



MINISTERIO  
DE FOMENTO



**Puerto de Sevilla**

Autoridad Portuaria de Sevilla

ENVIRONMENTAL COMMISSION (ENVICOM)  
THE WORLD ASSOCIATION FOR WATERBORNE TRANSPORT INFRASTRUCTURE (PIANC)



Registro: 20\_RS\_0972  
Fecha: 11/03/2020 07:31  
(A178B7AB8CFD53867CB76FD82D3DA8CF)  
Registro General de Salida

Seville, 7 de marzo de 2019  
Nº RE: S/R

**ASUNTO: PROJECT ADAPTATIVE MANAGEMENT OF MAINTENANCE DREDGES FOR THE  
CREATION OF BIRD NESTING AREAS .**

Dear EnviCom members,

Through this letter, the Port Authority of Sevilla applies the "ADAPTATIVE MANAGEMENT OF MAINTENANCE DREDGES FOR THE CREATION OF BIRD NESTING AREAS" project to be considered for Working with Nature Award and to be able to get a Working with Nature' Certificate of Recognition. This application is accompanied by the filled WwN Questionnaire and a extra memory which contains how this WwN project has been developed. This project entails the creation of bird nesting areas in the environment of Guadalquivir river using material from periodic dredging works of the river. In this way, the operational capacity of the channel is maintained while bird nesting habitats are created.

From Port Authority of Sevilla, we believe that this project is fully in line with the guidelines that have been set to get a Working with Nature' Certificate of Recognition.

Thank you in advance,

Yours faithfully,



HEAD OF ENVIRONMENTAL  
DEPARTMENT

Fdo.: Antonio Bejarano Moreno.



GENERAL MANAGER,

Fdo.: Angel Pulido Hernández.

PRESIDENT,

Fdo.: Rafael Carmona Ruiz.

***" ADAPTATIVE MANAGEMENT OF  
MAINTENANCE DREDGES FOR THE CREATION OF  
BIRD NESTING AREAS"***



**February 2020**

***Memory Report***

## INDEX

1.	PRESENTATION OF THE PROJECT.....	6
2.	ADAPTATIVE MANAGEMENT OF MAINTENANCE DREDGES. APPLYING THE WORKING WITH NATURE PHILOSOPHY.....	9
2.1	STEP 1. ESTABLISH PROJECT NEEDS AND OBJECTIVES .....	9
2.2	STEP 2. UNDERSTAND THE ENVIRONMENT .....	10
2.2.1	BIRD COMMUNITIES STUDY.....	11
2.3	STEP 3. MAKE MEANINGFUL USE OF STAKEHOLDER ENGAGEMENT TO IDENTIFY POSSIBLE WIN-WIN OPPORTUNITIES. ....	15
2.3.1	LIST OF EVENTS, CONGRESSES AND PROGRAMS.....	18
2.3.2	SOCIAL NETWORKS AND PRESS MENTIONS.....	18
2.4	STEP 4. PREPARE INITIAL PROPOSAL/DESIGN TO BENEFIT NAVIGATION AND NATURE.....	19
2.5	STEP 5. BUILD AND IMPLEMENT .....	24
2.5.1	BUTANO DREDGES MATERIAL SETTLING AREA .....	27
2.5.2	LA HORCADA DREDGES MATERIAL AREA .....	32
2.6	STEP 6. MONITOR, EVALUATE AND ADAPT .....	34
2.6.1	DEMONSTRATING WITH FACTS: EXAMPLES OF PRELIMINARY RESULTS .....	37
2.7	FUTURE PROSPECTS .....	42
	ANNEX I. LIST OF WATERBIRD SPECIES IN CFDs.....	44
	ANNEX II. ACTION PROTOCOL.....	49
	ANNEX III. CONFINED DISPOSAL FACILITIES PROPOSAL.....	87
	ANNEX IV. BEACH REGENERATION DATA SHEET .....	113

## LIST OF FIGURES

Figure 1. Dredging material areas location. Source: Elaborated by the author .....	6
Figure 2. Butano Area Orthophoto and Bathymetry. Source: Maintenance dredges surveys .....	7
Figure 3. La Horcada Area Orthophoto and Bathymetry. Source: Maintenance dredges surveys	7
Figure 4. El Yeso Area Orthophoto and Bathymetry. Source: Maintenance dredges surveys .....	7
Figure 5. Example of proposal actions on Butano Area. Source: Management protocol of dredges material settling areas.....	8
Figure 6. La Horcada during discharging works. Source: EBD-CSIC report .....	9
Figure 7. Ecosystem improvements in confined disposal facilities (CDFs). Source: EBD-CSIC report .....	10
Figure 8. Bathymetric survey of the navigation channel in the Guadalquivir River made in previous studies. Source: .....	11
Figure 9. Pictures from the zooplanktonic communities' studies. Source: University of Cádiz report .....	11
Figure 10. Observation scheme in damaged Guadalquivir riverbanks. Source: CSIC-EBD report .....	12
Figure 11. Observation works in El Yeso (A) and La Horcada (B). Source: CSIC-EBD report .....	12
Figure 12. UAV's works in La Horcada. Source: CSIC-EBD report.....	13
Figure 13. Bird nesting in Butano and La Horcada. Common avocet nests ( <i>Recurvirostra avosetta</i> ) in a small area emerging from La Horcada (A). View of the dike or "finger" used as a nesting area in El Yeso (B). European bee-eater nests ( <i>Merops apiaster</i> ) in the Butano dump (C). Common stork nests ( <i>Himantopus himantopus</i> ) (D), pied avocet ( <i>Recurvirostra avosetta</i> ) (E) and small plover ( <i>Charadrius dubius</i> ) in La Horcada (F). Source: EBD-CSIC report.....	14
Figure 14. Young birds born in dredges material settling areas. Common stork young ( <i>Himantopus himantopus</i> ) ringed in La Horcada (A). Common avocet broods ( <i>Recurvirostra avosetta</i> ) (B), laughing gull ( <i>Chroicocephalus ridibundus</i> ) (C) and common stork ( <i>Himantopus himantopus</i> ) (D) registered in El Yeso. Common tern ( <i>Sternula albifrons</i> ) brood in La Horcada (E). Source: EBD-CSIC report.....	14
Figure 15. Scheme of how the project process was made. Source: Elaborated by the author ..	17
Figure 16. Pictures of the several congresses and activities the PAS has participated. Source: Port Authority of Sevilla .....	18
Figure 17. Pictures of "Conociendo el río" campaign. Source: Port Authority of Sevilla .....	19
Figure 18. Example of a longitudinal profile of the Eurovia Guadalquivir E.60.02. Source: Port Authority of Sevilla .....	20
Figure 19. Historic sections in which the Eurovia Guadalquivir is divided for maintenance dredging. Source: Port Authority of Sevilla .....	20

Figure 20. Geographic location of the confined disposal facilities (CDFs) Butano, Horcada and Yeso in the left sidebank of the lower course of the Guadalquivir River, between the city of Sevilla and the Estuary mouth (Broa). The green area shows the Natural Space of Doñana. .... 22

Figure 21. Beach regeneration works in Sanlúcar de Barrameda. Source: Port Authority of Sevilla ..... 23

Figure 22. Different phases of the dredging-disposal-extraction cycle in a CDF. .... 24

Figure 23. Confined disposal facility (CDF) of Butano at different stages of the annual cycle of dredging-disposal-extraction-adaptation. Source: Port Authority of Sevilla ..... 27

Figure 24. Bird nesting sector in Butano dredges material settling area. Source: Elaborated by the author ..... 28

Figure 25. Plan view of Butano CDF. Source: CDF management protocol. CSIC-EBD ..... 28

Figure 26. Islands front and lateral views. Source: CDF management protocol. CSIC-EBD ..... 29

Figure 27. Peninsulas frontal and lateral views. Source: CDF management protocol. CSIC-EBD 29

Figure 28. Lateral view of pre-discharged slopes. Source: CDF management protocol. CSIC-EBD ..... 30

Figure 29. Nesting sandy-slopes of the European Bee-eater in the confined disposal facilities (CDFs) of the Guadalquivir river. Source: Port Authority of Sevilla ..... 30

Figure 30: Butano CDF water box. Source: Port Authority of Sevilla ..... 30

Figure 31. Final configuration of Butano Sector B after adaptation works. .... 31

Figure 32. Appearance of Butano Sector during and after discharge Works. .... 31

Figure 33. Bird nesting sector in La Horcada dredges material settling area. .... 32

Figure 34. Plan view of La Horcada CDF. Source: CDF management protocol. CSIC-EBD ..... 32

Figure 35. Channel construction in La Horcada Area ..... 33

Figure 36. Configuration of La Horcada Area ..... 33

Figure 37. Appearance of La Horcada Sector after discharge Works ..... 34

Figure 38. Waterbird nests and eggs inside the CDFs. Source: Port Authority of Sevilla ..... 36

Figure 39. Schematic final proposal of action plans in confined disposal facilities (CDFs) of Butano2 and Horcada1-2 in the Guadalquivir river during the dredging-disposal campaign 2019-2020. Most actions were devoted to promoting the utilization of the ponds by the waterbird community and other species of interest: islands for breeding and resting, peninsulas with shallow areas for feeding and resting and nesting slopes for the European Bee-eaters. The final execution fulfilled most design objectives but some changes (e.g. stepper slopes in peninsulas and islands) reduces the expected use of structures..... 37

Figure 40. (A, B) Seasonal (quarterly) values of mean specific richness (S, blue line) and Shannon-Wiener diversity index (H', red line) of waterbirds per sector of CDFs and visit. (C, D) Seasonal values of mean total waterbird abundance (orange solid line), percentage of total abundance

(orange dotted line) and percentage of specific richness (grey dotted line) corresponding to waterbirds in relation to all birds, per sector and visit. (E, F) Daily percentage of sector cover by open water estimated from LandSat 8 images. Only records of waterbirds (or total birds) on ground or water were used to avoid passing individuals not using the area. Left and right charts for Yeso1 and Butano2, respectively, from Summer 2015 to Summer 2017 (Yeso1) and to Spring 2017 (Butano2)..... 39

Figure 41. Minimum overall breeding output of waterfowl species recorded in the confined disposal facilities (CDFs) of the Guadalquivir river. Number of nesting species (blue bars), successful species (red bars) and total productivity (green bars) are shown for CDFs in years 2016 and 2017. At least one sector of each site received dredged material. Butano2 ponds were intentionally drained in both years, while in Yeso the water was retained until summer, and Horcada was dried up in 2016 but not in 2017. Numbers are shown on each bar. .... 41

## LIST OF TABLES

Table 1. Surface and perimeter of the three confined disposal facilities (CDFs) in the lower course of the Guadalquivir River. Source: CSIC-EBD..... 21

Table 2. Physical features of sections in the Eurovia Guadalquivir E.60.02. Source: Port Authority of Sevilla ..... 23

Table 3. Simple depiction of a BACI experimental design to discern the effect of pond morphology (structures like isles) from hydroperiod in four ponds and two before/after steps. The recurrent management of CDFs enables multiple alternative combinations in multiple sites and periods. F: only filled with water, FS: filled with water and structures built (e.g. isles)..... 35

Table 4. List of waterbirds species plus the Eurasian bee-eater registered breeding in the three confined disposal facilities (CDFs)..... 39

## 1. PRESENTATION OF THE PROJECT

The Port of Sevilla presents special characteristics unique within the Spanish port system. It is the only inland port which is accessed through 90 km section of the Guadalquivir Estuary, Eurovia E-60.02. It is located in a natural area of special interest, so all of the measures proposed by the Port Authority of Sevilla should be oriented to respect the Guadalquivir Estuary and to encourage mutual benefits for both the port functionality and the sustainable management of the estuary.

The dredging works in the Guadalquivir Channel have been carried out since 2003, when the Environmental Assessment Impact (EIA) was passed. These works serve to maintain the bed level of the channel in -6.5 m along the river and -7 m at the mouth and the area before the lock. The materials dredged in these works are discharged on large inland confined disposal facilities (CDFs) where, following the philosophy of "Working with Nature", favourable environmental conditions are being created to provide suitable habitats for the waterbirds communities and other avian species of interest, such as the European Bee-eater, Common pochard or Marbled duck.



Figure 1. Dredging material areas location. Source: Elaborated by the author

The location of these areas is good for dredging works because they are too close to the river. A pipe discharges the material on the area from the dredger. These sediments are mixed with water to improve its jet propulsion. Solid sediments, like sand and clay, are put on the immediate vicinity of the discharge pipe.

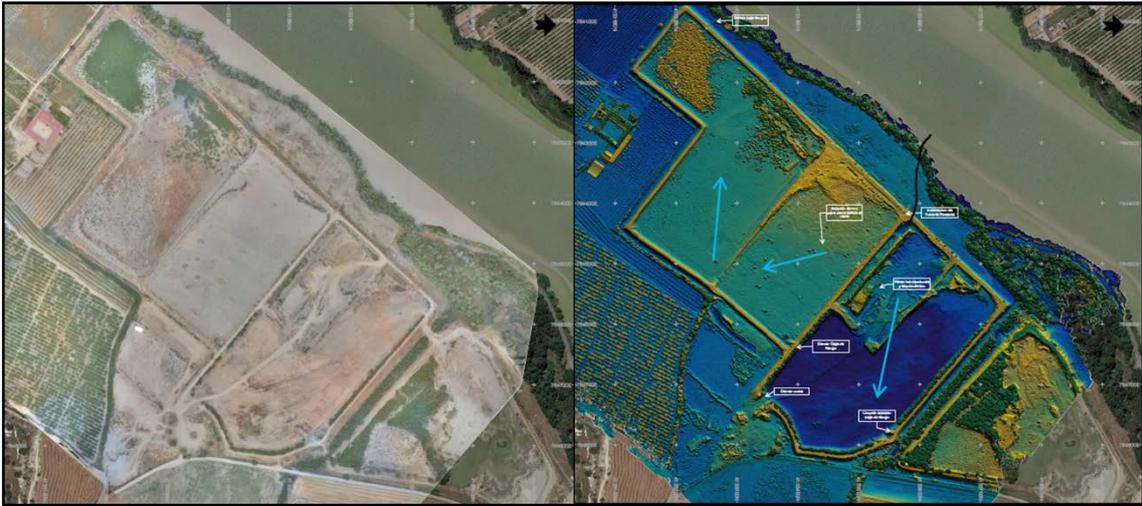


Figure 2. Butano Area Orthophoto and Bathymetry. Source: Maintenance dredges surveys

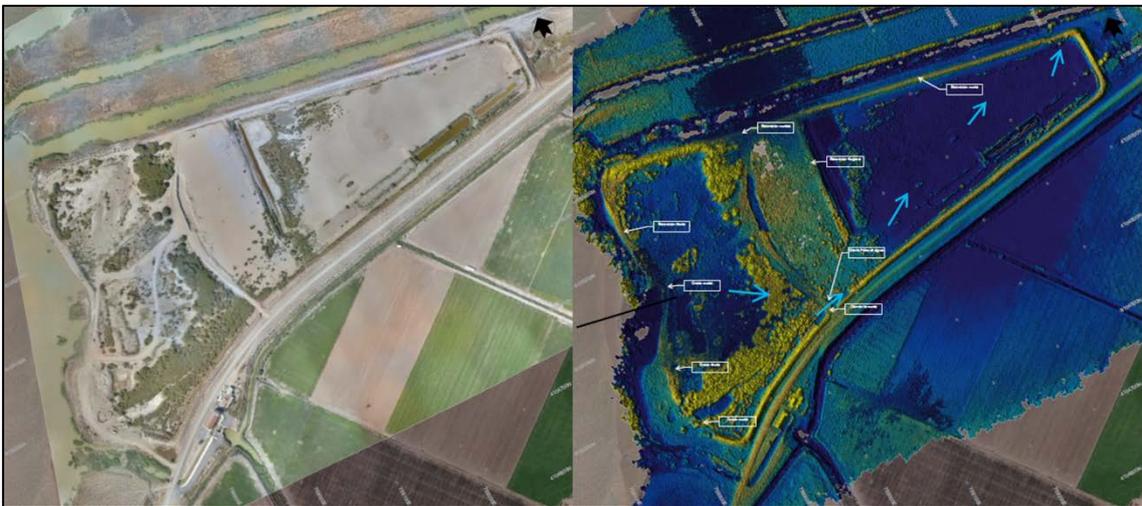


Figure 3. La Horcada Area Orthophoto and Bathymetry. Source: Maintenance dredges surveys

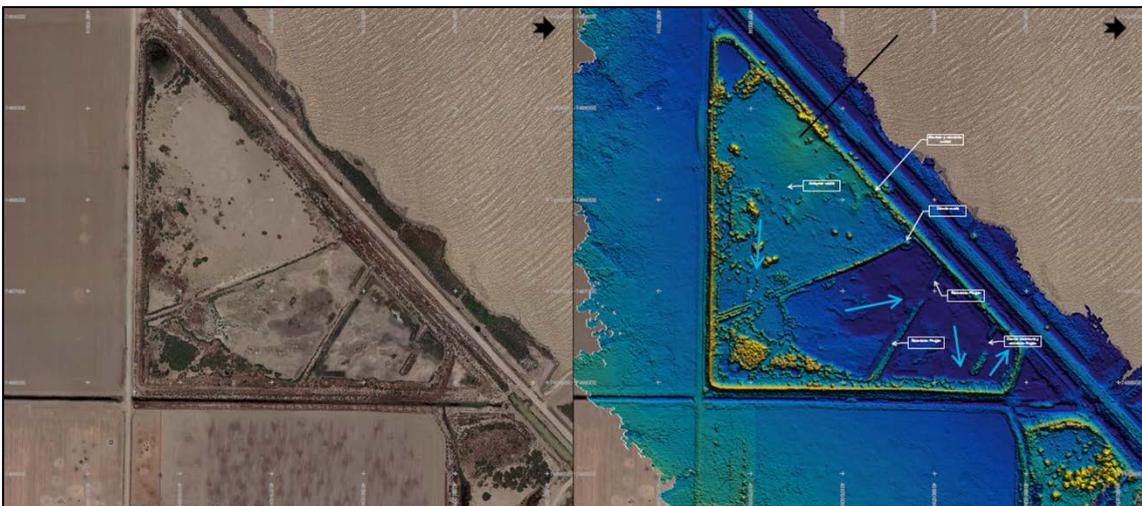


Figure 4. El Yeso Area Orthophoto and Bathymetry. Source: Maintenance dredges surveys

In 2009, the CSIC<sup>1</sup> made a report that was focused on measuring the birdlife in Guadalquivir river and the effects on birdlife if the paddy fields surface falls and comparing how the birdlife uses these zones with different seawater influence on them. Since then, the need to increase the knowledge of estuary birdlife quantifying how the dredging material areas affect it. So, in 2014, the Port Authority of Sevilla signed a collaboration agreement with EBD-CSIC<sup>2</sup> to continue these studies and to get more knowledge about Guadalquivir birdlife. This new study shows that CDFs are potential zones as refuge and breeding areas for bird communities. Then, the Port Authority decided to make a protocol to establish the steps to follow each maintenance dredge season. This protocol, which was written by CSIC-EBD, set how the dredging material areas morphology should be and establish the management of water level (Figure 5). Following the management protocol, the CSIC wrote a proposal for Butano and La Horcada. The contractor of dredging works had to build the structures that proposal indicated.

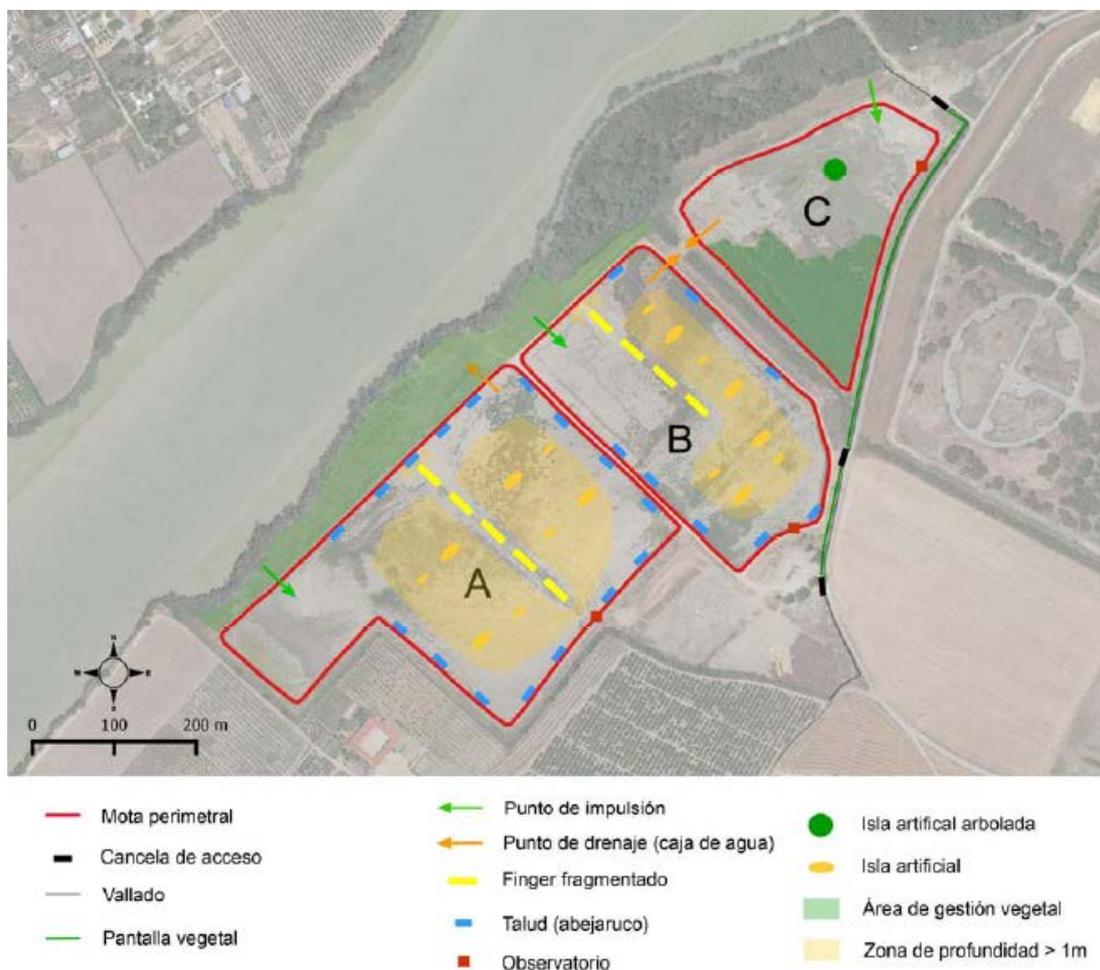


Figure 5. Example of proposal actions on Butano Area. Source: Management protocol of dredges material settling areas

<sup>1</sup> Spanish National Research Council (CSIC). State Agency for scientific research and technological development

<sup>2</sup> Biological Station of Doñana (EBD). This research station belongs to CSIC

## 2. ADAPTATIVE MANAGEMENT OF MAINTENANCE DREDGES. APPLYING THE WORKING WITH NATURE PHILOSOPHY

### 2.1 STEP 1. ESTABLISH PROJECT NEEDS AND OBJECTIVES

Nowadays, the Guadalquivir Channel shows several ecological problems, such as a high sedimentation rate or turbidity. Cumulative siltation makes it necessary for the Port Authority of Sevilla (APS) to bid periodical dredging works on the Guadalquivir Channel to restore the original bed level. As a result, some inland areas along the river side are enabled to receive and temporally contain the dredged material.

The Port Authority decided to implant a new work philosophy to optimize the navigability and to restore the ecological state of the Guadalquivir. It means the projects which Port of Sevilla will carry out on Guadalquivir Channel must benefit the environment. In this way, the proper management of dredged sediments and water within these confined disposal facilities (CDFs) can create new aquatic temporal habitats suitable for the community of waterbirds and other species of interest in the Guadalquivir River. The particular recurrent reconditioning of the CDFs in every dredging-disposal-extraction cycle in combination with the provision of appealing habitats for aquatic communities provides an ideal environment for the implementation of adaptive and pro-active management strategies able to enhance the natural values and ecosystem services of disturbed territories, particularly in the highly transformed left riverbank of the lower Guadalquivir basin.



Figure 6. La Horcada during discharging works. Source: EBD-CSIC report



Figure 7. Ecosystem improvements in confined disposal facilities (CDFs). Source: EBD-CSIC report

For the season 2019-2020, the Port of Sevilla has planned to carry out the maintenance dredging of the Guadalquivir channel following an integrative, pro-active and adaptive approach to guarantee short-term navigation while providing a conducive environment for bird establishment and nesting. This objective adds to the global management philosophy adopted by the APS leading to a sustainable design and execution of the port activities developed in the Guadalquivir River by improving the environmental value of sediment deposits classically disposed, rapidly drained and eventually assigned to other non-environmental uses such as soil amendment or civil works.

## 2.2 STEP 2. UNDERSTAND THE ENVIRONMENT

In 2010, the Scientific Committee formed to assess the ecological state of the river revealed a set of problems in the Guadalquivir. The PAS<sup>3</sup> started to look for measures to improve river conditions while ensuring the navigability through it. Since then, several studies and investigations have been promoted in order to increase the knowledge about Guadalquivir system at multiple scales and levels.

The studies have been performed by researcher groups from several universities and other researcher institutions that are specialized in different fields. Biological studies have specifically focused on understanding the zooplanktonic communities and bird ecosystems. These studies have allowed to describe the habitats, the ecosystems and the relationships that exist between them.

<sup>3</sup> PAS: Port Authority of Sevilla

Also, the Port Authority ordered studies to know the river abiotic characteristics and dynamics. For instance, the development of new approaches to increase the channel draft using the different phases of the tidal range. Also, the sedimentary characteristics were studied to improve the knowledge about turbidity.

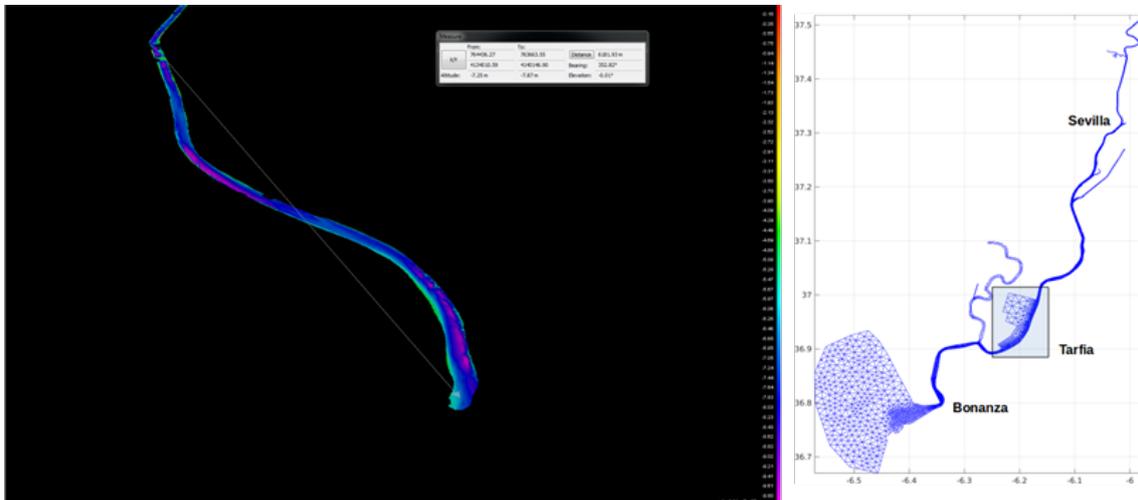


Figure 8. Bathymetric survey of the navigation channel in the Guadalquivir River made in previous studies.

Source:



Figure 9. Pictures from the zooplanktonic communities' studies. Source: University of Cádiz report

### 2.2.1 BIRD COMMUNITIES STUDY

One of the conclusions the scientific researchers got, was the dredged material settling areas could be a good habitat for bird communities. In 2014, the Port Authority decided to promote a

collaboration agreement with CSIC-EBD to study it. It creates a research group who monitored how the dredging works affect the bird communities of the Guadalquivir. These works were based on how the birdlife in the damaged riverbanks and the dredging material areas was. For it, CSIC-EBD group schedule a monitoring plan using several observation techniques.

In the damaged Guadalquivir riverbanks, the CSIC-EBD group chose 4 km physical section of the river, where the censuses were made from a vehicle with constant velocity. These censuses were biweekly with good climate conditions.

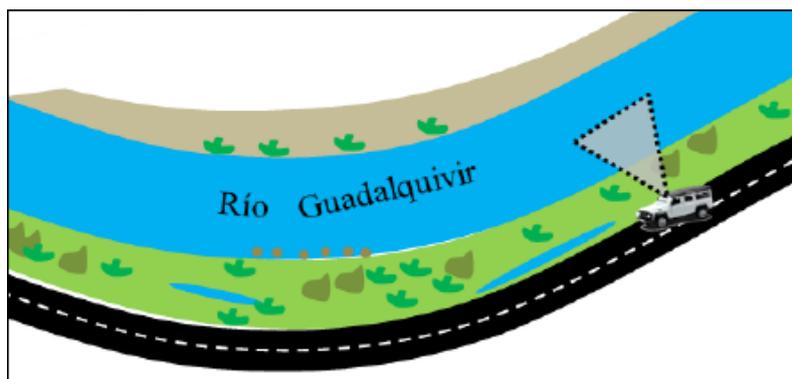


Figure 10. Observation scheme in damaged Guadalquivir riverbanks. Source: CSIC-EBD report

In the dredging material areas, the observation techniques were better than the damaged riverbanks because these areas are much more important to birdlife. Fixed points on the perimeter hill were chosen to observe the birdlife in the areas. UAV's<sup>4</sup> were used to monitor the morphologic conditions of these areas. For instance, the evolution of the water conditions, the vegetation and the birdlife dynamics have been monitored. The censuses were also biweekly, but in breeding months (March – July) they were more frequent (3-4 visits a month) to find the bird nests. The bird observation was focused on flooded areas and the nearby zones to them.

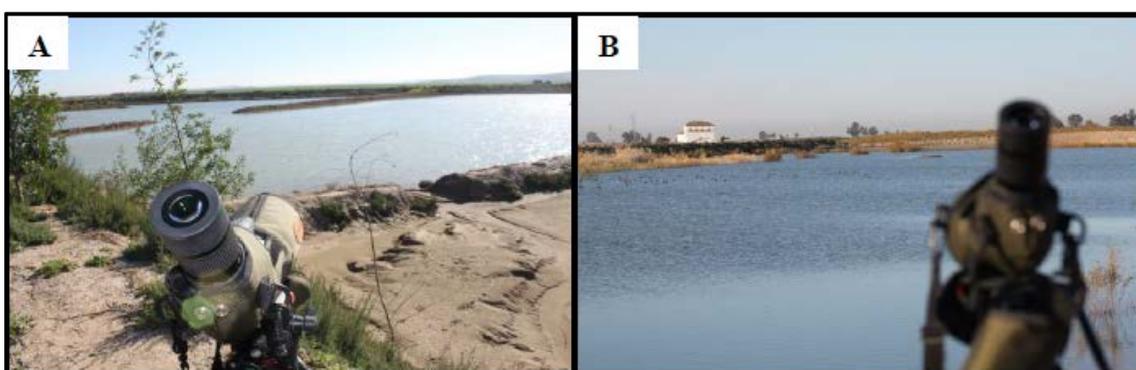


Figure 11. Observation works in El Yeso (A) and La Horcada (B). Source: CSIC-EBD report

<sup>4</sup> Unmanned Aerial Vehicle

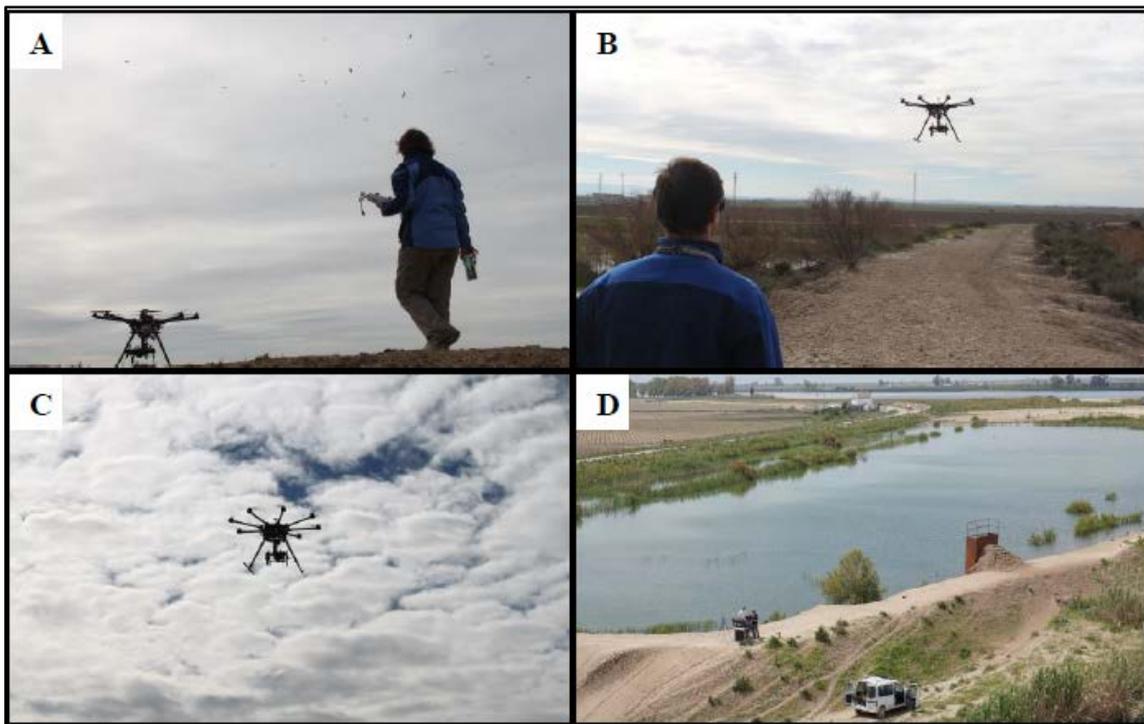


Figure 12. UAV's works in La Horcada. Source: CSIC-EBD report

In this first study of bird communities, the researcher group of CSIC-EBD registered 19.000 individuals of 72 species inside 16 different orders. The *Passeriformes* and *Apodiformes* have been excluded due to their size and their behaviour could overestimate their population density.

