lugar **según las estructuras** a emplear en la protección y en segundo lugar **según el grado de afección** que estas protecciones provocan sobre la costa.

- Según criterios estructurales:
 - Defensas longitudinales
 - Defensas transversales
 - Defensas exentas

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

- Alimentación artificial
- Otras: retirada estratégica, by-passing, algas artificiales, regeneración de praderas de posidonia, barreras neumáticas o hidráulicas, elementos flotantes, tubos drenantes, etc.
- Según el grado de afección:
 - Obras duras:
 - Defensas longitudinales
 - Defensas transversales
 - Defensas exentas
 - Obras blandas:
 - Alimentación artificial
 - Dunas

Normalmente, las actuaciones de defensa de la costa se componen de combinación de distintos tipos de obras. Posteriormente se explicarán los tipos de defensa más relevantes, y su aplicabilidad a la playa de La Llana.

10.4.1 Defensas longitudinales

Este tipo de estructura se caracteriza por extenderse **a lo largo de la línea de costa o en paralelo** a la misma (en playa seca) e interponerse entre la tierra y el agua del mar, de forma que tienen un doble objetivo, impiden la acción directa del oleaje sobre el terreno y soportan los terrenos del trasdós. Su función consiste en detener la recesión de la línea de costa. **No retienen materiales sedimentarios.**

Son soluciones de obra cuyo objetivo es **frenar rápidamente la erosión** y proteger las estructuras y elementos que hay detrás de la costa. La construcción de este tipo de defensas suele ser el último recurso para la defensa de una playa, pues supone que ésta desaparecerá por completo.

A este grupo pertenecen los muros, malecones y revestimientos. Todos ellos se clasifican como obras duras, aunque dentro de las defensas de tipo longitudinal encontramos un caso de obra blanda, los cordones dunares.

10.4.1.1. Malecones

Son estructuras verticales, construidas en paralelo a la línea de costa, separando el trasdós de la playa del mar, su objetivo es prevenir la erosión y daños provocados por la acción del oleaje.

10.4.1.2. Muros

Son estructuras verticales, alejadas de la línea de costa, en playa seca, diseñados como estructuras de contención de tierras. Pueden proteger frente a la acción del oleaje, en casos excepcionales.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

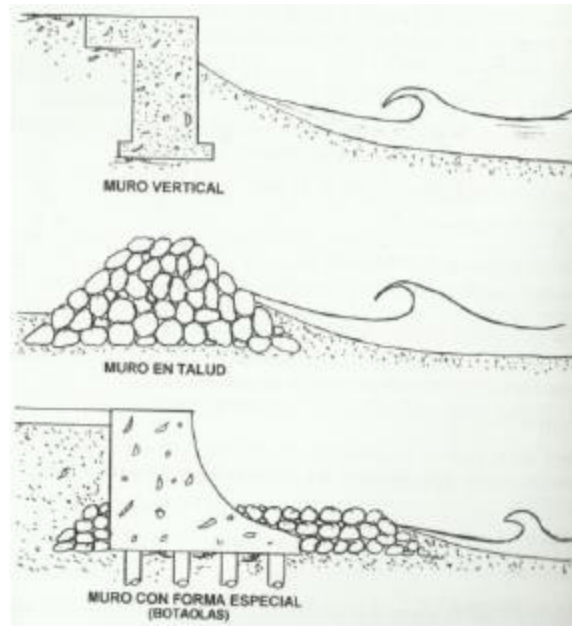


Imagen 92: tipos de muros de defensa de costas.

10.4.1.3. Revestimientos

Se sitúan sobre la línea de costa y su objetivo también es el detener la recesión costera. Presentan un talud hacia el mar y pueden estar contruidos con escollera, materiales sueltos, piezas prefabricadas de hormigón o por sacos de geotextil/mortero.

Los revestimientos tienen como inconveniente que no evitan la erosión de la playa submarina por lo que con el tiempo se aumenta la capacidad de erosión y el transporte longitudinal.

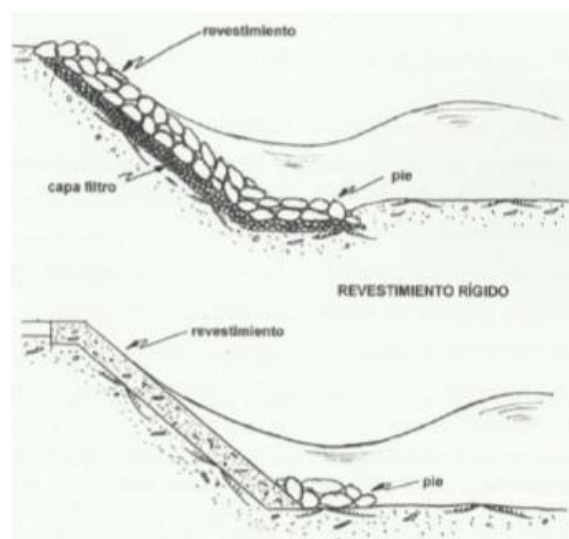


Imagen 93: tipos de revestimientos de costas

10.4.1.4. Cordón dunar

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Las dunas litorales son simplemente la continuación de las playas tierra adentro, es decir, constituyen la mayor parte de la zona emergida de las playas. Por esa razón la Ley de Costas incluye a las dunas en la propia definición de las playas como uno de los principales bienes característicos del dominio público marítimo-terrestre.

Desde este punto de vista funcional, las dunas representan las reservas de arena de las playas, es decir, las zonas donde durante los episodios extremos, como los grandes temporales, los tsunamis, o las mareas excepcionales, el mar toma la arena y los materiales que necesita para que el perfil trasversal de la playa se acomode a las condiciones más duras de la energía incidente del oleaje.

En términos generales, **las obras de defensa longitudinal presentan las siguientes desventajas:**

1. No provocan sedimentación
2. No detienen la erosión
3. Desaparecen a largo plazo
4. Riesgo de hundimiento y vuelco
5. Impulsan los efectos recesivos a sotamar.

10.4.2. Defensas transversales (espigones)

Las defensas transversales son la construcción de la Ingeniería de Costas por excelencia. Su disposición es **ortogonal a la línea de costa** y tiene la misión de frenar total o parcialmente el flujo sedimentario y producir playas apoyadas sobre el espigón. Su objetivo principal es **ejercer de barrera al transporte de sedimentos** produciendo sedimentación de materiales a barlomar y recesión a sotamar. El funcionamiento de una obra de defensa transversal en una playa puede variar en función de sus características, principalmente las dimensiones y los materiales utilizados.

La localización y separación que debe haber entre los espigones se determina en función de la zona, la dinámica litoral y el clima, el tipo de actuación y el tipo de defensa o espigón que se vaya a utilizar. En el SPM (1977) se indica que **el espacio normal entre espigones debe ser de entre 2 y 3 veces su longitud**, aunque finalmente la separación se determina en función del clima de oleaje presente en la zona.

Para que su uso sea efectivo tiene que existir un transporte de sedimentos de cierta magnitud. En condiciones de ausencia de transporte su efectividad es nula.

Existen dos tipos de barreras:

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

- Barrera total: La longitud del espigón se extiende a lo largo de toda la zona de transporte, de forma que se retiene todo el volumen de sedimentos y se producen erosiones a sotamar del espigón.

- Barrera parcial: La longitud del espigón abarca sólo una parte de la zona activa de transporte, permitiendo cierto paso de sedimentos, las erosiones que se producen a sotamar son mucho menores que en el caso anterior.

Las obras de defensa transversal se pueden clasificar en función de su altura, su permeabilidad, los materiales utilizados en su construcción y su forma en planta.

En cuanto a la altura de una obra de defensa transversal, los espigones se pueden clasificar en rebasables, cuando permiten el paso del oleaje por encima del espigón, o no rebasables, cuando no permiten el paso del oleaje.

Para la construcción de espigones transversales se utilizan bloques de hormigón, escollera, gaviones, zahorras y arena. El material más utilizado son los bloques de escollera debido a su bajo coste y a la sencillez de colocación.

La forma en planta que se da a un espigón determina los efectos que produce sobre el tramo costero. Normalmente, los espigones son simples, en forma de I, aunque también se utilizan frecuentemente espigones en forma de T, Y o L. Las formas en T o L favorecen el apoyo a la playa y evitan la formación de rip-currents.



Imagen 94

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

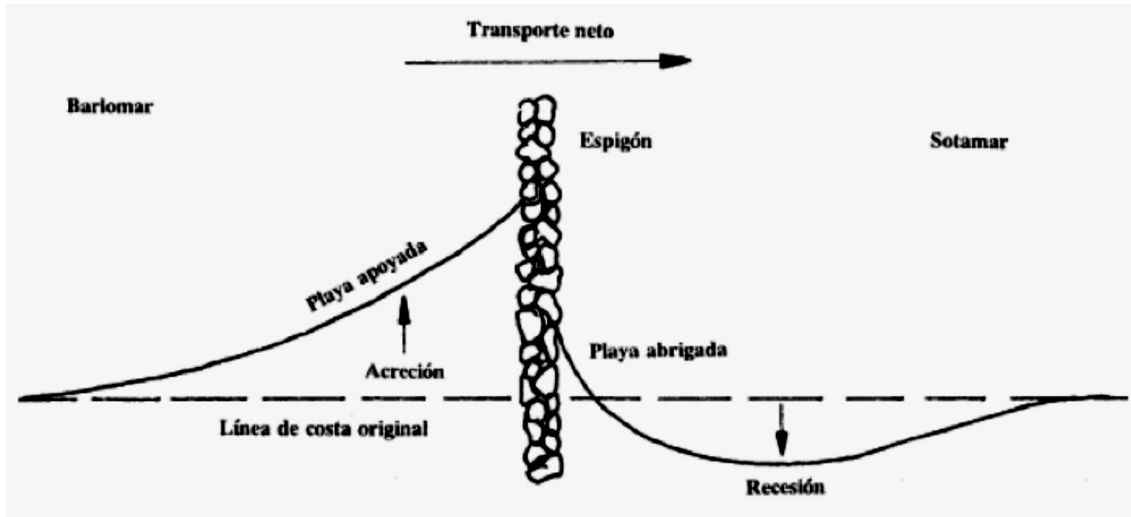


Imagen 95

Imagen 94 y 95: comportamiento de un espigón

Entre sus ventajas e inconvenientes que presentan, destacamos las siguientes:

Ventajas

1. Son efectivos para controlar la erosión debida al transporte de sedimentos a lo largo de la orilla
2. Se tiene mucha información sobre el comportamiento de los espigones en variadas condiciones ambientales
3. Pueden construirse con muchos tipos de materiales diferentes (escollera, pilotes, tablestacas, etc.)
4. Se puede ajustar sus dimensiones una vez construidos para ajustarlos a los efectos generados
5. Se construyen desde la playa hacia el mar siendo relativamente económica su construcción

Inconvenientes

1. No existe claridad sobre la filosofía del diseño, si deben ser cortos, o largos, altos o bajos, permeables o impermeables.
2. Pueden erosionar las playas a sotamar e impedir el paso de sedimentos a lo largo de la orilla
3. En los espigones se generan corrientes fuertes de agua a lo largo de sus flancos produciéndose pérdida de arena hacia mar abierto

4. No son efectivos para impedir la pérdida de arena hacia mar abierto.

10.4.3 Defensas exentas

El **objetivo** del dique exento es **proteger un tramo de costa del oleaje**, disminuyendo de forma parcial o total la erosión sufrida en la playa. De esta manera no solamente se disminuye la pérdida de arena sino que se dan las condiciones óptimas para su acumulación en la playa. Tienen como objetivo modificar la dinámica litoral variando las condiciones de transporte sólido litoral en la zona provocando la difracción del oleaje incidente.

La **colocación** de los diques exentos **suele ser paralela a la línea de costa** y separadas una distancia determinada. Con su implantación se pretende generar un área abrigada, reducir la energía del oleaje de abordaje de la playa y retener materiales sedimentarios provocando su sedimentación.

En el grupo de las defensas exentas, distinguimos entre los **diques exentos emergidos y los sumergidos**.

Se suelen construir a bajas profundidades, por encima del nivel medio del mar o al nivel medio del mar. En función de las relaciones geométricas podemos obtener tres tipos de formas en planta en la playa: Tómbolo, Doble Saliente o Saliente.

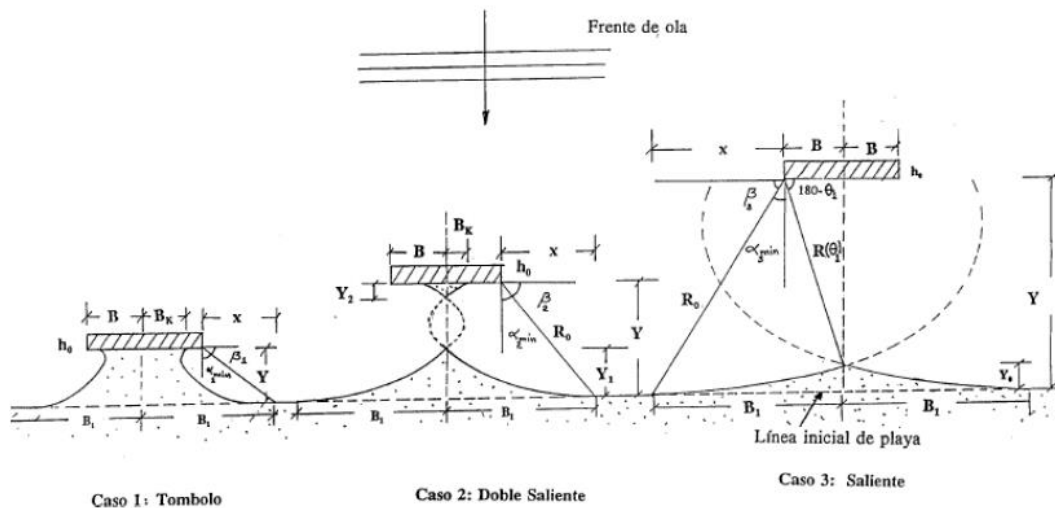


Imagen 96: formas en planta con dique exento

Ventajas

1. Protegen a la playa de temporales y potencian la sedimentación natural de arena
2. Ensanchan la playa en planta permitiendo un mayor disfrute de los usuarios

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

3. Si son combinados con medidas de alimentación artificial permiten aumentar la durabilidad de las aportaciones en regeneraciones de playas.

Inconvenientes

1. Son difíciles de reparar en caso de desperfectos
2. Si no están bien señalados pueden suponer un peligro para las embarcaciones
3. Si la cota de coronación es elevada ocasionan un impacto estético
4. No existe un conocimiento total de las consecuencias que tiene su uso en la modificación costera
5. No son económicos en comparación con otras alternativas

10.4.3.1. Dique Arrecife

Origen

Los primeros estudios y experiencias relativos a este tipo de estructuras se desarrollaron en países como Japón y Estados Unidos, siendo ambos actualmente los más avanzados en su diseño y construcción. En el Mediterráneo destacan las experiencias en este campo de los técnicos españoles.

Los primeros arrecifes artificiales fueron realizados mediante el hundimiento o fondeo de elementos constituidos por diversos materiales. En Japón, se utilizaban elementos formados por estructuras de madera, elementos plásticos, hormigones, aceros y, posteriormente, fibras de vidrio, etc., dirigidas, específicamente al aumento de la producción pesquera.

Las experiencias americanas, sin embargo, han utilizado generalmente materiales de desecho como chatarras de carrocerías de coches, barcos y aviones de desguace, neumáticos, etc., dirigidos, especialmente, al aumento de la pesca deportiva.



Imagen 97: arrecifes artificiales

Funciones

Los diques exentos o diques-arrecife, tienen como función principal actuar sobre los procesos oceanográficos costeros. Se pueden utilizar para disipar la energía del oleaje con el fin de proteger la costa frente a la erosión, para producir un oleaje adecuado para la práctica del surf o para ambas cosas, proteger la costa y generar las condiciones adecuadas para el uso recreativo.

Actúan como pie de playa. Son obras que se encuentran mar adentro frente a la costa y se desarrollan paralelos a ella con una cota de coronación muy baja respecto a la profundidad donde se sitúan. Así, se consigue una disminución de la energía del oleaje, así como un mejor apoyo del perfil de la playa, sujetando la arena que en periodos de temporal tendería a emigrar a mayores profundidades.

Otro objetivo de los diques arrecifales es la creación de áreas de repoblación marina y protección de los fondos marinos.

En España, la implantación de diques tipo arrecife ha estado enfocada a evitar la pesca de arrastre y a regenerar ecosistemas de gran valor ambiental. Sin embargo dentro de las numerosas posibilidades que tienen los diques arrecife también se encuentra la regeneración costera a partir de la disminución de la energía del oleaje reduciendo la altura de lámina libre. Es por ello que se planteará posteriormente como una alternativa.

En función de los materiales con los que se construyen, encontramos diques arrecife contruidos con Reef Balls, con elementos prefabricados de hormigón de diferentes formas (cajones huecos, cubos, etc.) incluso formados con neumáticos o pecios hundidos voluntariamente como en el caso de Irlanda.

Los diques arrecifes presentan como **ventajas** las siguientes:

1. Facilidad de construcción,
2. Gran economía,
3. Durabilidad,
4. Integración total en el medio marino
5. Impacto visual nulo.
6. Atractivo turístico para el buceo, etc.

Como **inconvenientes** destacamos:

1. Poca experiencia en su uso como protección costera en España
2. Incertidumbre en su funcionamiento

10.4.3.2. Islas plataforma

Consiste en la creación de islas artificiales utilizando escollera y tomando como base una solera de hormigón colocadas a varias decenas de metros de la costa. Funcionan de forma similar a los diques exentos emergidos pero son de dimensiones más reducidas. Disipan energía. Tienden a formar hemitómbolos, por lo que suele ser una solución apreciada estéticamente.

La diferencia con los diques exentos es que se pueden crear superficies aptas para usos diversos.

10.4.3.3. Conos de difracción

Pequeños obstáculos cilíndricos de hormigón que se distribuyen a lo largo de la costa. Son elementos especiales que reducen la energía por metro de playa. Actúan bien cuando existe oleaje oblicuo o paralelo a la costa. Su funcionamiento se basa en la pérdida de energía que provocan los conos en el oleaje a causa de la difracción, las ondas oblicuas se transforman en otras paralelas a la costa. Tienden a cambiar la dirección dominante del oleaje por difracción.

10.4.3.4. Algas artificiales

Se trata de crear campos artificiales de algas, generalmente de un material plástico. El objetivo es conseguir la pérdida de parte de energía que lleva el oleaje.

Se colocan a una cierta distancia de la costa y sobre el lecho marino una serie de filas de tubos de nylon en los que se sujetan las algas, estos se disponen en dirección perpendicular a la dirección de la corriente, de este modo se reduce la energía del oleaje, consiguiendo estabilizar el perfil de la playa.

- Aplicabilidad en la playa de La Llana: Se han realizado estudios a escala real en laboratorio que indican la idoneidad de este sistema para hacer frente a la regeneración de una playa, pero no se ha utilizado prácticamente ni a nivel nacional ni internacional, como no se tienen garantías de su eficiencia y supondría un elevado coste no se va a proponer como alternativa posible.

10.4.4. Alimentación artificial

Mediante esta técnica se pretende **aportar arenas** a la playa hasta alcanzar la **situación original o definir en diseño la altura óptima** de la playa. Para ello existen diferentes técnicas de extracción según el origen de la arena:

1. Usar arenas del fondo marino: Mediante dragado

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

2. Usar arenas continentales: Excavación arena en macizos

3. Usar arenas artificiales: Producción en cantera

Es el sistema de protección y regeneración de playas más utilizado. Se considera como una **obra blanda**, dada su flexibilidad y que no puede quedar peor de lo que estaba en la situación inicial. Este sistema consiste en mover artificialmente la arena necesaria para mantener la playa a regenerar en equilibrio.

Consiste en depositar gran cantidad de arena o grava en la playa seca o sumergida para restituir la playa erosionada, ampliar el ancho de la misma o conseguir protección y refuerzo del cordón dunar.

Los posibles **objetivos de la alimentación artificial con arenas** pueden ser:

1. Refuerzo o protección de dunas
2. Ampliación de la playa seca.

La alimentación artificial consta de las siguientes **fases principales**:

1. Localización de una fuente de materiales y selección de los medios de transporte y vertido.
2. Vertido de la arena y creación de la playa
3. Recargas periódicas, aportando el volumen de arenas que se considere para mantener la playa activa.

Este tipo de solución **necesita de un posterior seguimiento de la playa** y evolución de perfil para planificar las posteriores alimentaciones. En principio, cada vez serán menores hasta conseguir el equilibrio definitivo. Su principal problema es la **localización de una fuente de arenas útiles** para la alimentación, ya que estas deben cumplir una serie de requisitos relacionados con su tamaño, composición, calidad y situación respecto de la playa para ser aptas para la regeneración de playas.

Existen **dos tipos** de alimentación artificial:

- **Alimentación directa**: es la aportación directa de materiales in situ. Es una alimentación con material dragado vertido en las zonas erosionadas, que se apila en zonas para que el oleaje lo distribuya. Se realiza por medios mecánicos.

- **Trasvase de arenas o "bypassing"**: consiste en reconstruir el transporte sólido litoral interrumpido por la existencia de un obstáculo al mismo, pasando sedimentos de unas áreas de la costa con exceso de sedimentos a otras de forma artificial. Puede ser continuo o discontinuo y se puede organizar de forma flexible, en función del régimen del transporte longitudinal existente y la capacidad de este. Puede realizarse vía marítima, terrestre o mediante instalaciones fijas. La carga se produce en la playa

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

sumergida en un punto establecido y la descarga se efectúa en la playa seca o sumergida en el punto de vertido que se determine para posteriormente realizar su reparto y extensión.

La implementación de los **Sistemas de Bypass de Arena se recomiendan** en casos donde después de la construcción de infraestructuras marítimas (en particular espigones o escolleras perpendiculares a la costa que se construyen para delimitar una boca o entrada a puerto), la zona costera experimenta efectos de crecimiento de playa corriente arriba de una escollera o espigón, erosión de la playa corriente abajo y eventualmente azolve en los canales de navegación. Estos efectos son indicadores de que **el flujo natural de transporte ha sido alterado** y de la necesidad de una solución para su restauración.

El diseño de los Sistemas de Bypass de Arena implica un conocimiento detallado de la zona afectada, ya que los métodos, técnicas y equipo a utilizar, así como el éxito del sistema, dependen del conocimiento del entorno físico incluido el **transporte litoral** en la zona, el cual es el **parámetro principal de diseño** de todo Sistema de Bypass de Arena.

Podemos clasificar estos sistemas según su movilidad en:

1. **Sistemas fijos:** su principal ventaja es que evitan la movilización de equipos y que una vez instalados la interferencia a las actividades portuarias es prácticamente nula. Los componentes de este sistema son, el equipo de succión para extraer el material (bomba y tubería de succión) y una tubería de descarga.
2. **Sistemas Semi-móviles:** son aquellos que tienen la capacidad de realizar movimientos, pese a estar sobre instalaciones fijas, lo cual facilita el abarcar una mayor área para la extracción de sedimento, su principal ventaja.
3. **Sistemas móviles:** cuando el sistema opera con elasticidad en su localización.

Como **ventajas** destacan los grandes volúmenes de materiales que se pueden mover y la no afectación al tráfico (se puede transportar por mar).

Como **inconvenientes** destaca el coste más elevado, la dependencia de la disponibilidad de arena, los plazos de ejecución y los problemas de atraque de la embarcación al finalizar en vía terrestre.

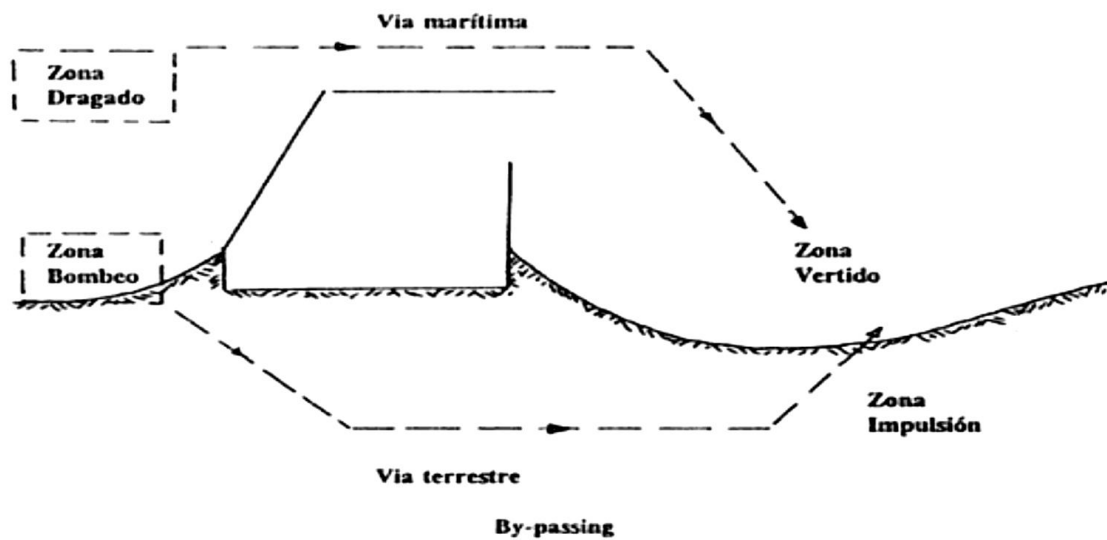


Imagen 98: esquema de bypass de arena

Se debe tener en cuenta que para llevar a cabo la alimentación artificial en una playa **los materiales deben cumplir los siguientes requisitos:**

- El conjunto del material debe tener un **volumen suficiente**.
- La **calidad de los materiales** debe ser la adecuada, libre de contaminantes, metales pesados, bacterias y demás sustancias que pueden ser perjudiciales para los usuarios de las playas.
- **El diámetro medio** del material que se aporte **debe ser mayor** al del material que hay actualmente en la playa, para que resista mejor a la acción del oleaje. Sólo los tamaños de grano más grandes son las que se quedan en la playa seca, conforme van siendo más pequeños, van desplazándose hacia la playa sumergida. La extensión y vertido de las arenas se realizará de forma homogénea a lo largo de la línea de costa para facilitar la homogeneidad de la zona.