- *Accipitriformes*
- *Anseriformes*
- *Apodiformes*
- *Bucerotiformes*
- *Charadriiformes*
- *Ciconiiformes*
- *Columbiformes*
- *Coraciiformes*
- *Falconiformes*
- *Galliformes*
- *Gruiformes*
- *Passeriformes*
- *Pelecaniformes*
- *Phoenicopteriformes*
- *Podicipediformes*
- *Suliformes*

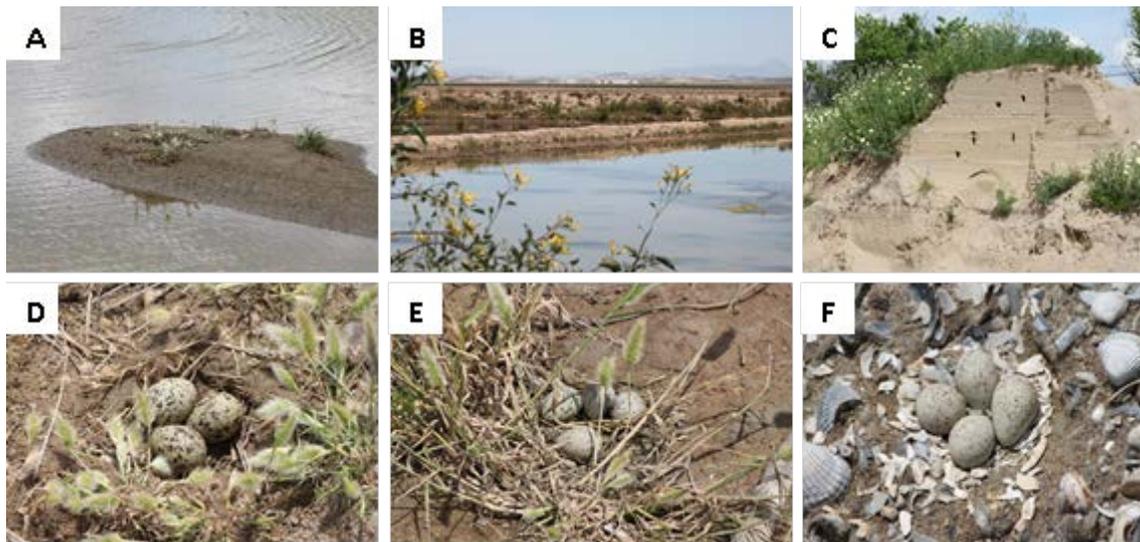


Figure 13. Bird nesting in Butano and La Horcada. Common avocet nests (*Recurvirostra avosetta*) in a small area emerging from La Horcada (A). View of the dike or "finger" used as a nesting area in El Yeso (B). European bee-eater nests (*Merops apiaster*) in the Butano dump (C). Common stork nests (*Himantopus himantopus*) (D), pied avocet (*Recurvirostra avosetta*) (E) and small plover (*Charadrius dubius*) in La Horcada (F). Source: EBD-CSIC report.



Figure 14. Young birds born in dredges material settling areas. Common stork young (*Himantopus himantopus*) ringed in La Horcada (A). Common avocet broods (*Recurvirostra avosetta*) (B), laughing gull (*Chroicocephalus ridibundus*) (C) and common stork (*Himantopus himantopus*) (D) registered in El Yeso. Common tern (*Sternula albifrons*) brood in La Horcada (E). Source: EBD-CSIC report.

### 2.3 STEP 3. MAKE MEANINGFUL USE OF STAKEHOLDER ENGAGEMENT TO IDENTIFY POSSIBLE WIN-WIN OPPORTUNITIES.

In 2013, the Port Authority started to promote a set of studies and activities to improve the knowledge of Guadalquivir Estuary. In this respect, some co-operative agreements were signed with research groups, universities and scientific institutions. The first one was an agreement with the University of Sevilla to develop multi-disciplinary scientific studies aimed to know understand the dynamics of the estuary. Since then, other research groups have joined, such as:

- CSIC (The Spanish National Research Council). They have been developing several studies to know how the maintenance dredging affects avian and the benthic communities of the river. In addition, this centre made the Action Protocol that describes practical actions for the adaptation and management of confined deposit areas where the APS intends to improve bird habitats, and also prepared the annual specific action proposal for each deposit area used during the dredging-disposal-extraction cycle.
- University of Malaga. They developed hydrodynamic models of Guadalquivir Estuary. that allowed investigating the hydrodynamic performance of the Guadalquivir channel and the dock water quality.
- University of Huelva. They focused on studying the sedimentary characteristics and causes of turbidity of the river and the estuary.
- University of Cádiz. They studied the spatial distribution and seasonal dynamic of zooplankton communities in the Guadalquivir Estuary, and identified the environmental indicators related to the distribution and the structure of these communities.

All these works allowed to identify which management opportunities the PAS had to improve the river ecosystem. After an assessment of direct practical benefits and costs, the APS concluded that the optimal opportunity was using the confined disposal facilities (CDFs) for dredged materials to create favourable environments where native waterbird species were able to rest, feed and breed. This project take advantage of already transformed sites subjected to "industrial" activity and present several advantages, including those for stakeholders directly or indirectly involved in the project or the area of influence:

- Immediate response of the target system (i.e. bird community)
- Compatible with the inherent former function of the CDFs (i.e. disposal and temporal confinement of dredged sediments)
- Easy evaluation through continuous monitoring
- Allows pseudo-experimental test of diverse designs and actions
- Pro-active adaptive strategies given the iterative nature of the works in the CDFs
- Comprehensible objectives, methods and output that can be easily shared through social media or in-situ observation

In this sense, the Port Authority is actually in collaboration with other agents like CSIC, looking for the involvement of ecologist, educational groups and citizens in order to publicly promote the environmental activities developed in the Guadalquivir River.

For maintenance dredges season 2019 – 2022, the PAS has requested public bodies for reports about the dredging works. They have provided authorizations for launch the dredges works and they have also established rules and protections that the dredges works must respect. These public entities were:

- Ministry of Agriculture, Fishing and Food. Spanish Government
- Guadalquivir Hydrographic Confederation. Transition ecological and demographic challenge Ministry. Spanish Government
- Directorate General of Coast. West Andalusia Demarcation. Transition ecological and demographic challenge Ministry. Spanish Government
- Department of Agricultural, Livestock, Fishing and Sustainable Development. Andalusia Government
- Department of Culture and Historical Heritage. Andalusia Government

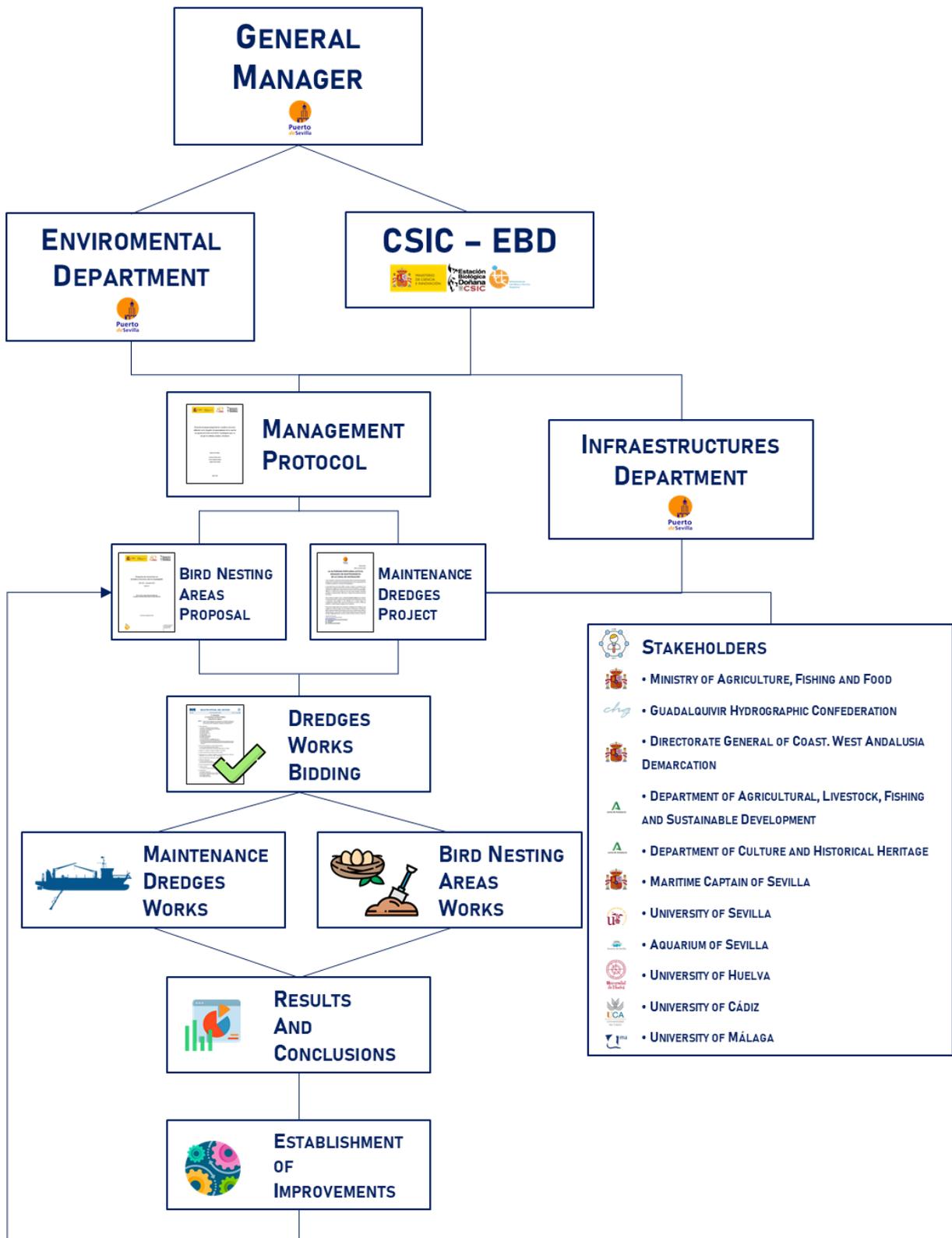


Figure 15. Scheme of how the project process was made. Source: Elaborated by the author

### 2.3.1 LIST OF EVENTS, CONGRESSES AND PROGRAMS

The Port Authority has been organizing several events, congresses and programs for promoting the participation of the society. It started in 2016, when the PAS had results of the promoted studies and the scientific groups found which problems the Guadalquivir Estuary had.

- *"Conferences of Sustainability and Future Perspectives of Guadalquivir Estuary"* 2016. José Carlos García-Gómez, Professor of Marine Biology at the University of Seville
- *"Scientific Communication Conference of Guadalquivir Estuary"*. Sevilla 2018
- *"VII Congress of Spanish National Section of PIANC. Working with Nature"*. Sevilla 2018
- *"Environmental Sustainability and Port Management Conference"*. Huelva 2019



Figure 16. Pictures of the several congresses and activities the PAS has participated. Source: Port Authority of Sevilla

### 2.3.2 SOCIAL NETWORKS AND PRESS MENTIONS

Over the years, the PAS has been in press mentions about his activities for recovering the Guadalquivir Estuary, that showed how the participation process was and how the environmental activities have been increasing.

The PAS, to make known the Guadalquivir Estuary and the studies that it has been promoting, started a campaign in different social networks as Twitter or Facebook, which different post and pictures were published continuously. The main campaign was *"Conociendo el Río"* that showed which social-economic activities, as fishing or rice fields, are developed in the Guadalquivir environment and how the PAS contributes to the Estuary recovery.



Figure 17. Pictures of "Conociendo el río" campaign. Source: Port Authority of Sevilla

#### 2.4 STEP 4. PREPARE INITIAL PROPOSAL/DESIGN TO BENEFIT NAVIGATION AND NATURE

The project of maintenance dredges of the Guadalquivir channel follows a process to optimize resource allocation and to reduce the environmental impact. The dredging-disposal-extraction process sequence is as follows:

1. The planning of the needed works for draft maintenance in the Guadalquivir river begins with a complete bathymetric survey along the navigation channel from the outermost end of the estuary mouth (Broa) to the Sea Lock at the Port of Sevilla, which is included. Two lines parallel to the longitudinal axis are made, approximately 25 m apart from it.
2. Once the initial bathymetry is made, the bed level is assessed for each section. From the results, a schedule of works is made, and the sections are divided by its grounding level.

3. Then, for each section, a detailed bathymetry survey is made within the parallelepiped area defined longitudinally by the kilometric points of the stretch selected for dredging and transversely from margin to margin of the estuary, on both sides of the longitudinal axis and up to the limit that guarantees the operational safety. These bathymetric surveys serve as a verifying document.
4. The sediment volume to extract is estimated comparing between the real bathymetry and the expected bathymetry with -6.5 m level.
5. Dredging works are executed. They consist in a dredger which sucks out the sediments stocking up on. Then the dredger goes to dredging material settling area and discharges the sediments. There, the contractor must spread them.
6. When the dredging works finish, it is necessary to make a check bathymetry which allows to know the resulting section morphology and to evaluate the degree of compliance through comparison with the previous bathymetry.
7. Once disposed materials settle, the enclosure is drained out by slowly forcing water through channels opened in the perimeter dike, water cages and/or passive evaporation.
8. Dried sediments inside facilities are then removed, classified according to granulometry and transported out of the CDFs.



Figure 18. Example of a longitudinal profile of the Eurovia Guadalquivir E.60.02. Source: Port Authority of Sevilla



Figure 19. Historic sections in which the Eurovia Guadalquivir is divided for maintenance dredging. Source: Port Authority of Sevilla

Starting from this work sequence, the project is primary aimed to promote a pro-active sustainable management while meeting the dredging-disposal needs to assure the maintenance of the navigation channel. In relation to the temporal deposit of dredged material in CDFs, dry

sediments from previous dredging can be managed to reshape the site morphology prior to the next disposal event in order to provide suitable habitats promoting the occurrence, resting, feeding and nesting of birds related to aquatic environments and other species of special interest throughout the annual cycle.

At present, the APS is using three different CDFs along the left side bank of the lower course of the Guadalquivir River (Fig. 5): Butano (Dos Hermanas), Horcada (Lebrija) and Yeso (Lebrija), in addition to direct disposal in sea deposits or for coastal restoration. The three CDFs are divided in a total of seven sectors or ponds totalling almost 57 hectares (Table 1).

Table 1. Surface and perimeter of the three confined disposal facilities (CDFs) in the lower course of the Guadalquivir River. Source: CSIC-EBD

ID	CDF	Sector	Perimeter (m)	Surface (m <sup>2</sup> )	Surface (ha)
1	Butano	A	1009	55670	5.6
2	Butano	B	1133	79156	7.9
3	Butano	C	1579	120193	12
	Butano	<b>Total</b>	3721	255019	25.5
4	Horcada	1	1304	86881	8.7
5	Horcada	2	1189	65573	6.6
	Horcada	<b>Total</b>	2493	152454	15.2
6	Yeso	1	1232	76205	7.6
7	Yeso	2	1607	85507	8.6
	Yeso	<b>Total</b>	5332	314166	31.4
	<b>TOTAL</b>		9053	569185	56.9



Figure 20. Geographic location of the confined disposal facilities (CDFs) Butano, Horcada and Yeso in the left sidebank of the lower course of the Guadalquivir River, between the city of Sevilla and the Estuary mouth (Broa). The green area shows the Natural Space of Doñana.

The division of each disposal area into several independent sectors enables a rotating management of ponds subjected to different activities that conciliates the recurrent disposal, classification and extraction of sediments with the creation and availability of suitable habitats for waterbirds and other species. A typical rotating design in a three-sector CDF would be as follows:

1. **Sector 1.** The water level in the pond with structures for resting, feeding and breeding of waterbirds is maintained until mid-summer post-breeding period (July). Then, the area is dried up by natural evaporation and/or drainage (August) to permit sediment extraction and management, once reproduction stage is over.
2. **Sector 2.** Sediment extraction on demand. These works must respect the breeding calendar and the safety perimeter if there are breeding colonies.
3. **Sector 3.** Preparation for the next dredging-disposal season between September and December. Planned structures for waterbirds, like islands, are built before the start of dredge disposal.

Table 2. Physical features of sections in the Eurovia Guadalquivir E.60.02. Source: Port Authority of Sevilla

Nº	NAME	LENGHT (m)	BASE WIDTH (m)	BED LEVEL (*)	BED LEVEL (**)
1A	ANTESCLUSA.	835	Variable	-7,00	-7,57
1	LAS HUERTAS	3.165	60	-6,50	-7,07
2	CORIA DEL RIO-ISLETA	5.600	60	-6,50	-7,07
3	BOCA SUR ISLETA	1.800	60	-6,50	-7,07
4	OLIVILLOS	1.400	60	-6,50	-7,07, -7,10
5	LA LISA	2.600	60	-6,50	-7,10, -7,21
6	LA MATA	2.700	60	-6,50	-7,21, -7,33
7	TARFIA	2.100	60	-6,50	-7,33, -7,39
8	LA GOLA	3.400	60	-6,50	-7,39, -7,45
9	EL YESO	2.000	60	-6,50	-7,45
10	PUNTALETE	4.400	60	-6,50	-7,45, -7,58
11	SALINAS	6.000	60	-6,50	-7,58, -7,67
12	SANLUCAR	1.300	60	-6,50	-7,67
13	BROA	2.948	100	-7,00	-8,17, -8,54

(\*) The bed levels refers to Port "0"

(\*\*) The bed levels refers to "0" NMMA.

The previous dredges seasons, the PAS committed to use part of the sediments extracted in the area near to the Guadalquivir mouth for the beaches regeneration. In 2017, these beaches were Bajo de Guía and La Calzada in Sanlúcar de Barrameda and the process began with the classification of the sediments to continue with their widespread over the beaches. The amount of dredges material that was discharged was 30.500 m<sup>3</sup> and it is a regular practice in the dredged material management of the PAS.

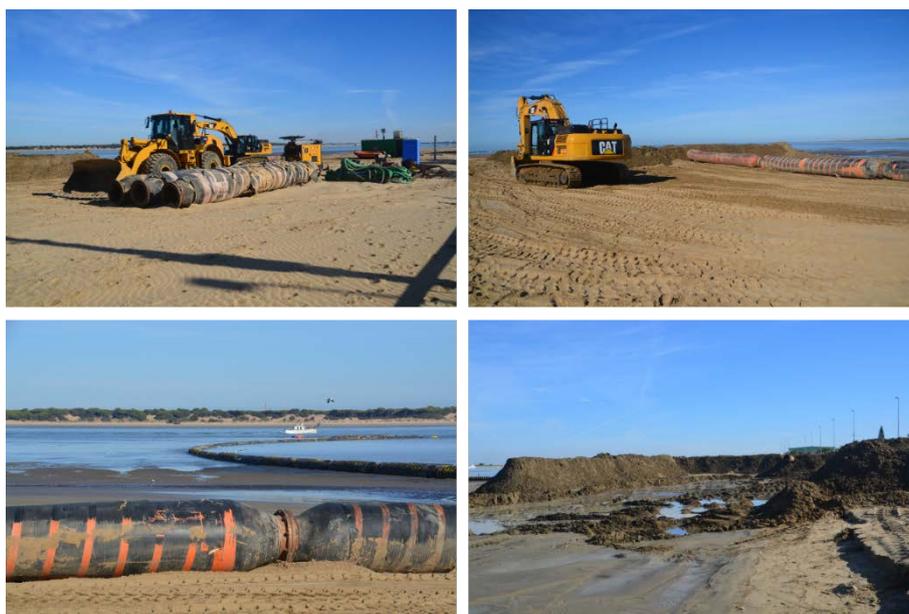


Figure 21. Beach regeneration works in Sanlúcar de Barrameda. Source: Port Authority of Sevilla

Other objectives established in the project are:

- Divuligation of natural values, environmental actions implemented, and results attained in the confined disposal facilities (CDFs).
- Ecological continuity. The Guadalquivir river has an essential ecological corridor function, interconnecting biodiverse ecosystems along the whole river basin in southern Spain and the lower stretch in particular. Actually, the left riverbank is dominated by intensive irrigated crops that have profoundly transformed the former seasonal marshes and riparian habitats. Therefore, the restoration and creation of new wetlands in a step-stone configuration entail direct benefits for the habitat continuity along the river and between both riverbanks.
- Flood risk management. With the dredging works the channel draft gets deeper, the river capacity increases proportionally, and the flood risk decreases.



Figure 22. Different phases of the dredging-disposal-extraction cycle in a CDF.

Source: Port Authority of Sevilla

## 2.5 STEP 5. BUILD AND IMPLEMENT

The Port of Sevilla decided to promote separately the project of adaptative environmental management maintenance of confined disposal facilities (CDFs) for the creation of waterbird habitats and the project of maintenance dredging in order to achieve a higher degree of specialization in each project. Nonetheless, both lines present a set of compatibilities and complementary elements that require continuous collaboration. In this way, scientific groups

would be working in environmental management projects while technical companies would carry out the maintenance dredging.

In relation to complementary key elements, the contractor responsible for the maintenance dredging, material disposal and extraction, as well as the site reconditioning before the next disposal event, must follow the Action Protocol elaborated by CSIC showing physical and management actions recommended for promoting waterbird habitats before and after dredging disposal. Likewise, they should follow a schedule for dredging, disposal and extraction activities based mainly on breeding periods of the species settled in the deposit areas.

Besides, the contractor has to establish measures to minimize the environmental impact that must be explicitly compiled in an Environmental Works Program. Within the bid, the contractor has to include the following documents as part of the Environmental Monitoring Plan of the operations included in the project:

- Waste management plan
- Discharge Management Plan
- Emission Control Plan
- Noise Management Plan
- Monitoring and Control Plan for fuel supply
- Book of Environmental Incidents

On the other hand, the CSIC is the agent which made the Action Protocol for promoting waterbird community in CDFs. This document fixes points and measures to follow during the adaptation and management of disposal sites. The main objectives of this document are:

- Maximize the richness, diversity and abundance of the waterbird community and other species of interest.
- Increase nesting attempts and reproductive success of breeding species.
- Feasible reconfiguration actions according to the capacity and morphology of confinement sites, timeframe and budget.
- Production of useful practical information for the adaptive optimization of future actions and a better understanding of the target system.
- Dissemination of results and information of interest about natural values of CDFs, environmental management and the results attained in the project.

This protocol establishes recommendations for the morphological design of ponds, creation of specific inner structures, post-disposal water management and works schedule to promote the community of waterbirds and other species:

- Maximization of inner shores length (i.e. sinuous configuration, peninsulas) with low slopes in order to increase shallow areas suitable for feeding and resting.
- Creation of low height, but always above maximum water level, islands isolated from perimeter dikes and potential threats (e.g. terrestrial predators, human disturbances).

Disconnection of fingers from perimeter dikes. Important as resting and, particularly, nesting areas.

- Creation of steep high sandy slopes as suitable breeding sites for species like European Bee-eater, common kingfisher or sand martin.
- Design of bottoms to increase spatial heterogeneity of water depth. Maximum water depth around breeding structures (i.e. isles) to maximize isolation and shallows in perimeter shores for feeding.
- Maximization of hydroperiod in those filled ponds with active measures (i.e. sector 1, section 2.4) until finishing the breeding period. Prevent active drainage.
- Work schedule compatible with the biological cycle of present species, especially during the breeding season. Sediment removal limited to the post-breeding season after drying up in summer. Safety distances in case colonies still present.
- Rotating utilization and reconfiguration of sectors (section 2.4) with alternative sequences according to pond number and dredged volume.
- Minimization of external disturbances by limiting access to unauthorized persons and predators using perimeter fencing, installing plant/artificial screens to visually isolate ponds and dissuasive signalling. For season 2019, the PAS decided to use Butano and La Horcada areas because they were the closest areas to the dredging sections. Then, the works which are included in the management protocol, were not done in El Yeso area. These works were included in the CSIC-EBD proposal of dredges material settling areas.



Figure 23. Confined disposal facility (CDF) of Butano at different stages of the annual cycle of dredging-disposal-extraction-adaptation. Source: Port Authority of Sevilla

### 2.5.1 BUTANO DREDGES MATERIAL SETTLING AREA

The proposal of confined disposal facilities, made by CSIC-EBD, includes sectors distribution design where the PAS wanted to create the bird nesting habitat. It was made following the results and conclusions obtained in the CSIC study elaborated in 2014.

Butano dredges material settling area is divided in three sectors to ensure a rotary cycle of different uses as it was described in 2.4 Step 4. For season 2019, the Sector B was chosen to be the CDF.

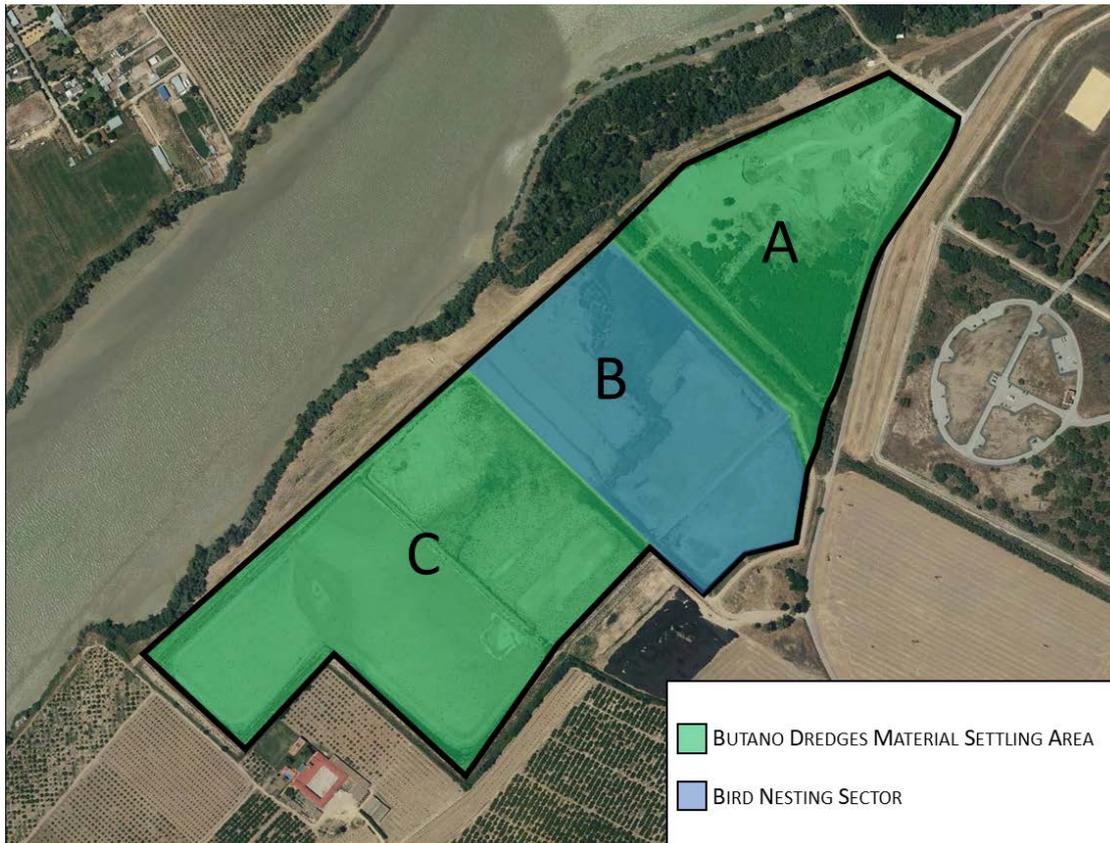


Figure 24. Bird nesting sector in Butano dredges material settling area. Source: Elaborated by the author

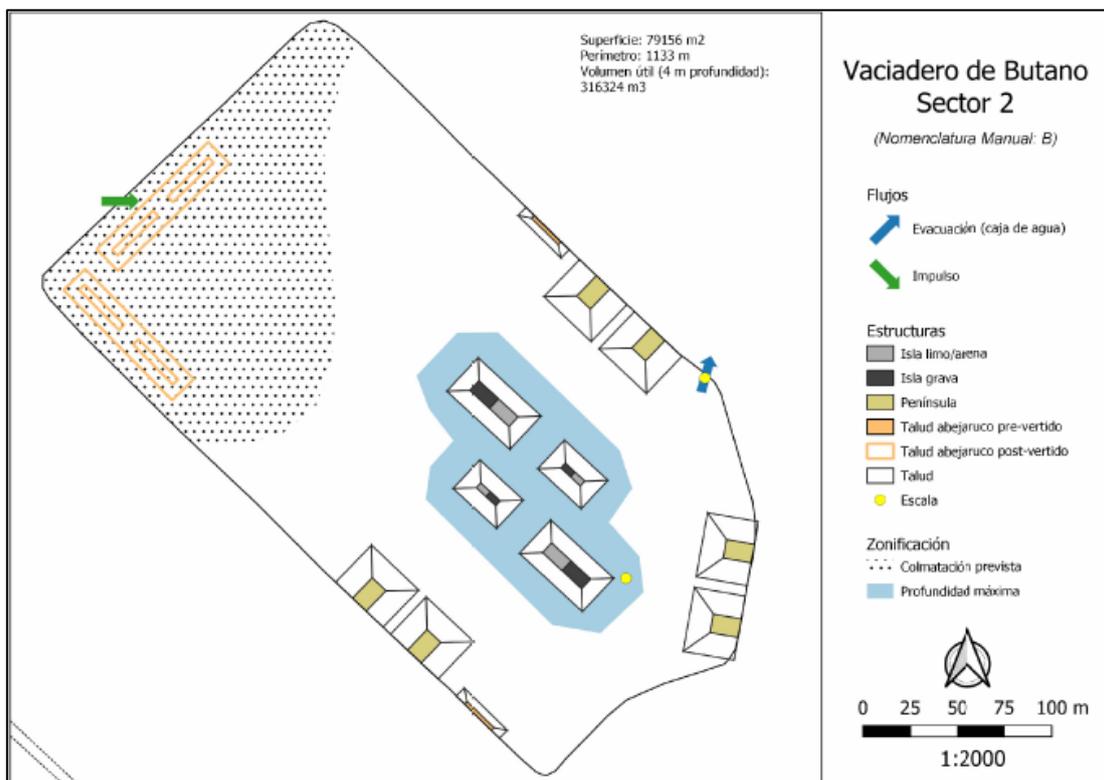


Figure 25. Plan view of Butano CDF. Source: CDF management protocol. CSIC-EBD

This sector has approximately 80.000 m<sup>2</sup> of surface and several structures adapted for the bird nesting were designed by the CSIC-EBD researchers:

- **Impulsion area.** The area close to the discharged pipe will be full of solid materials as sand and clays. For that, this area should be as small as possible to maximize the flooded area.
- **Islands.** They are 4 islands, two of them have a surface of 200 m<sup>2</sup> and the other two 50 m<sup>2</sup>. These isolated areas are a good habitat for the nesting of birds as Common Avocets because they are safe from the predators.

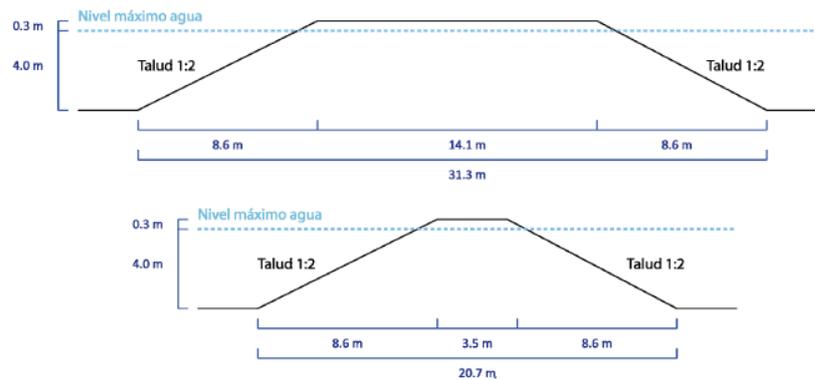


Figure 26. Islands front and lateral views. Source: CDF management protocol. CSIC-EBD

- **Perimetral hill.** It has steep slopes to establish a good habitat with shallow water where the bird species can nest and breed.
- **Peninsulas.** Some peninsulas were built on the perimetral hill and the researchers are using them to monitor if waterbird species can nest there.

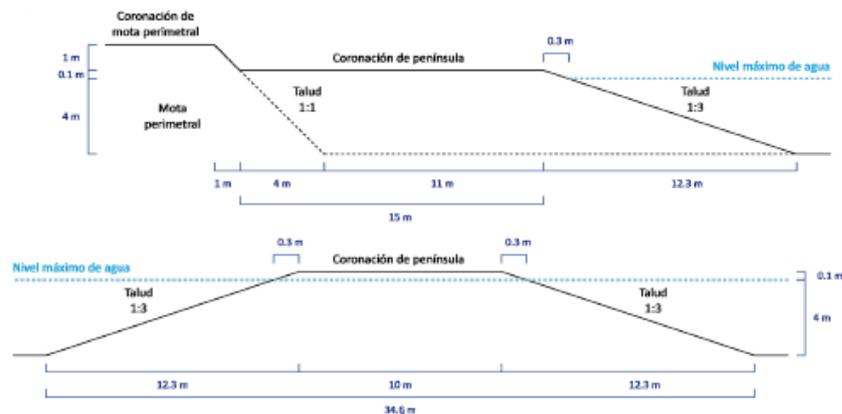


Figure 27. Peninsulas frontal and lateral views. Source: CDF management protocol. CSIC-EBD

- **Bee-eater pre-discharged slopes.** These structures are built before the dredged material discharge and they are vertical walls on the water for Bee-eater nesting.

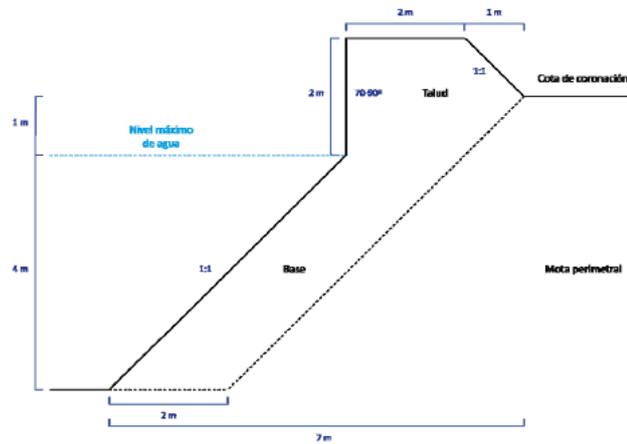


Figure 28. Lateral view of pre-discharged slopes. Source: CDF management protocol. CSIC-EBD

- **Bee-eater post-discharged slopes.** These structures are built after the dredge's material discharge by heavy machinery. They are vertical walls on the water to Bee-eater nesting.