La alimentación artificial tiene un doble objetivo, por una parte regenerar la costa y por otro ofrecer protección a los elementos localizados detrás de la playa. Como toda **obra blanda no produce efectos nocivos sobre la costa**.

Una vez planteados los problemas existentes en la zona de actuación y las ventajas e inconvenientes de las opciones disponibles para abordar actuaciones de regeneración y protección costera, procederemos a plantear las diferentes alternativas consideradas:

10.5. Análisis de las alternativas y elección de la solución óptima

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

En este apartado se generaran una serie de alternativas válidas para la regeneración de la playa de La Llana. Con el objetivo de seleccionar la solución óptima para nuestro estudio, se realizará un análisis multicriterio valorando las distintas alternativas propuestas.

10.5.1. Criterios de valoración

Para poder analizar en profundidad las posibles propuestas a realizar en la playa de La Llana y elegir la óptima se va a desarrollar un análisis multicriterio que tiene en cuenta varios factores.

Los factores pueden ser objetivos o subjetivos en función de si se puede establecer una valoración cuantificable o si dependen del criterio personal.

Primero se realizará una valoración objetiva, de forma que se elegirán unos criterios y se puntuarán las alternativas. Cada criterio tendrá un peso diferente en función de su importancia y se valorará en una escala de 0 a 100.

Los criterios elegidos para realizar la valoración objetiva son:

- Criterio funcional **(C.F.)**: 40%
- Criterio Medioambiental **(C.M.)**: 30%
- Criterio económico **(C.E.)**: 20%
- Criterio paisajístico **(C.P.)**: 10%

10.5.1.1 Definición de criterios de valoración

Criterio funcional: valorará la medida en la que la alternativa resuelve la problemática existente en la zona. Para su valoración se va a adoptar una escala de 0 a 100, de la siguiente forma:

Valor	Definición
100	Solución optima
60	Solución buena
30	Solución parcial al problema
0	No resuelve el problema existente

Criterio medioambiental: en él se evalúan cualitativamente los impactos generados por cada una de las alternativas consideradas. Se valorará el grado de agresión que ejerce en el medio cada alternativa.

Valor	Definición
100	Prácticamente imperceptible
60	Poco impactante

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

30	Muy impactante
0	Inadmisible

Criterio económico: la solución debe poder ser ejecutada en un presupuesto razonable. Se valorará el coste que supondría la construcción de cada alternativa en relación con la repercusión económica que supondría en la zona la realización de la alternativa.

Valor	Definición
100	No requiere inversión
60	Requiere poca inversión
30	Requiere una inversión elevada
0	Requiere una inversión excesiva

Criterio paisajístico: Se valorará el impacto visual que puede suponer en la zona la construcción de cada alternativa.

Valor	Definición
100	Agradable
50	Indiferente
0	Desagradable

De esta forma, la valoración final se calcula mediante la expresión siguiente:

$$VF = 0,4 \times C.F. + 0,3 \times C.M. + 0,2 \times C.E. + 0,1 \times C.P.$$

De la aplicación de la fórmula anterior se propone la siguiente clasificación para las distintas alternativas:

V.F.	CLASIFICACIÓN
≥ 90	Óptima
$70 \leq V.F. < 90$	Buena
$40 \leq V.F. < 70$	Mejorable
< 40	Deficiente

10. 5.2. Generación de alternativas / propuesta de soluciones

Contemplando las distintas soluciones de protección y regeneración de playas aplicables al proyecto de regeneración de la playa de La Llana se han generado una serie de alternativas que se presentan a continuación:

Alternativa 1: no actuación

Alternativa 2: defensas transversales

Alternativa 3: diques exentos semisumergidos.

Alternativa 4: alimentación artificial mecánica.

Alternativa 5: alimentación artificial por bypass de arena + extracción de yacimiento arena.

Alternativa 6: alimentación artificial procedente de extracción de yacimiento y bypass móvil.

10.5.3. Análisis de las alternativas

En este apartado se pretende seleccionar de una forma objetiva la solución óptima a la problemática que se presenta en la playa de La Llana. En ningún momento se presenta como una herramienta de descripción detallada ni constructiva de ninguna de las alternativas.

No se desarrollan en profundidad cada una de las alternativas de este proyecto. Solo en el caso de resultar definitivamente escogida, se definirán los parámetros necesarios para el desarrollo de la tipología finalmente escogida.

10.5.3.1 Alternativa 1: No actuación

La no actuación es una solución posible pero no es adecuada puesto que no plantearía la mejora de la problemática existente, seguiría permitiendo la regresión de la línea de costa. Por tanto no se evalúa.

10.5.3.2. Alternativa 2: Defensas transversales

Sería necesario colocar más de un dique transversal para conseguir los objetivos que se plantean en este estudio, ya que la erosión que se produce en el tramo de costa es elevada.

Esta alternativa consistiría en la construcción de 9 espigones, la orientación se mantendrá perpendicular a la costa.

Para definir la longitud del espigón debemos tener en cuenta obstaculizar lo mínimo la navegación de las embarcaciones de recreo. Daremos una longitud a los espigones de 200 metros. Teniendo en cuenta la batimetría de la playa, al final del espigón el calado será de unos 2.25. La cota de coronación del espigón será de 1.5 metros.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

La separación entre los espigones será de unos 300 metros, ya que la recomendación es que la separación sea alrededor de 1,5 - 2 veces la longitud del espigón aproximadamente.

Con esta solución se conforma una barrera al transporte de sedimentos y a la arena de regeneración. Estos espigones impiden retener los sedimentos en sentido transversal a la costa de forma que la playa queda indefensa ante la acción de los temporales. A continuación se presenta una imagen con la ubicación de los espigones y la estimación de la línea de costa tras esta actuación, señalando las zonas en las que se vería incrementada y en las que retrocedería.



Imagen 99: situación espigones

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

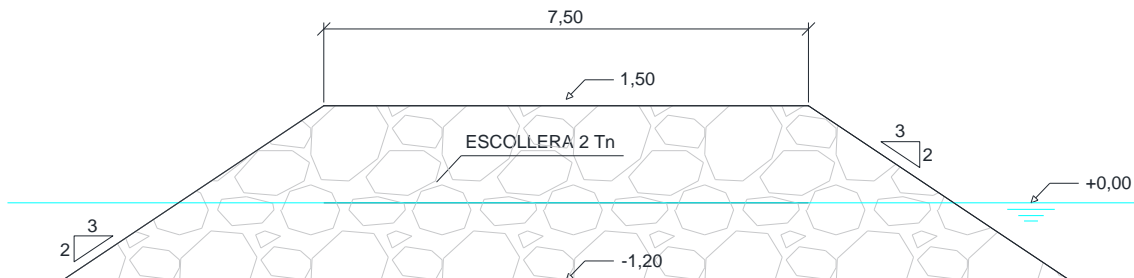


Imagen 100: sección de los espigones en el punto medio (cota -1,20m.)

Análisis de los criterios

- **Criterio funcional:** La alternativa de construcción de defensas transversales en el tramo en estudio no conseguiría un incremento suficiente de la playa seca. Además crearía zonas a sotavento de los espigones donde la línea de costa podría incrementar su retroceso. Crear un sistema de espigones transversales en los 3000 metros de playa crearía la división de la playa en varias superficies lo que supondría un obstáculo para los bañistas, lo que puede impedir el disfrute de las actividades propias de una playa de tales características. Por tanto, la valoración para el criterio funcional es de 30.
- **Criterio medioambiental:** esta solución afecta al medio acuático y terrestre durante el proceso de construcción, debido a la contaminación acústica que afectará a las aves de la zona, a parte de la emisión de polvo. En la fase de construcción, el uso de maquinaria marítima y el vertido de materiales aumentarían la turbidez del agua cercana considerablemente. La construcción del espigón implica una movilización importante de materiales con el consiguiente impacto sobre el medio al estar construyendo encima del lecho marino. En la fase de funcionamiento destaca la **importante alteración producida en el fondo marino**, siendo la pérdida de éste **irreversible** mientras exista la infraestructura. Esta alternativa genera numerosos impactos ambientales. Es por ello que se le dará una puntuación de 30 a este aspecto.
- **Criterio económico:** La construcción de espigones transversales para solucionar la problemática conllevaría una inversión económica importante, aunque el

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

posterior mantenimiento sería muy sencillo. Para hacer un cálculo aproximado del coste económico que supondría esta solución, vamos a calcular el volumen de material necesario:

➤ **escollera 2 Tn:**

- Área = 31,185 m²

- Volumen total = 31,185 m² x 200m x 0,63 (índice huecos 0,37) = 3929,31 m³.

$3929,31 \times 2,6 = 10216,206 \text{ t} \times 9 \text{ (unidades)}$

Unidad	Descripción	Precio	Medición	total
t	Toneladas de escollera de 2t, colocada o vertida en manto o berma, con un índice de huecos de 0.37 incluido carga del material, transporte terrestre a cargadero, el uso del mismo, transporte marítimo, vertido y colocación	7	91 945,85	643 620,98
Total				643 620,98€

Respecto a los costes de construcción, se requiere una inversión considerable debido a la gran cantidad de materiales a utilizar. La valoración para el criterio económico es de 60.

- **Criterio paisajístico:** Generalmente, la construcción de obras duras no provoca agrado por parte de los usuarios de la playa. La construcción de los espigones generaría un obstáculo visual muy importante desde la playa seca. Visible desde toda la playa, provoca un efecto barrera para los usuarios. A su vez, es previsible la aparición de problemas de intercepción de las corrientes marinas que remuevan el agua, lo que podría desembocar en el estancamiento de la misma. La valoración que le daremos es de 0.

Valoración final

Alternativa 2		
CRITERIO	VALORACION	OBSERVACIONES
C.F.	30	Resuelve parcialmente el problema
C.M.	30	Muy impactante
C.E.	60	Requiere poca inversión
C.P.	0	Barrera visual y física
V.F.	33	DEFICIENTE

10.5.3.3. Alternativa 3: diques exentos semisumergidos.

Esta alternativa plantea la construcción de **cuatro diques exentos** semisumergidos de 200 metros de longitud, separados a unos 400 metros aproximadamente, paralelos a la línea de costa o ligeramente inclinados de forma que

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

sean perpendiculares al flujo medio de energía con el objetivo de favorecer la contención de arenas dentro de la zona de actuación.

Se plantea esta alternativa porque los diques exentos si se calculan de manera adecuada y se acompañan de un aporte de arena, consiguen una regeneración efectiva en la costa donde se proyectan. Generalmente, la alimentación es el componente regenerador de la playa, mientras que el dique exento ejerce de sostenimiento.

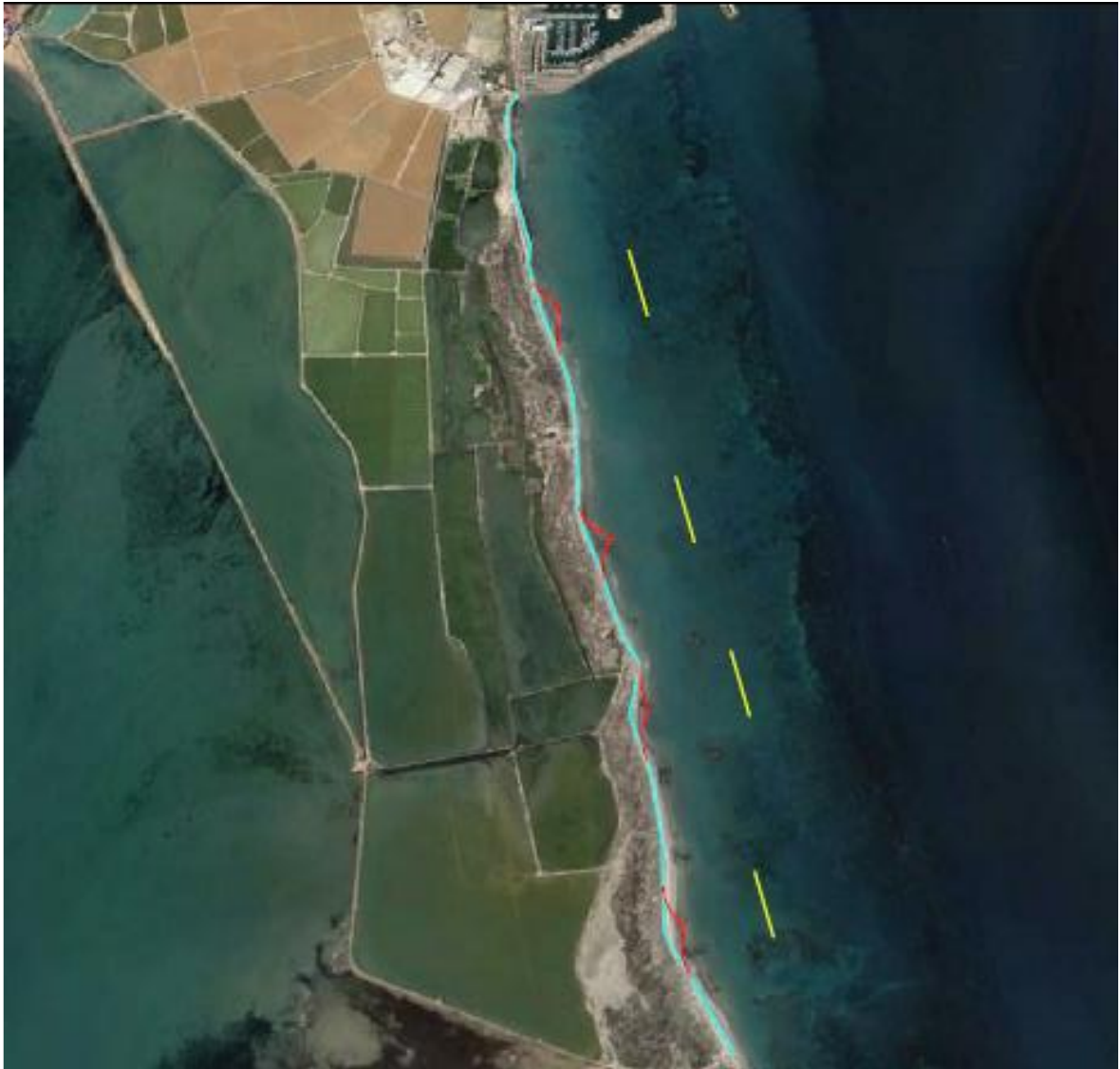


Imagen 101: situación diques exentos semisumergidos

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

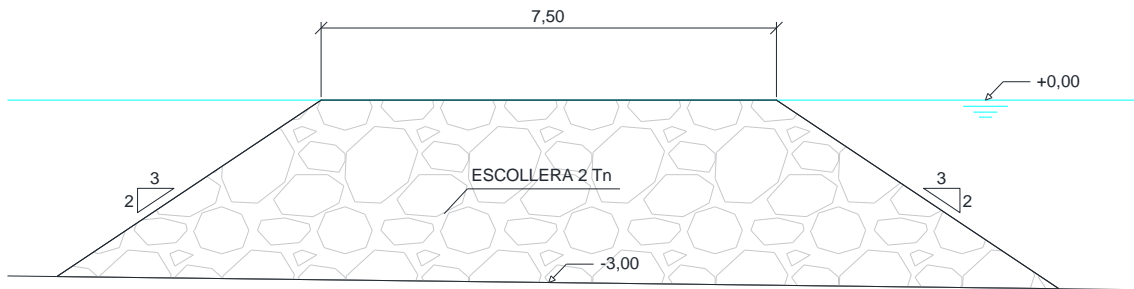


Imagen 102: sección diques exentos. Área escollera 2 Tn = 36,015 m²

Análisis de los criterios

- **Criterio funcional:** El objetivo es mejorar el problema erosivo existente en la playa. La construcción de diques exentos emergidos solucionaría el problema que existe en el tramo de costa en estudio, se conseguiría disipar la energía del oleaje incidente creando una zona de sombra entre el dique exento y la costa, progresivamente se irá cubriendo la zona de sedimentos, mejorando sus propiedades y atractivo, y no sería necesaria la alimentación artificial a largo plazo. La valoración para el criterio funcional es de 100.
- En cuanto al **criterio medioambiental:** evidentemente, los impactos en la fase de construcción serán importantes por el uso de maquinaria marítima y el vertido de materiales que aumentarán, considerablemente la turbidez del agua cercana. Igualmente, se generarán ruidos y molestias por el posible transporte de materiales, entre otros inconvenientes. Por otro lado, en el medio marino se produciría una peor renovación transversal de las aguas ya que se habría que tener en cuenta la situación de las **praderas de posidonia oceánica**. El impacto negativo sobre el fondo marino que ejercerán los diques exentos hace que puntuemos como 30 el **criterio ambiental**.
- Por último a nivel **económico** no es la solución más barata ya que se producirán aumentos de costes por los días que no se pueda trabajar en el mar y es necesaria la construcción de un camino de acceso para llegar a la zona con la maquinaria y los materiales que se deben retirar con posterioridad. Para hacer un cálculo aproximado del coste económico que supondría esta solución, vamos a calcular el volumen de material necesario:

➤ **escollera 2 Tn:**

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

- Área = 36,015 m² aprox.

-Volumen total= 36 m² x 200m x 0.63 (suponiendo índice huecos 0,37) = 4536 m³

-4536 x 2,6 = 11793,6 t. x 4 (unidades)

Unidad	Descripción	Precio	Medición	Total €
t	<i>Toneladas de escollera de 2t, colocada o vertida en manto o berma, con un índice de huecos de 0.37 incluido carga del material, transporte terrestre a cargadero, el uso del mismo, transporte marítimo, vertido y colocación</i>	7€	47 174,4	330 220,8
Total				330 220,8 €

Se le otorgará un valor de 60.

- En cuanto al **criterio paisajístico**, la construcción de obras duras genera un **impacto visual considerable**. Si se ejecutara esta alternativa se podrían realizar los diques exentos de manera que se pudieran acondicionar para realizar actividades náuticas, amarres, etc. La valoración que le damos por tanto es de 0.

Valoración final

Alternativa 3		
CRITERIO	Valoración	Observaciones
C.F.	100	Solución óptima
C.M.	30	Muy impactante
C.E.	60	Requiere poca inversión
C.P.	0	Barrera visual
V.F.	61	MEJORABLE

10.5.3.4. Alternativa 4: alimentación artificial mecánica (bypass móvil)

Esta alternativa es la que se ha realizado periódicamente hasta el momento en el tramo de costa en estudio. Se plantea la solución al problema mediante alimentación artificial sin ninguna obra rígida de apoyo.

Dragaremos en los alrededores al norte y en la bocana del puerto. Utilizaríamos una draga de succión en marcha, con un volumen de cántara de 650 m³, una eslora de 45 m y **un calado máximo de 3 metros** en plena carga. Su profundidad de dragado máxima es de 25 metros. Dragaremos hasta un máximo de 45 000 m³; y los verteremos

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

mediante cañón en la playa. Realizaremos este proceso cada 3 años. La superficie de dragado será de unos 300 000 m² y se dragarán 15 cm de profundidad.



Imagen 103: área dragado torre derribada

No es una alternativa que solucione el problema de forma permanente, ya que por sí sola no garantiza la permanencia de la arena, es una solución a corto plazo.

Análisis de los criterios

- **Criterio Funcional:** En la zona se tiene experiencia en este tipo de actuación, pero mediante aportes con medios terrestres, y se consigue una solución temporal de la problemática con el aporte de arena, pero posteriormente se pierde este aporte siguiendo la dirección del transporte sólido litoral. Además, pese a que se traspasarían 45 000 m³ anuales, sería insuficiente para crear una

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

playa considerablemente más ancha; se mejoraría el ancho pero el objetivo no se cumpliría al 100%. Además es una alternativa que requiere mayor mantenimiento ya que implica que anualmente se deba repetir la tarea.

Por lo tanto, este tipo de alternativa es una inversión que no soluciona el problema definitivamente. Por lo que se le da una puntuación de 30.

- **Criterio medioambiental:** Desde este punto de vista puede ser una opción buena, ya que el área dragada no contiene praderas de posidonia que pudieran verse afectas. También es cierto que éstas se encuentran limítrofes con el área de dragado. La valoración para el criterio ambiental es de 60.
- **Criterio Económico:** será una opción más atractiva que las anteriores al ahorrarnos los costes de los caminos de acceso etc., además de una reducción de los plazos de ejecución. Vamos a hacer un cálculo aproximado del coste económico anual que supondría esta solución:

Unidad	descripción	precio	medición	total
m ³	Dragado del material del fondo marino en zona de sedimentación de arenas en la playa de la torre derribada, hasta una profundidad de 10 metros. Incluso transporte de arena a playa y descarga bombeando a través de tuberías conectadas en la proa del barco hasta un área designada en tierra.	5,20 €	60.000	312.000€

. La valoración para el criterio económico es de 30.

- En el **criterio paisajístico:** le daremos una puntuación de 100 ya que no existen impactos visuales y la integración de la arena aportada con la nativa de la playa será total.

Valoración final

Alternativa 4		
Criterio	Valoración	Observaciones
C.F.	30	Solución parcial al problema
C.M.	60	Prácticamente imperceptible.
C.E.	30	Mayor coste que el resto de soluciones
C.P.	100	Agradable
V.F.	46	MEJORABLE

10.5.3.5. Alternativa 5: alimentación artificial por bypass fijo de arena + aporte puntual de arenas procedentes de yacimiento

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Su función básica es salvar artificialmente un obstáculo que interrumpe el normal movimiento de sedimento a lo largo de la costa. Un transvase o bypass está compuesto básicamente de: una captación de arenas, un transporte de sedimentos y un depósito aguas abajo reintegrando el sedimento a la dinámica costera.

El término “Sistema de Bypass de Arena” se refiere a un sistema **permanente de transferencia de arena por medios mecánicos**, desde una zona de acumulación hacia una zona de pérdida o déficit de sedimento (erosión) con el fin **de restablecer el flujo natural de arena**.

Para realizar este transporte de sedimentos propondremos **la construcción de un espigón de 100 metros** de longitud en la playa de la torre derribada, al norte del puerto para facilitar la acumulación de sedimentos en la zona de captación. El **equipo estará instalado sobre el espigón**, pudiendo desplazarse longitudinalmente a lo largo de él, pudiendo dragar una zona mayor de arena.

Este espigón estará situado aproximadamente sobre la cota -3m.

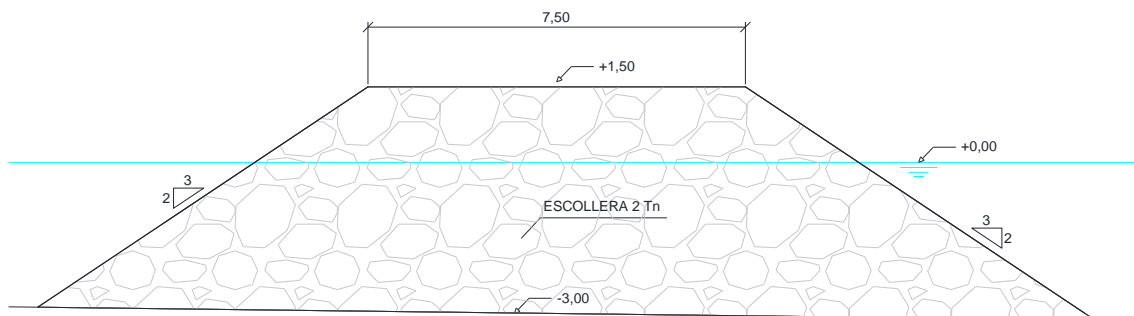


Imagen 104: sección espigón (área=64,125 m²)

$$\text{Volumen} = 100 \times 64,125 \times 0,63 = 4\,039,9 \text{ m}^3$$

$$4\,039,9 \times 2,6 \text{ (t/m}^3 \text{)} =$$

Mediante unas bombas de succión tomaremos arena de esta zona y por vía terrestre la llevaremos a la playa del estudio, donde mediante unas bombas de impulsión las aportaremos en 4 puntos.