Figure 29. Nesting sandy slopes of the European Bee-eater in the confined disposal facilities (CDFs) of the Guadalquivir river. Source: Port Authority of Sevilla

- **Water Box.** It is a gate with a metallic structure where wood planks are placed to regulate the water level inside the enclosure.

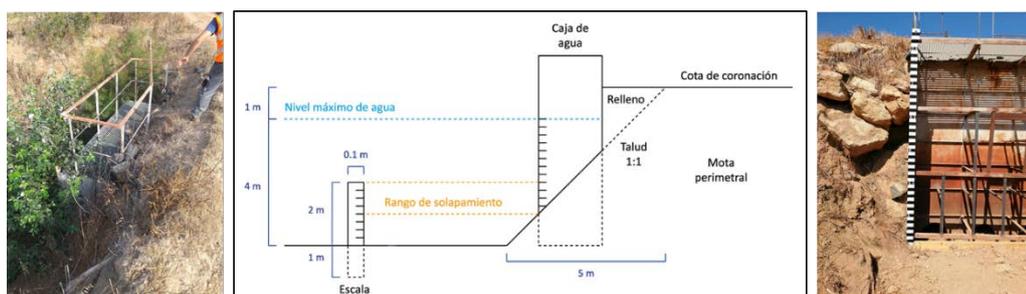


Figure 30: Butano CDF water box. Source: Port Authority of Sevilla



Figure 31. Final configuration of Butano Sector B after adaptation works.

Source: Elaborated by the author



Figure 32. Appearance of Butano Sector during and after discharge Works.

Source: Port Authority of Sevilla

### 2.5.2 LA HORCADA DREDGES MATERIAL AREA

La Horcada area has been divided into two sectors. For season 2019, the Sector 1 was adapted as CDF.

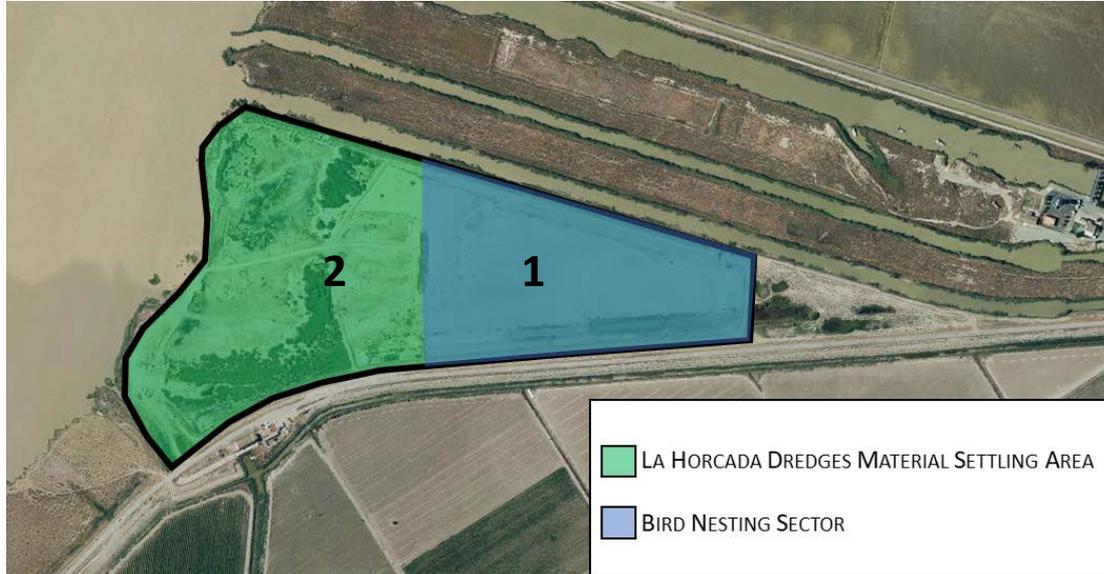


Figure 33. Bird nesting sector in La Horcada dredges material settling area.

Source: Elaborated by the author

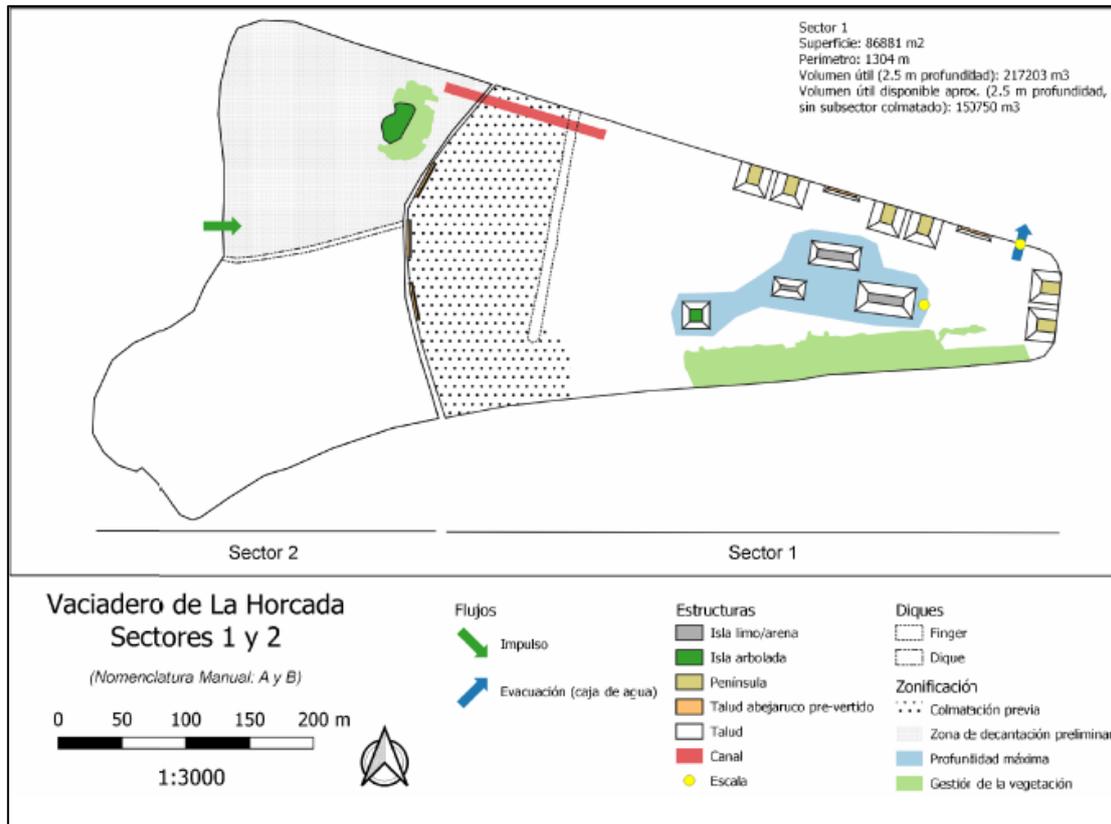


Figure 34. Plan view of La Horcada CDF. Source: CDF management protocol. CSIC-EBD

The used sector as CDF has 87.000 m<sup>2</sup> of surface and the most of structures that this area has are the same as Butano area. For that, these structures are not be described again. In this CDF, a **channel** was built to connect both sectors.



Figure 35. Channel construction in La Horcada Area

The following figures show how is the appearance and the configuration of the La Horcada bird nesting area.



Figure 36. Configuration of La Horcada Area



Figure 37. Appearance of La Horcada Sector after discharge Works

## 2.6 STEP 6. MONITOR, EVALUATE AND ADAPT

All environmental action plans should be ideally subjected to a continuous evaluation through a reasonable monitoring program during execution and post-implementation stages. In this sense, the Action Protocol and subsequent annual proposals for specific reconditioning and management of active CDFs elaborated by the CSIC for the Port Authority of Sevilla (APS) establishes an explicit monitoring program for:

- Evaluation of reconditioning actions and disposal executed by the contractor, as well as the subsequent management, in relation to the specific proposal based on the general Action Protocol.
- Estimation of selected indicators and impact assessment on the waterbird community and other species of interest by the action plan applied at different scales and biological levels.
- Active adaptive process to continuously optimize the action plan design based on informed decision-making.

Seasonal-flooded Mediterranean wetlands present high interannual variability dependent on autumn-to-spring rainfall. Therefore, a multi-annual long-term monitoring is necessary to capture natural uncertainty in representative analyses on the response of the avian community to the management implemented. Within the annual cycle, especial effort must be devoted to the active hydroperiod from the disposal of dredged materials until natural (or forced) dewatering and particularly during wintering and breeding periods.

The availability of multiple replicated sectors subjected to different rotating management in different CDFs conforms to a general Before-After-Control-Impact (BACI) experimental design (Table 2). BACI designs are effective techniques to evaluate human-induced effects on ecological variables when treatment levels are not randomly assigned to sampled sites. In this case, the effects of water management and morphological design of ponds on bird communities, populations and spatial-temporal behaviours can be assessed through the comparison of specific indicators among sectors within and between CDFs, while accounting for seasonal and other environmental effects.

Table 3. Simple depiction of a BACI experimental design to discern the effect of pond morphology (structures like isles) from hydroperiod in four ponds and two before/after steps. The recurrent management of CDFs enables multiple alternative combinations in multiple sites and periods. F: only filled with water, FS: filled with water and structures built (e.g. isles).

Step		Control		Impact	
		Ponds	Treatment	Ponds	Treatment
1	Before	A1, A2	F	B1, B2	F
	After	A1, A2	F	B1, B2	FS
2	Before	A1, B2	F	B1, A2	F
	After	A1, B2	F	B1, A2	FS

As explained in section 2.4, monitored sectors can be in three primary states that iteratively rotate between campaigns according to the dredging-disposal stage: dried (D), filled without structures (F) and filled with structures (FS). This sampling assemblage provides internal references and facilitates the discrimination of specific effects of pond structures (e.g. islands, inner shores, bottom design) on the bird community, from the influence of natural/forced hydroperiod management.

In addition, regular long-term counts of waterbirds in nearby suitable habitats, both natural wetlands and anthropic environments (e.g. rice crops), are also used as an external reference to adjust large-scale trends and variability.

The continuous reconfiguration of CDFs allows also for experimental designs to test specific hypothesis at multiple scales. For instance, in the present season 2019-2010, new isles were built with two different sizes and half covered by a superficial layer of gravel and the other half by silt-clay material, to check selection of size and nesting substrate in breeding waders.

The impact of CDFs management on waterfowl and other species of interest is assessed by the monitoring of biological parameters at different nested levels:

Community:

- Total abundance
- Richness (S)
- Diversity (Shannon-Wiener H' Index)

Population level:

- Specific abundance/density
- Nesting attempts
- Breeding success
- Productivity

Individual:

- Spatial-temporal selection and utilization intensity
- Use of structures
- Individual behaviours (e.g. resting, feeding, nesting, breeding)

And at different spatial scales:

- Macroscale: variability between monitored CDFs and representative, natural or anthropogenic habitats of the lower Guadalquivir basin at community scale.
- Mesoscale: variability between CDFs and sectors within CDFs at community and population scale.
- Microscale: differential selection and use of areas and structures within sectors at population and individual scale.

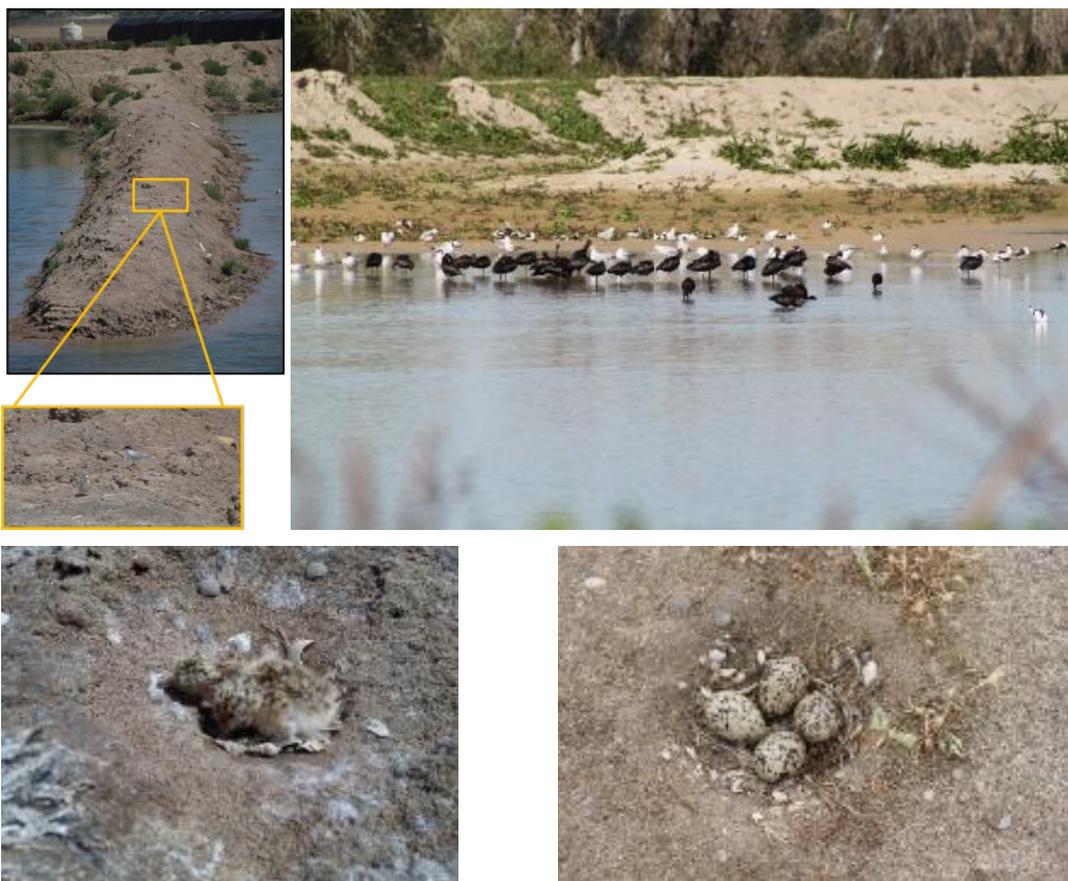


Figure 38. Waterbird nests and eggs inside the CDFs. Source: Port Authority of Sevilla

## 2.6.1 DEMONSTRATING WITH FACTS: EXAMPLES OF PRELIMINARY RESULTS

### GENERAL DESCRIPTION OF THE AVIAN COMMUNITY IN CDFs

A total of 25519 individuals of a minimum of 123 species belonging to 17 Orders were registered in the 217 individual censuses carried out in the three active CDFs of the Guadalquivir River in 74 irregularly distributed days between June 2015 and January 2020. Considering as waterbird those avian species directly dependent on inland or coastal aquatic environments, a total of 20686 individuals (81%) of a minimum of 59 waterbird species (49%) from 7 Orders (41%) were recorded. The black-winged stilt (*Himantopus himantopus*) was the most abundant waterbird species by far, with a 42% of the records. Other species with more than a 5% of relative frequency among waterbirds were the Eurasian coot (*Fulica atra*, 8.6%), black-headed gull (*Chroicocephalus ridibundus*, 7.3%), pied avocet (*Recurvirostra avosetta*, 7.9%) and mallard *Anas platyrhynchos*, 6.1%). The distribution of records among CDFs was heterogeneous, with 53.3% of observations in Horcada, 33.3% in Butano and 13.4% in Yeso. Absolute and relative frequencies of waterbird species for each CDF and overall are shown in Annex I.

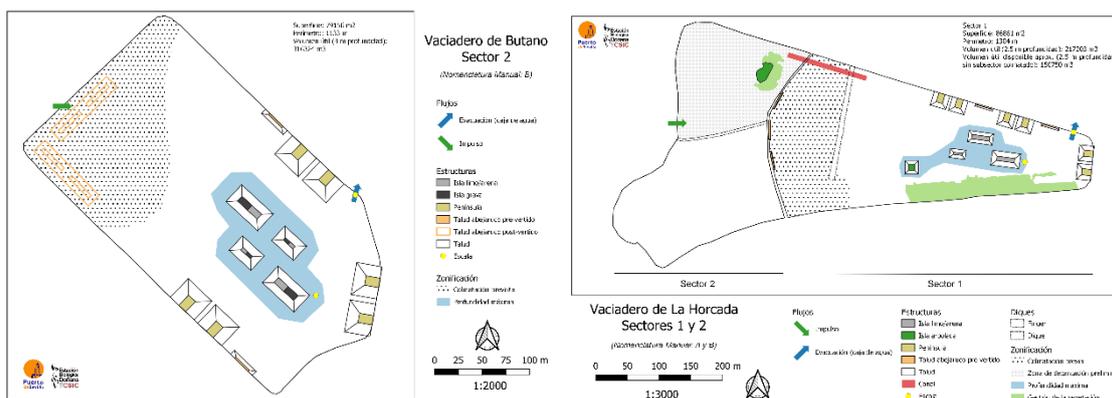


Figure 39. Schematic final proposal of action plans in confined disposal facilities (CDFs) of Butano2 and Horcada1-2 in the Guadalquivir river during the dredging-disposal campaign 2019-2020. Most actions were devoted to promoting the utilization of the ponds by the waterbird community and other species of interest: islands for breeding and resting, peninsulas with shallow areas for feeding and resting and nesting slopes for the European Bee-eaters. The final execution fulfilled most design objectives but some changes (e.g. stepper slopes in peninsulas and islands) reduces the expected use of structures.

### WATER MANAGEMENT, HYDROPERIOD AND WATERBIRDS

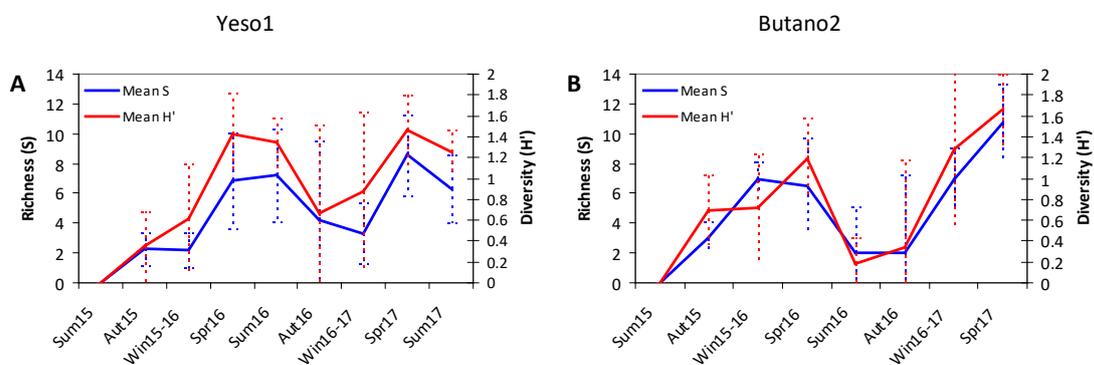
The key factor for the occupation of confined disposal facilities (CDFs) by waterbirds was the hydroperiod, that is, the length of the temporal interval with a significant portion of the sector covered by a minimum depth of water. In the Figure 12 several parameters at the scale of community are shown to illustrate the effects of flooding extent (E, F; Fig. 12) in two sectors with different management and consequences. Whereas in Yeso1 (A, C, E; Fig. 12) the confinement is prolonged after material disposal until desiccation by passive evaporation in the summer, in Butano2 (B, D, F; Fig. 12) the pond is intentionally drained by forced dewatering (e.g. opening of water-cage or channel in the perimeter dike) soon after disposal. As a result, the

hydroperiod is lengthened more than 90-120 days in Yeso1 in relation to Butano2 (E, F, Fig. 12), ensuring a relatively important flooded extension (>20%) even beyond the breeding season (August 2016, July 2017). Conversely, Butano2 is rapidly dried up before the incubating peak of most waterbird species (May 2016) or even well before the end of the wintering period (February 2017),

A prolonged hydroperiod covering late spring and early summer is essential for the concurrence of nesting waterbirds and breeding success. The lack of flooded areas with suitable emerged shoals prevents nesting onset. Likewise, both sudden increase of water level due to intense late spring rainfall or rapid level drop caused by forced drainage or strong evaporation may lead to reproductive failure. The advantageous management of water in Yeso1 resulted in a maximum peak of abundance, specific richness and diversity synchronized with the breeding period at late spring and summer in both 2016 and 2017. However, Butano2 showed an earlier maximum peak of community parameters at winter and spring, followed by a deeper drop during summer and autumn that in Yeso1 where occurred later in autumn-winter.

HYDROPERIOD AND REPRODUCTIVE PERFORMANCE IN WATERBIRDS

At least 12 waterbird species were registered breeding in any of the three CDFs, including the European bee-eater (*Merops apiaster*) (Table 3). Reproductive indicators varied among sites and years in relation to water management. We found clear positive effect of prolonged hydroperiod on nesting rates, breeding success and productivity (Fig. 13; Table 3). In 2016 and 2017, the three sites received dredged material at least in one sector. However, ponds in Butano where totally drained before nesting season and no waterbird was recorded breeding despite the high potential of the area as shown by the peak abundances and diversity observed during wintering periods when ponds were flooded. La Horcada was also drained in 2016, causing the failure of the few pairs that started nesting. However, in the next year 2017 a water cage was installed to prevent water discharge, which favoured a higher number of breeding attempts and the observation of up to almost 50 chicks of eight species, mainly blacked-winged stilts and pied avocets. A similar case was Yeso1, where water was retained in both years with a higher success rate and productivity in 2017.



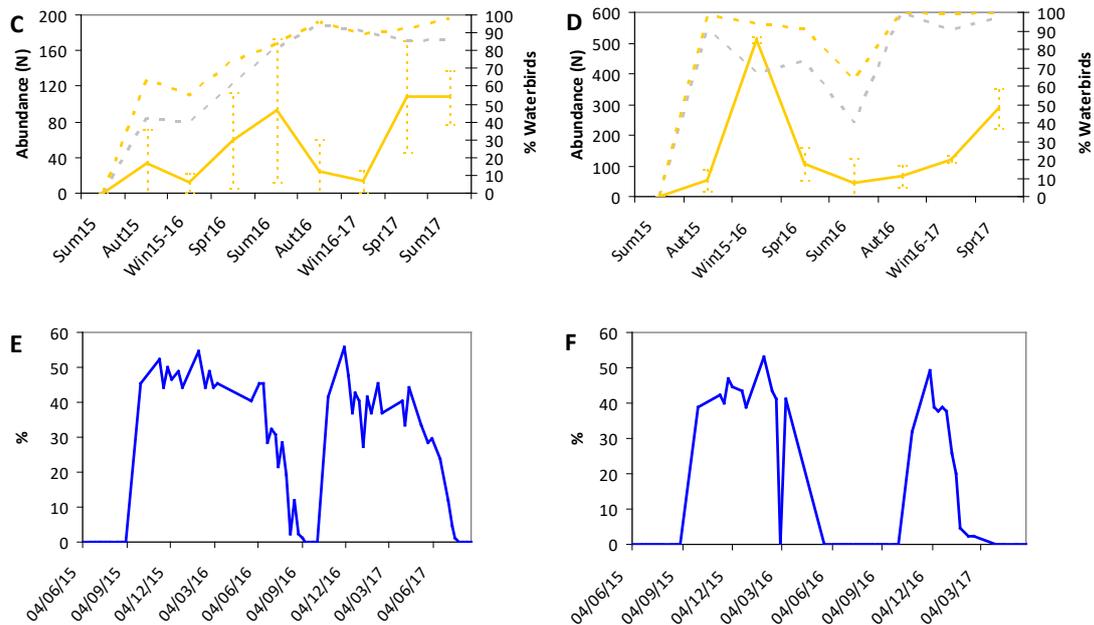


Figure 40. (A, B) Seasonal (quarterly) values of mean specific richness (S, blue line) and Shannon-Wiener diversity index (H', red line) of waterbirds per sector of CDFs and visit. (C, D) Seasonal values of mean total waterbird abundance (orange solid line), percentage of total abundance (orange dotted line) and percentage of specific richness (grey dotted line) corresponding to waterbirds in relation to all birds, per sector and visit. (E, F) Daily percentage of sector cover by open water estimated from LandSat 8 images. Only records of waterbirds (or total birds) on ground or water were used to avoid passing individuals not using the area. Left and right charts for Yeso1 and Butano2, respectively, from Summer 20015 to Summer 2017 (Yeso1) and to Spring 2017 (Butano2).

Table 4. List of waterbirds species plus the Eurasian bee-eater registered breeding in the three confined disposal facilities (CDFs).

Scientific name	Common name	2016			2017		
		Butano	Horcada	Yeso	Butano	Horcada	Yeso
<i>Himantopus</i>	Black-winged stilt		*	*		*	*
<i>Recurvirostra avosetta</i>	Pied avocet		*	*		*	*
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	Black-headed gull						*
<i>Fulica atra</i>	Eurasian coot					*	
<i>Charadrius alexandrinus</i>	Kentish-plover		*	*		*	*
<i>Charadrius dubius</i>	Little ringed plover		*			*	
<i>Sternula albifrons</i>	Little tern		*				*
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Little grebe					*	
<i>Netta rufina</i>	Red-crested pochard					*	
<i>Anas platyrhynchos</i>	Mallard					*	
<i>Aythya ferina</i>	Common pochard						
<i>Merops apiaster</i>	European bee-eater	*	*	*			

*DISTURBANCES AND REPRODUCTIVE PERFORMANCE: EUROPEAN BEE-EATER*

The disposal of silty-sandy sediments, passive compaction and subsequent partial extraction in CDFs usually results in steep slopes of more than 2 m ideal for species nesting in ground-holes like the European bee-eater (Fig. 8). In fact, it is one of the most conspicuous and abundant breeding species with breeding colonies of more than 50 pairs. However, disposal-extraction works can also destroy nesting substrates and lead to reproductive failure if performed during the breeding season. For example, in 2016 around 20 and 77 active nests were observed in Horcada and Yeso respectively. However, continuous disturbance from machinery moving sediments in the breeding area in addition to adverse weather conditions in spring caused the total failure of the breeding colonies. Thus, a well-planned activity schedule and safety distances from breeding colonies become essential to favour the reproductive success in the species.

*NEW BREEDING STRUCTURES: ARTIFICIAL ISLANDS*

Besides water management, the morphological design of ponds and the provision of suitable elements for different activities through the biological cycle may even improve observed results. Preliminary pilot tests were carried out in the campaign 2017-18 with the creation of two isles in Horcada1 and Butano1. The islands were too small and, particularly in Horcada, remained under water at the maximum water level. In addition, the monitoring program finished before the end of the breeding season of 2018, so no systematic data was collected. The project was resumed in mid-2019 after one year without dredging works. In this occasion the production of a comprehensive Action Protocol and the proposal of better planned and more aspiring specific actions in collaboration with the Port Authority and the contractor have permitted to build up a total of eight islands of two sizes (50/200 m<sup>2</sup>), twelve peninsulas from the perimeter dike and four nesting slopes for the European Bee-eater (Figure 29). We expect the islands to be used as preferential nesting sites by several aquatic bird species, primary waders and maybe terns adapted to nest on highly dynamic isolated bare grounds, like the black-winged stilt, avocet or little tern. They are actually used as resting places but not for feeding due to the deeper waters that intentionally surround the isles to ensure the isolation until finishing the reproductive period.

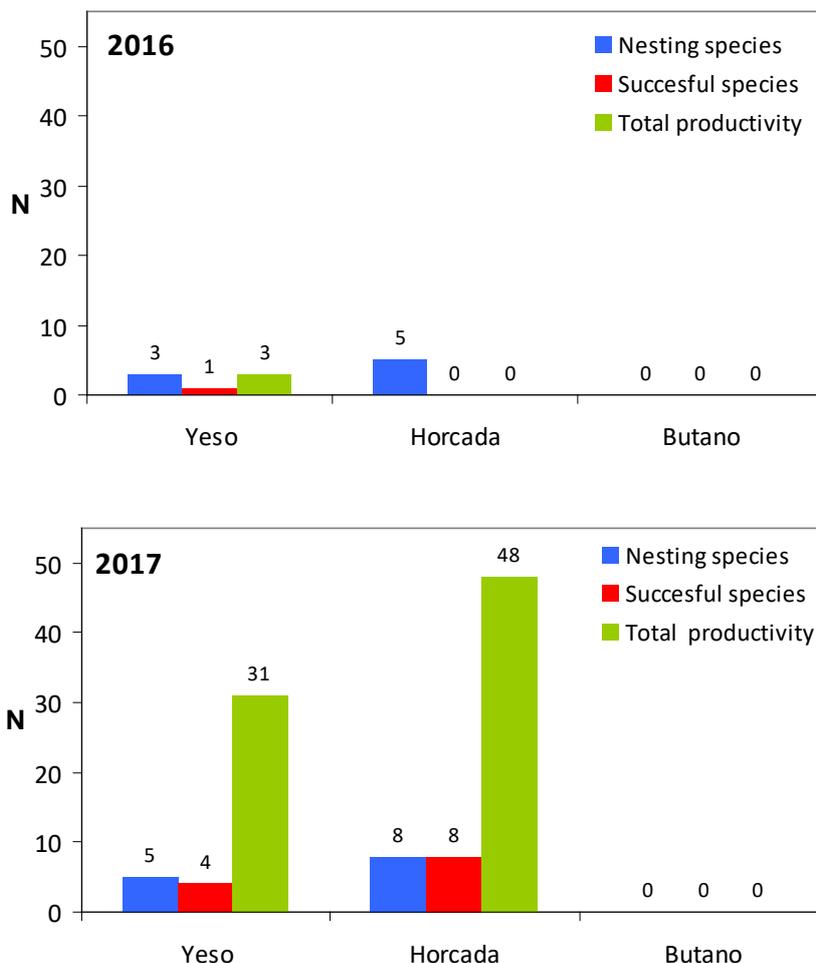


Figure 41. Minimum overall breeding output of waterfowl species recorded in the confined disposal facilities (CDFs) of the Guadalquivir river. Number of nesting species (blue bars), successful species (red bars) and total productivity (green bars) are shown for CDFs in years 2016 and 2017. At least one sector of each site received dredged material. Butano2 ponds were intentionally drained in both years, while in Yeso the water was retained until summer, and Horcada was dried up in 2016 but not in 2017. Numbers are shown on each bar.

MICRO-SELECTION OF INNER AREAS

Since the last disposal event (October 2019) and during the present winter period, waterbirds are mostly using wide shallow waters (<20 cm) usually close to the disposal point where a higher discharge of materials accumulated and formed heterogeneous shallow areas ideal for feeding and resting. This is the case of the NW part of Butano2, the subsector East in Butano3S or mud beaches on the W shore in Horcada1 (Figure 29). As the water level drops, these shallow areas will move further from the disposal point that eventually will become dry emerged lands of low interest for waterbirds.

## 2.7 FUTURE PROSPECTS

Some lines of action to be implemented or reinforced in the near future in the project in order to maximize the benefits that disposal activities can provide to the waterbird community and other species of interest, and to the adaptive monitoring-learning approach:

- Improvement and consolidation of rotating management between and within CDFs in order to guarantee the simultaneous availability of active ponds in each CDF with managed habitats and minimum requirements of design and environmental management (e.g. hydroperiod, structures, vegetation management, etc.).
- Development of the adaptive approach by continuously adjusting and refining management actions based on previous results, new experimental designs, monitoring and other external sources (e.g. specialized literature and other restoration programs).
- Improvement and completion of the Action Protocol based on the adaptive management approach and the expertise acquired
- Promotion of social divulgation of natural values, environmental management and results achieved in the project, as well as in-situ environmental education by opening adapted CDF to citizens.
- Improvement of pond design in order to promote overall waterbird community indicators (i.e. abundance, richness, diversity) while providing suitable habitat for groups of interest and, particularly, threatened species depending on specific environmental conditions. In this sense, some actions of interest could be to:
  - Prolong hydroperiod in active ponds to favour late-breeding scarce species in seasonal highly variable Mediterranean wetlands (e.g. marbled teal, white-headed duck).
  - Create and/or consolidate perennial and pluri-annual stable patches of vegetation within ponds able to persist successive disposal-drying-extraction cycles. For example, marsh vegetation patches provide breeding habitat for coots, grebes, moorhens and ducks, while mature tree stands on small islands could hold mixed breeding colonies of tree-nesting species such as herons, ibises or cormorants.
  - Increase breeding substrate diversity by providing dead trunks and branches lying on pond shores and island (e.g. coot, grebe), installation of artificial high platforms (e.g. osprey), "exotic" soil materials like gravel, stones, etc.
- Implementation of new monitoring technologies. In particular, the use of high-resolution ortho-images from drones to obtain environmental information, water level monitoring using DEMs and perform semi-automatic bird census, and the use of satellite images (LandSat, Sentinel) to monitor hydroperiod.
- Expansion of the pro-active management (Action Protocol) to new areas potentially used in the near future for disposal activities. Pond location and design from scratch

prior to intervention would allow to maximize action benefits and to preserve and integrate landscape features already present in the area.

- Assess the potential CDFs as suitable sites for species-oriented (non-habitat) actions such as release of recovered waterbirds from CREAs, reintroduction programs of threatened species, capture-marking programs, etc.