La distancia a la que se introducirían las tuberías de descarga es de unos 100 metros aproximadamente; donde finalizarán con unos difusores para reducir la velocidad de la arena y la turbidez del agua.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 105: trazado instalación bypass

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

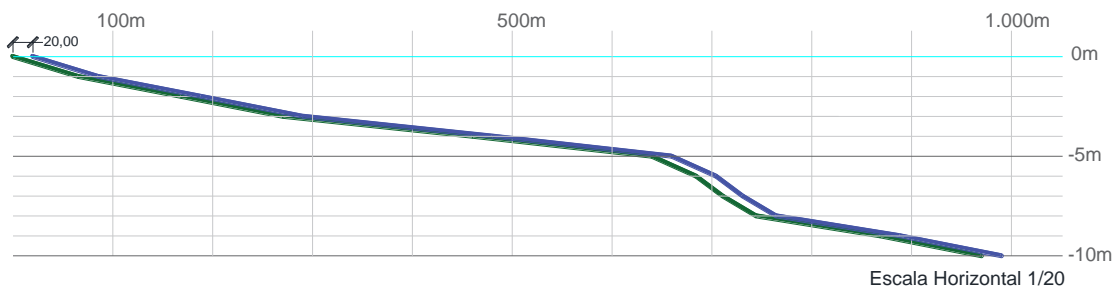
Esta medida de mantenimiento de la playa irá acompañada de una **aportación de materiales procedente del yacimiento marino** más cercano. Hemos encontrado a través de la web del Ministerio de Agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente; un yacimiento de arenas catalogado como comunidad de arenas finas, situado frente a la costa, aproximadamente a unos 3 km al este.



Imagen 106: situación yacimiento arenas

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Mediante esta alternativa se pretende conseguir restablecer la dinámica litoral que existía antes de la construcción del puerto, trasladando el material excedente de la playa de la torre derribada a la playa del estudio. Además realizaremos un aporte puntual de arena de unos 224 000 m³ cada 12 años (después del primero que sería a los 6 años de la primera actuación); mediante el que podremos aumentar el ancho de playa seca a 35 m, realizando este aporte periódico cada vez que baje de los 25 m de ancho. La primera aportación será para conseguir 30 m de ancho de playa de los actuales 10-20 m. que tiene.



Perfil Playa Sumergida 2015

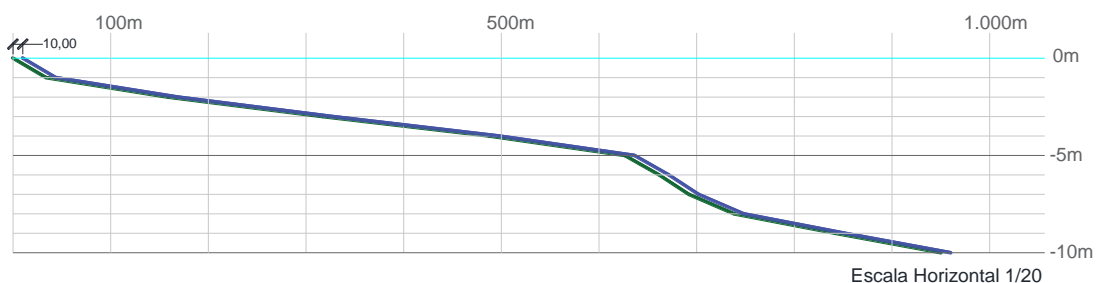
Perfil Playa Regenerada (Longitud playa seca 30m)

Tramo 1:

Imagen 107: perfil playa regenerada tramo 1

La playa seca actual tiene una media de 10 m de ancho. Para aumentar la longitud de playa seca hasta unos 30 m, deberíamos meter 240 000 m³ de arena. El área encerrada en este tramo es de 200 m², que multiplicada por la longitud afectada (1200 m.) son 240 000 m³.

Tramo 2:



Perfil Playa Sumergida 2015

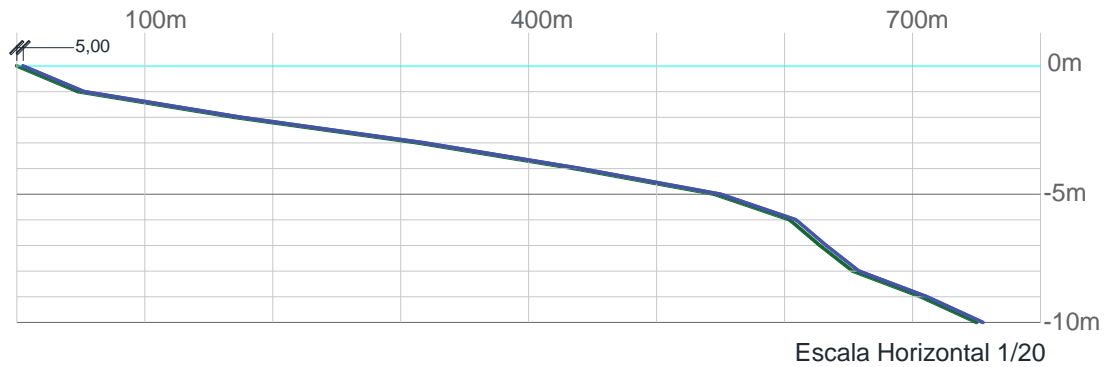
Perfil Playa Regenerada (Longitud playa seca 30m)

Imagen 108: perfil playa regenerada tramo 2

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

La playa seca actual tiene unos 20 m de media de ancho. Para conseguir situar esta cifra en unos 30 m tendríamos que aportar un volumen de 70 000 m³ de arena, ya que el área encerrada entre estos perfiles es de 100 m² y la longitud del tramo 700 m.

Tramo 3:



Perfil Playa Sumergida 2015

Perfil Playa Regenerada (Longitud playa seca 30m)

Imagen 109: perfil playa regenerada tramo 3.

Este tramo es el tramo menos afectado, ya que la anchura media de la playa es de unos 25 m, de modo que solo tendremos que aportar una cantidad de 63 000 m³, ya que el área encerrada entre estos perfiles es de 50 m² y su longitud afectada de 1260 m.

En total tendremos que aportar un volumen de 373 000 m³; por lo que dragaríamos un área seleccionada de 623 000 m², entre las cotas batimétricas 25-29, dragando una profundidad de 60 cm. que aportaremos a la playa.

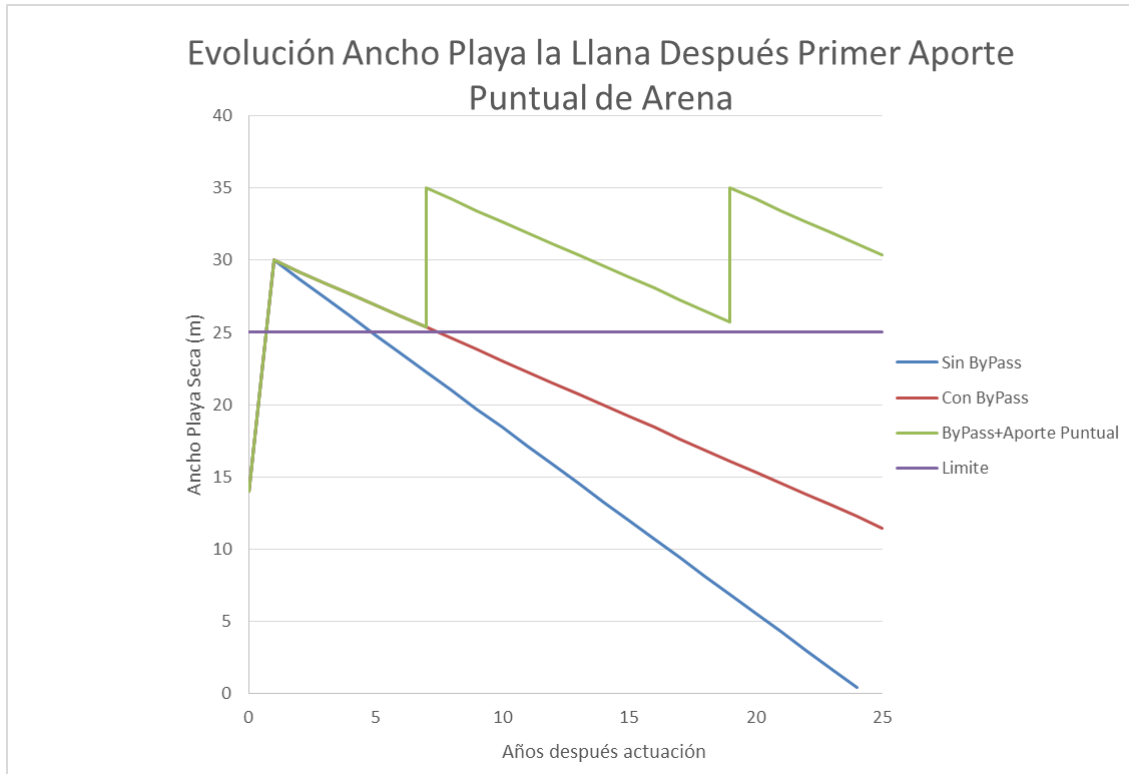
Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 110: imagen área de extracción del yacimiento

Esta obra la realizaremos con una draga de tolva de succión en marcha o similar, que nos permite llegar a la profundidad necesaria y verterlo en la playa mediante tuberías o cañones.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Grafica 5: Gráfica aportes arena

Análisis de los criterios

- **Criterio funcional:** este tipo de actuación consigue una solución definitiva de la problemática con el aporte de arena de manera continua mediante el bypass y aportes periódicos procedentes del yacimiento. Por tanto este tipo de alternativa es una inversión que **solucionaría el problema definitivamente**.
- **Criterio medioambiental:** al igual que la alimentación artificial mecánica, podría ser una buena opción. La procedencia de la arena, debe ser lo más similar a la existente pero con un diámetro mayor; la procedencia de la misma sería de dos orígenes distintos, el de la playa norte del puerto, y la procedente del yacimiento. Medioambientalmente, sería una buena solución ya que el yacimiento no se encuentra en zona de posidonia, pese a que si se encuentran en los alrededores. Teniendo en cuenta que un bypass se realiza mediante una conducción, sería necesaria la excavación de una zanja para la colocación de la tubería, esta necesidad para la implantación de la solución no sería del todo recomendable ya que tendría que atravesar las dunas. La valoración para el criterio ambiental es de 60.
- **Criterio económico:**

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Vamos a hacer un cálculo aproximado del coste económico que supondría esta solución:

Unidad	Descripción	Precio	Medición	total
m	tubo polietileno de alta densidad 200 mm diámetro ext. Incluso apertura de zanja y enterrado de los mismos en arena.	33,86	4575	154 875, 64
ud	Bomba de succión (draga marina de succión).... 35 kw	19 000	1	19 000
Ud	bombas de impulsión para lodos marinos y balsa de regulación	13 000	4	52 000
	Generador eléctrico 60 kvas	12 000		12 000
m ³	Dragado en arena mediante draga de succión, y/o cuchara, incluido transporte y vertido de material en punto de vertido a menos de 3 millas	8	373 000	2 984 000
t	<i>Toneladas de escollera con bloques de piedra de 2 t de peso nominal y 2,6 t/m³. Incluida la extracción en cantera, clasificación, carga, transporte y colocación hasta la explanación dispuesta en el puerto de san Pedro del pinatar</i>	7	10 503,68	73 525,73
Total				3 295 401,37 €

La valoración económica es muy elevada y además requeriría costes de mantenimiento de la instalación fija de bypass. Le damos un valor de 30.

- **Criterio paisajístico:** le daremos una puntuación de 100 ya que no existen impactos visuales y la integración de la arena aportada con la nativa de la playa será total ya que la arena procede de la playa situada al norte del puerto. - Hemos comprobado con los análisis granulométricos aportados en el punto 5.4.2, que el diámetro medio de la arena de origen (0,4 mm) es mayor que el de la playa de destino (0,2 mm).

Valoración final

Alternativa 5		
Criterio	Valoración	Observaciones
C.F.	100	Solución óptima
C.M.	60	Poco impactante para el medioambiente
C.E.	30	Mayor coste que el resto de soluciones
C.P.	100	No produce impacto visual y mejora el estado actual
V.F.	74	BUENA

10.5.3.6 Alternativa 6: alimentación artificial procedente de extracción de yacimiento y mantenimiento con bypass móvil.

Esta alternativa sería una combinación de la alternativa 4 y parte de la alternativa 5. Mediante la cual se aportarían arenas procedentes del yacimiento de arenas mencionado en el apartado 5 y haciendo un bypass de arena.

La actuación consistiría en el **dragado del yacimiento de arenas** más cercano antes mencionado en la alternativa 5, situado al este de la playa de la llana a unos 3 km; complementado con el **dragado de la playa de la torre derribada** dado que en esta playa se produce una sedimentación anual de unos 12 000 m³ de este modo se evita el crecimiento excesivo de la playa mencionada, y el aporte del yacimiento se reduciría.

Mediante esta alternativa se pretende conseguir restablecer la dinámica litoral que existía antes de la construcción del puerto. Daríamos a la playa un ancho de 30 m. tras un primer aporte de mayor volumen que procedería del yacimiento, los siguientes aportes vendrían de la playa de la torre derribada y se realizarían cada 3 años con un aporte de 45 000 m³ en cada intervención.

El objetivo es conseguir una playa con 30 m de ancho, de los 10-20 metros que tiene de media actualmente

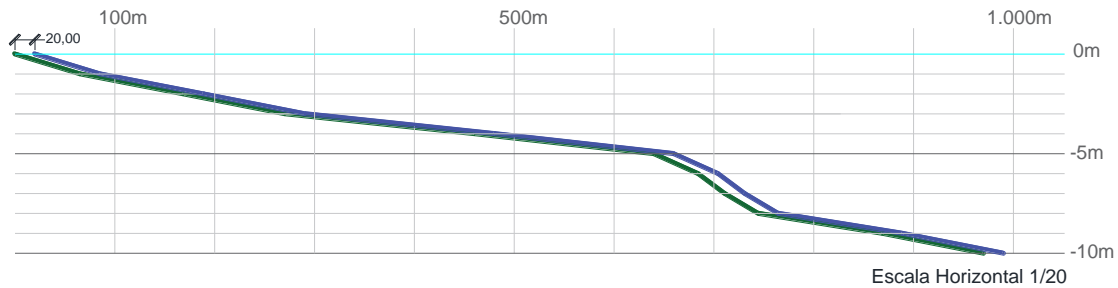
Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Imagen 111: ubicación yacimiento arenas.

Para dotar a la playa de un ancho de 30 m en el primer aporte, sería necesaria una aportación de 373 000 m³ procedente del yacimiento de arenas, tal y como se ha calculado a continuación:

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Perfil Playa Sumergida 2015

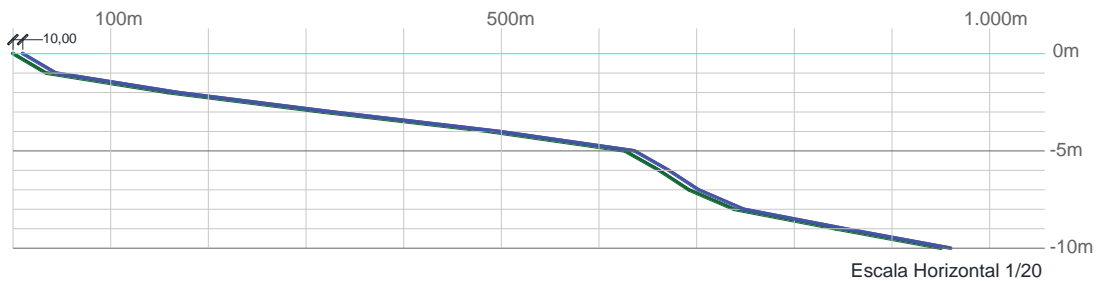
Perfil Playa Regenerada (Longitud playa seca 30m)

Tramo 1:

Imagen 112: perfil playa regenerada tramo 1

La playa seca actual tiene una media de 10 m de ancho. Para aumentar la longitud de playa seca hasta unos 30 m, deberíamos meter 240 000 m³ de arena. El área encerrada en este tramo es de 200 m², que multiplicada por la longitud afectada (1200 m.) son 240 000 m³.

Tramo 2:



Perfil Playa Sumergida 2015

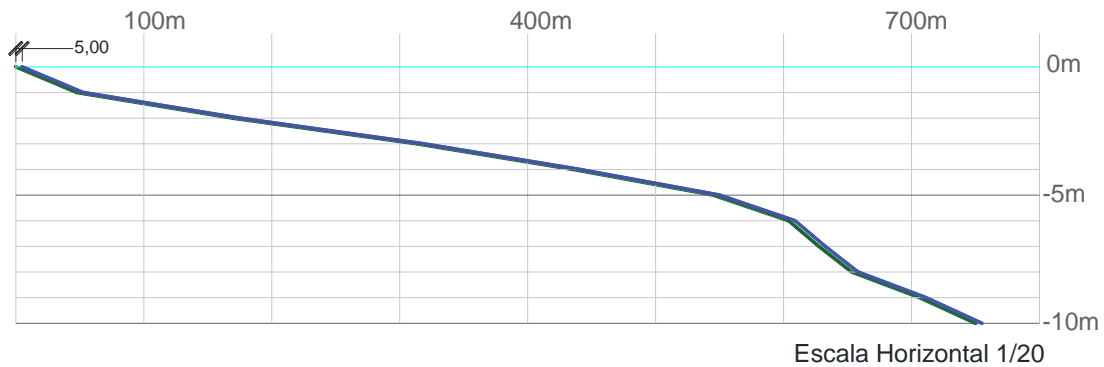
Perfil Playa Regenerada (Longitud playa seca 30m)

Imagen 113: perfil playa regenerada tramo 2

La playa seca actual tiene unos 20 m de media de ancho. Para conseguir situar esta cifra en unos 30 m tendríamos que aportar un volumen de 70 000 m³ de arena, ya que el área encerrada entre estos perfiles es de 100 m² y la longitud del tramo 700 m.

Tramo 3:

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Perfil Playa Sumergida 2015

Perfil Playa Regenerada (Longitud playa seca 30m)

Imagen 114: perfil playa regenerada tramo 3.

Este tramo es el tramo menos afectado, ya que la anchura media de la playa es de unos 25 m, de modo que solo tendremos que aportar una cantidad de 63 000 m³, ya que el área encerrada entre estos perfiles es de 50 m² y su longitud afectada de 1260 m.

En total tendremos que aportar un volumen inicial de 373 000 m³; por lo que dragaríamos en el yacimiento un área seleccionada de 623 000 m², entre las cotas batimétricas 25-29, dragando una profundidad de 60 cm. que aportaremos a la playa.

Las siguientes aportaciones procederían de la playa de la torre derribada, de la que dragaríamos 45 000 m³ cada 3 años.

- **Criterio funcional:** este tipo de actuación consigue una solución definitiva de la problemática con el aporte de arena de manera intermitente mediante el bypass móvil y aportes periódicos procedentes del yacimiento. Por tanto este tipo de alternativa es una inversión que solucionaría el problema definitivamente. Le daremos una puntuación de 100.
- **Criterio medioambiental:** al igual que la alimentación artificial mecánica, podría ser una buena opción.

La procedencia de la arena, debe ser lo más similar a la existente pero con un diámetro mayor; la procedencia de la misma sería de dos orígenes distintos, el de la playa norte del puerto, y la procedente del yacimiento. Medioambientalmente, sería una buena solución ya que el yacimiento no se encuentra en zona de posidonia, pese a que si se encuentran en los alrededores. La valoración para el criterio ambiental es de 100.

- **Criterio económico:**

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

Unidad	Descripción	Precio	Medición	total
m ³	Dragado en arena mediante draga de succión, y/o cuchara, incluido transporte y vertido de material en punto de vertido a menos de 3 millas	6	373 000	2.238.000
Total				2.238.000 €

Esta valoración sería la que tendríamos que aportar el primer año. A esta cantidad tendríamos que sumarle el mantenimiento de dragar periódicamente la playa de la torre derribada. No es la solución más económica, pero resolvería el problema existente.

- **Criterio paisajístico:** le daremos una puntuación de 100 ya que no existen impactos visuales y la integración de la arena aportada con la nativa de la playa será total; ya que la arena procede de la playa situada al norte del puerto y como hemos comprobado con los análisis granulométricos aportados en el punto 5.4.2, el diámetro medio de la arena de origen (0,4 mm) es mayor que el de la playa de destino (0,2 mm).

Valoración final

Alternativa 6		
Criterio	Valoración	Observaciones
C.F.	100	Resuelve el problema de manera definitiva
C.M.	100	Prácticamente imperceptible
C.E.	30	Requiere una inversión elevada
C.P.	100	Agradable
V.F.	86	Buena

Fundamentalmente, el objetivo de este trabajo, es proponer una alternativa de protección costera blanda que se integre en el paisaje de la playa de la Llana, que se encuentra junto a un espacio protegido de interés natural, disminuyendo los impactos negativos que causan las obras rígidas, manteniendo la armonía natural del paisaje y respetando el ecosistema.

Por lo que esta alternativa cumpliría con todos estos objetivos mencionados

10.6. Selección de la solución óptima

Una vez analizadas las distintas alternativas elegidas desde el punto de vista de los criterios de evaluación empleados y siguiendo con la metodología para la evaluación final propuesta en este anejo, se llega a la conclusión de que la mejor

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

solución que podríamos desarrollar es la **Alternativa 6: alimentación artificial
procedente de extracción de yacimiento y mantenimiento con bypass móvil.**

ANALISIS MULTICRITERIO

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 6
C.F.	-	30	100	30	100	100
C.M.	-	30	30	60	60	100
C.E.	-	60	30	30	30	30
C.P.	-	0	0	100	100	100
V.F.	-	33	61	46	74	<u>86</u>

Siendo:

-Alternativa 1: no actuación

-Alternativa 2: defensas longitudinales

-Alternativa 3: diques exentos

-Alternativa 4: alimentación artificial mecánica

-Alternativa 5: alimentación artificial por bypass de arena

-Alternativa 6: alimentación artificial procedente de extracción de yacimiento y
mantenimiento con bypass móvil.

11. Descripción de la solución adoptada

11.1. Introducción

Este apartado servirá para describir de forma más detallada la alternativa elegida en el punto anterior (apartado 10. Estudio de Soluciones).

A partir del análisis multicriterio realizado se ha establecido que la alternativa óptima para solucionar la problemática existente en la playa de la Llana y que es centro de este trabajo “Estudio de las posibles actuaciones en la playa de la Llana” sea: ***alimentación artificial procedente de extracción de yacimiento y mantenimiento con bypass móvil.***

El aumento del perfil de la playa mediante aportaciones externas, atenúa el impacto del oleaje sobre la costa con mejores resultados que las obras de defensa costeras. Para la regeneración de playas generalmente se necesitan grandes cantidades de materiales granulares (arenas o gravas) las cuales pueden ser suministradas por las obras de dragado. El material granular óptimo es el que posee una granulometría igual o más elevada que el natural constitutivo de la playa. La escasez de este tipo de material y las exigencias medioambientales a las extracciones de arenas en el mar para la regeneración de playas, hacen que el valor de los productos de dragados para este fin, se haya elevado en los últimos años y justifique su transporte desde grandes distancias.

En algunas zonas, la interrupción del transporte litoral por la existencia de canales de navegación y otras infraestructuras portuarias, causa erosiones en la línea de costa situada aguas abajo en la dirección del transporte litoral. El material dragado con objeto de mantener la actividad portuaria puede ser incorporado nuevamente a la dinámica litoral aguas abajo garantizando la continuidad del transporte de sedimentos. Esta operación es conocida como “trasvase de arenas o bypass”

Haremos uso de las “**Directrices para la gestión ambiental de las extracciones marinas para la obtención de arena** (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010)” que constituye un documento de referencia para la elaboración de proyectos:

- a) De extracciones marinas realizadas en dominio público marítimo-terrestre
- b) Aquellos proyectos de dragado de dominio público portuario en que los materiales extraídos son destinados a su aportación a playas para su rehabilitación o mantenimiento, en lo que a calidad de los materiales se refiere.

Según estas directrices para los proyectos de alimentación de playas, se deberá disponer de un material con unas **características granulométricas adecuadas para**

garantizar su estabilidad en la playa y su compatibilidad para el uso de la misma. Con el fin de minimizar los efectos derivados del aumento de turbidez y sedimentación del material fino, el porcentaje de finos (limos y arcillas) presente en el sedimento a aportar no deberá ser superior al 5% del total en la distribución granulométrica. Como podemos comprobar en el apartado 5.4.2 “Granulometría de la zona de estudio” en la imagen 9.

En el caso de utilizar dragas para realizar el bypass como es nuestro caso, debemos recordar que su uso está limitado por la altura de ola.

11.2. Equipos de bypass

Los sistemas de bypass se pueden clasificar de muchas maneras, pero una de las características que permite diferenciarlos es el **grado de movilidad** de la instalación. De esta manera podemos distinguir entre sistemas **fijos, móviles o semi-móviles**. En el caso de nuestra actuación utilizaremos el bypass móvil.

11.2.1 Sistemas móviles

El **sistema móvil** de bypass es la **solución** que hemos tomado en **nuestro estudio**. Los sistemas móviles de bypass más utilizados son las dragas convencionales y los equipos terrestres. En este caso, el equipo de dragado se traslada hasta la zona de trabajo y se puede desplazar a lo largo de ésta.

El oleaje limitará el uso y la eficiencia del equipo de dragado. También se suelen aprovechar áreas más protegidas como la zona entre espigones o detrás de un dique exento, para realizar el dragado.

En cuanto a la presencia de estructuras en la zona de dragado, cualquier sistema de bypass debe sacar el máximo provecho de las mismas. Las estructuras juegan también un papel muy importante en los sistemas de bypass, puesto que:

- Dirigen el movimiento del transporte litoral
- **Provocan la acumulación del material en puntos predeterminados**
- Sirven como base para la instalación
- Proporcionan un acceso a la zona de proyecto
- Protegen el equipo de la acción del oleaje

En nuestro caso tenemos la presencia del puerto como estructura que obstaculiza el transporte litoral y provoca la acumulación de material en la playa situada al norte del mismo. Esto hace que hayamos seleccionado una parte de esa área para su dragado y trasvase a la playa objeto del estudio.