## ANNEX I. LIST OF WATERBIRD SPECIES IN CFDs

Scientific name	Spanish	Order	Overall		Butano		Horcada		Yeso		Threat Category	Annex I
			N	%	N	%	N	%	N	%		
	<b>common name</b>											<b>Birds Directive</b>
<i>Actitis hypoleucos</i>	Andarríos chico	Charadriiformes	217	1.05	104	1.51	29	0.26	84	3.04	L	
<i>Anas acuta</i>	Ánade rabudo	Anseriformes	24	0.12			24	0.22				
<i>Anas clypeata</i>	Cuchara común	Anseriformes	749	3.62	162	2.35	587	5.32				
<i>Anas crecca</i>	Cerceta común	Anseriformes	34	0.16			34	0.31				
<i>Anas penelope</i>	Silbón europeo	Anseriformes	2	0.01			2	0.02				
<b><i>Anas platyrhynchos</i></b>	<b>Ánade real</b>	<b>Anseriformes</b>	<b>1265</b>	<b>6.12</b>	<b>67</b>	<b>0.97</b>	<b>1114</b>	<b>10.1</b>	<b>84</b>	<b>3.04</b>		
<i>Anas strepera</i>	Ánade friso	Anseriformes	25	0.12			1	0.01	24	0.87		
<i>Ardea alba</i>	Garceta grande	Pelecaniformes	1	0	1	0.01					L	*
<i>Ardea cinerea</i>	Garza real	Pelecaniformes	65	0.31	18	0.26	30	0.27	17	0.61	L	
<i>Ardea purpurea</i>	Garza imperial	Pelecaniformes	13	0.06			13	0.12			L	*
<i>Ardeola ralloides</i>	Garcilla cangrejera	Pelecaniformes	9	0.04			9	0.08			EN	*
<i>Aythya ferina</i>	Porrón europeo	Anseriformes	423	2.04			419	3.8	4	0.14		
<i>Aythya fuligula</i>	Porrón moñudo	Anseriformes	2	0.01			2	0.02				
<i>Aythya nyroca</i>	Porrón pardo	Anseriformes	2	0.01			2	0.02			EN	*

Scientific name	Spanish	Order	Overall		Butano		Horcada		Yeso		Threat Category	Annex I
			N	%	N	%	N	%	N	%		
	<b>common name</b>											<b>Birds Directive</b>
<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla bueyera	Pelecaniformes	249	1.2	20	0.29	205	1.86	24	0.87	L	
<i>Calidris alba</i>	Correlimos tridáctilo	Charadriiformes	2	0.01					2	0.07	L	
<i>Calidris alpina</i>	Correlimso común	Charadriiformes	56	0.27	1	0.01	1	0.01	54	1.95	L	
<i>Calidris ferruginea</i>	Correlimos zarapitín	Charadriiformes	168	0.81	4	0.06	18	0.16	146	5.28	L	
<i>Calidris minuta</i>	Correlimos menudo	Charadriiformes	3	0.01					3	0.11	L	
<i>Calidris sp</i>	Correlimos sp	Charadriiformes	2	0.01	2	0.03					L	
<i>Charadrius alexandrinus</i>	Chorlitejo patinegro	Charadriiformes	482	2.33	8	0.12	244	2.21	230	8.32	L	*
<i>Charadrius dubius</i>	Chorlitejo chico	Charadriiformes	230	1.11	143	2.07	61	0.55	26	0.94	L	
<i>Charadrius hiaticula</i>	Chorlitejo grande	Charadriiformes	61	0.29	16	0.23	34	0.31	11	0.4	L	
<i>Chlidonias hybrida</i>	Fumarel cariblanco	Charadriiformes	5	0.02			5	0.05			L	*
<b><i>Chroicocephalus ridibundus</i></b>	<b>Gaviota reidora</b>	<b>Charadriiformes</b>	<b>1511</b>	<b>7.3</b>	<b>698</b>	<b>10.13</b>	<b>403</b>	<b>3.65</b>	<b>410</b>	<b>14.83</b>		
<i>Egretta garzetta</i>	Garceta común	Pelecaniformes	370	1.79			268	2.43	102	3.69	L	*
<b><i>Fulica atra</i></b>	<b>Focha común</b>	<b>Gruiformes</b>	<b>1780</b>	<b>8.6</b>	<b>6</b>	<b>0.09</b>	<b>1750</b>	<b>15.87</b>	<b>24</b>	<b>0.87</b>		
<i>Gallinago</i>	Agachadiza común	Charadriiformes	157	0.76	53	0.77	80	0.73	24	0.87		
<i>Gallinula chloropus</i>	Gallineta común	Gruiformes	9	0.04	4	0.06	2	0.02	3	0.11		

Scientific name	Spanish	Order	Overall		Butano		Horcada		Yeso		Threat Category	Annex I
			N	%	N	%	N	%	N	%		
	<b>common name</b>											<b>Birds Directive</b>
<i>Gelochelidon nilotica</i>	Pagaza piconegra	Charadriiformes	568	2.75			559	5.07	9	0.33	L	*
<b><i>Himantopus</i></b>	<b>Cigüeñuela común</b>	<b>Charadriiformes</b>	<b>8787</b>	<b>42.48</b>	<b>4119</b>	<b>59.76</b>	<b>3956</b>	<b>35.87</b>	<b>712</b>	<b>25.75</b>	<b>L</b>	<b>*</b>
<i>Hydroprogne caspia</i>	Pagaza piquirroja	Charadriiformes	105	0.51	102	1.48	3	0.03			L	*
<i>Ixobrychus minutus</i>	Avetorillo común	Charadriiformes	4	0.02			4	0.04			L	*
<i>Larus michahellis</i>	Gaviota patiamarilla	Charadriiformes	66	0.32	1	0.01	8	0.07	57	2.06		
<i>Limnocyptes minimus</i>	Agachadiza chica	Charadriiformes	5	0.02			5	0.05				
<i>Limosa</i>	Aguja colinegra	Charadriiformes	17	0.08	10	0.15	7	0.06			L	
<i>Mareca strepera</i>	Ánade friso	Anseriformes	3	0.01	3	0.04						
<i>Marmaronetta angustirostris</i>	Cerceta pardilla	Anseriformes	7	0.03			1	0.01	6	0.22	EN	*
<i>Netta rufina</i>	Pato colorado	Anseriformes	228	1.1			86	0.78	142	5.14		
<i>Nycticorax</i>	Martinete común	Pelecaniformes	5	0.02			5	0.05			L	*
<i>Oxyura leucocephala</i>	Malvasía cabeciblanca	Anseriformes	1	0			1	0.01			EN	*
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Cormorán grande	Suliformes	20	0.1	2	0.03	15	0.14	3	0.11		
<i>Philomachus pugnax</i>	Combatiente	Charadriiformes	1	0					1	0.04	L	*

Scientific name	Spanish	Order	Overall		Butano		Horcada		Yeso		Threat Category	Annex I
			N	%	N	%	N	%	N	%		
	<b>common name</b>											<b>Birds Directive</b>
<i>Phoenicopterus roseus</i>	Flamenco común	Phoenicopteriformes	75	0.36	18	0.26	36	0.33	21	0.76	L	*
<i>Platalea leucorodia</i>	Espátula común	Pelecaniformes	52	0.25	2	0.03	22	0.2	28	1.01	L	*
<i>Plegadis falcinellus</i>	Morito	Pelecaniformes	742	3.59	517	7.5	199	1.8	26	0.94	L	*
<i>Pluvialis apricaria</i>	Chorlito dorado	Charadriiformes	1	0					1	0.04	L	*
<i>Pluvialis squatarola</i>	Chorlito gris	Charadriiformes	1	0			1	0.01			L	
<i>Podiceps cristatus</i>	Somormujo lavanco	Podicipediformes	3	0.01	1	0.01	2	0.02			L	
<i>Podiceps nigricollis</i>	Zampullín cuellinegro	Podicipediformes	12	0.06			12	0.11			L	
<i>Porphyrio</i>	Calamón común	Gruiformes	14	0.07			14	0.13			L	*
<b><i>Recurvirostra avosetta</i></b>	<b>Avoceta común</b>	<b>Charadriiformes</b>	<b>1643</b>	<b>7.94</b>	<b>741</b>	<b>10.75</b>	<b>502</b>	<b>4.55</b>	<b>400</b>	<b>14.47</b>	<b>L</b>	<b>*</b>
<i>Sternula albifrons</i>	Charrancito común	Charadriiformes	29	0.14			8	0.07	21	0.76	L	*
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Zampullín común	Podicipediformes	149	0.72	8	0.12	129	1.17	12	0.43	L	
<i>Tadorna ferruginea</i>	Tarro canelo	Anseriformes	2	0.01					2	0.07	L	*
<i>Tadorna</i>	Tarro blanco	Anseriformes	36	0.17	3	0.04	6	0.05	27	0.98	L	
<i>Tringa nebularia</i>	Archibebe claro	Charadriiformes	85	0.41	6	0.09	74	0.67	5	0.18	L	

Scientific name	Spanish	Order	Overall		Butano		Horcada		Yeso		Threat Category	Annex I
			N	%	N	%	N	%	N	%		
	<b>common name</b>											<b>Birds Directive</b>
<i>Tringa ochropus</i>	Andarrío grande	Charadriiformes	56	0.27	45	0.65	9	0.08	2	0.07	L	
<i>Tringa totanus</i>	Archibebe común	Charadriiformes	39	0.19	2	0.03	19	0.17	18	0.65	L	
<i>Vanellus</i>	Avefría europea	Charadriiformes	11	0.05	5	0.07	6	0.05				
NA	Anátida sp	Anseriformes	3	0.01	1	0.01	2	0.02				
<b>TOTAL</b>			<b>20686</b>		<b>6893</b>		<b>11028</b>		<b>2765</b>			



*"Adaptative management of maintenance dredges for the Creation of Bird Nesting Areas"*

## ANNEX II. ACTION PROTOCOL



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



**Protocolo de manejo integral de los vaciaderos terrestres  
utilizados en los dragados de mantenimiento de la canal de  
navegación de la Eurovia E.60.02. Guadalquivir para su  
uso por la avifauna acuática y de interés**

*Equipo de trabajo:*

Roberto Muriel Abad  
Javier Manzano Baraza  
Miguel Ferrer Baena

Abril 2019

## Índice

<b>1. Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Adecuación de la morfología de los vaciaderos .....</b>	<b>6</b>
3.1. <i>Diseño de márgenes interiores.....</i>	6
3.2. <i>Desconexión y aislamiento de diques interiores .....</i>	7
3.3. <i>Creación de islas .....</i>	8
3.4. <i>Morfología de fondos y profundidad.....</i>	9
<b>4. Gestión temporal de la lámina de agua .....</b>	<b>10</b>
4.1. <i>Regulación estacional de la lámina de agua .....</i>	10
4.2. <i>Manejo alternativo para la extensión interanual de la lámina de agua.....</i>	11
<b>5. Calendario de trabajos en los vaciaderos.....</b>	<b>11</b>
5.1. <i>Vertido de material de dragado .....</i>	12
5.2. <i>Vaciado forzado .....</i>	12
5.3. <i>Extracción de sedimentos.....</i>	12
<b>6. Uso y manejo rotatorio de los vaciaderos.....</b>	<b>13</b>
6.1. <i>Secuencia estándar (2-3 sectores).....</i>	13
6.2. <i>Secuencia alternativa (3 sectores) .....</i>	14
<b>7. Creación y manejo de hábitats y estructuras de especial interés.....</b>	<b>15</b>
7.1. <i>Nidificación de abejaruco europeo .....</i>	15
7.2. <i>Nidificación potencial de martín pescador y avión zapador .....</i>	16
7.3. <i>Nidificación de limícolas y estérnidos .....</i>	16
7.4. <i>Instalación de posaderos y plataformas artificiales .....</i>	16
<b>8. Regulación del acceso.....</b>	<b>17</b>
8.1. <i>Restricción de acceso mediante cerramientos .....</i>	18
8.2. <i>Señalización disuasoria.....</i>	18
<b>9. Revegetación y apantallamiento .....</b>	<b>18</b>
9.1. <i>Vegetación acuática .....</i>	18
9.2. <i>Vegetación terrestre .....</i>	20
<b>10. Seguimiento, adaptación activa y generación de conocimiento .....</b>	<b>22</b>
10.1. <i>Seguimiento de labores de acondicionamiento y vertido.....</i>	23
10.2. <i>Seguimiento del uso por la avifauna acuática y de interés.....</i>	23
10.2.1. <i>Macroescala .....</i>	24
10.2.2. <i>Mesoescala .....</i>	24
10.2.3. <i>Microescala.....</i>	26
10.3. <i>Aproximación experimental .....</i>	26
10.4. <i>Difusión de resultados.....</i>	28
<b>Anexo I .....</b>	<b>30</b>
<b>Anexo II.....</b>	<b>32</b>
<b>Anexo III .....</b>	<b>35</b>

## 1. Introducción

En tránsito fluvial por el curso bajo del río Guadalquivir, entre la ciudad de Sevilla y la desembocadura en Sanlúcar de Barrameda, requiere de la conservación del canal de navegación en condiciones de plena operatividad y seguridad. Para ello, la Autoridad Portuaria de Sevilla (APS), como entidad competente y responsable, lleva a cabo un dragado periódico para el mantenimiento del calado y anchura mínimo del canal, con el fin de evitar su aterramiento excesivo por deposición de los sedimentos transportados por el río.

En los últimos diez años (2007-2017), los dragados efectuados en 14 tramos distintos a lo largo de poco más de 40 km del curso bajo del río (51% del canal de navegación entre la Broa y Sevilla) alcanzaron un volumen medio por campaña de 476 610 m<sup>3</sup> de sólidos mezclados con agua (40%), con un mínimo de 260 395 y un máximo de 757 582 m<sup>3</sup>. Cuando los dragados se realizan en los tramos más próximos a la desembocadura (i.e. Broa, Sanlúcar, Salinas y, parcialmente, Puntalete) los sedimentos se vierten en la plataforma marina o son empleados en la regeneración de playas y litoral. En cambio, los dragados del resto de tramos se depositan en recintos de confinamiento temporal, denominados vaciaderos terrestres, donde son procesados como residuos potenciales hasta ser retirados para su reutilización, generalmente en agricultura y construcción. Los vaciaderos consisten en balsas múltiples de decantación ubicadas en la margen izquierda del río y formadas por el recrecimiento de una mota perimetral de contención. Actualmente existen tres vaciaderos operativos denominados Butano, La Horcada y El Yeso, situados sobre antiguas parcelas de cultivo a una distancia mínima inferior a 50 m de la orilla del río, coincidiendo con los tramos de la Antesclusa, Tarfia y El Yeso, respectivamente (Fig. 1). Entre los tres suman una superficie total de 57 ha y una capacidad total de algo más de 1,41 millones de m<sup>3</sup>, si bien no todas las balsas de cada vaciadero están operativas simultáneamente (Tabla 1).

**Tabla 1.** Geometría básica y capacidad de retención de vertidos en cada uno de los sectores (balsas) de los tres vaciaderos en el curso bajo del río Guadalquivir. El volumen total es la suma del volumen de sedimentos sólidos, o volumen útil (60%), y el volumen de agua (40%) contenidos un dragado típico.

ID	Vaciadero	Sector	Perímetro	Área (m <sup>2</sup> )	Área (ha)	Volumen Total (m <sup>3</sup> )	Volumen útil (m <sup>3</sup> )
1	Butano	A	1009	55670	5.6		
2	Butano	B	1133	79156	7.9		
3	Butano	C	1579	120193	12.0		
	Butano	Total	3721	255019	25.5	543652	326191
4	La Horcada	A	1304	86881	8.7		
5	La Horcada	B	1189	65573	6.6		
	La Horcada	Total	2493	152454	15.2	450000	270000
6	El Yeso	A	1232	76205	7.6		
7	El Yeso	B	1607	85507	8.6		
	El Yeso	Total	5332	314166	31.4	416667	250000
	TOTAL		9053	569185	56.9	1410318	846191

El depósito y confinamiento de los dragados durante el proceso de decantación en los vaciaderos genera unas condiciones transitorias que son potencialmente aprovechables por organismos ligados a medios acuáticos temporales e inestables. La aplicación de criterios

ambientales en el diseño y gestión operativa de los recintos bajo una conveniente planificación dirigida permitiría potenciar los atributos físicos y biológicos que favorecen el asentamiento y desarrollo de las comunidades biológicas y las funciones del ecosistema acuático sin comprometer el cometido original de estas estructuras artificiales. En este sentido, la APS manifiesta en su Política de Calidad y Medio Ambiente de 2016 el compromiso con el uso sostenible de los recursos naturales y el respeto medioambiental, e incorpora en su Plan Estratégico 2025 la filosofía “Trabajando con la Naturaleza”, adoptada por la Asociación Internacional de Infraestructuras de Transporte Acuático (PIANC). Esta estrategia supone una aproximación integral y proactiva en el desarrollo de cualquier proyecto con implicaciones ambientales, desde su concepción y planificación hasta su finalización, de forma que se lleve a cabo de la forma más sostenible y eficiente posible sin limitarse a un mero cumplimiento de las regulaciones ambientales. Por tanto, los principios de sostenibilidad bajo los que opera la APS casan perfectamente con el fomento de los vaciaderos como biotopo apto para sustentar comunidades acuáticas (e.g. aves acuáticas) dentro de una planificación integrada en las actividades de dragado, vertido, drenaje y extracción de sedimentos.

**Figura 1.** Localización geográfica de los vaciaderos de Butano, La Horcada y El Yeso en la margen izquierda del curso bajo del río Guadalquivir, entre la ciudad de Sevilla y la desembocadura (Broa). El área verde muestra el Espacio Protegido de Doñana.



La puesta en valor ambiental de los vaciaderos cobra aún mayor interés teniendo en cuenta la enorme pérdida que los humedales, especialmente los continentales, han sufrido a nivel global (entorno al 50% desde principios del s. XX) y la gran importancia relativa de los servicios ecosistémicos que proporcionan. En el caso particular de los vaciaderos del río Guadalquivir, el paisaje históricamente transformado en el que se enmarcan incrementa su valor local, incluso a pesar de sus relativamente modestas dimensiones. Las marismas originales de la cuenca baja del Guadalquivir han sufrido una continua reducción de superficie y alteración de la dinámica natural a medida que los usos humanos se han extendido e intensificado, de forma singular en los últimos siglos. La primitiva deforestación y cultivo de gran parte de la cuenca provocaron el incremento de la erosión y transporte de sedimentos hasta la desembocadura, que terminaron por acelerar la colmatación natural de las marismas. Las campañas de desecación y saneamiento de zonas pantanosas y el aprovechamiento de la superficie ganada a la marisma, han acabado por transformar gran parte del primitivo humedal estacional en cultivos de arroz y regadíos. Finalmente, la modificación y canalización de los brazos y caños del trazado original del río para facilitar la navegación, han aislado la marisma residual de la dinámica fluvial y marina, con la consiguiente pérdida de funciones naturales. Estas alteraciones se hacen especialmente patentes en la margen izquierda en la que se sitúan los vaciaderos, totalmente ocupada por cultivos, y en la mitad norte dominada por arrozales. Únicamente en la parte final de la margen derecha se conservan marismas naturales y lagunas temporales sobre arenas estabilizadas y zonas peridunares del Parque Nacional de Doñana (PND). No obstante, el acuífero sobre el que se asientan sufre una excesiva presión humana (i.e. captaciones para riego y consumo) que reduce su hidroperiodo, especialmente de las lagunas temporales, que podría agravarse en un escenario de cambio climático con la variación del régimen de precipitaciones.

La creación de humedales artificiales es una práctica creciente desde mediados del siglo XX que junto con las actuaciones de restauración y similares (e.g. restitución, rehabilitación, remediación) contribuyen a revertir parte de la pérdida y degradación de los ecosistemas acuáticos continentales originales. Sin embargo, el peculiar origen y dinámica de los vaciaderos respecto a otros humedales artificiales o naturales, restaurados o no, condiciona su manejo y la respuesta de las comunidades biológicas que sustentan:

- El hidroperiodo en los vaciaderos no es tan dependiente del régimen de precipitaciones y/o nivel freático, sino que está determinado mayormente por los ciclos de dragado-vertido y la regulación artificial de la lámina de agua. Si el nivel de agua se maneja apropiadamente, los vaciaderos pueden ofrecer una alternativa ventajosa frente a la desecación estacional e irregular de las marismas y lagunas (naturales o no), o al drenaje de los arrozales determinado por el calendario de cultivo.
- La reconfiguración periódica de los recintos debida a los trabajos cíclicos de vertido y extracción de sedimentos en los vaciaderos operativos. Permite reiniciar el protocolo de manejo en cada nueva campaña de vertidos. En un humedal natural o artificial normalmente se realiza una única campaña de restauración o creación, respectivamente, seguida en algunos casos de tareas de mantenimiento menor.

En definitiva, la creación de espacios susceptibles de acoger especies y comunidades propias de medios húmedo y la especial naturaleza de las labores recurrentes en los vaciaderos terrestres ofrece una interesante oportunidad para poner en práctica estrategias de gestión que aporten valor ambiental añadido a las tareas rutinarias de operación en un entorno

intensamente transformado siguiendo la filosofía “Trabajando con la Naturaleza” adoptada por la APS.

## 2. Objetivos

En el presente documento se expone de forma resumida la propuesta de recomendaciones a considerar en el manejo de los vaciaderos terrestres del curso bajo del río Guadalquivir por parte de la APS con el objetivo principal de conciliar las labores de vertido y extracción de sedimentos con el uso de las balsas por la avifauna acuática y de interés. El plan de medidas propuesto trata de introducir y reforzar características físicas y de gestión que potencien el valor de los vaciaderos como hábitat de interés para la comunidad de aves acuáticas en un contexto dominado por cultivos y humedales estacionales, y sin que estas comprometan la función operativa de los vaciaderos.

Se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Maximizar la riqueza, diversidad y abundancia de la comunidad de aves acuáticas y de interés presentes en el conjunto de los vaciaderos terrestres, especialmente durante la invernada y reproducción.
- Maximizar la riqueza, diversidad y abundancia de especies reproductoras de aves acuáticas y de interés en el conjunto de los vaciaderos terrestres.
- Potenciar la nidificación de ciertos grupos o especies en particular, como las especies ligadas a medios acuáticos inestables y temporales (e.g. larolimícolas) y el abejaruco europeo (*Merops apiaster*).
- Incrementar el éxito reproductor de las especies nidificantes.
- Dimensionar el protocolo de manejo de forma razonable y adaptada a las tareas operativas de los vaciaderos para que cumpla con los objetivos ambientales bajo una perspectiva coste-beneficio que no suponga un sobre coste excesivo en recursos económicos, humanos y/o de tiempo.
- Optimizar las actuaciones de reconfiguración, restauración y creación de elementos para que la variación en la capacidad de los recintos y el volumen previsto de sedimentos sea asumible.
- Obtención de información aplicada y útil para la optimización y consolidación del plan de manejo a largo plazo, y de información ecológica de interés sobre el sistema manejado.
- Difusión de resultados e información de interés sobre la gestión de los vaciaderos y su uso por la avifauna.

En los siguientes apartados se presenta primero una breve justificación de las medidas propuestas y se listan a continuación las actuaciones recomendadas para su consecución.

## 3. Adecuación de la morfología de los vaciaderos

### 3.1. Diseño de márgenes interiores

La zona de transición entre el medio terrestre y el acuático constituye el hábitat preferente para la mayoría de las aves acuáticas. Esta interfase se caracteriza por aguas poco profundas, bien iluminadas y con abundante concentración de nutrientes, donde la productividad primaria

del medio acuático es elevada y se desarrolla gran parte de la vegetación acuática emergente, sumergida y bentónica. Por tanto, son zonas ricas en alimento, con refugio y zonas aptas para la nidificación, donde las aves acuáticas desarrollan la mayor parte de su actividad.

Una de las principales actuaciones en cualquier proyecto de creación de humedales consiste en maximizar la extensión de esta zona de interfase mediante el trazado sinuoso de las orillas que aumenta la longitud efectiva de las mismas y la superficie de transición tierra-agua. Además, la alternancia de salientes y entrantes aumenta la heterogeneidad asociada de hábitats, ofrece mayor refugio y aumenta el aislamiento visual percibido por las aves, lo que permite un mayor número de parejas por unidad de distancia de la orilla en especies territoriales y mayor protección frente a molestias externas.

El diseño original de los vaciaderos se caracteriza precisamente por lo contrario, formas geométricas de 3 o 4 lados con márgenes rectos que forman la mota perimetral y minimizan el desarrollo longitudinal de orillas para maximizar el volumen contenido de los vertidos.

Acciones a ejecutar:

- Modificar el trazado de los márgenes interiores de la mota perimetral para aumentar la sinuosidad mediante la formación de salientes y entrantes alternos.
- Los salientes se formarán mediante el acopio y compactación de sedimentos sobre el talud de la mota. Preferentemente se emplearán materiales finos (limos) de menor valor económico.
- Idealmente tendrán una distancia de proyección perpendicular de mínimo 10 m y una anchura de 10 m en el momento de máximo nivel de agua.
- Se situarán a intervalos de mínimo 10-15 m.
- La pendiente de la parte emergida y subsuperficial deberá ser suave, con una relación máxima 1:4.
- Con preferencia se instalarán en los márgenes rectos más alejados de posibles fuentes de molestia (e.g. vías circulación) y opuestas a los puntos de observación previstos, es decir en orillas norte y oeste.
- Se evitará el punto de impulsión del vertido donde la colmatación es mayor, y se tendrá en cuenta la presencia y disposición de otros elementos (e.g. diques, islotes, taludes de nidificación; ver epígrafes 3.2, 3.3, 7.1, 7.2).
- Estas modificaciones se realizarán durante los trabajos de extracción de sedimentos y preparación de los vasos para un nuevo vertido.

### ***3.2. Desconexión y aislamiento de diques interiores***

Los diques emergidos, largos y estrechos, presentes en algunas balsas de los vaciaderos constituyen emplazamientos óptimos para la nidificación de aves acuáticas debido a su mayor aislamiento y protección respecto de las amenazas y molestias periféricas. En función de su utilidad se diferencian dos tipos. Por un lado, los denominados “fingers” (e.g. El Yeso), diques perpendiculares a la mota perimetral que aumentan la distancia recorrida del flujo de drenaje y reducen su velocidad con el fin de favorecer la sedimentación de sólidos en suspensión y reducir la erosión de los taludes, fondos y canales de drenaje. Y por otro, los diques de compartimentación dentro de las balsas y entre sectores del vaciadero (e.g. Butano). Sin embargo, la conexión de estos elementos con los márgenes permite el acceso de

predadores terrestres y de personal no autorizado, que suponen amenazas constatadas para la presencia, la nidificación y el éxito reproductor de las aves.

Acciones a ejecutar:

- Desconexión de estos elementos (“fingers” y separadores dentro de balsas) mediante la extracción de sedimentos en el punto de unión con el perímetro que permita su aislamiento efectivo hasta el final del periodo reproductivo, una vez completada la desecación de la balsa.
- Se establecerán separaciones horizontales respecto a la mota perimetral cuya longitud dependerá de la seguridad de la operación.
- La profundidad respecto a la cota superior de la lámina de agua deberá garantizar su aislamiento hasta el secado de la balsa (ver punto 3.4).

### **3.3. Creación de islas**

Las aves acuáticas seleccionan preferentemente para el reposo y nidificación superficies emergidas y aisladas de las orillas periféricas, que proporcionan mayor protección frente a las amenazas terrestres externas. El diseño original del vaso de las balsas no prevé este tipo de elementos. Sólo la extracción irregular de sedimentos una vez secas las balsas y la fluctuación del nivel de la lámina de agua permiten la existencia espontánea y temporal de superficies emergidas relativamente aisladas. Sin embargo, son elementos fuertemente dependientes del drenaje y variabilidad ambiental, por lo que su presencia es azarosa, habitualmente efímera e incluso contraproducente si las aves inician la nidificación y estas superficies acaban sumergidas debido a la subida del nivel por precipitaciones copiosas o, por el contrario, terminan conectándose con el perímetro por la bajada de la cota de agua.

Acciones a ejecutar:

Creación de resaltes artificiales con un diseño que garantice su aislamiento y emergencia sobre la cota máxima de la lámina de agua durante el periodo reproductor desde el llenado de la balsa. Dichas islas deberán tener las siguientes características de diseño:

- Superficie emergida mínima de 50 m<sup>2</sup> por isla.
- Forma alargada (relación 3:10), para aumentar la relación perímetro/superficie.
- Cota mínima de coronación de 30 cm respecto a la lámina de agua en su nivel máximo tras el llenado.
- Pendiente progresiva con relación no superior a 1:4 en la parte emergida y subsuperficial de los taludes, para facilitar el acceso a las aves.
- La profundidad del vaso del entorno a los islotes deberá garantizar su aislamiento durante la mayor parte del ciclo hasta el secado, por lo que deberán contar con una cota similar a la máxima del recinto (ver punto 1.4).
- Para su construcción se utilizarán preferentemente los sedimentos cercanos extraídos durante la profundización del fondo circundante.
- El número y tamaño de islas por recinto dependerá del tamaño del recinto y de la preexistencia o no de diques desconectados. En ausencia de diques aislados, la suma de la superficie de islas emergidas deberá ser de al menos el 3% de la superficie de la lámina de agua en el nivel máximo de llenado, con un mínimo de uno o dos islotes que sumen 100 m<sup>2</sup>.
- Separación mínima entre sí de 10 m con el nivel máximo de agua.

- Orientación perpendicular a la línea de observación más probable desde la mota perimetral, generalmente los lados sur a este-sureste.
- Se situarán preferentemente en la zona central de las balsas de modo que se maximice la distancia a los márgenes del recinto (distancia mínima de 10 m respecto a mota perimetral) siempre y cuando se consideren el resto de puntos.
- Se instalarán preferentemente alejados del punto de vertido, sujeto a mayor colmatación.
- No se dispondrán a lo largo de la misma línea de observación prevista desde la mota perimetral (lados sur a este-sureste) para evitar la superposición visual de los islotes durante su seguimiento.
- Alternativamente a las islas se pueden instalar balsas flotantes. Se trata de plataformas generalmente cuadradas de entorno a 3 x 3 m, construidas con madera trata y fijadas sobre contenedores estancos y parcialmente llenos de agua que permiten su flotación a unos 20 cm sobre la superficie. Las balsas se fijan mediante una cuerda o cadena anclada al fondo con una longitud superior a la profundidad máxima prevista. Se pueden adaptar con diferentes tipos de sustrato (e.g. gravas-arenas, vegetación acuática) y elementos (e.g. pequeño voladizo para refugio de pollos, rampas de acceso, etc.) según las especies objetivo. Se pueden disponer individualmente o en grupos enlazados. Tienen la ventaja de que no precisan de movimientos de tierra, que se adaptan al nivel del agua y que no detraen sedimentos ni capacidad de almacenamiento de los recintos. Sin embargo, tienen un coste en materiales y tiempo de fabricación, necesitan mantenimiento, deben recogerse y almacenarse durante los periodos no operativos, y tienen una vida limitada.

### **3.4. Morfología de fondos y profundidad**

Una de las variables que determina la intensidad y tipo de uso de una laguna por las aves acuáticas es la profundidad de la lámina de agua y su variabilidad. Según la dieta y las adaptaciones correspondientes, las aves pueden seleccionar para su alimentación lagunas someras con poca profundidad (e.g. limícolas) o láminas más profundas (e.g. anátidas buceadoras). Sin embargo y de forma general, el descanso y la nidificación suele realizarse en emplazamientos emergidos y preferentemente aislados de posibles amenazas terrestres. Por tanto, los humedales con variación espacial y temporal en la profundidad a lo largo del vaso favorecen una mayor riqueza y diversidad de especies, siempre que existan emplazamientos óptimos para el reposo y nidificación que aseguren una mínima tranquilidad.

Acciones a ejecutar:

- Favorecer el aislamiento durante al menos el periodo reproductivo de los diques (“fingers” y separadores internos) desconectados de la mota perimetral y de los islotes artificiales mediante la profundización del fondo circundante hasta alcanzar el máximo previsto para el vaso de la balsa respecto a la cota máxima de la lámina de agua.
- Crear fondos a diferentes niveles durante las labores de preparación del vaso, bien en varios planos escalonados o en pendiente continua, que permitan profundidades variables una vez llena la balsa. Idealmente deberían establecerse:
  - Áreas con profundidades  $\geq 1.5$  m respecto a la cota máxima de la lámina de agua, adecuada para fochas y anátidas buceadoras (e.g. porrones, pato colorado).
  - Áreas con profundidades de entorno a 50 cm para anátidas de superficie

- Áreas con aguas someras (< 20 cm), generalmente próximas a las orillas y con desarrollo de vegetación palustre (e.g. carrizal, marjal, espadañal). Adecuadas para la alimentación y refugio de limícolas, anátidas de superficie y ardeidas.
- Estos diseños deberán tener en cuenta el gradiente de sedimentación diferencial durante el llenado, con un máximo en la zona de impulsión del vertido (tipo arenas) que disminuirá hasta un mínimo en el punto de evacuación (tipo limos), así como la fluctuación del nivel de llenado y profundidad con el proceso de desecación.

#### 4. Gestión temporal de la lámina de agua

##### 4.1. Regulación estacional de la lámina de agua

La extensión, forma, profundidad y estabilidad de la lámina de agua son parámetros claves para el tipo e intensidad de uso que las aves acuáticas hacen de un humedal, y que en última instancia determinan la presencia, abundancia, riqueza y diversidad de la comunidad de aves. El entorno del bajo Guadalquivir, donde se sitúan los vaciaderos, está dominado por humedales mediterráneos de agua dulce, fuerte estacionalidad e irregularidad ambiental, además de extensos arrozales sometidos a ciclos artificiales de inundación y secado. En cambio, los medios acuáticos estables y permanentes están infrarepresentados a pesar de que suponen interesantes enclaves refugio, particularmente cuando los hábitats naturales y arrozales se secan. Un adecuado manejo del agua en los vaciaderos permitiría maximizar la presencia y abundancia en estos enclaves de una comunidad diversa de aves acuáticas, además de ofrecer condiciones óptimas para el descanso, alimentación y reproducción de múltiples especies. Sin embargo, el drenado rápido del agua tras el vertido y decantación de los sedimentos es incompatible con una mínima estabilidad de la lámina de agua imprescindible para su asentamiento.

En la regulación del nivel del agua hay que tener en cuenta la secuencia básica de trabajos en los vaciaderos, que se resume en el vertido repetido de materiales durante la campaña de dragado, drenaje activo o secado pasivo del agua remanente, y extracción de sedimentos depositados. Durante los dragados, un mismo recinto operativo recibe sucesivos vertidos a lo largo de un periodo variable que suele oscilar entre dos semanas y poco más de un mes. Tras cada vertido se espera a que decanten los sólidos en suspensión para forzar el drenaje del agua y hacer hueco al siguiente vertido hasta finalizar los dragados.

Acciones a ejecutar:

Maximizar la permanencia del agua del vertido y precipitaciones estacionales para garantizar una lámina de agua mínima durante al menos el periodo reproductor desde el llenado definitivo de la balsa. Para ello es necesario:

- Instalación de compuertas de desagüe (“cajas de agua”) en todas los recintos, para que actúen como rebosaderos artificiales que garanticen un nivel máximo igual o inferior a la cota máxima de seguridad respecto a la de coronación de la mota perimetral, y que permitan la regulación a demanda del nivel de la lámina.
- La cota máxima del rebosadero deberá establecerse de manera coordinada con otros elementos de diseño recomendados (e.g. islas, diques desconectados).
- La instalación de las compuertas deberá realizarse en el punto de vertido establecido previamente por el diseño de los vaciaderos.