11.3. Origen de la medida correctora

Uno de los problemas ambientales detectados con la construcción del puerto de San Pedro del Pinatar es la interrupción del flujo de arenas a lo largo de la costa en el sentido norte-sur, que afectaría no solo a las comunidades biológicas, sino también a las playas situadas al sur del puerto.

Para mitigar el impacto, y tras realizar un análisis multicriterio de distintas opciones, hemos tomado la decisión de realizar un **trasvase periódico** de arena de norte a sur y **aportes puntuales** de un yacimiento marino. Esta propuesta, plantea recoger la arena depositada en la parte septentrional de las obras de abrigo mediante operaciones de dragado, y trasladarla más allá del extremo meridional del mismo vertiéndola mediante cañones, de modo que la arena pueda seguir su trayectoria normal.

El propósito del trasvase permanente de arenas norte-sur radica en conseguir que su flujo hacia las playas al sur del puerto se mantenga en el futuro lo más parecido al natural (dinámica ecológica).

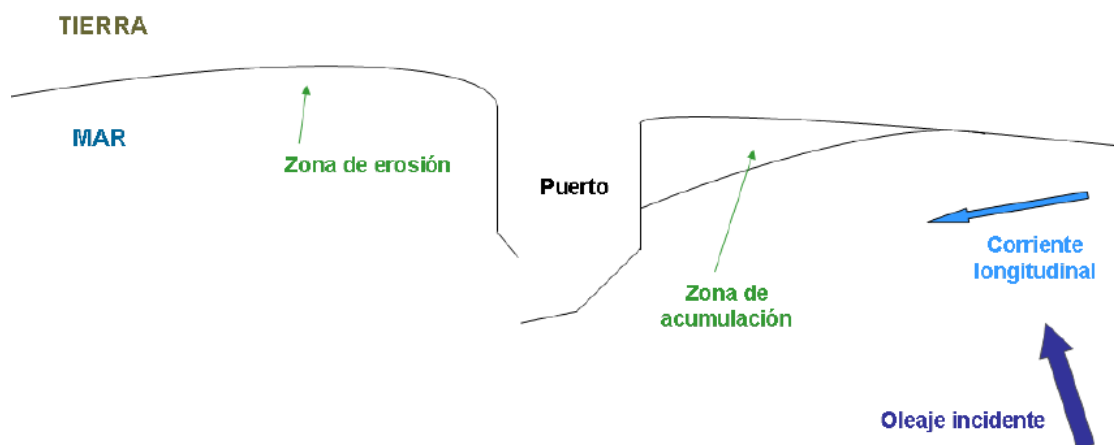


Imagen 115: Esquema de una barrera al flujo sedimentario producido por corrientes de rotura de oleaje a lo largo de la costa (IH Cantabria).

11.4 Descripción de la actuación

Como hemos comentado anteriormente, la actuación que llevaremos a cabo en la playa objeto del estudio, es una **aportación inicial** procedente de yacimiento y una **aportación periódica** de mantenimiento mediante bypass móvil.

El **objetivo** que nos hemos propuesto con esta actuación es aumentar el **ancho de la playa seca** para que oscile entre unos **20-30 metros**. Partimos de la anchura actual de la playa, que tiene entre 10 y 20 metros según el tramo y con la aportación del yacimiento la situaremos en 30 metros. Tras la actuación, no dejaremos que el ancho sea **nunca inferior a 20 metros**.

11.4.1 Aportación inicial procedente de yacimiento de arenas

Esta actuación consistiría en el **dragado del yacimiento de arenas** más cercano, el antes mencionado en la alternativa 5. Éste está situado al este de la playa de la Llana a unos 3 km de distancia al este.

Para la **primera intervención** recurriremos al **yacimiento de arenas**, ya que tiene un mayor volumen de arenas disponible. Con este aporte llegaríamos a los 30 metros de playa seca.

A continuación se muestra una imagen con la ubicación del yacimiento de arena de donde procede la aportación del material de la primera actuación.



Imagen 116: ubicación del yacimiento de arena

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

El **volumen inicial de arenas** necesario lo hemos estimado en **373 000 m³**. Esta cantidad la distribuiremos proporcionalmente según la necesidad de cada uno de los 3 tramos en los que hemos dividido la playa.

Los cálculos de ese volumen se presentan a continuación:

Para cada tramo hemos tomado una **sección representativa**, ubicadas en los puntos que se señalan a continuación:

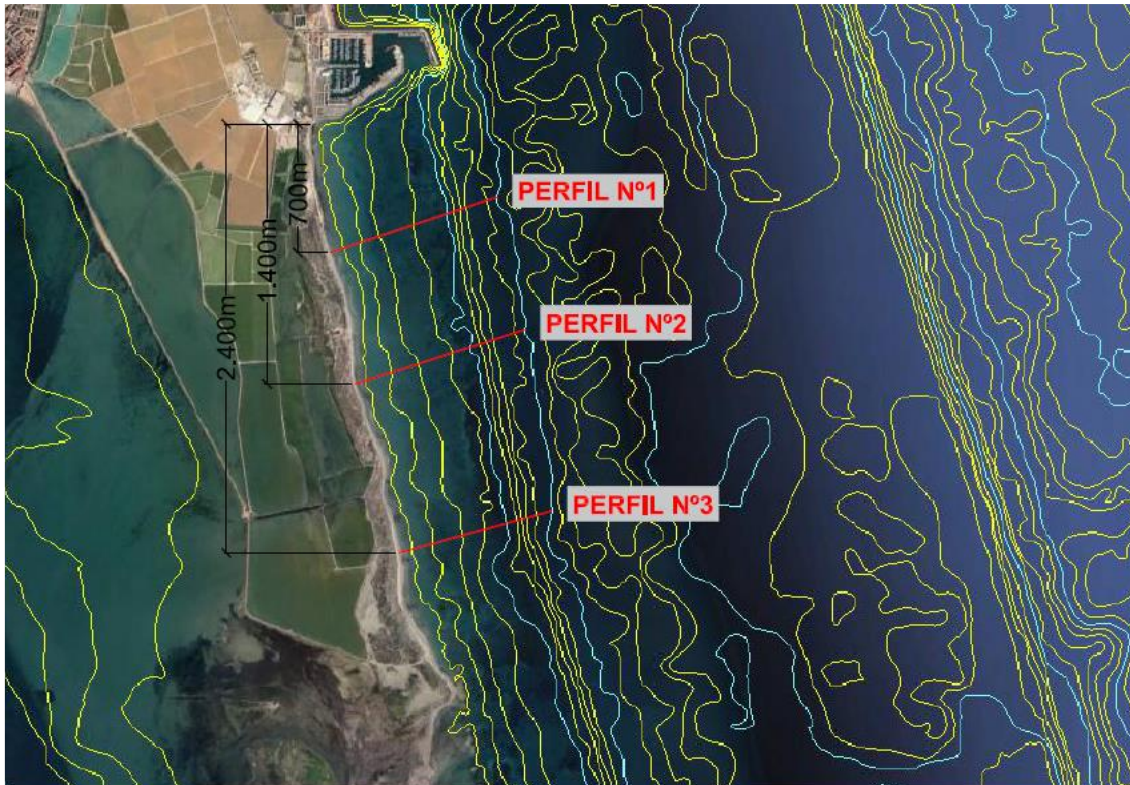
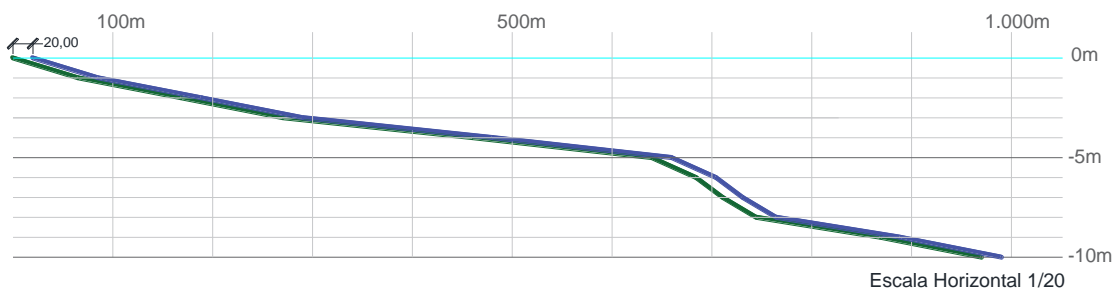


Imagen 117: ubicación de los perfiles

Tramo 1:



Perfil Playa Sumergida 2015

Perfil Playa Regenerada (Longitud playa seca 30m)

Imagen 118: perfil 1 playa regenerada tramo 1

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

En este tramo, la playa seca actual tiene una media de 10 m de ancho. Para aumentar la longitud de playa seca hasta unos 30 m, deberíamos aportar 240 000 m³ de arena.

El área encerrada en este tramo es de 200 m², que multiplicada por la longitud afectada (1200 m.) son 240 000 m³.

Volumen necesario para el tramo 1: 200 m² x 1.200 m = 240.000 m³.

Tramo 2:

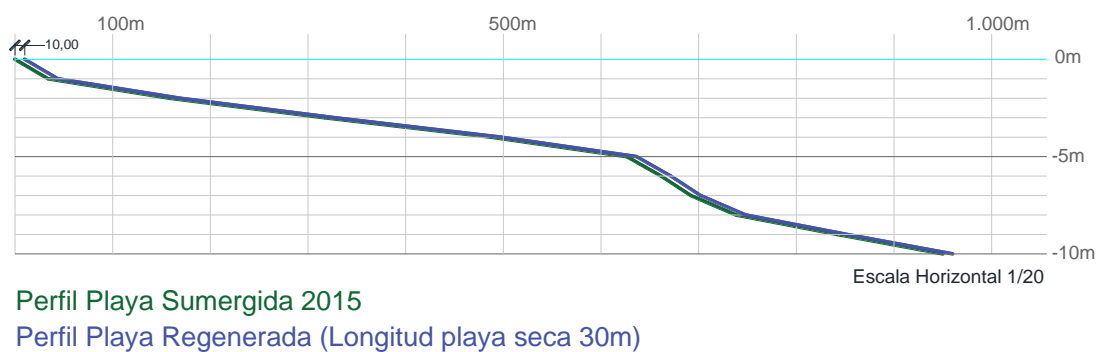


Imagen 119: perfil 2 playa regenerada tramo 2

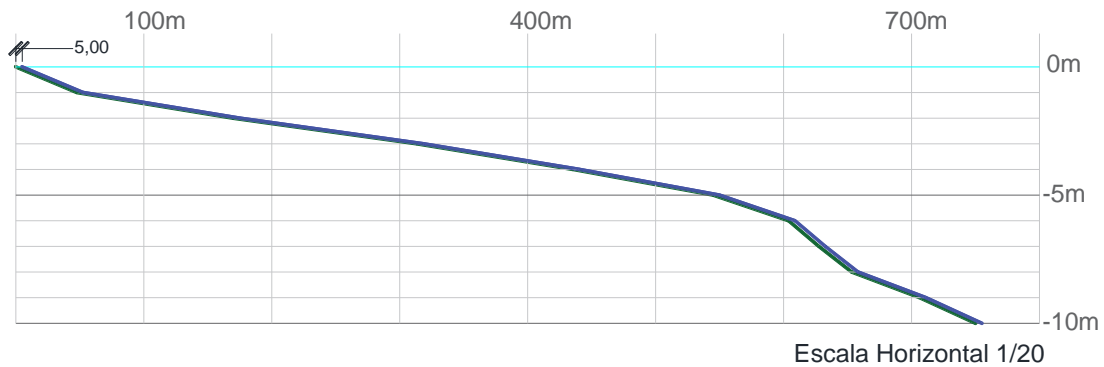
Aquí la playa seca actual tiene unos 20 m de media de ancho. Para conseguir situar esta cifra en unos 30 m tendríamos que aportar un volumen de 70 000 m³ de arena.

El área encerrada entre estos perfiles es de 100 m² y la longitud del tramo 700 m.

Volumen necesario para el tramo 2: 100 m² x 700 m = 70.000 m³.

Tramo 3:

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)



Perfil Playa Sumergida 2015

Perfil Playa Regenerada (Longitud playa seca 30m)

Imagen 120: perfil 3 playa regenerada tramo 3.

Este tramo es el tramo menos afectado, ya que la anchura media de la playa es de unos 25 m, de modo que solo tendremos que aportar una cantidad de 63 000 m³ para llegar a esos 30 metros de ancho.

El área encerrada entre estos perfiles es de 50 m² y su longitud afectada de 1260 m.

Volumen necesario para el tramo 3: 50 m² x 1.260 m = 63.000 m³.

Por lo que en total tendremos que aportar un **volumen inicial** de:

Volumen inicial= 240.000 m³ + 70.000 m³ + 63.000 m³ = **373.000 m³**.

Para cubrir la necesidad de este volumen dragaríamos en el yacimiento un área seleccionada de 623.000 m², entre las cotas batimétricas 25-29. Actuaríamos hasta una profundidad de 60 cm. Hemos escogido este área intentando abarcar la mayor superficie, y a su vez, el menor contacto con las praderas de posidonia colindantes.

En la siguiente imagen hemos marcado el “área de extracción” de este yacimiento.



Imagen 121: área seleccionada del yacimiento para su dragado

Para esta operación de dragado utilizaríamos una draga de succión en marcha de 2.500 m³ de capacidad de cántara, y el vertido se realizaría mediante cañón en la playa objeto del estudio.

Se procederá al vertido, extensión y nivelación de arena de aportación hasta conseguir un reparto uniforme de la arena vertida en las playas. De esta manera se pretende evitar dejar zonas que puedan ser erosionadas.

11.4.2 Aportación periódica de mantenimiento mediante bypass móvil.

Estas actuaciones son las que servirían para mantener el estado de la playa. Consistiría en el dragado de la playa de la torre derribada. En esta playa hemos

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

calculado anteriormente que se acumulan unos 12.000 m³ anuales. (Podemos ver los cálculos en el apartado 7.4.2 de evaluación del transporte efectivo anual).

De este modo con estas operaciones se evitaría el crecimiento excesivo de esta playa, además de restablecer la dinámica litoral.

Las actuaciones consistirían en dragado de **la playa de la torre derribada** cada 3 años a partir de la intervención inicial.

El volumen de dragado estimado sería de **45 000 m³**. Hemos optado por esta cantidad de aporte de material ya que es un volumen asumible por la playa. Ésta, cada 3 años acumula unos 36.000 m³ y sólo se extraerían 3.000 m³ más anuales. Además, la decisión de realizar el bypass cada 3 años se debe a la ventaja de realizar menos intervenciones que afecten al fondo marino, al estado de la playa, al agrado de los bañistas, etc.

Este aporte se realizará independientemente del ancho de la playa objeto del estudio cada 3 años, para intentar mantener la dinámica litoral y evitar también la acumulación excesiva de sedimentos en la playa situada al norte del puerto.

A continuación se muestra una imagen con la zona seleccionada para la extracción, que como podemos observar es a continuación del espigón norte del puerto, lo que hemos denominado **“zona de sedimentación”**



Imagen 122: superficie dragado playa de la torre derribada

Este bypass móvil se realizaría con una draga de succión en marcha con las siguientes características: volumen de cántara de 650 m³, una eslora de 45 m y **un calado máximo de 3 metros** en plena carga. Su profundidad de dragado máxima es de 25 metros.

Dragaremos hasta un máximo de 45 000 m³ en cada intervención; y serían vertidos mediante cañón en la playa. El área de dragado procedente de esta playa sería de 300 000 m³. Alcanzaríamos una profundidad de 15 cm.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

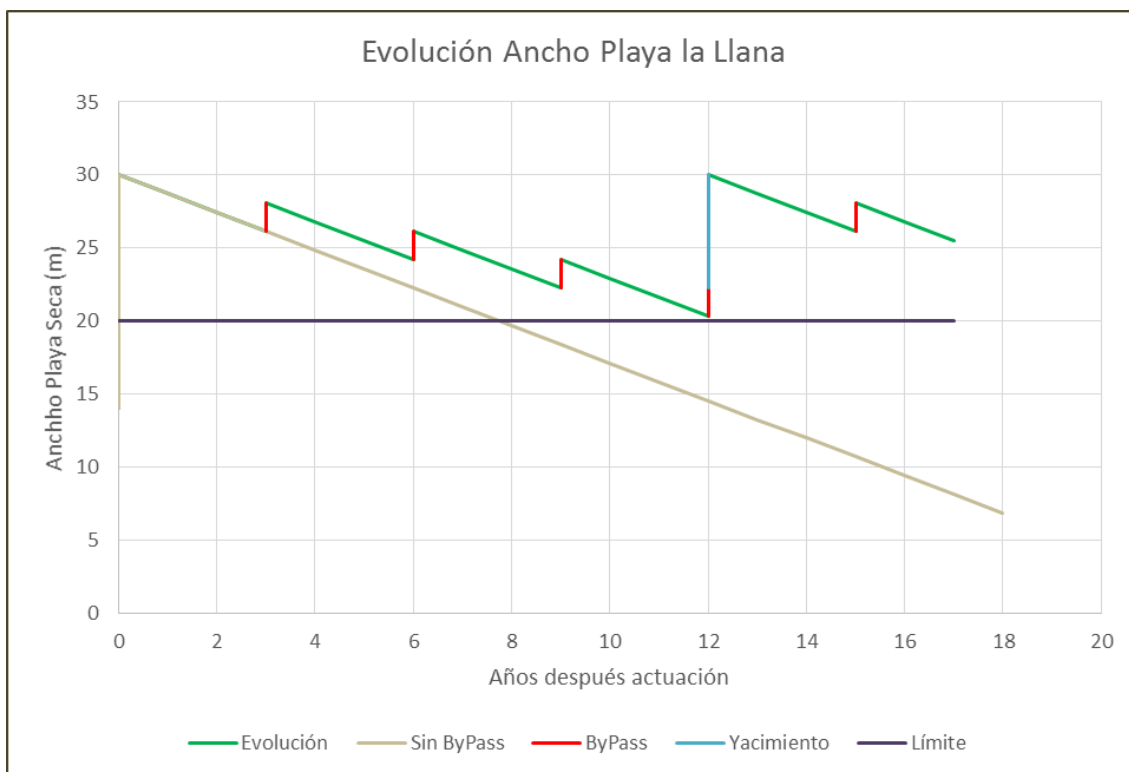
Estas actuaciones planteadas se muestran en la **gráfica** siguiente en la que se estima la evolución en el tiempo del ancho de la playa.

En ella se observa **en gris la evolución teórica** que tendría la playa si no se realizase ninguna actuación, teniendo en cuenta la evolución que ha tenido en las últimas décadas.

En color **rojo** está representado el **aporte procedente de la playa situada al norte del puerto**.

Y en color **azul** el **aporte procedente del yacimiento**. Que tras el primer aporte en el año 0, estimaríamos que no volvería a ser necesario hasta transcurridos unos 12 años.

Por último marcado en color violeta está el ancho mínimo de 20 metros que hemos predeterminado.



Gráfica 6: estimación de la evolución del ancho de la playa seca con las actuaciones planteadas

Por tanto la **vida útil** estimada de la solución sería de **unos 12 años**, momento en el que se alcanzaría el límite de 20 metros que hemos establecido.

11.5 Programa de trabajos

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

La programación de las obras supone prever los medios, técnicas y mano de obra a utilizar para la construcción de las distintas fases que la componen. El objetivo es sucederlas en el tiempo de tal manera que se optimice el coste, el plazo de ejecución y la calidad. En este apartado se establecerá un plazo total para la ejecución de las obras descritas.

El orden de cada una de las actividades se ha dispuesto de forma lógica a cómo sería la evolución natural del proceso constructivo. Se ha tenido en cuenta su duración, así como la posibilidad de ejecución de las mismas. La duración de cada uno de los trabajos se obtiene a partir del estudio de los rendimientos de trabajo de la maquinaria y la mano de obra necesarias.

Para llegar al objetivo principal, es necesario asociar un rendimiento aproximado a cada actividad realizada. Con los datos de mediciones junto con los rendimientos podremos establecer los plazos de ejecución de cada actividad.

11.5.1 Equipos

Partiremos de la hipótesis de que la jornada de trabajo para todos los días laborables del año es de ocho (8) horas. Se consideraran para este tipo de actuaciones siete (7) días laborables a la semana.

Conocidas las mediciones y los rendimientos de los equipos se puede deducir fácilmente el periodo de tiempo que se debe emplear para realizar cada actividad.

11.5.2 Programa de trabajos extracción de yacimiento

Para la primera actividad, que es el aporte procedente del yacimiento de arenas hemos calculado lo siguiente:

Para el **dragado del yacimiento** se utilizará una **draga de succión en marcha de 2500 m³ de capacidad de cántara**.

Dragando arena fina media hasta una profundidad de 30 metros, el tiempo de carga efectivo será de unos 55 minutos máximo.

En cuanto a la descarga, la draga será capaz de realizar la descarga del material dragado mediante cañones. Estos verterán el material a tierra en la misma duración que la carga, unos 55 min máximo.

La distancia del yacimiento a la playa de la Llana es de aproximadamente unos 3,25 km, es decir, 1,75 millas náuticas. La velocidad de navegación media estimada es de unos 9 nudos, por lo que duración media del trayecto será de 25 minutos.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

El **rendimiento del equipo** será de **15,62 m³/min**. Es decir, 937.5 m³/h., 7500m³/día. La cantidad de arena que se va a emplear, es de 373.000 metros cúbicos. Por tanto la **duración de la actividad será de 50 días**.

$373\ 000 / 7500 = 49,73$ días.

Para la realización de esta actividad hemos considerado que sería un buen comienzo el mes de Febrero. De esta forma se alargaría durante la primavera, para intentar evitar los temporales de invierno y anticipar la actuación a las fechas de verano. Ya que en la época estival estas playas están muy concurridas.

El plazo de ejecución es de 50 días naturales.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

A continuación se muestra una tabla con las fechas del plazo de ejecución de la actuación:

		Febrero 2018							Marzo 2018															Abril 2018																																		
		Semana 8					Semana 9		Semana 10							Semana 11								Semana 12							Semana 13								Semana 14							Semana 15												
		DIAS	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Dragado Yacimiento	50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

11.5.3 Programa de trabajos bypass móvil

Para la realización de la segunda actividad, el dragado de la playa de la torre derribada (al norte del puerto) utilizaremos:

Una draga de succión en marcha de 650 m³ de capacidad de cantara. Tanto el tiempo de carga como el de descarga mediante vertido con cañón es de unos 45 minutos.

La distancia media que tiene que recorrer es de 2000 metros y la duración del trayecto es de unos 15 minutos.

Por lo tanto el rendimiento del equipo sería de 5,42 m³/min; 325 m³/ h; 2600 m³/día.

La duración de la actividad sería de 18 días.

$45000 \text{ m}^3 / 2600 \text{ m}^3 = 17,3 \text{ días.}$

El plazo de ejecución es de 18 días naturales.

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

A continuación se muestra una tabla con las fechas del plazo de ejecución de la actuación:

		Febrero 2021								Marzo 2021																				
		Semana 8				Semana 9				Semana 10					Semana 11															
		DIAS	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
bypass movil	18												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

11.6 Presupuesto

El presupuesto de la obra corresponde al primer ciclo, 12 años de actuación:

A continuación se presenta el cuadro de precios nº2

	Unidad	Descripción	precio
1	m ³	Dragado de sedimentos	
		Dragado en arena mediante draga de succión, incluido transporte y vertido de material en punto de vertido a menos de 3 millas	
		Mano de obra	1,66
		Maquinaria	3,91
		Varios	0,43
		TOTAL	6 €
2	m ³	Dragado de sedimentos	
		Dragado del material del fondo marino en zona de sedimentación de arenas en la playa de la torre derribada. Incluso transporte de arena a playa y descarga desde la proa del barco hasta un área designada en tierra.	
		Mano de obra	1,46
		Maquinaria	3,62
		Varios	0,12
		TOTAL	5,20 €

Presupuesto:

Unidad	Descripción	Precio	Medición	Total
m ³	Dragado en arena mediante draga de succión, y/o cuchara, incluido transporte y vertido de material en punto de vertido a menos de 3 millas	6	373.000	2.238.000
m ³	Dragado del material del fondo marino en zona de sedimentación de arenas en la playa de la torre derribada. Incluso transporte de arena a playa y descarga desde la proa del barco hasta un área designada en tierra.	5,20	180.000	936.000
Total	Presupuesto de ejecución material			3.174.000 €

Estudio de Soluciones para la ordenación, estabilización y restauración ambiental de la
playa de la Llana (San Pedro del Pinatar - Murcia)

	IMPORTE
Presupuesto de ejecución material (P.E.M.)	3.174.000
6% Beneficio industrial (B.I.)	190.440
16% Gastos Generales (G.G.)	507.840
SUMA P.E.M.+B.I.+G.G.	3.872.280
21% I.V.A.	813.178,8
PRESUPUESTO BASE DE LICITACION	4.685.458,80 €

**EI PRESUPUESTO ASCIENDE A LA CITADA CANTIDAD DE CUATRO MILLONES
SEISCIENTOS OCHENTA Y CINCO MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS
con OCHENTA CÉNTIMOS**

Fecha: Marzo 2017



La autora del estudio: Carmen Siso Rosagro