- En los últimos vertidos se debe calcular el volumen necesario de dragado (i.e. número de cántaras de la draga x volumen de cada cántara) en función de la capacidad restante del recinto para que el nivel final tras el último vertido alcance el máximo de seguridad permitido una vez cerrada la compuerta de desagüe del recinto.
- Tras el llenado definitivo, la compuerta se mantendrá cerrada para retener el agua en el nivel óptimo establecido, permitiendo la evacuación pasiva por rebosamiento en el caso de subida del nivel por precipitaciones abundantes.
- A partir de entonces el vaciado se producirá de forma natural y progresiva por la evaporación del agua.
- Únicamente se procederá a la apertura de la compuerta y el drenaje total si, una vez transcurrido el periodo crítico de reproducción de las aves y en previsión del inicio de los trabajos de extracción de sedimentos para su gestión, existiese todavía agua retenida en el recinto.

#### **4.2. Manejo alternativo para la extensión interanual de la lámina de agua**

En aquellos vaciaderos y situaciones donde fuese viable deberían valorarse manejos alternativos que permitiesen extender la permanencia de la lámina de agua más allá de una única temporada reproductora en una misma balsa. Se plantean dos opciones para balsas en las que no se prevean trabajos de extracción en la temporada siguiente a la del llenado por vertido:

- Mantener cerrada la compuerta de desagüe desde el llenado hasta el secado/vaciado de la segunda temporada (incluido el verano de la primera). La balsa estaría sujeta a los ciclos naturales de desecado y relleno según las tasas de evaporación y de acumulación con las precipitaciones. De esta forma, la balsa ofrecería una segunda temporada consecutiva de hábitat de interés para la invernada y reproducción de las aves, hasta el secado definitivo durante el segundo verano.
- Mantener cerrada la compuerta de desagüe y forzar el mantenimiento de la lámina de agua en o cerca del máximo mediante el aporte regular de agua desde canales externos próximos, sea por flujo pasivo o activo mediante bombeo, además del agua acumulada por las precipitaciones. Se trataría de mantener una lámina permanente durante dos ciclos consecutivos, desde el llenado hasta el secado/vaciado de la segunda temporada. La existencia de pequeñas lagunas permanentes durante todo el año sería de gran interés en un entorno sometido a una prolongada sequía estival y el drenaje de los arrozales circundantes.

Este tipo de manejo alternativo es factible sobre todo en aquellos vaciaderos con un uso ocasional que no requiera de balsas habilitadas para el vertido anual. Sería el caso de El Yeso, que no se utiliza todos los años puesto que el dragado de su tramo de río próximo a la desembocadura es empleado habitualmente en la regeneración de playas o para vertidos en la plataforma oceánica. Las balsas de este vaciadero podrían ser gestionadas como lagunas estables con secado estacional (llenado por precipitaciones) o lámina continua (llenado forzado regular) durante dos o más ciclos (años) consecutivos. No obstante, una correcta planificación rotatoria permitiría también la inundación de balsas durante dos ciclos seguidos en vaciaderos utilizados anualmente, como Butano o La Horcada (ver apartado 6).

## **5. Calendario de trabajos en los vaciaderos**

El objetivo es compatibilizar las labores esenciales de vertido y extracción de sedimentos en los vaciaderos con el uso que las aves realizan de las balsas, para evitar las molestias durante

los periodos críticos (i.e. reproducción e invernada). El uso de los vaciaderos dependerá de la propia fenología de cada especie y del hábitat disponible en cada sector según el manejo particular al que se encuentre sometido.

En los siguientes puntos se recomienda un calendario de actividades sostenible según el uso previsto de cada sector de cada vaciadero.

### **5.1. Vertido de material de dragado**

El periodo óptimo para llevar a cabo el vertido del material de dragado debería coincidir entre los meses de septiembre y enero, es decir, antes del periodo central de invernada (diciembre-febrero) y después de finalizar el periodo reproductor completo, incluida la emancipación de los jóvenes tras el periodo de dependencia (marzo-julio). Con preferencia se realizará a partir de octubre, para evitar la fuerte sequía estival, y antes de diciembre, para que las balsas estén dispuestas antes del inicio de la invernada. De esta forma se garantiza la existencia de agua justo antes de la invernada y se evitan molestias hasta pasado el periodo reproductor. El paso postnupcial (agosto-octubre) no es relevante en los vaciaderos al encontrarse secos después del verano y el prenupcial se solapa con el final de la invernada y comienzo de la reproducción.

Dependiendo de las necesidades de operatividad de la vía navegable, este periodo podría ampliarse, adelantándose hasta julio. No obstante, existe el riesgo de interferir en el tramo final de la época reproductora de las especies tardías y de comprometer la viabilidad de la lámina de agua debido a la elevada tasa de evaporación durante el verano.

### **5.2. Vaciado forzado**

Esta práctica se evitará una vez alcanzado el llenado definitivo para garantizar la permanencia de la lámina de agua durante la invernada y, sobre todo, el periodo reproductor. En principio, la evaporación natural debería ser suficiente para el vaciado y desecado completo de aquellas balsas destinadas a la extracción de sedimentos en la misma (o posterior) temporada. Si no fuese suficiente, se procedería a la apertura total de la compuerta de desagüe a partir del mes de agosto, para facilitar las operaciones de extracción y gestión del material de vertido sin causar molestias durante el periodo reproductor.

### **5.3. Extracción de sedimentos**

A partir de agosto, una vez secas las balsas y transcurrido el periodo reproductor, se puede proceder a la extracción y gestión de sedimentos a demanda hasta la preparación de las mismas para el siguiente vertido. Aunque los sectores completamente secos no son utilizados por aves acuáticas, si se constata la presencia y nidificación de al menos una especie de interés, el abejaruco europeo. Esta especie utiliza taludes terrosos para excavar sus nidos, formando habitualmente colonias. La correcta extracción de sedimentos en el perímetro de las balsas puede crear taludes adecuados para su nidificación (ver epígrafe 7.1), pero también puede ocasionar molestias o destruir colonias.

Por tanto, en aquellos sectores con presencia de taludes ocupados por el abejaruco europeo:

- Se evitarán trabajos con maquinaria en un perímetro mínimo de seguridad de 50 m entorno a las colonias de cría, entre abril (llegada pre-nupcial) y agosto (abandono de las zonas de cría).
- Se balizará la zona del perímetro susceptible de ser traspasada por la maquinaria mediante señalización disuasoria o elementos físicos que bloqueen el acceso.

## **6. Uso y manejo rotatorio de los vaciaderos**

El diseño de los vaciaderos y la secuencia de los trabajos de dragado-vertido-extracción permiten un uso rotatorio de las balsas compatible con la disponibilidad temporal de hábitats óptimos para el desarrollo parcial o total del ciclo vital de aves acuáticas.

Teniendo en cuenta que la frecuencia máxima de dragados-vertidos en cada tramo del río es anual, que se concentran en unas pocas semanas, y que existen varios sectores (recintos independientes) en cada vaciadero, se establecen dos tipos de secuencias rotatorias para un año natural.

### **6.1. Secuencia estándar (2-3 sectores)**

Para vaciaderos con posibilidad de contar con tres sectores diferenciados, la rotación estándar propuesta sería la siguiente (Fig. 2):

- Sector 1: Mantenimiento de la lámina de agua del llenado previo hasta mediados de verano (julio) y desecado por evaporación natural y/o drenaje (agosto). Pueden iniciarse trabajos de extracción y gestión de sedimentos a partir del otoño una vez seca la balsa y finalizada la reproducción.
- Sector 2: Extracción de sedimentos a demanda, respetando el calendario hábil y perímetro de seguridad en caso de presencia de colonias de abejaruco europeo (ver epígrafe 5.3) u otras especies de interés.
- Sector 3: Preparación del recinto, con todas consideraciones estructurales realizada en el presente documento (ver apartado 3), para la siguiente campaña de dragado-vertido de mantenimiento entre septiembre y diciembre (epígrafe 5.1), y mantenimiento de la lámina de agua hasta el siguiente año.

En el siguiente ciclo, el sector 3 pasará a estar lleno y manejarse como nuevo sector 1, el 1 pasará al uso 2, y el 2 se preparará según el uso 3, y así sucesivamente.

Para vaciaderos con posibilidad de contar con sólo dos sectores independientes, la rotación correspondiente sería la siguiente (Fig. 2):

- Sector 1: Mantenimiento de lámina de agua del llenado previo hasta mediados del verano (julio) y secado por evaporación natural y/o drenaje (agosto). Pueden iniciarse trabajos de extracción y gestión de sedimentos a partir del otoño una vez seca la balsa y finalizada la reproducción.
- Sector 2: Extracción de sedimentos dentro del periodo hábil y perímetro de seguridad en la primera mitad del año y preparación del recinto a partir de final de verano. El vertido de los sedimentos procedentes de los dragados debería realizarse entre septiembre (ver epígrafe 5.1) y diciembre, y se mantendrá la lámina de agua hasta siguiente año.

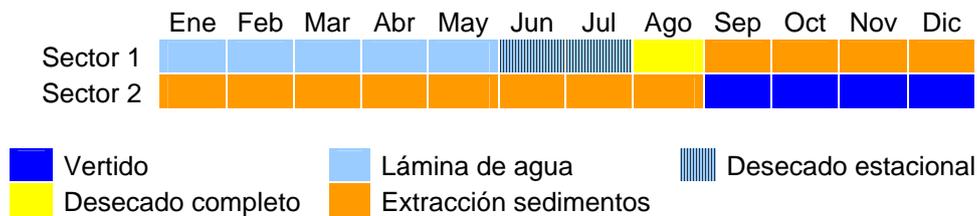
No obstante y tal como se comenta en el punto 4.2, en los vaciaderos cuyo uso sea ocasional, se pueden concatenar varios ciclos con las compuertas cerradas para mantener la lámina de agua estacional (o permanente) de forma continua hasta la previsión de futuros dragados y vertidos.

**Figura 2.** Esquema de secuencia anual estándar para tres (A) y dos sectores (B)

**A**



**B**



### 6.2. Secuencia alternativa (3 sectores)

Esta opción resulta viable en vaciaderos con sectores que, en alguna campaña concreta de dragado, hayan recibido aportes de sedimentos poco significativos que pueden gestionarse en un corto periodo de tiempo o directamente no tratar dada su escasa entidad. De esta manera, siguiendo el punto 4.2, sería posible una secuencia rotatoria alternativa que maximice la disponibilidad espacial de hábitat óptimo dentro de cada ciclo de uso en un vaciadero con tres sectores (Fig. 3):

- Sector 1: Mantenimiento de lámina de agua del anterior vertido hasta el verano (julio; 1º ciclo), secado por evaporación natural (agosto), rellenado a partir de otoño por acumulación de precipitaciones (2º ciclo). Sería posible también mantener la lámina de agua permanente y estable durante todo el ciclo mediante aportes artificiales y regulares.
- Sector 2: Mantenimiento de la lámina de agua gracias a aportes naturales (i.e. precipitaciones otoño-primavera) y/o aportes artificiales hasta el verano (julio; 2º ciclo), cuando se secaría por evaporación natural y/o drenaje (agosto). Inicio de extracción y gestión de sedimentos a demanda una vez seco el recinto y finalizada la reproducción a partir de finales de verano.
- Sector 3: Extracción de sedimentos dentro del periodo hábil y perímetro de seguridad en la primera mitad del año y preparación para el llenado a partir de finales de verano. Inicio de las operaciones de dragado/vertido entre septiembre (ver epígrafe 5.1) y diciembre, y mantenimiento de la lámina de agua hasta el siguiente año.

Este manejo alternativo permitiría duplicar la superficie potencialmente anegable de hábitat óptimo a igual extensión de los sectores. Se conseguiría manteniendo cerradas las compuertas de desagüe en el sector 1 durante todo el ciclo. No obstante, reduciría la disponibilidad de espacio destinado a la extracción de áridos, con un solo sector disponible, y limitaría el tiempo de extracción en cada sector (máximo 8-10 meses, según fecha del vertido en el sector 3 y periodo hábil compatible con colonias de abejarucos y otras especies).

**Figura 3.** Esquema de secuencia anual alternativa para tres sectores.



## 7. Creación y manejo de hábitats y estructuras de especial interés

### 7.1. Nidificación de abejaruco europeo

La composición arenosa del sustrato y las labores de extracción una vez secas las balsas propician la formación espontánea de taludes aptos para la nidificación del abejaruco europeo (*Merops apiaster*). Una correcta planificación y ejecución permitirían la creación de taludes en emplazamientos adecuados y con características óptimas para la especie en tres escenarios posibles:

- Taludes permanentes en la periferia de las balsas, más allá de la mota perimetral. Se crearían mediante el depósito de áridos, su compactación y posterior excavación de paredes verticales durante la fase de extracción. Se emplazarían en el exterior de la balsa pero dentro del dominio público del vaciadero, en lugar tranquilo y protegido de posibles molestias (e.g. vías de servicio). Estos taludes podrían permanecer varios años sin manejo adicional, ni retirada de áridos.
- Taludes temporales en balsas desecadas. Dentro del recinto y en la fase de extracción de sedimentos se pueden crear taludes adecuados en el margen del perímetro que puedan ser colonizados por las especies hasta el llenado de la balsa.
- Taludes temporales emergidos en balsas llenas tras vertido. Construidos como los anteriores o recrecidos sobre la cota máxima de la lámina de agua prevista e incluso de la cota máxima de coronación de la mota perimetral, de forma que la pared del talud permanezca emergida sobre el agua. Además de los abejarucos, sería un diseño apropiado para el uso potencial por martín pescador y avión zapador (punto 7.2).

En el primer caso, los taludes podrían permanecer sin interferencias varios años, puesto que estarían ajenos a las labores de vertido y extracción de sedimentos. Serían necesarios arreglos parciales en caso de desmoronamiento leve, y reconstrucción completa en caso de erosión grave generalizada. En los otros dos casos, los taludes estarían sujetos a labores posteriores de llenado y extracción de sedimentos, por lo que su existencia sería probablemente temporal. En caso de ser desmantelados, se procederá a la creación de nuevos taludes sustitutivos al inicio de la fase de extracción de áridos, de modo que siempre estén disponibles para su uso. Se respetará siempre el calendario hábil y distancia de seguridad en caso de presencia de nidos ocupados durante el periodo reproductor (ver apartado 5).

En todos los casos, los taludes responderán al siguiente diseño:

- Excavación de depósitos compactados, previamente acumulados por la decantación pasiva del vertido en la balsa o por acopio activo de materiales.
- La anchura mínima del talud será de 15 m.

- La pared vertical del talud deberá tener una altura mínima de 2 metros desde la base o 1.5 m sobre la cota máxima de la lámina de agua en el tercer tipo de talud.
- La pared deberá orientarse preferiblemente hacia el norte o nordeste para evitar la fuerte insolación estival.

### **7.2. Nidificación potencial de martín pescador y avión zapador**

Al igual que el abejaruco europeo estas dos especies utilizan taludes arenosos-arcillosos para la nidificación, aunque con preferencia por aquellos situados próximos o sobre la lámina de agua. El avión zapador (*Riparia riparia*) no es un reproductor habitual del curso bajo del Guadalquivir, sino una especie invernante y en paso. El martín pescador (*Alcedo atthis*) si se reproduce en la zona, pero precisa de pesca abundante en la proximidad del nido. Se procedería a la creación de taludes temporales emergidos sobre la lámina de agua (tercer tipo en punto 7.1) con el fin de estimular el asentamiento y reproducción de estas especies. El diseño seguiría las recomendaciones dadas al final del epígrafe 7.1.

### **7.3. Nidificación de limícolas y estérnidos**

Las superficies emergidas y aisladas (o no) de áridos sin vegetación densa constituyen lugares preferentes para la nidificación de ciertas especies de limícolas (e.g. chorlitejos, andarríos, avoceta) y estérnidos (e.g. charrancito, pagaza piconegra, fumarel cariblanco) en los humedales. La composición del sustrato de los vaciaderos, originada por la deposición de áridos dragados del fondo del canal del río, y la dinámica cíclica de deposición-extracción que impiden el desarrollo de vegetación densa, favorecen la formación de este tipo de superficies.

Se puede potenciar el atractivo de estos hábitats de nidificación cubriendo parte de las superficies idóneas (e.g. islotes, diques desconectados) con áridos de grano más grueso (gravas) procedentes del entorno. Una alternativa en tramos próximos a la desembocadura, donde este tipo de áridos no es frecuente, sería emplear la gran abundancia de restos de conchas de moluscos presentes en los dragados del canal en esta parte del río. En ambos casos se sugiere aprovechar los materiales de la siguiente forma:

- Tamizar el contenido del dragado en el momento del vertido o del acopio de áridos terrestres para retener parte de los materiales gruesos, sean gravas o restos de conchas.
- Depositarlos temporalmente en lugares seguros de los vaciaderos.
- Emplearlos durante la preparación de las balsas para cubrir al menos parte de alguno de los elementos emergidos creados (i.e. islotes) o reformados (i.e. diques).
- Durante los trabajos de extracción de sedimentos, una vez finalizada la reproducción y desecada la balsa, se podrían recuperar de nuevo los materiales groseros mediante tamizado, para depositarlos en lugar seguro hasta ser reutilizarlos en la adecuación del mismo vaso en un nuevo ciclo de llenado.

### **7.4. Instalación de posaderos y plataformas artificiales**

El canal del bajo Guadalquivir y su entorno cercano (humedales dulces estacionales, arrozales y salinas) están prácticamente desprovistos de vegetación arbórea de cierto porte. La presencia de posaderos naturales es marginal y sólo algunos elementos artificiales (e.g. apoyos eléctricos, postes, vallas, etc.), plantaciones (eucaliptos) y escasos árboles y bosquetes naturales (principalmente tarajes de bajo porte), ofrecen una función alternativa. La existencia de este tipo de elementos dentro del recinto de los vaciaderos y, especialmente, en las superficies de mayor protección y querencia para las aves ejercería un gran atractivo para aquellas especies que los utilizan habitualmente como posaderos/dormideros (e.g. cormorán

grande, ardeidas, rapaces, paseriformes) y/o plataformas de nidificación (e.g. cigüeña común, ardeidas). Sin embargo, la movilización continua del sustrato debido al depósito y extracción recurrente de sedimentos impide el establecimiento y desarrollo de vegetación de gran porte dentro del recinto.

Se recomienda la instalación de posaderos y plataformas artificiales según los siguientes puntos:

- Utilizar tanto materiales naturales (e.g. troncos, árboles secos), como artificiales (e.g. postes, nidos artificiales).
- Los materiales naturales podrían ser recuperados de los arrastres del propio río.
- Deberán instalarse dentro del recinto de las balsas y preferentemente en alguno de los elementos aislados (i.e. islotes, diques desconectados), pero también en penínsulas y diques no aislados que sean utilizados por las aves.
- En caso de instalarse en superficies emergidas tras el llenado, deberán fijarse en la posición definitiva durante los trabajos de adecuación de los vasos y creación/reformado de los elementos emergidos previos al llenado.
- Los ubicados en el perímetro de la balsa (e.g. penínsulas, diques conectados) y su entorno próximo podrían instalarse en cualquier momento durante los trabajos de extracción de áridos y/o preparación del vaso.
- Deberán enterrarse al menos 50 cm (según masa aérea) para asegurar su estabilidad a lo largo de todo el ciclo de inundación de la balsa.
- Podrán colocarse también ramas secas o listones de madera horizontalmente en los taludes destinados a la nidificación del abejaruco europeo, para ser utilizados como posaderos y perchas de caza.

Los posaderos deberán cumplir además:

- Altura mínima de la parte aérea de 2 m, aunque elementos más bajos seguirán siendo útiles.
- Es preferible que tengan porte extendido (e.g. troncos secos con ramas) o estén rematados con listones horizontales en caso de postes.

Las estructuras de nidificación deberán tener:

- Altura mínima de la parte aérea de 4 m.
- Plataforma superior firmemente fijada al extremo del poste, cuadrada o circular, de aproximadamente 60 cm de diámetro (o lado), en madera o metal, y con borde superior perimetral o forma de cuenco para contener el material aportado para la construcción del nido.

## **8. Regulación del acceso**

El acceso de personal no autorizado, ganado y predadores terrestres al interior de los recintos, más allá de la mota perimetral, durante las fases más sensibles del ciclo biológico (i.e. reproducción e invernada) de las aves que usan los vaciaderos son fuente de molestias, fracaso reproductor y mortalidad.

### **8.1. Restricción de acceso mediante cerramientos**

Los vaciaderos no presentan ningún tipo de cerramiento que impida el acceso, al menos temporal, de personal ajeno a las labores legales relacionadas con el manejo de las balsas (e.g. pescadores, extracción ilegal de áridos), ganado no controlado, ni de posibles predadores terrestres de mediano y gran porte (e.g. perros, zorros, jabalíes). Algunas de las medidas más eficaces para evitar estas perturbaciones son la desconexión de diques interiores de la mota perimetral (epígrafe 3.2) y la creación de islotes aislados (punto 3.3). Sin embargo, los predadores terrestres pueden acceder nadando y el descenso del nivel de la lámina de agua permite la eventual conexión de estos elementos con el perímetro. Durante la etapa de extracción de sedimentos no hay conflicto con el acceso de personal al recinto excepto en aquellos sectores donde se hayan instalado colonias nidificantes de abejarucos. En estos enclaves existe el riesgo de que retiradas ilegales de áridos puedan causar molestias o destruir los taludes de cría.

Se sugiere el cerramiento parcial o total del perímetro de las balsas para asegurar la tranquilidad durante los periodos críticos de reproducción e invernada:

- En el caso de mínima intervención se cerrarían al paso de personas y predadores terrestres sólo los accesos inmediatos a las zonas más sensibles y no aisladas de los recintos, como los diques no desconectados y penínsulas. En los sectores con presencia de taludes ocupados (o previstos para ser ocupados) por abejarucos se cerraría temporalmente el acceso a la maquinaria no autorizada para evitar la retirada de áridos. Sería suficiente con cadenas de cierre transversal en los puntos más estrechos de las vías de acceso.
- En el escenario de mayor intervención se procedería al cercado perimetral permanente de las balsas, con cancelas de acceso para los trabajos de vertido, extracción de sedimentos y seguimiento. Sin embargo, es una medida más costosa, de mayor impacto y que puede ser innecesaria si acciones de menor intervención logran los mismos objetivos.
- En todos los casos se utilizaría malla de cierre cinegético de 2 m de altura y distancia horizontal entre alambres decreciente hacia la base.

### **8.2. Señalización disuasoria**

Instalación de señalización y cartelería apropiada y permanente en los puntos de acceso a los recintos y su perímetro cercano a vías de paso. Podrá colocarse de forma independiente o complementar el cerramiento parcial o completo, temporal o permanente, de las balsas y sus enclaves más sensibles. La señalización deberá indicar claramente la prohibición de acceso y/o retirada no autorizada de áridos, haciendo referencia a la autoridad competente, la normativa vigente y las sanciones aplicables en caso de infracción.

La cartelería informativa sobre el manejo sostenible de los vaciaderos, la comunidad de aves acuáticas y especies de interés presentes, y las recomendaciones para evitar interferencias con la actividad desarrollada por las aves (i.e. descanso, alimentación, reproducción) cumpliría una función más educativa que, si bien es altamente recomendable, quizá debería tratarse en un plan de educación ambiental específico más amplio.

## **9. Revegetación y apantallamiento**

### **9.1. Vegetación acuática**

Las algas y macrófitos acuáticos, junto con los aportes de la vegetación terrestres próxima, constituyen la base de las cadenas tróficas acuáticas. Los macrófitos emergentes y

subacuáticos proporcionan también sustrato para el desarrollo de otros organismos, refugio para la fauna, lugar de nidificación para las aves acuáticas y estabilidad para fondos y márgenes frente a la erosión y resuspensión de sólidos. Por tanto, cumplen funciones cruciales en los ecosistemas acuáticos y son importantes en cualquier restauración o manejo de humedales artificiales con fines de conservación.

Sin embargo, la naturaleza extractiva de los trabajos propios de los vaciaderos desaconseja la restauración artificial de la vegetación en el interior de los sectores operativos. La remoción recurrente de los sedimentos y la remodelación de la morfología de los recintos durante los trabajos de preparación previos a cada temporada de vertido, impiden el asentamiento estable de la vegetación dentro de la mota perimetral. Además, el seguimiento de humedales restaurados o creados indica que la revegetación artificial no aporta una ventaja añadida al desarrollo de la estructura biológica de estos medios en relación a la esperada bajo la colonización espontánea y, en cambio, sí puede suponer un importante coste económico añadido (22-73% del coste total) a las tareas de adecuación física de los recintos.

Por el contrario, sí pueden realizarse acciones indirectas que faciliten el desarrollo de la vegetación. La extensión y cobertura de estas formaciones depende en gran medida del hidroperiodo y la profundidad del agua. Las plantas emergentes (helófitos) se establecen y crecen rápidamente en zonas de transición tierra-agua de alta productividad, desde unos pocos centímetros por encima del nivel máximo del agua hasta cerca de 1 m de profundidad, mientras que las subacuáticas se desarrollan en aguas claras hasta más de 2 m de profundidad. Precisamente se trata de las zonas más usadas por las aves acuáticas, por lo que las plantas acuáticas (particularmente los helófitos) se beneficiarán de actuaciones ya descritas destinadas a adecuar la morfología de los recintos para su uso por la avifauna:

- Maximizar la longitud de orillas mediante trazado sinuoso (punto 3.1.).
- Maximizar la superficie de aguas someras con profundidad menor de 1 m respecto a la cota máxima de llenado (punto 3.4.).
- Modelar orillas con pendientes suaves (punto 3.1.).
- Maximizar el hidroperiodo y la extensión de la lámina de agua mediante la regulación del nivel de inundación (punto 4.1.).

Experiencias previas en algunos sectores de los vaciaderos han mostrado una buena respuesta de la vegetación acuática ante alguna de estas actuaciones. En el vaciadero de la Horcada, se observó un rápido desarrollo primaveral de helófitos (particularmente *Phragmites australis*) y especies subacuáticas una vez regulado el nivel de agua con la instalación de una compuerta de desagüe a partir de la campaña 2016-2017.

Adicionalmente, se conservará la vegetación de interés desarrollada en algunas partes de ciertos recintos siempre que sea compatible con la función de los vaciaderos. Un ejemplo es el tarajal establecido en la mitad sur del sector A de El Butano. Una vez establecidas, estas formaciones son relativamente resistentes a la sequía estacional, por lo que las actividades de vertido y desecación en los vaciaderos no deberían suponer un problema. La preservación de estas formaciones implica no poder retirar los sedimentos sobre los que se asienta, lo que limita la capacidad operativa del sector al reducir el volumen de almacenamiento de futuros dragados. Se recomienda:

- Asegurar un periodo mínimo de inundación basal estacional en las formaciones acuáticas y semiacuáticas de interés conservadas dentro de los recintos.

- Si el objetivo es preservar formaciones de acuáticas emergentes o favorecer la diversidad de hábitats deberá gestionarse la vegetación para evitar la sucesión completa hacia formaciones arbóreo-arbustivas (e.g. tarajal, saucedá) mediante siegas periódicas parciales y remoción ocasional del exceso de sedimentos orgánicos depositados.
- Compensar la merma en el volumen de almacenamiento mediante la profundización correspondiente del recinto, preferentemente en la zona de impulsión donde se produce mayor sedimentación.

## 9.2. Vegetación terrestre

Como ya se comentó previamente, el paisaje del curso bajo del río Guadalquivir está dominado por marismas dulces estacionales y amplios cultivos de arroz, en los que la presencia de bosques naturales es marginal. El entorno de los vaciaderos, junto al canal principal del río, carece igualmente de formaciones arbóreo-arbustivas naturales y maduras de ribera, excepto pequeños tarajales de medio porte y restos de saucedá en la ribera de El Butano. Sin embargo, estas formaciones pueden proporcionar servicios de gran interés en el entorno de los vaciaderos:

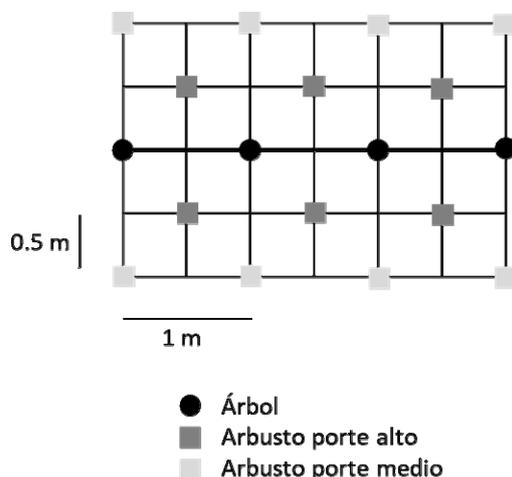
- Aislamiento visual, sonoro y físico de las balsas respecto a las vías de comunicación colindantes, que son fuente de molestias causadas por el tráfico ocasional y el acceso de personal a zonas sensibles del recinto.
- Estabilidad de suelos en taludes de alta pendiente o con erosión manifiesta.
- Provisión de refugio idóneo para el descanso y nidificación de aves (e.g. cigüeña común, ardeidas, rapaces, paseriformes).
- Fuente de alimento para ciertos grupos de aves (e.g. paseriformes frugívoros e insectívoros), dependiendo de la composición de la formación.

Acciones a ejecutar:

- Instalación de pantallas vegetales de trazado lineal que mitiguen las molestias procedentes del exterior de los recintos siguiendo los siguientes criterios (Fig. 4):
  - Franja de mínimo 2 m de ancho con estructura de orla arbóreo-arbustiva, diversidad de alturas y alta densidad.
  - En la línea central de la franja se situarán las especies arbóreas, con una separación entre pies de mínimo 1 m.
  - A ambos lados de la línea central se formará una orla de 1 de ancho donde se plantarán especies de arbustos situados alternativamente a 0.5 y 1 m de la línea central de árboles y una separación lateral entre sí de 0.5 m.
  - Las especies de mayor porte se situarán en las líneas interiores de la franja.
- Creación de pequeños bosquetes en el entorno de las balsas con la función de estabilizar suelos, proporcionar refugio y alimento:
  - Superficie mínima de 100 m<sup>2</sup>.
  - Plantación irregular con densidad de máximo 0.5 pies/m<sup>2</sup>.
  - Instalación de orla arbustiva perimétrica con al menos una línea de plantación a 1 m de distancia del borde de la parcela de plantación y separación mínima de 50 cm entre pies.

- Se ubicarán en zonas protegidas de molestias potenciales, como el espacio entre los recintos y la orilla del canal del río o entre las propias balsas, siempre que la superficie sea adecuada, el sustrato lo permita y no se comprometa la seguridad estructural de las motas perimetrales.

**Figura 4.** Plantilla tipo de plantación para la creación de pantallas vegetales.



- La estructura y composición de pantallas y bosquetes se ajustará a la vegetación potencial, según las condiciones abióticas específicas en cada vaciadero y el paisaje tradicional circundante. Las plantaciones con especies de mayor porte y cobertura serán preferibles en los vaciaderos de Butano y La Horcada, mientras que en El Yeso, situado en un entorno de marisma más próximo a la desembocadura, se optará por especies con menor porte (e.g. tarajes).
- Las especies vegetales seleccionadas serán nativas, propias de zonas húmedas, entornos riparios y de transición, y apropiadas para las funciones designadas:
  - Árboles de gran porte como el álamo blanco (*Populus alba*), chopo (*Populus nigra*), olmo (*Ulmus minor*) o fresno de hoja estrecha (*Fraxinus angustifolia*), se emplearán preferentemente en la formación de bosquetes refugio, aunque podrán igualmente usarse en la línea central de las pantallas vegetales.
  - Árboles de porte medio como el taraje (*Tamarix* sp.) o los sauces (*Salix* sp.) podrán emplearse tanto en la orla de bosquetes como en la parte interior de las pantallas vegetales.
  - Arbustos perennes, espinosos y de gran densidad se utilizarán preferentemente en la franja externa de las pantallas vegetales (e.g. *Rosa canina*, *Rubus ulmifolius*, *Crataegus mongyna*).
  - Arbustos productores de frutos (e.g. *Myrtus communis*, *Pistacea lentiscus*) serán apropiados para la franja interior de las pantallas o la orla arbustiva de los bosquetes.
- Las plantaciones deberán protegerse si existe riesgo de herbivoría por ganado o especies silvestres. Se empleará malla/tubo junto con tutor para la protección de plantones individuales y/o cercados de exclusión en el caso de los bosquetes.

- Las pantallas vegetales son compatibles con el cerramiento parcial o total de las balsas (punto 5) y generalmente recomendables para sumar efectos.

### **10. Seguimiento, adaptación activa y generación de conocimiento**

En todo plan de actuaciones ambientales es imprescindible una fase de seguimiento mínimo y razonable durante la ejecución de las tareas previstas y una vez concluidas. En el manejo de los vaciaderos se recomienda que el seguimiento cuente con los siguientes propósitos mínimos interrelacionados:

- Recoger la información mínima necesaria de acuerdo a los parámetros indicadores de interés establecidos en el plan de actuaciones, desde las tareas de extracción de sedimentos y acondicionamiento de los recintos antes de la campaña de vertido, hasta al menos la desecación completa del recinto.
- Establecer de forma sintética los principales resultados conseguidos mediante el tratamiento y análisis de la información recolectada.
- Evaluar el grado de consecución de los objetivos establecidos en el plan de actuaciones según la concordancia de los resultados registrados con los esperados para cada tipo de actuación.
- Llevar a cabo un proceso continuo de adaptación activa que permita mejorar la toma de decisiones basada en la evaluación de los resultados registrados y que tenga en cuenta tanto la incertidumbre esperada como posibles eventos impredecibles.

La restauración o creación de humedales artificiales conlleva habitualmente un único periodo relativamente breve de ejecución de trabajos intensivos de acondicionamiento seguido de tareas básicas de mantenimiento, temporales o no, hasta lograr un ecosistema autosostenible, estable o no. Sin embargo, las actuaciones de gestión ambiental en un conjunto de vaciaderos terrestres operativos constituyen una concatenación de trabajos de acondicionamiento que se repiten cíclicamente sobre el mismo espacio a lo largo de un periodo de tiempo prolongado (a veces indefinido). El programa de seguimiento y, particularmente, el proceso de adaptación activa resultan de especial importancia en este tipo de gestión continua. Permiten la revisión y actualización periódica del plan de gestión con el fin de optimizarlo en cada nueva campaña en base a criterios de eficacia y relación coste/beneficio. También permiten profundizar en el conocimiento del sistema manejado a través de su respuesta frente a las actuaciones planteadas en cada campaña. Esto favorece una aproximación más experimental en la que poder contrastar el efecto de diferentes diseños del biotopo gestionado sobre la biocenosis estudiada, aunque la respuesta del sistema estará limitada en el tiempo debido al reformado cíclico de los recintos operativos.

Se recomienda un periodo mínimo de seguimiento del plan de actuaciones de al menos 3-4 años de duración. La dinámica ecológica de los humedales mediterráneos temporales está fuertemente condicionada por la variabilidad del hidroperiodo natural dependiente del régimen de precipitaciones estacionales. En medios con gran incertidumbre interanual resultan imprescindibles series de datos multianuales que incorporen la variabilidad natural esperable para poder efectuar análisis representativos de la respuesta de la comunidad de aves al manejo implementado. El seguimiento plurianual en sistemas dinámicos como los vaciaderos permite además maximizar el conocimiento aplicado que se obtiene al poder probar actuaciones y configuraciones alternativas a lo largo de varias campañas.

Las tareas de seguimiento anual en los vaciaderos se dividen en dos etapas principales, la primera corresponde a los trabajos de acondicionamiento de los recintos y la campaña de dragados-vertidos (10.1.), y la segunda, más larga, al periodo activo del humedal una vez finalizados los vertidos y, en principio, hasta la completa desecación de los vaciaderos (10.2.). No obstante, el seguimiento de la avifauna puede extenderse al periodo de inactividad de los recintos (i.e. desecación, no operativos) si así se establece en el diseño de censos y otros controles.

### ***10.1. Seguimiento de labores de acondicionamiento y vertido***

Tanto durante las fases de extracción de sedimentos y acondicionamiento de los recintos previos a la campaña de dragados, como durante el periodo de vertido en los recintos ya preparados, se efectuará un seguimiento de los trabajos con el fin de:

- Supervisar las labores de extracción de sedimentos previas a las tareas de adecuación de recintos, para asegurar que se respetan las zonas y periodos de exclusión impuestos por la existencia de especies nidificantes de interés (e.g. abejaruco europeo) o de elementos de diseño estables (e.g. taludes de nidificación, islas, diques, etc.).
- Comprobar que la reconfiguración de la morfología y la creación o restauración de los nuevos elementos se realiza de acuerdo con el diseño mínimo de actuaciones recomendado en el presente protocolo de manejo y que no se ponen en riesgo elementos preexistentes de interés.
- Antes del vertido, deberá confirmarse la existencia de los mecanismos físicos necesarios para asegurar el llenado máximo permitido de seguridad (1 m por debajo de la cota de coronación de la mota perimetral), preferentemente a través de la instalación de compuertas regulables de desagüe (caja de agua).
- Comprobar que el vertido de dragados y el desagüe se realizan en los puntos establecidos y bajo los límites de calidad, volumen y flujo prefijados.
- Asegurar que al concluir las tareas de vertido en cada uno de los sectores operativos se alcanza el nivel de agua máximo posible de seguridad.
- Colaborar en lo posible con los equipos de contratistas que desarrollan los trabajos de adecuación de los recintos y los vertidos, así como con los responsables de la APS que los supervisan.
- Colaborar con el quipo de asistencia ambiental contratado para el seguimiento de los trabajos de dragado, drenaje y vertido, especialmente para la regulación del nivel de agua en los recintos.
- Determinar variaciones en el patrón de sedimentación de sólidos en relación a las modificaciones en el diseño de los recintos. Se utilizarán los dos levantamientos topográficos tridimensionales realizados por el equipo de la APS en cada recinto operativo de cada temporada, uno antes del vertido tras culminar los trabajos de adecuación y otro una vez seco el recinto y antes de extraer los sedimentos. La diferencia entre ambos permitirá calcular la altura de nuevos depósitos en cada punto de interés.

### ***10.2. Seguimiento del uso por la avifauna acuática y de interés***

El seguimiento del uso de los vaciaderos por la avifauna se prolongará a lo largo de todo el año, con especial atención al periodo activo del humedal entre el llenado definitivo del recinto operativo y su desecación completa, y particularmente durante las épocas de invernada y reproducción.

Las aves podrían hacer uso de los recintos antes incluso del vertido, si las lluvias otoñales creasen unas condiciones mínimas de inundación. Sin embargo, las labores de extracción de sedimentos y preparación para nuevos vertidos precisan de recintos secos y generan molestias directas que impiden el asentamiento de aves en los sectores operativos. En cambio, sí es posible que los recintos no operativos, sin campañas de vertido ni trabajos de extracción-adequación, puedan ser utilizados por las aves en función de las precipitaciones y el hidropериodo natural. Además, existen especies no acuáticas de interés, como el abejaruco europeo, que no dependen de la presencia de agua para desarrollar su ciclo vital.

El seguimiento del uso de los vaciaderos por la avifauna y su respuesta a las diferentes actuaciones puestas en marcha se realizará en tres escalas espaciales anidadas:

- Macroescala: variaciones en el uso entre vaciaderos y unidades ambientales próximas.
- Mesoescala: variaciones en el uso según características generales de los vaciaderos.
- Microescala: selección y uso de zonas y elementos dentro de vaciaderos.

### **10.2.1. Macroescala**

Se determinará el uso que la comunidad de aves acuáticas y de interés realiza de los vaciaderos a lo largo del año, según su estado operativo y en comparación con el entorno cercano, con especial atención al periodo de invernada y de reproducción:

- Se determinará y comparará la riqueza específica, diversidad, abundancia y densidad por especie, entre vaciaderos operativos (i.e. con vertido y lámina de agua temporal), vaciaderos no operativos (i.e. sin vertido) y las unidades ambientales definidas en su entorno próximo.
- Se realizarán censos en un mínimo de 3 puntos fijos aleatorios por cada unidad ambiental existentes en un radio de 5 km desde el centroide de cada vaciadero, a una distancia mínima de 1 km de los vaciaderos y siguiendo un método común de estación fija con tiempo limitado (20 min).
- Los censos serán mensuales durante todo el año, incluyendo los recintos no operativos y el periodo no activo de los recintos operativos.
- Los censos se realizarán sistemáticamente en un mismo rango horario que cubra al menos las tres primeras horas después del amanecer y las tres últimas antes del atardecer
- Secundariamente se utilizarán datos de censos mensuales realizados por el Equipo de Seguimiento EBD-CSIC en arrozales próximos del ENPD (e.g. Tarfia, El Italiano), lagunas (semi) permanentes de la RBD (e.g. sistema Santa Olalla-Dulce) y del conjunto del PND (censos desde avioneta), como referencia global del entorno de Doñana.

### **10.2.2. Mesoescala**

Se trata de evaluar el efecto del hidropериodo, extensión de la lámina de agua, estado operativo del recinto y de las actuaciones generales realizadas, sobre el uso de los vaciaderos por la comunidad de aves acuáticas y de interés:

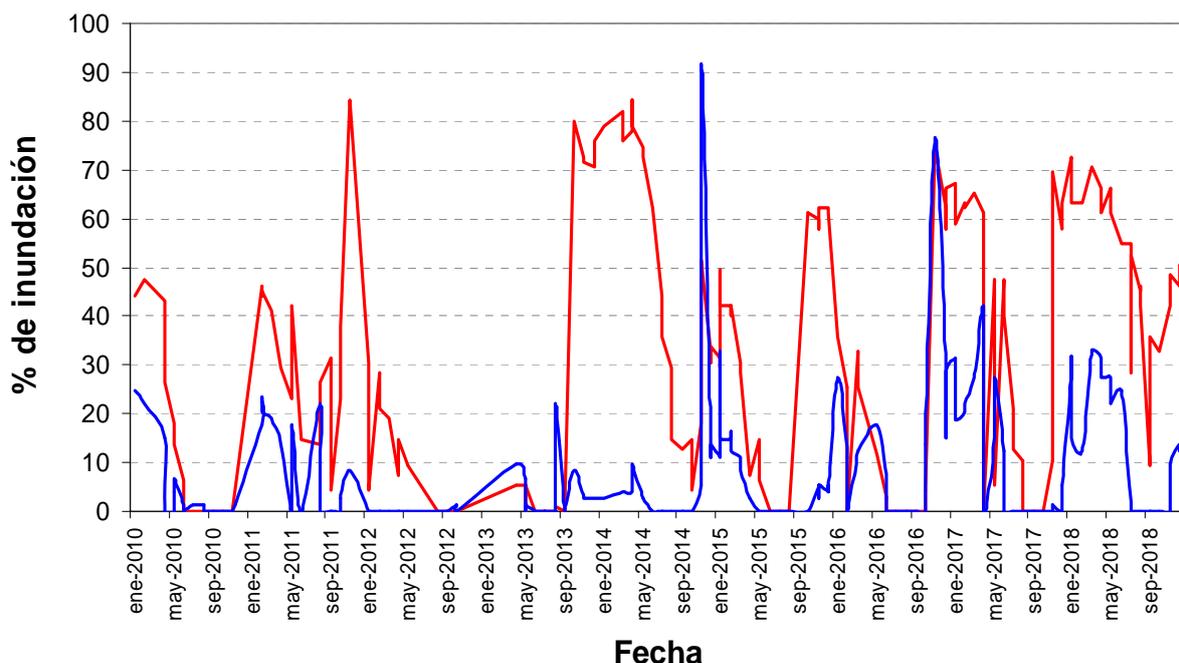
- Se determinará en cada recinto de cada vaciadero la riqueza específica y diversidad, así como la abundancia, densidad y parámetros reproductivos (i.e. número de parejas reproductoras, éxito reproductor) de cada especie.

- Se realizarán censos quincenales durante todo el año y semanales durante la época reproductora (marzo-julio) mediante estaciones en puntos fijos de cada recinto con tiempo limitado (20 min). Se contará el número de individuos por clase de edad y sexo de cada especie, así como el número de nidos, parejas reproductoras y pollos por pareja observados.
- Los censos se realizarán sistemáticamente en un mismo rango horario que cubra al menos las tres primeras horas después del amanecer y las tres últimas antes del atardecer.

El hidroperiodo y la extensión de la lámina de agua en cada sector de cada vaciadero se determinarán durante al menos el periodo de actividad (i.e. lámina de agua en los recintos) a partir de la información procedente de las siguientes fuentes:

- Imágenes satelitales proporcionadas por LandSat 7 y 8 (resolución 30 x 30 m, cada 16 días) y Sentinel 2A y 2B (resolución 10x10 m, cada 5 días). Las imágenes serán procesadas por el quipo del LAST-EBD para obtener los datos de superficie inundada a partir de la combinación de valores de bandas específicas del espectro. En la figura 5 se muestra un ejemplo de la variación temporal del porcentaje de inundación de los dos sectores de La Horcada elaborado a partir de imágenes LandSat.
- Ortofotografía corregida de alta resolución obtenida quincenalmente mediante drones. El proceso de vuelo se automatizará mediante trayectorias prefijadas con GPS y puntos de referencia in-situ. Se realizarán a una altura máxima de 120 m y mínima de seguridad (80 m) con entrada en plano de vuelo estable para evitar cualquier molestia a las aves. Los vuelos se realizarán coincidiendo ( $\pm 1$  día) con pasadas de satélites Sentinel para validar la información satelital. La información de superficie inundada se obtendrá mediante software específico para reconocimiento automatizado de cuerpos de agua.

**Figura 5.** Variación temporal del porcentaje de inundación (%) de los sectores A (rojo) y B (azul) del vaciadero de La Horcada entre enero de 2010 y diciembre de 2018. Elaborado a partir de imágenes LandSat 7 y 8 con periodicidad (LAST-EBD). Se observa cómo los picos de inundación se producen entre el otoño y el final de primavera o verano, y que el hidroperiodo es mayor y más estable en el sector A desde la campaña de 2013.



Se valorará la posibilidad de utilizar las imágenes de alta resolución de los drones para evaluar la extensión y cobertura de la vegetación desarrollada dentro y en el entorno de los vaciaderos. Si la resolución de las imágenes y el mimetismo de las aves lo permiten se podrá valorar también la utilidad de las imágenes para el censado de aves y la localización de nidos/parejas. Se intentará que los vuelos de los drones sean simultáneos en día y hora a los censos visuales para realizar una validación cruzada de los datos.

### **10.2.3. Microescala**

Se analizará a nivel de micro-hábitat la selección y uso que la comunidad de aves acuáticas en conjunto, grupos de especies y/o especies concretas, realizan de las diferentes zonas y estructuras establecidas dentro de los vaciaderos según el plan de actuaciones, particularmente durante el periodo de reproducción:

- La abundancia y densidad (individuos/100m<sup>2</sup>) por taxón serán las principales variables respuesta indicadoras del efecto de actuaciones sobre el uso selectivo por las aves.
- Se valorará el efecto de las actuaciones en márgenes, fondos y elementos emergidos, según taxón y actividad desarrollada:
  - Efecto de la sinuosidad, cobertura vegetal y pendiente de las orillas (comunidad, grupos).
  - Uso de islas y diques durante nidificación (larolimícolas) y descanso (grupos).
  - Uso de la lámina de agua según profundidad y actividad: playas húmedas y aguas someras (< 0.15 m) durante alimentación (limícolas, anátidas de superficie); aguas poco profundas (< 0.5 m) durante alimentación (anátidas de superficie); y aguas profundas (> 0.5 m) durante alimentación (anátidas buceadoras) y descanso (anátidas).
  - Uso de posaderos y plataformas de nidificación (cormorán, cigüeña, ardeidas, rapaces).
  - Uso de bosquetes periféricos y, en caso de crearse, bosquetes en islas (ardeidas, cormorán, cigüeña, rapaces).
- La abundancia y densidad se estimarán a partir de los mismos censos quincenales/semanales recomendados en el seguimiento mesoescalar de los vaciaderos (epígrafe 10.2.2.).
- Se mapeará la ubicación aproximada de las aves en cada censo y recinto sobre cartografía en la que figure la extensión actualizada de la lámina de agua.
- Se cartografiará la extensión y forma de la lámina de agua mediante la información procedente de las ortofotografías de alta resolución obtenida con drones (epígrafe 10.2.2.) y, en su defecto, de las imágenes satelitales Sentinel disponibles en las mismas fechas ( $\pm$  1 día) que los censos.
- Se determinará la profundidad de la lámina de agua combinando la información sobre la extensión y forma de la lámina de agua (punto anterior) con los dos levantamientos topográficos tridimensionales que el equipo de la APS realiza de los recintos operativos después de su preparación previa a los vertidos y una vez secos antes de comenzar la extracción de sedimentos. La diferencia entre ambos levantamientos permite calcular la profundidad máxima respecto a la cota máxima de seguridad (1 m por debajo de la cota de coronación de la mota perimetral) y, por tanto, estimar la profundidad en cada punto y momento al cotejarlo con las imágenes de la evolución temporal de la lámina de agua.

### **10.3. Aproximación experimental**

El seguimiento razonable y sistemático de cualquier medida de gestión o conservación aporta conocimiento aplicado y útil para la optimización de futuras actuaciones. Pero también puede contribuir a mejorar el conocimiento existente sobre la ecología del sistema manejado. En

programas de gestión que comportan un alto grado de manipulación del sistema, la adaptación del diseño de actuaciones bajo un enfoque más experimental permite maximizar la información de calidad sin que suponga un sobrecoste o esfuerzo excesivo.

En este sentido, las particulares condiciones de los vaciaderos en ambientes mediterráneos, especialmente la remoción periódica de sedimentos y la marcada estacionalidad de la lámina de agua, ofrecen el sistema oportuno para el estudio casi-experimental de selección de micro-hábitat en especies adaptadas a medios inestables y/o temporales. Siguiendo este principio se plantean dos posibles diseños y seguimientos específicos:

- Selección de talud de nidificación en el abejaruco europeo. Las estructuras de los vaciaderos (i.e. mota perimetral, diques) y las tareas de acopio y excavación de los sedimentos acumulados forman taludes terrosos aptos para la nidificación del abejaruco europeo, tal y como se ha constatado en el seguimiento realizado hasta ahora. La reconfiguración periódica de los recintos facilita el diseño personalizado de taludes, lo que permite analizar características específicas del talud que aumentan la probabilidad de nidificación y éxito reproductor. Por ejemplo:
  - Orientación.
  - Verticalidad.
  - Altura y longitud.
  - Tipo de sustrato (grava, arena, limo).
  - Ocupación anterior (presencia de nidos).
  - Antigüedad.
  - Existencia de posaderos.
  - Distancia a lámina de agua.
  - Distancia mínima a otro talud.
  - Distancia a fuentes de molestia (vías de comunicación, accesos, edificios).
- Selección de sustrato de nidificación en larolimícolas. Diversas especies de limícolas, estérnidos y gaviotas están adaptadas a nidificar en medios inestables y temporales, como pequeñas islas, bancos de arena y limos, o vegetación flotante, en humedales de elevada variabilidad estacional e interanual. Estas especies colonizan rápidamente nuevos sitios adecuados donde forman colonias, pero presentan menor fidelidad por el lugar y pueden abandonar con facilidad las zonas de cría si se producen perturbaciones durante la fase inicial de la reproducción. Seis de las 11 especies de aves acuáticas con reproducción confirmada en los vaciaderos se incluyen dentro de este grupo de especies (i.e. avoceta común, cigüeñuela común, chorlitejo grande, chorlitejo patinegro, charrancito común y gaviota reidora). La creación de nuevas islas, instalación de balsas, desconexión y fragmentación de diques, y la regulación del nivel de agua se plantean en el protocolo de manejo como acciones destinadas a favorecer la nidificación y éxito reproductor de estas (y otras) especies. El diseño de las islas se puede adaptar en cada campaña para analizar las características morfológicas, estructurales y biológicas que aumentan la probabilidad de nidificación y éxito de estas especies. Por ejemplo:
  - Tamaño.
  - Forma.
  - Relación perímetro/superficie.

- Orientación (alargadas).
- Distancia mínima a orillas.
- Distancia mínima a otras islas.
- Tipo de sustrato (grava, conchas, arena, limo).
- Presencia y cobertura de vegetación.
- Antigüedad.
- Número de especies nidificantes.
- Densidad relativa de otras especies nidificantes.

En ambos estudios se recomienda:

- Plantear diseños con un número limitado de factores manipulables para garantizar un tamaño de muestra mínimo por combinación de niveles y no comprometer la potencia de los análisis.
- Al menos dos réplicas por cada combinación de factores dentro de cada sector operativo.
- Las variables respuesta principales y, por tanto, los datos a tomar durante los seguimientos serán el número máximo de parejas reproductoras y el número de pollos por pareja en cada isla.
- Idealmente el mismo diseño debería repetirse al menos en dos años y en dos vaciaderos diferentes para considerar la variabilidad interanual y espacial mínima.

#### ***10.4. Difusión de resultados***

En todo programa de conservación y gestión ambiental, especialmente en aquellos financiados con fondos públicos, la información de las actuaciones ambientales desarrolladas y los resultados derivados de la recopilación, tratamiento y análisis de datos durante la fase de seguimiento, deben ser puestos a disposición de la sociedad de forma accesible y comprensible reconociendo así el derecho al acceso a la información ambiental y su valor educativo.

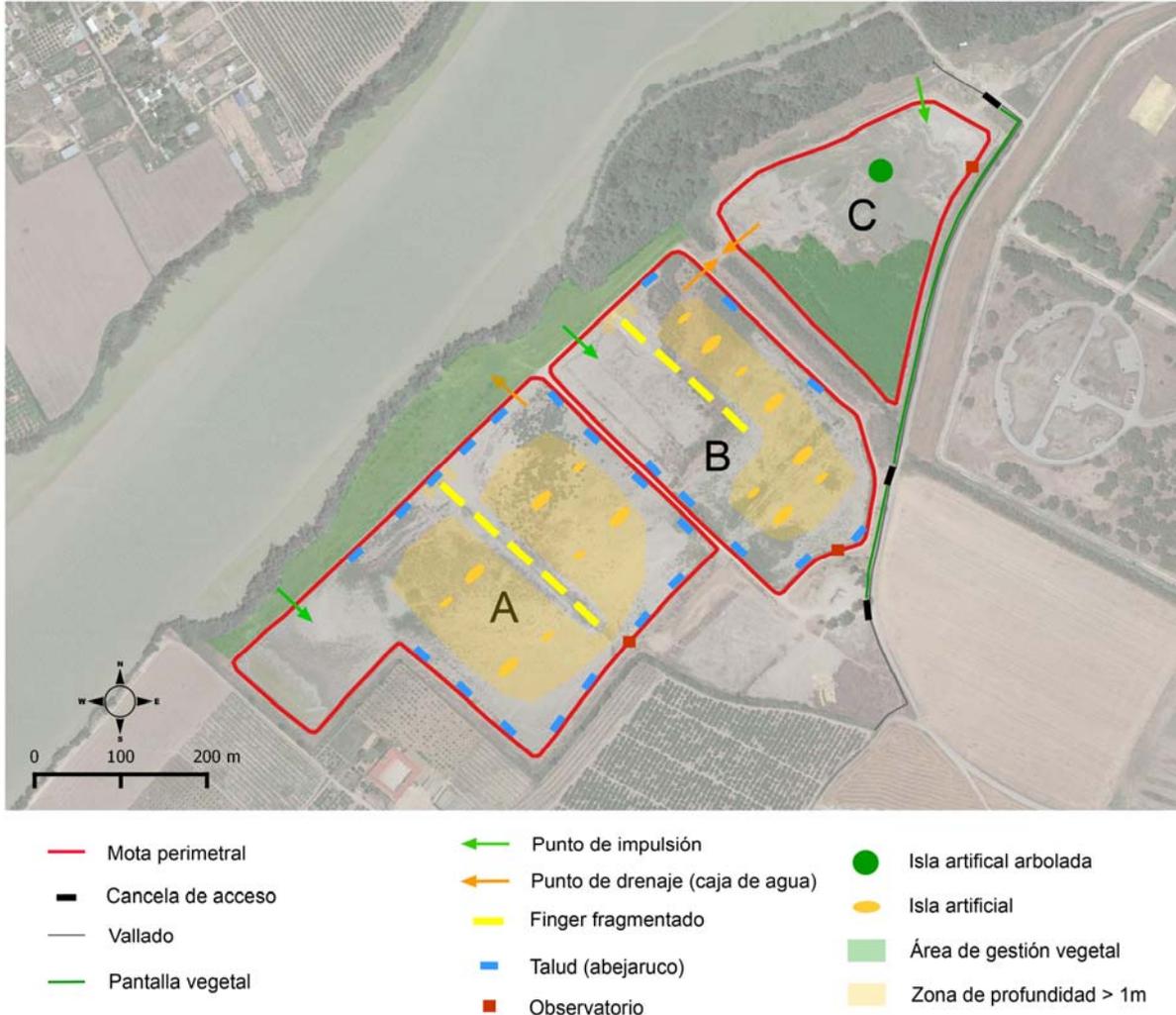
Existen múltiples plataformas con alcance y población objetivo diferente que pueden y deben ser utilizadas para la difusión de las labores realizadas a partir del presente protocolo de manejo:

- Divulgación en redes sociales.
- Publicación en notas de prensa.
- Publicación en revistas divulgativas de medio ambiente, restauración e ingeniería.
- Publicación en revistas científicas de conservación, ecología aplicada y restauración ambiental.
- Presentación en congresos y seminarios de conservación, gestión, ecología y restauración ambiental.
- Charlas educativas en centros educativos, centros ciudadanos y durante visitas organizadas a vaciaderos habilitados para educación ambiental.
- Cartelería informativa en vaciaderos habilitados para educación ambiental y recreo.

El contenido, la vía de difusión y el momento de publicación deberán ser acordados ente las partes responsables del programa de actuaciones y seguimiento en base a lo establecido en los contratos de apoyo técnico vigentes en cada momento.

## Anexo I

Ejemplo de propuesta de actuaciones en los tres sectores (A, B y C) del vaciadero de Butano, independientemente del estado operativo de cada sector y de la gestión rotatoria aplicada.



En cada sector se delimita:

- Mota perimetral.
- Puntos de impulsión del vertido y desagüe (caja de agua).

Y se ubican distintos elementos creados o modificados para favorecer el asentamiento y reproducción de la avifauna acuática y de interés:

- “Fingers” desconectados de la mota y fragmentados en tramos separados.
- Islas (dos tamaños: 200 m<sup>2</sup> y 50 m<sup>2</sup>; 4 islas por tamaño y sector).
- Isla arbolada para nidificación de especies coloniales que crían en árboles (ardeidas).
- Taludes de 20 m para nidificación de abejaruco y otras especies (4 orientaciones x 6 taludes).
- Áreas de lámina de agua con profundidad > 1 m en zonas sensibles (entorno a islas y “fingers”).

- Zonas de gestión de la vegetación (conservación de tarajal en parte sur de sector C y desarrollo de arbolado de ribera en lateral NO de sectores A y B).
- Pantalla vegetal paralela a la carretera.
- Observatorios de aves.
- Cancelas de acceso para vehículos.
- Vallado de acceso.

## Anexo II

Listado de especies de aves registradas en los vaciaderos terrestres durante los censos entre 2015 y 2018. En fondo gris se indican las especies no ligadas a medios acuáticos y no consideradas de interés en el seguimiento de los vaciaderos.

Nombre científico	Nombre común	Categoría amenaza <sup>1</sup>	Presencia en vaciaderos			Nidificación en vaciaderos <sup>2</sup>			Reproducción en Doñana <sup>3</sup>
			Butano	La Horcada	El Yeso	Butano	La Horcada	El Yeso	
<i>Actitis hypoleucos</i>	Andarríos chico	L	*	*	*				NR
<i>Alectoris rufa</i>	Perdiz roja		*	*	*				R
<i>Anas acuta</i>	Ánade rabudo			*					RO
<i>Anas clypeata</i>	Cuchara común		*	*					RO
<i>Anas crecca</i>	Cerceta común			*					RO
<i>Anas penelope</i>	Silbón europeo			*					RA
<i>Anas platyrhynchos</i>	Ánade real		*	*	*		*		R
<i>Anas strepera</i>	Ánade friso			*	*				R
<i>Ardea cinerea</i>	Garza real	L	*	*	*				R
<i>Ardea purpurea</i>	Garza imperial	L		*					R
<i>Ardeolla ralloides</i>	Garcilla cangrejera	EN		*					R
<i>Aythya ferina</i>	Porrón europeo			*	*				R
<i>Aythya fuligula</i>	Porrón moñudo			*					NR
<i>Aythya niroca</i>	Porrón pardo	EN		*					RO
<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla bueyera	L	*	*	*				R
<i>Burhinus oedicephalus</i>	Alcaraván común	L	*	*	*				R
<i>Buteo buteo</i>	Ratonero común	L	*						R
<i>Calidris alba</i>	Correlimos tridáctilo	L			*				NR
<i>Calidris alpina</i>	Correlimos común	L	*	*	*				NR
<i>Calidris ferruginea</i>	Correlimos zarapitín	L	*	*	*				NR
<i>Calidris minuta</i>	Correlimos menudo	L			*				NR
<i>Charadrius alexandrinus</i>	Chorlitejo patinegro	L	*	*	*		*	*	R
<i>Charadrius dubius</i>	Chorlitejo chico	L	*	*	*		*		R
<i>Charadrius hiaticula</i>	Chorlitejo grande	L	*	*	*				NR
<i>Chlidonias hybrida</i>	Fumarel cariblanco	L		*					R
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	Gaviota reidora		*	*	*			*	R
<i>Ciconia ciconia</i>	Cigüeña blanca	L		*	*				R
<i>Circus aeruginosus</i>	Aguilucho lagunero	L		*					R

Nombre científico	Nombre común	Categoría amenaza <sup>1</sup>	Presencia en vaciaderos			Nidificación en vaciaderos <sup>2</sup>			Reproducción en Doñana <sup>3</sup>
			Butano	La Horcada	El Yeso	Butano	La Horcada	El Yeso	
<i>Egretta garzetta</i>	Garceta común	L		*	*				R
<i>Elanus caeruleus</i>	Elanio común	L	*						RO
<i>Falco tinnunculus</i>	Cernicalo común	L			*				R
<i>Fulica atra</i>	Focha común		*	*	*		*		R
<i>Gallinago gallinago</i>	Agachadiza común		*	*	*				NR
<i>Gallinula chloropus</i>	Gallineta común			*	*				R
<i>Gelochelidon nilotica</i>	Pagaza piconegra	I		*	*				R
<i>Glareola pratincola</i>	Canastera común	L	*	*	*				R
<i>Himantopus himantopus</i>	Cigüeñuela común	L	*	*	*		*	*	R
<i>Hydropogon caspia</i>	Pagaza piquirroja	L	*	*					NR
<i>Ixobrychus minutus</i>	Avetorillo común	L		*					R
<i>Larus michaellis</i>	Gaviota patiamarilla		*	*	*				R
<i>Limnocryptes minimus</i>	Agachadiza chica			*					NR
<i>Limosa limosa</i>	Aguja colinegra	L	*	*					NR
<i>Marmaronetta angustirostris</i>	Cerceta pardilla	EN		*	*				R
<i>Merops apiaster</i>	Abejaruco común	L	*	*	*	*	*	*	R
<i>Milvus migrans</i>	Milano negro	L	*	*					R
<i>Netta rufina</i>	Pato colorado			*	*		*		R
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Martinete común	L		*					R
<i>Oxyura leucocephala</i>	Malvasía cabeciblanca	EN		*					R
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila pescadora	VU	*	*					NR
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Cormorán grande			*					NR
<i>Philomachus pugnax</i>	Combatiente	L			*				NR
<i>Phoenicopus (ruber) roseus</i>	Flamenco común	L	*	*	*				RO
<i>Platalea leucorodia</i>	Espátula común	L	*	*	*				R
<i>Plegadis falcinellus</i>	Morito común	L	*	*	*				R
<i>Pluvialis apricaria</i>	Chorlito dorado europeo	L			*				NR
<i>Pluvialis squatarola</i>	Chorlito gris	L		*					NR
<i>Podiceps cristatus</i>	Somormujo lavanco	L		*					R
<i>Podiceps nigricollis</i>	Zampullín cuellinegro	L		*					R
<i>Porphyrio porphyrio</i>	Calamón común	L		*					R
<i>Recurvirostra avosetta</i>	Avoceta común	L	*	*	*		*	*	R
<i>Sternula albifrons</i>	Charrancito común	L		*	*		*	*	R

Nombre científico	Nombre común	Categoría amenaza <sup>1</sup>	Presencia en vaciaderos			Nidificación en vaciaderos <sup>2</sup>			Reproducción en Doñana <sup>3</sup>
			Butano	La Horcada	El Yeso	Butano	La Horcada	El Yeso	
<i>Streptopelia decaocto</i>	Tórtola turca				*				
<i>Streptopelia turtur</i>	Tórtola europea		*						
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Zampullín común	L		*	*		*	R	
<i>Tadorna ferruginea</i>	Tarro canelo	L			*			NR	
<i>Tadorna tadorna</i>	Tarro blanco	L	*	*	*			R	
<i>Tringa nebularia</i>	Archibebe claro	L	*	*	*			NR	
<i>Tringa ochropus</i>	Andarríos grande	L	*	*	*			NR	
<i>Tringa totanus</i>	Archibebe común	L	*	*	*			R	
<i>Upupa epops</i>	Abubilla	L	*	*	*			R	
<i>Vanellus vanellus</i>	Avefría europea		*	*				R	

<sup>1</sup> Listado y Catalogo de Fauna Amenazada de Andalucía a partir del Real Decreto 139/2011 de 4 de febrero con modificaciones incluidas en el Anexo X del Decreto 23/2012. Códigos: L = listado, VU = vulnerable, EN = en peligro.

<sup>2</sup> Al menos construcción de nido con o sin éxito reproductor durante las temporadas 2016 y 2017.

<sup>3</sup> Estatus reproductor en el entorno de Doñana según: Garrido & al (2000). *Prontuario de las aves de Doñana. Anuario Ornitológico de Doñana, nº 0. Estación Biológica de Doñana y Ayuntamiento de Almonte, Almonte*. Códigos: R = reproductor, RO = reproductor ocasional, RA = reproductor accidental, NR = no reproductor.

### Anexo III

Listado de especies de aves registradas en los vaciaderos terrestres durante los censos entre 2015 y 2018. Se muestra la selección preferente de hábitats en los humedales continentales durante el ciclo anual. En fondo gris se indican las especies no ligadas a medios acuáticos y no consideradas de interés en el seguimiento de los vaciaderos. Para estas especies no se indica el hábitat preferente.

Nombre científico	Nombre común	Hábitat preferente en humedales continentales								Plantas emergentes	Árboles-arbustos	Posaderos /plataformas	Taludes
		Orillas	Aguas someras	Aguas profundas	Marisma	Lagunas	Islas/balsas	Plantas sumergidas					
<i>Actitis hypoleucos</i>	Andarrios chico	*							*				
<i>Alectoris rufa</i>	Perdiz roja												
<i>Anas acuta</i>	Ánade rabudo		*	*	*								
<i>Anas clypeata</i>	Cuchara común		*	*	*					*			
<i>Anas crecca</i>	Cerceta común		*		*	*				*			
<i>Anas penelope</i>	Silbón europeo		*	*				*		*			
<i>Anas platyrhynchos</i>	Ánade real	*	*		*		*	*	*	*			
<i>Anas strepera</i>	Ánade friso		*					*	*	*			
<i>Ardea cinerea</i>	Garza real		*		*			*			*	*	
<i>Ardea purpurea</i>	Garza imperial	*	*							*			
<i>Ardeolla ralloides</i>	Garcilla cangrejera	*	*		*					*			
<i>Aythya ferina</i>	Porrón europeo		*	*			*	*	*	*			
<i>Aythya fuligula</i>	Porrón moñudo		*	*			*	*	*	*			
<i>Aythya niroca</i>	Porrón pardo		*	*				*	*	*			
<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla bueyera	*								*	*		
<i>Burhinus oedicnemus</i>	Alcaraván común												
<i>Buteo buteo</i>	Ratonero común												
<i>Calidris alba</i>	Correlimos tridáctilo	*	*										
<i>Calidris alpina</i>	Correlimos común	*	*										
<i>Calidris ferruginea</i>	Correlimos zarapitín	*	*										
<i>Calidris minuta</i>	Correlimos menudo	*	*										
<i>Charadrius alexandrinus</i>	Chorlitejo patinegro	*	*		*		*						
<i>Charadrius dubius</i>	Chorlitejo chico	*	*				*						
<i>Charadrius hiaticula</i>	Chorlitejo grande	*	*				*						
<i>Chlidonias hybrida</i>	Fumarel cariblanco		*	*						*			
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	Gaviota reidora		*	*			*			*			

Nombre científico	Nombre común	Hábitat preferente en humedales continentales						Plantas sumergidas	Plantas emergentes	Árboles-arbustos	Posaderos /plataformas	Taludes
		Orillas	Aguas someras	Aguas profundas	Marisma	Lagunas	Islas/balsas					
<i>Ciconia ciconia</i>	Cigüeña blanca				*					*	*	
<i>Circus aeruginosus</i>	Aguilucho lagunero								*			
<i>Egretta garzetta</i>	Garceta común	*	*							*		
<i>Elanus caeruleus</i>	Elanio común											
<i>Falco tinnunculus</i>	Cernícalo común											
<i>Fulica atra</i>	Focha común	*	*			*		*	*			
<i>Gallinago gallinago</i>	Agachadiza común	*			*							
<i>Gallinula chloropus</i>	Gallineta común	*	*			*		*	*			
<i>Gelochelidon nilotica</i>	Pagaza piconegra		*	*	*		*					
<i>Glareola pratincola</i>	Canastera común											
<i>Himantopus himantopus</i>	Cigüeñuela común	*	*		*		*					
<i>Hydropogon caspia</i>	Pagaza piquirroja		*	*			*					
<i>Ixobrychus minutus</i>	Avetorillo común	*							*			
<i>Larus michaellis</i>	Gaviota patiamarilla		*	*			*					
<i>Limnocyptes minimus</i>	Agachadiza chica	*							*			
<i>Limosa limosa</i>	Aguja colinegra	*	*		*							
<i>Marmaronetta angustirostris</i>	Cerceta pardilla		*					*	*			
<i>Merops apiaster</i>	Abejaruco común											*
<i>Milvus migrans</i>	Milano negro									*	*	
<i>Netta rufina</i>	Pato colorado		*					*	*			
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Martinete común	*				*			*	*		
<i>Oxyura leucocephala</i>	Malvasía cabeciblanca			*					*			
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila pescadora		*	*		*				*	*	
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Cormorán grande			*		*	*		*	*	*	
<i>Philomachus pugnax</i>	Combatiente	*	*		*	*						
<i>Phoenicopterus(ruber) roseus</i>	Flamenco común		*									
<i>Platalea leucorodia</i>	Espátula común	*	*						*	*		
<i>Plegadis falcinellus</i>	Morito común	*	*						*	*		
<i>Pluvialis apricaria</i>	Chorlito dorado europeo				*							
<i>Pluvialis squatarola</i>	Chorlito gris											
<i>Podiceps cristatus</i>	Somormujo lavanco		*					*	*			
<i>Podiceps nigricollis</i>	Zampullín cuellinegro		*		*			*	*			

Nombre científico	Nombre común	Hábitat preferente en humedales continentales							Plantas sumergidas	Plantas emergentes	Árboles-arbustos	Posaderos /plataformas	Taludes
		Orillas	Aguas someras	Aguas profundas	Marisma	Lagunas	Islas/balsas						
<i>Porphyrio porphyrio</i>	Calamón común	*	*						*				
<i>Recurvirostra avosetta</i>	Avoceta común	*	*		*				*				
<i>Sternula albifrons</i>	Charrancito común		*	*					*				
<i>Streptopelia decaocto</i>	Tórtola turca												
<i>Streptopelia turtur</i>	Tórtola europea												
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Zampullín común		*					*	*				
<i>Tadorna ferruginea</i>	Tarro canelo	*	*										
<i>Tadorna tadorna</i>	Tarro blanco		*										
<i>Tringa nebularia</i>	Archibebe claro				*	*							
<i>Tringa ochropus</i>	Andarrios grande	*			*	*							
<i>Tringa totanus</i>	Archibebe común	*	*		*	*							
<i>Upupa epops</i>	Abubilla												
<i>Vanellus vanellus</i>	Avefría europea	*											

## ANNEX III. CONFINED DISPOSAL FACILITIES PROPOSAL

Estación Biológica de Doñana (EBD-CSIC)  
Sevilla, abril de 2019

Equipo redactor:

Fmdo: Miguel Ferrer Baena  
Investigador responsable

Fmdo: Roberto Muriel Abad  
Técnico redactor del documento

# Propuesta de actuaciones en vaciaderos terrestres del río Guadalquivir

APS-CSIC - Campaña 2019

Versión 5.1

Técnico redactor: Roberto Muriel Abad (EBD-CSIC)  
Investigador responsable: Miguel Ángel Ferrer Baena (EBD-CSIC)

En Sevilla a 6 de agosto de 2019

## Índice

<b>1. Vaciadero: Butano - Sector: 2 .....</b>	<b>3</b>
1.1. Zona de impulsión .....	3
1.2. Islas .....	3
1.3. Márgenes.....	4
1.4. Taludes pre-vertido para nidificación de abejaruco .....	5
1.5. Taludes post-vertido para la nidificación del abejaruco .....	6
1.6. Regulación de la lámina de agua .....	6
1.7. Medición de profundidad.....	7
1.8. Minimización de molestias.....	7
<b>2. Vaciadero: La Horcada - Sector: 1,2 .....</b>	<b>9</b>
2.1. Zona de impulsión y vertido .....	9
2.2. Islas.....	9
2.3. Márgenes.....	10
2.4. Taludes pre-vertido para nidificación de abejaruco .....	11
2.5. Regulación de la lámina de agua .....	12
2.6. Zona de gestión de vegetación.....	13
2.7. Medición de profundidad.....	13
2.8. Minimización de molestias.....	14
<b>Tabla 1 – Geometría y volúmenes Butano 2 .....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 2 – Geometría y volúmenes La Horcada 1,2.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 1 – Plano Butano 2 .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2 – Plano La Horcada 1,2 .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 3 – Diseño de isla 50 m<sup>2</sup> en Butano 2 .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 4 – Diseño de isla 200 m<sup>2</sup> en Butano 2 .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 5 – Diseño de península en Butano 2 .....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 6 – Diseño de taludes abejaruco sobre agua .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 7 – Diseño de taludes abejaruco en seco.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 8 – Escalas limnimétricas .....</b>	<b>24</b>
<b>Anexo I – Tabla resumen .....</b>	<b>25</b>

## 1. Vaciadero: Butano - Sector: 2

### 1.1. Zona de impulsión

**Objetivo:** Debido al gran volumen de dragados previsto para ser vertidos, se prevé la formación de una superficie relativamente amplia colmatada y emergida con los sedimentos más gruesos (i.e. arenas) próxima al punto de impulsión y con reducido atractivo para la mayoría de aves acuáticas y de interés (Fig. 1). Se tratará de limitar la superficie de esta zona para maximizar la lámina disponible de agua y minimizar el aterramiento sobre de las estructuras propuestas dentro del recinto. No obstante, es probable que la interfaz sedimento/agua de reducida pendiente que se espera se forme sea utilizada como zona de alimentación y no se descarta la nidificación puntual de larolimícolas adaptadas a sustratos desnudos.

#### Actuaciones:

- Restringir y concentrar la impulsión de los dragados exclusivamente al lado NO del recinto.
- No se recomienda la creación previa al vertido de estructuras de interés para la avifauna en esta zona debido a la elevada probabilidad de aterramiento.
- Se recomienda la profundización pre-vertido de esta zona hasta el nivel máximo previsto para aumentar la capacidad de retención de sedimentos que, de esta forma, no serán movilizados hacia el resto del recinto donde se dispondrán las estructuras.
- Los materiales resultantes de la excavación de la zona se podrán destinar a la formación de las estructuras emergidas propuestas (ver islas y márgenes irregulares).

### 1.2. Islas

**Objetivo:** Proporcionar superficies aisladas de predadores y molestias aptas para el descanso de aves acuáticas en general y la nidificación de larolimícolas adaptadas a medios dinámicos temporales (e.g. cigüeñuela común *Himantopus himantopus*, avoceta común *Recurvirostra avosetta*) durante el mayor tiempo posible a lo largo del ciclo de inundación del recinto. Secundariamente, las orillas y aguas someras formadas en su entorno servirán como zonas de alimentación.

#### Actuaciones:

- Creación de dos islas medianas de 200 m<sup>2</sup> en área superior, con forma alargada 1:4 (i.e. 28.3 x 7.1 m), emergidas 30 cm sobre el nivel máximo del agua y taludes con pendiente 1:2 hasta el fondo (Fig. 1, 3). La superficie en planta ocupada será de 1104.0 m<sup>2</sup> y el volumen sumergido de 2525.0 m<sup>3</sup> por isla, suponiendo una profundidad máxima de 4 m prevista para este recinto (Tabla 1).
- Creación de dos islas pequeñas de 50 m<sup>2</sup> en área superior, con forma alargada 1:4 (i.e. 14.1 x 3.5 m), emergidas 30 cm sobre el nivel máximo del agua y taludes con pendiente 1:2 hasta el fondo (Fig. 1, 3). La superficie en planta ocupada será de 649.9 m<sup>2</sup> y el volumen sumergido de 1274.4 m<sup>3</sup> por isla, suponiendo una profundidad máxima de 4 m (Tabla 1).
- En todas las islas, tanto las medianas como las pequeñas, la mitad de la superficie emergida estará cubierta por el mismo material de construcción de las islas, es decir sedimentos de arena-limo o sustrato base del recinto. La otra mitad emergida se cubrirá con una capa de al

menos 10 cm de grosor de gravas gruesas transportadas desde depósitos próximos al vaciadero de Butano (APS).

- El conjunto de islas se dispondrá desde aproximadamente el centro del recinto hacia el lateral SE para evitar la zona de colmatación próxima al punto de impulsión (Fig. 1). Los tamaños se ubicarán de forma alterna para distribuir homogéneamente el efecto de distancia a márgenes perimetrales e islas (Fig 1.).
- Las islas se situarán en dos líneas NO-SE desplazadas entre sí, paralelas a la dirección del eje mayor del propio recinto y perpendiculares a los vientos dominantes del SO durante el final de primavera y verano, y de los temporales de SO del otoño-invierno-primavera. Esta disposición permitirá además una observación óptima de la avifauna desde los lados mayores SO y NE, y correcta desde el S del recinto, y reducirá el solapamiento visual entre islas (Fig. 1).
- La distancia mínima de las islas a la mota perimetral o a las penínsulas creadas será de al menos 30 m entre orillas emergidas en el nivel máximo de agua.
- La distancia entre islas será lo más uniforme posible y de al menos un mínimo de 25 m entre orillas emergidas.
- La profundidad en el entorno circundante de las islas será igual a la máxima prevista para el recinto (i.e. 4 m) con el fin de maximizar el periodo de aislamiento de las islas durante el periodo reproductor. En este sentido, se recomienda utilizar los materiales extraídos de esta zona (o de la zona de mayor colmatación prevista próxima al punto de impulsión) para la conformación de las islas.

### 1.3. Márgenes

**Objetivo:** Potenciar la sinuosidad de las orillas del recinto para incrementar la interfaz tierra-agua y la superficie de aguas someras de mayor productividad para la alimentación de aves acuáticas (e.g. limícolas, anátidas de superficie, moritos *Plegadis falcinellus*, espátulas *Platalea Leucorodia*), así como las zonas de refugio y descanso.

#### **Actuaciones:**

- Creación de salientes alternos en forma de pequeñas penínsulas con al menos 15 m de longitud perpendicular al margen de la mota perimetral y 10 m de anchura en su parte emergida superior (Fig. 1, 5), con una altura emergida de aproximadamente 10 cm respecto al nivel máximo de agua previsto.
- Los taludes tendrán una pendiente 1:3 hasta el fondo, por lo que el área basal total ocupado por cada península será de  $883.1 \text{ m}^2$  y el volumen extraído será de mínimo  $1895.5 \text{ m}^3$  por península, suponiendo una profundidad prevista de 4 m para este recinto (Tabla 1).
- Los salientes se colocarán formando unidades mínimas en tándem (i.e. 2 penínsulas) con una separación de 30 m entre zonas emergidas en nivel máximo de agua, de modo que entre dos salientes contiguos se forme un entrante relativo de fondos someros.
- Se crearán tres tándems en los laterales SO, E y NE del recinto (Fig. 1). En ningún caso se dispondrán en el lado NO donde se espera el aterramiento por acumulación de sedimentos durante el vertido.
- Los materiales utilizados para la formación de las penínsulas se extraerá preferentemente de la zona de máxima profundidad prevista en el entorno de las islas y/o la zona de mayor

colmatación prevista durante el vertido en la zona de impulsión. Se evitará utilizar sustrato próximo a la ubicación de las penínsulas para no profundizar en su entorno.

#### 1.4. Taludes pre-vertido para nidificación de abejaruco

**Objetivo:** Fomentar la presencia, nidificación y éxito reproductor del abejaruco europeo (*Merops apiaster*), una de las especies migradoras no acuáticas de especial interés en los vaciaderos terrestres. Ocasionalmente podría atraer a otras especies nidificantes en taludes terrosos y asociadas a medios riparios y lacustres como el avión zapador (*Riparia riparia*) o el martín pescador (*Alcedo atthis*).

##### Actuaciones:

- Construcción, antes del vertido de los dragados, de dos taludes para nidificación sobre la lámina de agua, uno en el margen SO y otro en el NE (Fig. 1). Se evitará en cualquier caso la zona prevista de colmatación cerca del punto de impulsión en el tercio NO del recinto, donde se plantea la excavación de taludes post-vertido.
- Los taludes tendrán una longitud frontal de 20 m (24 m al nivel del agua) y una altura libre cuasi-vertical (75-90º) de al menos 2 m sobre el nivel máximo del agua (Fig. 6).
- Para evitar problemas de seguridad estructural en la mota perimetral se conformarán como un añadido superpuesto sobre el margen interno sin modificar la base. Se construirá mediante el acopio y compactado de sedimento o tierra hasta una altura total de 6 m sobre el fondo (suponiendo una profundidad máxima de 4 m) y una altura libre de 1 m por encima de la cota de coronación de la mota (suponiendo una altura de seguridad de 1 m entre el nivel máximo del agua y la cota de coronación) (Fig. 6).
- El talud se dispondrá sobre una base de al menos 2 m de grosor en planta y 4 m de altura con pendiente aproximada 1:1 sobre la margen interna de la mota. La parte emergida, con 2 m de altura, tendrá un grosor máximo de 3 m, con 1 m adyacente al borde de la superficie plana de coronación de la mota en pendiente 1:1 y los otros 2 m hacia el frente con superficie llana hasta el corte del talud. Por motivos de estabilidad, podrán ampliarse la anchura total del acopio y de la base, y reducirse la pendiente del talud base.
- En cada uno de los dos extremos laterales del talud se formará una pendiente lateral 1:1 de 2 m de longitud horizontal en la parte emergida y 4 m en la base sumergida.
- En caso de construirse taludes contiguos, estos deberán tener una separación mínima de 20 m.
- Con el fin de fomentar la ocupación de los taludes, es recomendable excavar huecos de máximo 2 m de longitud y máximo 10 cm de diámetro en la mitad de la longitud de cada talud. Igualmente se podrán disponer posaderos (e.g. ramas secas o listones finos) clavados en la pared.
- La viabilidad del presente diseño estará sujeta a la naturaleza no compactada de los materiales utilizados, la inestabilidad física intrínseca de taludes verticales y la erosión prevista por la acción del agua durante el propio vertido, el oleaje marginal y el agua de lluvia. Por tanto se plantea como actuación posibilista y experimental que deberá ser evaluada para futuras campañas.

### 1.5. Taludes post-vertido para la nidificación del abejaruco

**Objetivo:** Fomentar la presencia, nidificación y éxito reproductor del abejaruco europeo (*Merops apiaster*), una de las especies migradoras no acuáticas de especial interés en los vaciaderos terrestres.

**Actuaciones:**

- Excavación post-vertido de taludes para nidificación sobre el acopio de sedimentos gruesos y drenados formados tras el vertido en la zona de impulsión (Fig. 1).
- La excavación tendrá lugar después del vertido, cuando la maquinaria pesada pueda acceder con seguridad a la zona, una vez drenados los sedimentos, y antes del mes de marzo cuando llegaran los primeros abejarucos reproductores.
- Se formarán al menos cuatro taludes verticales de 30 m de longitud, un mínimo de 4 m de anchura, 2 m de altura en su parte vertical y doble cara, pudiendo o no situarse sobre una base en terraplén (Fig. 7).
- Los taludes estarán a una distancia mínima de 15 m de la cota de coronación de la mota perimetral, separados entre sí un mínimo de 10 m y rodeados por la pertinente zanja de excavación en talud con un mínimo de 6 m de anchura por los cuatro lados (Fig. 7).
- Ambas caras de cada talud serán excavadas según los criterios anteriores para maximizar la superficie apta de nidificación (Fig. 7).
- Al menos dos taludes se situarán en dirección NO-SE paralelos al extremo NO del lado SO del recinto y otros dos en dirección SO-NE en el lado NO del recinto, aprovechando la zona de mayor colmatación del punto de impulsión (Fig. 1).
- Al tratarse de excavación post-vertido no existen limitaciones por el volumen ocupado por los taludes o la inclinación de la base sobre la que se sustenta.
- Adicionalmente se podrán excavar huecos longitudinales de hasta 2 m de profundidad y 10 cm de diámetro en el frontal de los taludes para favorecer la nidificación de la especie. Igualmente se podrán colocar posaderos (e.g. ramas secas) en los propios taludes.

### 1.6. Regulación de la lámina de agua

**Objetivo:** Maximizar el hidropereodo de la lámina de agua en el interior del recinto, utilizando para ello los medios pasivos que permitan retener el agua acumulada al final del vertido. La permanencia de una lámina de extensión suficiente desde el momento del vertido hasta al menos finalizar el periodo reproductor es un factor clave en la presencia, abundancia, diversidad, nidificación y éxito reproductor de las aves acuáticas.

**Actuaciones:**

- Recolocación y acondicionamiento de la caja de agua ubicada en el punto de desagüe para regular de forma eficaz el nivel de inundación del recinto. Deberán añadirse los tabloncillos necesarios y adecuados para asegurar el cierre final de la compuerta hasta la altura máxima de seguridad prevista. Si es necesario se sellarán las juntas entre tabloncillos y entre tabloncillos y guías laterales con láminas de materiales impermeables elásticos (e.g. neopreno) para evitar o reducir filtraciones.
- Garantizar el máximo nivel de agua permitido según el criterio de seguridad estructural (i.e. 1 m por debajo de la cota de coronación de la mota perimetral) al final del proceso de

vertido, que deberá además respetar la altura mínima emergida prevista para las estructuras creadas dentro del recinto (i.e. islas: 0.3 m, penínsulas: 0.1 m, taludes: 2 m). Se recomienda marcar en la propia caja de agua el nivel máximo previsto, para facilitar las labores de seguimiento y control.

- Seguimiento durante la campaña del ciclo de dragado-vertido- evacuación para determinar el momento de cierre de la compuerta de la caja de agua que asegure el llenado máximo permitido. Para ello, deberá aproximarse la capacidad disponible del recinto durante los últimos vertidos al volumen de dragado restante (i.e. número de cántaras de la draga x volumen de la cántara). En todo caso, es preferible la desviación por exceso de vertido que por defecto, puesto que el agua sobrante es evacuada por rebosamiento sobre el nivel máximo de la compuerta.

### 1.7. Medición de profundidad

**Objetivo:** Determinar de forma analógica la profundidad de la lámina de agua durante las visitas planificadas desde el momento del vertido (máxima profundidad) hasta la desecación completa. Esta información complementará la obtenida por medio de levantamientos tridimensionales realizados periódicamente con drones.

#### Actuaciones:

- Instalar o pintar una escala graduada en uno de los laterales de la caja de agua que sea visible con óptica de aumento (e.g. prismáticos, telescopio) a distancia mínima de 150 m (Fig. 1, 8). Se diseñará siguiendo las características de una escala limnimétrica tipo, con fondo blanco, marcas y dígitos en negro/rojo, precisión de 1 cm, marcas de 1 cm de grosor (i.e. indicadora de 2 cm contiguos), marca de metro y cero en la base. Comprenderá toda la longitud desde al menos el nivel máximo previsto de agua (i.e. última tabla de la caja de agua) hasta la base. Se eliminarán los sedimentos acumulados en la base para maximizar la altura de la escala.
- Instalación de una escala limnimétrica graduada en PVC complementaria a la grabada en la caja de agua (Fig. 1, 8). Tendrá al menos 2 m de longitud, con marcas y números destacados en negro/rojo sobre fondo blanco para lectura a distancia. Se colocará sobre poste nivelado de madera tratada de mínimo 3 m de longitud y al menos 10 cm de lado (suficiente como para atornillar la escala), con al menos un 1 m enterrado en el sustrato (con o sin cimentación), y en zona de máxima profundidad cerca de las islas, de forma que sea visible desde los lados S, SE, NE y la caja de agua.
- Una parte suficiente del extremo superior de la escala colocada sobre el poste deberá solapar con el extremo inferior de la escala grabada en la caja de agua, de modo que pueda continuarse la medición calibrada entre escalas (Fig. 8).
- Una vez seco el recinto, o bien con una medición de referencia desde barca aún con agua tras la decantación de los sólidos, se podrá determinar el grado de aterramiento producido y calibrar las escalas para calcular la profundidad real de las medidas realizadas.

### 1.8. Minimización de molestias

**Objetivo:** Evitar molestias a las posibles parejas reproductoras de abejaruco europeo aun presentes en el recinto durante los trabajos de adecuación y construcción de los elementos propuestos.

El recinto ha permanecido seco desde el invierno y durante la primavera, cuando se ha procedido a la retirada de sedimentos, por lo que no ha sido utilizado por aves acuáticas. Sin embargo, los taludes interiores de la parte NO del recinto excavados durante la última campaña de dragado-vertido han sido ocupados por numerosas parejas nidificantes de abejaruco europeo.

**Actuaciones:**

- No se alterará ninguno de los taludes ocupados por parejas nidificantes de abejaruco en la parte NO del recinto en caso de constatarse actividad reproductora, incluida la presencia de pollos volantones tardíos, todavía posible a principios de agosto.
- Las labores de preparación de los recintos y la construcción de los elementos propuestos en el entorno cercano de los taludes de nidificación deberán respetar al menos una distancia mínima de 50 m en caso de confirmarse actividad reproductora.

## 2. Vaciadero: La Horcada - Sector: 1,2

### 2.1. Zona de impulsión y vertido

**Objetivo:** Se utilizará el recinto 1 como superficie principal para retener los dragados destinados al vaciadero de La Horcada. Sin embargo, está previsto que el impulso desde la draga se realice a través de la parte centro-Norte del sector 2 del vaciadero, más próximo al canal del río Guadalquivir, para facilitar la decantación de los sólidos más gruesos (i.e. arenas) antes de llegar al recinto 1. En esta zona del recinto 2 se llevarán a cabo trabajos menores de nivelación sin extracción neta de materiales. Se creará además un canal que comunicará esta sección con la esquina Noroeste del sector 1, atravesando la mota de separación entre balsas, la playa de arenas formada durante la última campaña en el subsector Oeste del recinto 1, y el *finger* que separa ambos subsectores (Fig. 2).

Es previsible la decantación residual de sedimentos más finos en la zona próxima al punto de entrada del canal en el Norte del *finger*. Además, no se han retirado los sedimentos de la anterior campaña, por lo que el fondo actual ya presenta un gradiente de colmatación creciente E-O. Los nuevos materiales acentuarán el gradiente y contribuirán a la formación de una zona de aguas someras con profundidad decreciente SE-NO, de interés como lugar de alimentación para las aves acuáticas.

#### Actuaciones:

- No se recomienda la instalación en esta zona próxima al *finger* de estructuras de interés para las aves previa al vertido, como islas o penínsulas, debido a la mayor probabilidad de aterramiento y por tanto menor hidropериodo.

### 2.2. Islas

**Objetivo:** Proporcionar superficies aisladas de predadores y molestias aptas para el descanso de aves acuáticas e general y la nidificación de larolimícolas adaptadas a medios dinámicos temporales (e.g. cigüeñuela común *Himantopus himantopus*, avoceta común *Recurvirostra avosetta*) durante el mayor tiempo posible a lo largo del ciclo de inundación del recinto. Secundariamente, las orillas y aguas someras formadas en su entorno servirán como zonas de alimentación.

Una de las islas recrecidas sobre una de las islas preexistentes de la última campaña tendrá como fin mantener y desarrollar un incipiente tarajal insular para su futuro uso potencial como lugar de descanso e incluso posible nidificación futura de especies coloniales arborícolas (e.g. ardeidas, moritos *Plegadis falcinellus*).

#### Actuaciones:

- Creación de dos islas medianas de 200 m<sup>2</sup> en área superior, con forma alargada 1:4 (i.e. 28.3 x 7.1 m), emergidas 30 cm sobre el nivel máximo del agua y taludes con pendiente 1:2 y 1:3 (Fig. 2). La superficie basal ocupada será de 721.4 m<sup>2</sup> y 1076.2 m<sup>2</sup> respectivamente, y el volumen total detruido de 1165.0 m<sup>3</sup> y 1585.1 m<sup>3</sup> respectivamente, suponiendo una profundidad máxima prevista de 2.5 m (Tabla 2). Una de estas islas se ubicará sobre la isla más al E de las dos preexistentes situada en el centro del recinto y se reformará siguiendo el criterio descrito.

- Creación de una isla pequeña de 50 m<sup>2</sup> en área superior, con forma alargada 1:4 (i.e. 14.1 x 3.5 m), emergida 30 cm sobre el nivel máximo del agua y taludes con pendiente 1:2 hasta el fondo (Fig. 2). La superficie basal ocupada será de 373.4 m<sup>2</sup> y el volumen detraído de 515.9 m<sup>3</sup>, suponiendo una profundidad máxima de 2.5 m (Tabla 2).
- Recrecimiento de la segunda isla preexistente en el recinto creada en la anterior campaña y situada más al O, sobre la que se desarrolla una mancha incipiente de tarajes (Fig. 2). Se aumentará hasta los 100 m<sup>2</sup> en área superior, con forma 1:1 (i.e. 10 x 10 m) o circular, emergida 30 cm sobre el nivel máximo de agua y taludes con pendiente 1:2 hasta el fondo. La superficie basal ocupada será de 449.9 m<sup>2</sup> y el volumen detraído de 676.9 m<sup>3</sup>, suponiendo una profundidad máxima de 2.5 m (Tabla 2). Se conservarán los tarajes existentes, aun si el recrecimiento los entierra parcialmente, y se procederá al clareo y poda para potenciar su desarrollo, si se estima necesario. Se plantarán en la superficie recrecida esquejes despuntados de 30 cm con 20 cm enterrados, obtenidos de ramas del año de pies del propio vaciadero.
- Todas las islas estarán formada y cubiertas por los mismos materiales arenoso-limosos que conforman los sedimentos que rellenan el vaso del recinto, procedentes del anterior ciclo de dragado-vertido.
- El conjunto de nuevas islas se dispondrá en el centro aproximado del subsector a inundar evitando el área con mayor sedimentación y menor profundidad próxima al punto de entrada del vertido junto al *finger*, así como el lateral E más estrecho y propenso a molestias (Fig. 2).
- Los dos tamaños de islas se ubicarán de forma alterna en el espacio para distribuir lo más uniformemente posible el efecto de proximidad de márgenes perimetrales y de otras islas entre ambos tamaños.
- Las islas se situarán en dirección O/NO-SE/E siguiendo la dirección del eje mayor del propio recinto y parcialmente frontales respecto a los vientos dominantes del SO durante el final de primavera y verano, y de los temporales de SO del otoño-invierno-primavera. Esta disposición permitirá además una perspectiva óptima desde el lado S (y N) del recinto (Fig. 2). La disposición alterna reducirá también el solapamiento visual entre islas.
- La distancia mínima de las islas a la mota perimetral o a las penínsulas creadas será de al menos 30 m entre orillas emergidas en el nivel máximo de agua.
- La distancia entre islas será lo más uniforme posible y de al menos un mínimo de 25 m entre orillas emergidas.
- La profundidad en el entorno circundante de las islas será igual a la máxima prevista para el recinto (i.e. 2.5 m) con el fin de maximizar el periodo de aislamiento de las islas durante el periodo reproductor. En este sentido, se recomienda utilizar preferentemente los materiales extraídos de esta zona para la formación de las propias islas, o bien de la zona prevista de mayor acumulación de sedimentos junto al *finger*.

### 2.3. Márgenes

**Objetivo:** Potenciar la sinuosidad de las orillas del recinto para incrementar la interfaz tierra-agua y la superficie de aguas someras de mayor productividad para la alimentación de aves acuáticas (e.g. limícolas, anátidas de superficie, moritos, espátulas), así como las zonas de refugio y descanso.

## Actuaciones

- Creación de salientes alternos en forma de pequeñas penínsulas con al menos 15 m de longitud perpendicular al margen de la mota perimetral y 10 m de anchura en su parte emergida superior (Fig. 2), con una altura emergida de entorno a 10 cm respecto al nivel máximo de agua previsto.
- Los taludes tendrán una pendiente 1:3 hasta el fondo, por lo que el área basal ocupado por cada península será de 544.7 m<sup>2</sup> y el volumen detraído será de mínimo 834.8 m<sup>3</sup>, asumiendo una profundidad de 2.5 m para este recinto (Tabla 2).
- Los salientes se colocarán formando unidades mínimas en tándem (i.e. 2 penínsulas) con una separación de al menos 20 m entre zonas emergidas en nivel máximo de agua, de modo que entre dos salientes contiguos se forme un entrante relativo de fondos someros.
- Se crearán tres tándems, dos en el lado N (intercalados entre los taludes de abejaruco proyectados), y un tercero en el lado E del recinto (Fig. 2). En ningún caso se dispondrán en el lado O donde el nivel de aterramiento es mayor, la profundidad menor.
- Los materiales utilizados para la formación de las penínsulas se extraerá preferentemente de la zona de máxima profundidad prevista en el entorno de las islas y/o la zona de mayor colmatación prevista durante el vertido. Se evitará utilizar sustrato próximo a la ubicación de las penínsulas para no profundizar en su entorno.

### 2.4. Taludes pre-vertido para nidificación de abejaruco

**Objetivo:** Fomentar la presencia, nidificación y éxito reproductor del abejaruco europeo, una de las especies migradoras no acuáticas de especial interés en los vaciaderos terrestres. Ocasionalmente podría atraer a otras especies nidificantes en taludes terrosos y asociadas a medios riparios y lacustres como el avión zapador (*Riparia riparia*) o el martín pescador (*Alcedo atthis*).

#### Actuaciones:

- Construcción, antes del vertido de los dragados, de dos taludes para nidificación sobre la lámina de agua en el interior del recinto en el lado N (Fig. 2).
  - Se evitará la zona inmediata al punto previsto de entrada del vertido a través del canal excavado en la esquina NO del recinto, donde la probabilidad de sedimentación y aterramiento es mayor.
  - Estos dos taludes tendrán una longitud frontal de 20 m cada uno (24 m a nivel del agua) y una altura libre cuasi-vertical (75-90º) de al menos 2 m por encima del nivel máximo del agua (Fig. 6).
  - Para evitar problemas de seguridad estructural en la mota perimetral se conformarán como un añadido superpuesto sobre el margen interno sin modificar la base. Se construirá mediante el acopio y compactado de sedimento o tierra hasta una altura total de 4.5 m sobre el fondo (suponiendo una profundidad máxima de 2.5 m) y una altura libre de 1 m por encima de la cota de coronación de la mota (suponiendo una altura de seguridad de 1 m entre el nivel máximo del agua y la cota de coronación) (Fig. 6).
  - El talud se dispondrá sobre una base de al menos 2 m de grosor en planta y 2.5 m de altura con pendiente aproximada 1:1 sobre la margen interna de la mota.

- La parte emergida, con 2 m de altura, tendrá un grosor máximo de 3 m, con 1 m adyacente al borde de la superficie plana de coronación de la mota en pendiente 1:1 y los otros 2 m hacia el frente con superficie llana hasta el corte del talud. Por motivos de estabilidad, podrán ampliarse la anchura total del acopio y de la base, y reducirse la pendiente del talud base (Fig. 6).
- En cada uno de los dos extremos laterales del talud se formará una pendiente lateral 1:1 de 2 m de longitud horizontal en la parte emergida y 4 m en la base sumergida.
- Se mantendrá una distancia mínima de 20 m con otros taludes o estructuras.
- La viabilidad del presente diseño estará sujeta a la naturaleza no compactada de los materiales utilizados, la inestabilidad física intrínseca de taludes verticales y la erosión prevista por la acción del agua durante el propio vertido, el oleaje marginal y el agua de lluvia. Por tanto se plantea como actuación posibilista y experimental que deberá ser evaluada para futuras campañas.
- Aprovechando la extracción de sedimentos del subsector O del sector 1 entre la mota de separación y el *finger*, se crearán al menos tres taludes en seco (Fig. 2):
  - Tendrán 30 m de longitud y 2 m de altura vertical (70-90º) sobre terraplén de mínimo 1 m de altura con pendiente 1:1, si fuese necesario (Fig. 7).
  - Estos taludes estarán apoyados sobre el lado E de la parte central de la mota de separación entre los dos sectores, tendrán un grosor mínimo de 3 m respecto al borde de la mota y estarán orientados al E.
  - Se retirará todo el sedimento acumulado en el frente del talud en una franja de al menos 6 m de ancho para facilitar el acceso a los abejarucos (Fig. 7).
  - Se mantendrá una distancia mínima de 20 m con otros taludes o estructuras.
- Con el fin de fomentar la ocupación de los taludes, es recomendable excavar huecos de 1-2 m de longitud y máximo 10 cm de diámetro en la mitad de la longitud de cada talud. Igualmente se podrán disponer posaderos (e.g. ramas secas o listones finos) clavados en la pared.

## 2.5. Regulación de la lámina de agua

**Objetivo:** Maximizar el hidropereodo de la lámina de agua en el interior del recinto, utilizando para ello los medios pasivos que permitan retener el agua acumulada al final del vertido. La permanencia de una lámina de extensión suficiente desde el momento del vertido hasta al menos finalizar el periodo reproductor es un factor clave en la presencia, abundancia, diversidad, nidificación y éxito reproductor de las aves acuáticas.

### **Actuaciones:**

- Recolocación y acondicionamiento de la caja de agua ubicada en el punto de desagüe para regular de forma eficaz el nivel de inundación del recinto. Deberán añadirse los tabloncillos necesarios y adecuados para asegurar el cierre final de la compuerta hasta la altura máxima de seguridad prevista. Si es necesario se sellarán las juntas entre tabloncillos y entre tabloncillos y guías laterales con láminas de materiales impermeables elásticos (e.g. neopreno) para evitar o reducir filtraciones.
- Garantizar el máximo nivel de agua permitido según el criterio de seguridad estructural (i.e. 1 m por debajo de la cota de coronación de la mota perimetral) al final del proceso de vertido, que deberá además respetar la altura mínima emergida prevista para las

estructuras creadas dentro del recinto (i.e. islas: 0.3 m, penínsulas: 0.1 m, taludes: 2 m). Se recomienda marcar en la propia caja de agua el nivel máximo previsto, para facilitar las labores de seguimiento y control.

- Seguimiento del ciclo de dragado-vertido- evacuación durante la campaña para determinar el momento de cierre de la compuerta de la caja de agua que asegure el llenado máximo permitido. Para ello, deberá aproximarse la capacidad disponible del recinto durante los últimos vertidos al volumen de dragado restante (i.e. número de cántaras de la draga x volumen de la cántara). En todo caso, es preferible la desviación por exceso de vertido que por defecto, puesto que el agua sobrante es evacuada por rebosamiento sobre el nivel máximo de la compuerta.

## 2.6. Zona de gestión de vegetación

**Objetivo:** Conservar y potenciar formaciones vegetales de interés para las aves acuáticas ya existentes en el sector, particularmente la vegetación emergente de helófitos y tarajales insulares.

En ninguno de los dos recintos de La Horcada se han realizado trabajos de extracción de sedimentos desde la última campaña de vertido, por lo que se observa un desarrollo moderado, aunque irregular, de la vegetación, principalmente matorral de porte bajo adaptado a humedad estacional y salinidad moderada (e.g *Arthrocnemum macrosachyum*, *Suaeda vera*, etc.), numerosos tarajes aislados o formando rodales de edad variable, y pequeños parches de helófitos, principalmente carrizo (*Phragmites australis*).

### Actuaciones:

- Conservación y potenciación del carrizal que ocupa una estrecha franja de fondo elevado entorno a antiguas zanjas de extracción de sedimentos, en el margen Sur del sector 1 (Fig. 2). Si es necesario se pueden eliminar tarajes entremezclados para favorecer al carrizo.
- Conservación parcial de pequeño tarajal con más de 10 años de edad y desarrollo moderado en la parte Norte del recinto 2 para la formación de una futura isla arbolada (Fig. 2). Durante los trabajos de nivelado, construcción de zanjas de conducción y otras labores de adecuación de este subsector se preservará al menos un rodal de 500 m<sup>2</sup> en superficie, con forma entre 1:1 (i.e. 22.4 x 22.4 m) y 1:3 (i.e. 12.9 x 38.7 m), taludes con pendiente 1:2 (en caso de profundización) y al menos a 30 m de los márgenes del recinto. Deberá conservarse en futuras campañas de retirada de sedimentos.

## 2.7. Medición de profundidad

**Objetivo:** Determinar de forma analógica la profundidad de la lámina de agua durante las visitas planificadas desde el momento del vertido (máxima profundidad) hasta la desecación completa. Esta información complementará la obtenida por medio de levantamientos tridimensionales realizados periódicamente con drones.

### Actuaciones:

- Instalar o pintar una escala graduada en uno de los laterales de la caja de agua que sea visible con óptica de aumento a distancia mínima de 150 m (Fig. 2, 8). Se diseñará siguiendo las características de una escala limnimétrica tipo, con fondo blanco, marcas y dígitos en

negro/rojo, precisión de 1 cm, marcas de 1 cm de grosor (i.e. indicadora de 2 cm contiguos), marca de metro y cero en la base. Comprenderá toda la longitud desde al menos el nivel máximo previsto de agua (i.e. última tabla de la caja de agua) hasta la base. Se eliminarán los sedimentos acumulados en la base para maximizar la altura de la escala

- Instalación de una escala limnimétrica graduada en PVC complementaria a la grabada en la caja de agua (Fig. 2, 8). Tendrá al menos 2 m de longitud, con marcas y números destacados en negro/rojo sobre fondo blanco para lectura a distancia. Se colocará sobre poste nivelado de madera tratada de mínimo 3 m de longitud y al menos 10 cm de lado (suficiente como para atornillar la escala), con al menos un 1 m enterrado en el sustrato (con o sin cimentación), y en zona de máxima profundidad cerca de las islas, en un punto donde sea visible desde los lados S, E y la caja de agua.
- Una parte suficiente del extremo superior de la escala colocada sobre el poste deberá solapar con el extremo inferior de la escala grabada en la caja de agua, de modo que pueda continuarse la medición calibrada entre escalas (Fig. 8).
- Una vez seco el recinto, o bien con una medición de referencia desde barca aún con agua tras la decantación de los sólidos, se podrá determinar el grado de aterramiento producido y calibrar las escalas para calcular la profundidad real de las medidas realizadas.

## 2.8. Minimización de molestias

**Objetivo:** Evitar molestias a las posibles parejas reproductoras de aves acuáticas y abejaruco europeo presentes en el recinto durante los trabajos de adecuación y construcción de los elementos propuestos.

En el sector 1 se ha constatado la nidificación de al menos varias parejas de avoceta común en una de las pequeñas islas que aún permanecía aislada gracias a la menguante lámina de agua formada por las esporádicas precipitaciones del invierno y la primavera. El sector 2 ha permanecido seco durante la primavera debido a su reducida capacidad de acumular agua por el elevado nivel de colmatación. No se ha registrado la reproducción del abejaruco europeo en el sector 1, pero sí en algún pequeño talud dentro del sector 2 y, sobre todo, en el amplio talud formado sobre la orilla del río Guadalquivir al O del vaciadero.

### Actuaciones:

- No existe riesgo de molestia sobre la comunidad de aves acuáticas puesto que actualmente, tanto el sector 1 como el 2, están completamente secos y sin presencia de aves acuáticas, que ya han concluido su ciclo reproductor (e.g. avoceta común) y no encuentran zonas de alimentación.
- No se alterará ninguno de los taludes ocupados por parejas nidificantes de abejaruco en la orilla del río (O del vaciadero) y el interior del sector 2 en caso de constatarse actividad reproductora, incluida la presencia de pollos volantones tardíos, todavía posible a principios de agosto.
- Las labores de adecuación y construcción de los elementos propuestos en el entorno cercano de los taludes de nidificación deberán respetar al menos una distancia mínima de 50 m en caso de confirmarse actividad reproductora.
- El punto de impulsión desde el río se mantendrá a una distancia superior a 50 m del talud de nidificación del abejaruco sobre la orilla del río en caso de estar aún ocupado, reubicando si es preciso las conducciones en una zona segura de la esquina NO del sector 2 del vaciadero.

**Tabla 1**

Geometría y volúmenes detraídos por las estructuras propuestas en el recinto 2 del vaciadero de Butano, volumen útil estimado del recinto y efecto de las estructuras propuestas sobre el volumen útil disponible, en valores absolutos y relativos (%), asumiendo una profundidad máxima homogénea de agua prevista de 4 m.

Clase	Área superior (m <sup>2</sup> )	Forma (L2:L1)	Lado 1 (m)	Lado 2 (m)	Pendiente <sup>3</sup> (A:L)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen sumergido (m <sup>3</sup> )	N	Longitud total (m)	Volumen total (m <sup>3</sup> )	Volumen sumergido total (m <sup>3</sup> )
Isla	50	1:4	14.14	3.54	1:2	1292.76	1274.43	2		2585.52	2548.86
Isla	200	1:4	28.28	7.07	1:2	2591.48	2524.97	2		5182.96	5049.94
Península	150	1:1.5	15.00	10.00	1:3	1911.05	1895.52	6		11466.31	11373.12
Talud abejaruco pre-vertido <sup>1</sup>	48	1:12	24.00	2.00	1:1	334.00	224.00	2	24	668.00	448.00
Talud abejaruco post-vertido (seco) <sup>2</sup>	120	1:7.5	30.00	4.00	-	-	-	4	120	-	-
<b>Total detraído</b>											<b>19419.92</b>
<b>Total útil recinto</b>	<b>79156</b>										<b>316624.00</b>
<b>Disponible (Recinto – Detraído)</b>											<b>297204.08</b>
<b>% Detraído</b>											<b>6.13</b>
<b>% Disponible</b>											<b>93.87</b>

<sup>1</sup> Talud sobre la lámina de agua creado con acopio y compactado de materiales sobre la cara interna de la mota perimetral. Medidas de área, longitud y forma a nivel del agua

<sup>2</sup> Talud en seco creado mediante la excavación post-vertido de los sedimentos que colmatarán el lado NO del recinto

<sup>3</sup> Pendiente de taludes representada por la relación altura:longitud (A:L)

**Tabla 2**

Geometría y volúmenes detraídos por las estructuras propuestas en el recinto 1 del vaciadero de La Horcada, volumen útil estimado del recinto (contando con subsector colmatado) y efecto de las estructuras propuestas sobre el volumen útil disponible, en valores absolutos y relativos (%), asumiendo una profundidad máxima homogénea de agua prevista de 2.5 m.

Clase	Área		Lado 1 (m)	Lado 2 (m)	Pendiente <sup>3</sup> (A:L)	Volumen (m3)	Volumen sumergido (m3)	N	Longitud Total (m)	Volumen Total (m3)	Volumen sumergido total (m3)
	Superior (m2)	Forma (L1:L2)									
Isla	50.00	1:4	14.14	3.54	1:2	534.26	515.94	1		534.26	515.94
Isla	200.00	1:4	28.28	7.07	1:2	1231.45	1164.94	1		1231.45	1164.94
Isla	200.00	1:4	28.28	7.07	1:3	1654.98	1585.11	1		1654.98	1585.11
Isla arbolada	100.00	1:1	10.00	10.00	1:2	710.68	676.93	1		710.68	676.93
Península	150.00	1:1.5	15.00	10.00	1:3	850.36	834.83	6		5102.14	5008.95
Talud abejaruco pre-vertido <sup>1</sup>	48.00	1:12	24.00	2.00	1:1	242.50	132.50	2	24	485.00	265.00
Talud abejaruco pre-vertido <sup>2</sup>			30.00		1:1			3	90		
<b>Total detraído</b>											<b>9216.87</b>
<b>Total útil recinto</b>	<b>86881</b>										<b>217202.50</b>
<b>Disponibile (Recinto – Detraído)</b>											<b>207985.63</b>
<b>% Detraído</b>											<b>4.24</b>
<b>% Disponible</b>											<b>95.76</b>

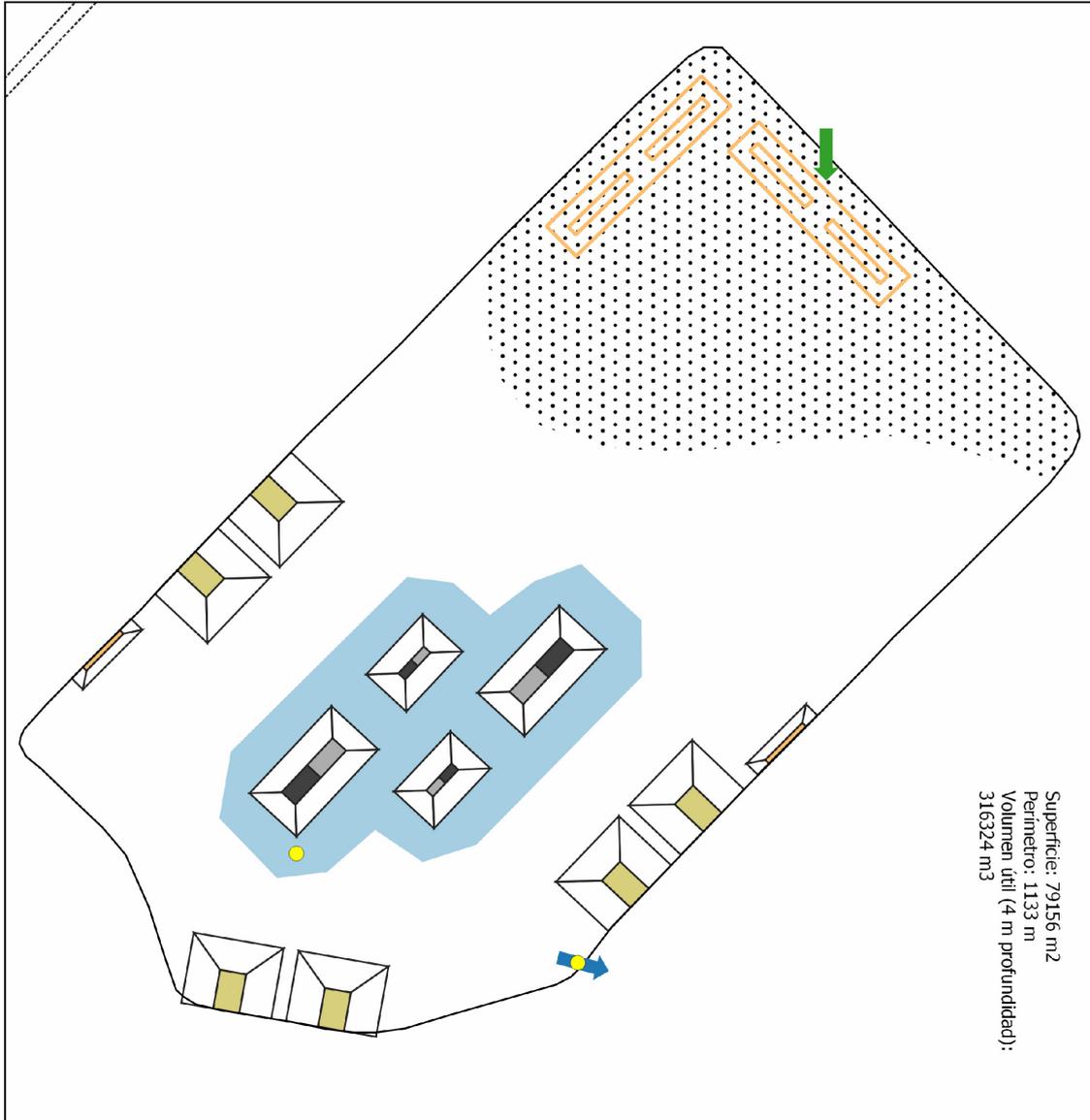
<sup>1</sup> Talud sobre la lámina de agua creado con acopio y compactado de materiales sobre la cara interna de la mota perimetral. Pendiente de talud base

<sup>2</sup> Talud en seco creado mediante la excavación de los sedimentos que colmatan el subsector O del sector 1, sobre el lado E de la mota que separa ambos sectores. Pendiente del terraplén base

<sup>3</sup> Pendiente de taludes representada por la relación altura:longitud (A:L)

**Figura 1**

Disposición de zonas y elementos propuestos en el recinto 2 del vaciadero terrestre de Butano para la campaña de dragados-vertidos 2019. Las dimensiones (i.e. longitudes y superficies) están en escala proporcional real asumiendo una profundidad prevista de 4 m. Por motivos de simplicidad, la superficie de las estructuras se representa con polígonos rectangulares no necesariamente reales en la práctica (siempre que se conserven áreas y relaciones). Ver detalles en el texto.



Superficie: 79156 m<sup>2</sup>  
 Perímetro: 1133 m  
 Volumen útil (4 m profundidad):  
 316324 m<sup>3</sup>

## Vaciadero de Butano Sector 2

(Nomenclatura Manual: B)

### Flujos

Evacuación (caja de agua)

Impulso

### Estructuras

Isla limo/arena

Isla grava

Península

Talud abejaruco pre-vertido

Talud abejaruco post-vertido

Talud

Escala

### Zonificación

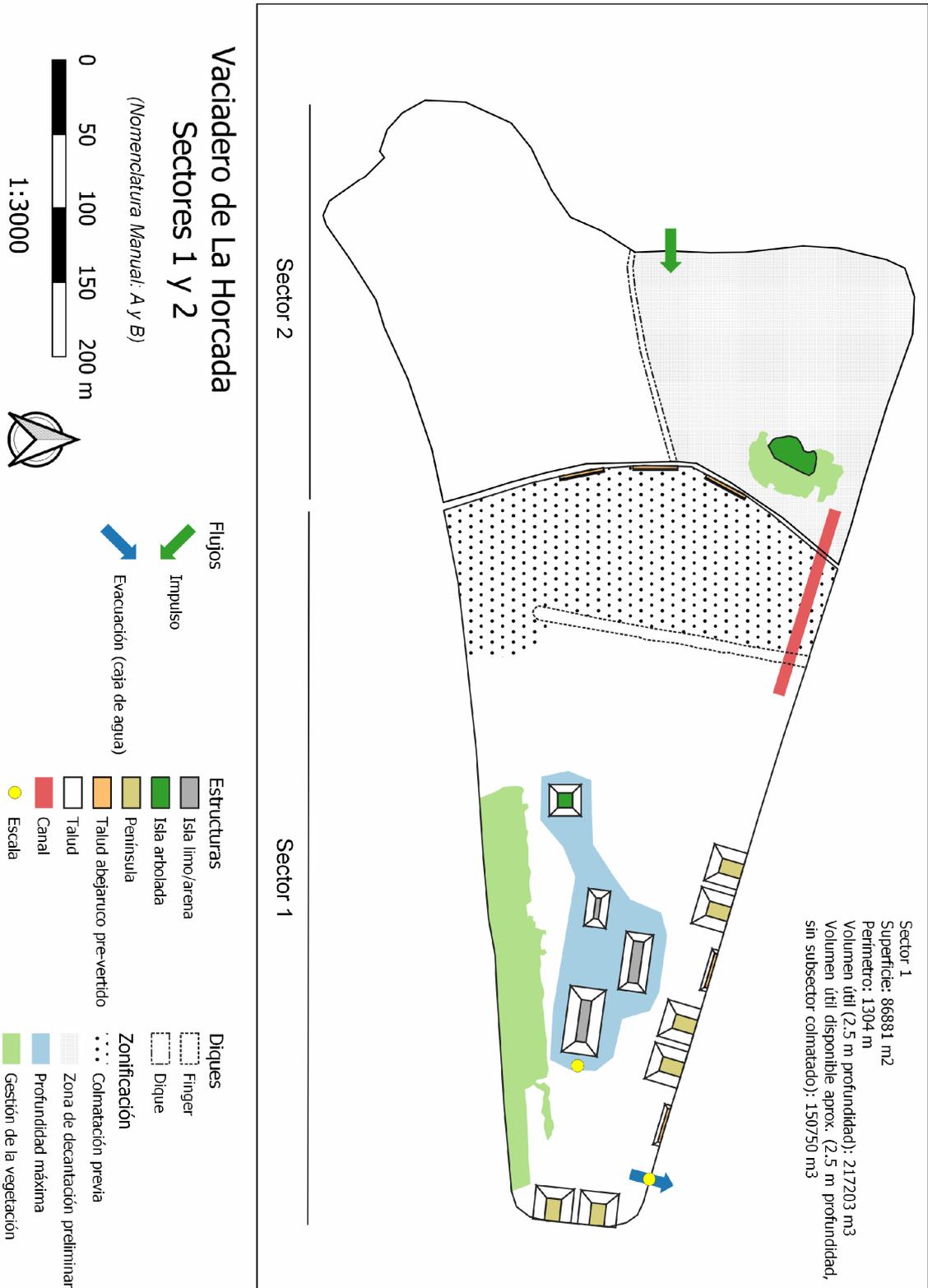
Coincetración prevista

Profundidad máxima



**Figura 2**

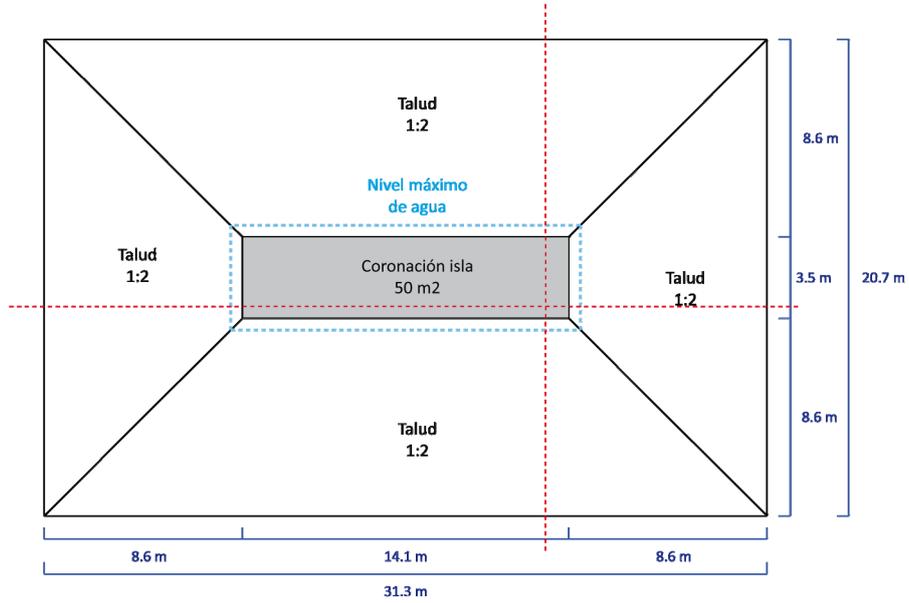
Disposición de zonas y elementos propuestos en los recintos 1 y 2 del vaciadero terrestre de La Horcada para la campaña de dragados-vertidos 2019. Las dimensiones (i.e. longitudes y superficies) están en escala proporcional real asumiendo una profundidad prevista de 2.5 m. Por motivos de simplicidad, la superficie de las estructuras se representa con polígonos rectangulares no necesariamente reales en la práctica (siempre que se conserven áreas y relaciones). Ver detalles en el texto.



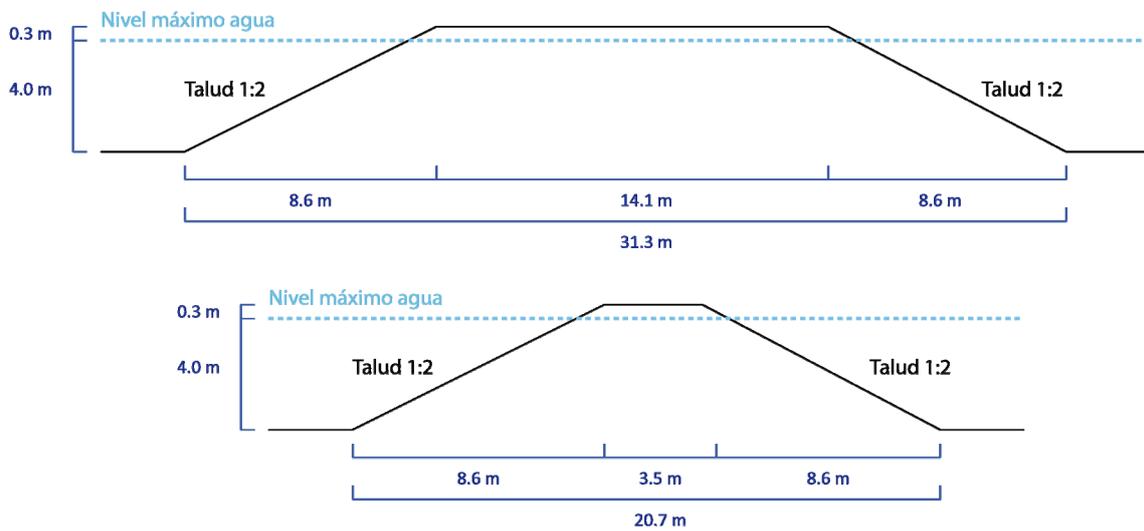
**Figura 3**

Diseño en planta (a) y secciones transversales de los lados mayor y menor (b) de isla con coronación de 50 m<sup>2</sup>, 0.3 m de altura sobre el nivel máximo del agua y taludes con pendiente 1:2 en Butano 2, asumiendo una profundidad máxima de 4 m. Las líneas de puntos rojos indican el corte de las secciones transversales mostradas en b).

a)



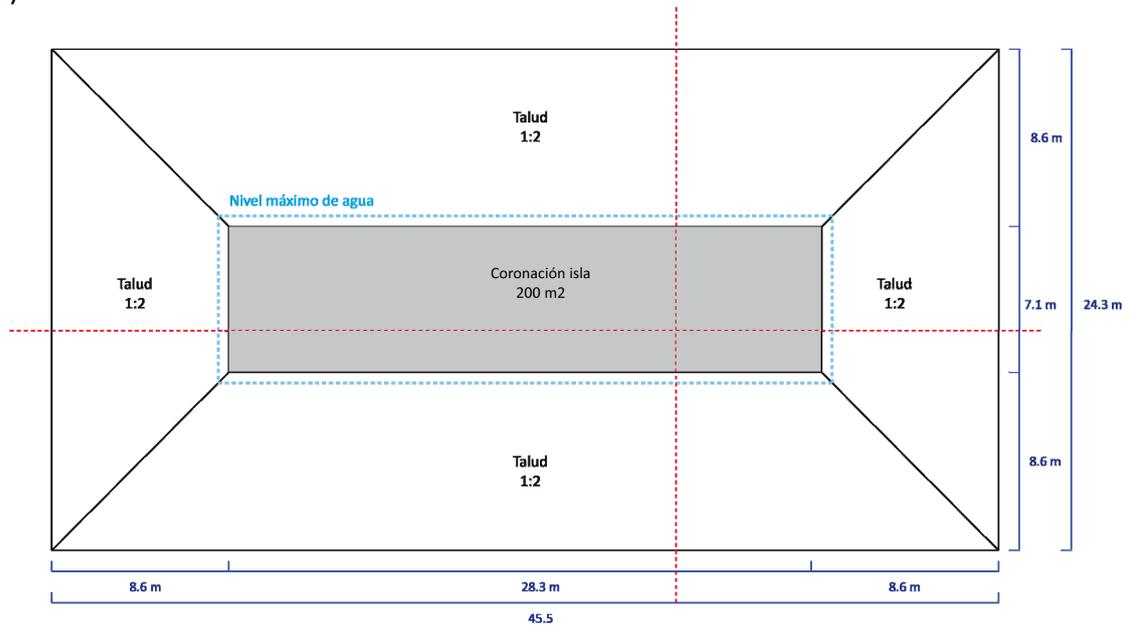
b)



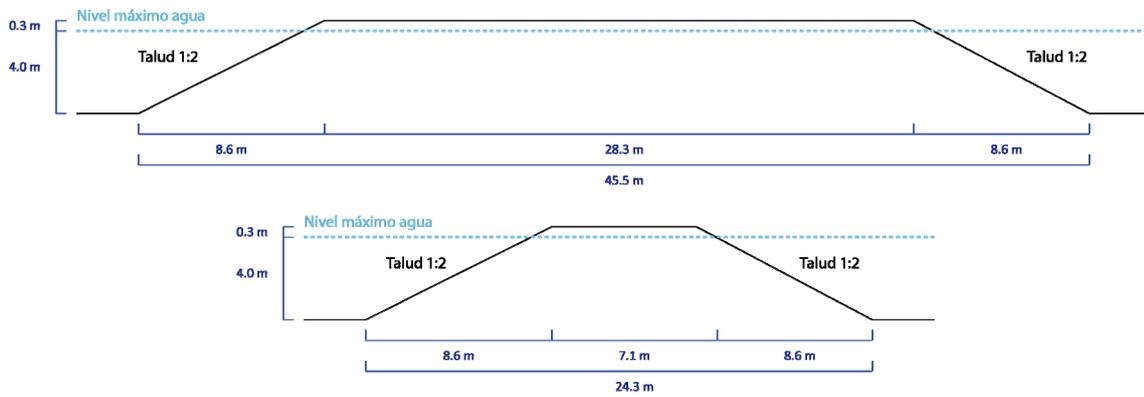
**Figura 4**

Diseño en planta (a) y secciones transversales de los lados mayor y menor (b) de isla con área en coronación de 200 m<sup>2</sup>, 0.3 m de altura sobre el nivel máximo del agua y taludes con pendiente 1:2 en Butano 2, asumiendo una profundidad máxima de 4 m. Las líneas de puntos rojos indican el corte de las secciones transversales mostradas en b).

a)



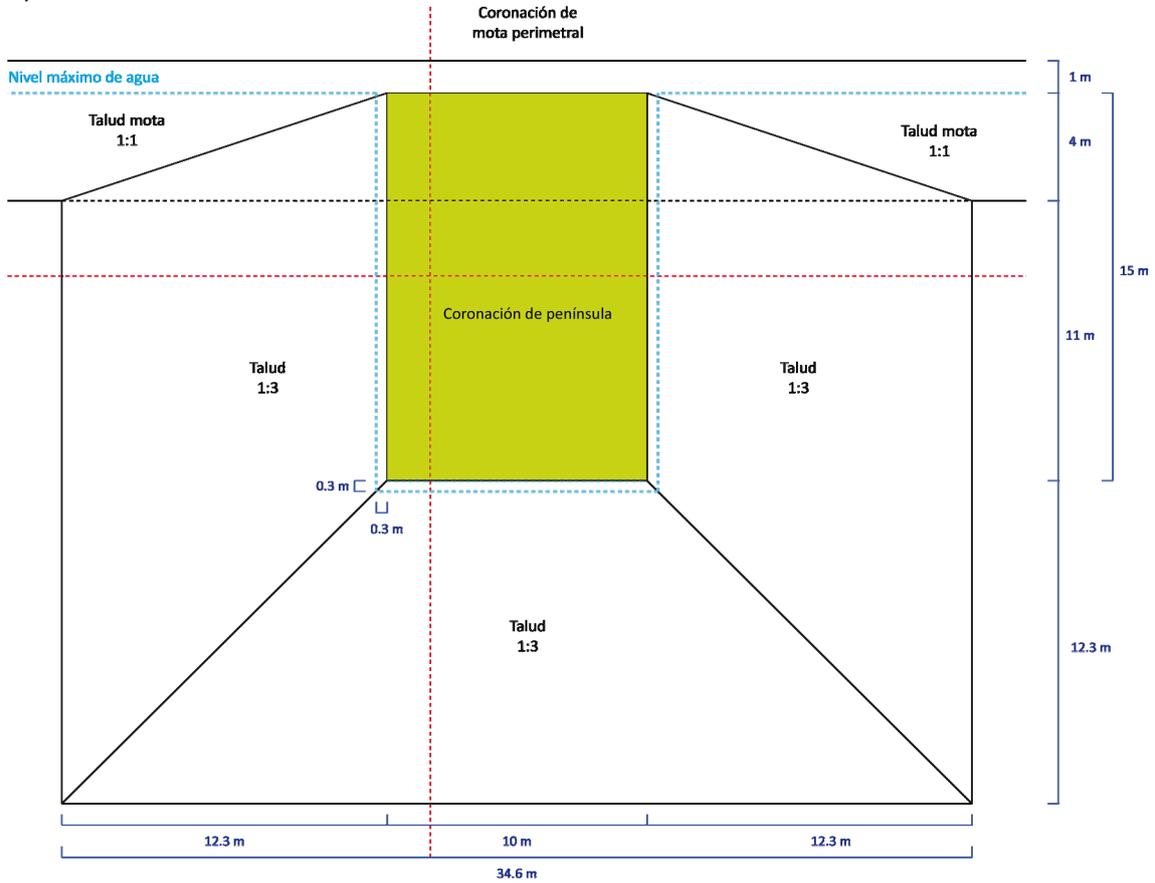
b)



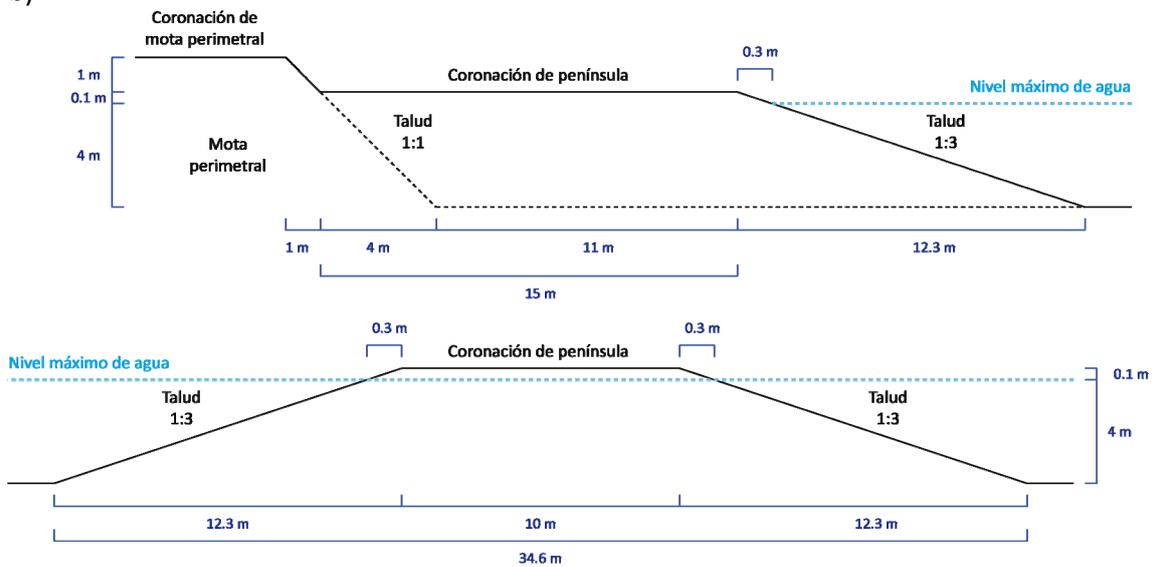
**Figura 5**

Diseño en planta (a) y secciones transversales de los lados mayor y menor (b) de península con área en coronación de  $150 \text{ m}^2$ , 0.1 m de altura sobre el nivel máximo del agua y taludes con pendiente 1:3 en Butano 2, asumiendo una profundidad máxima de 4 m. Las líneas de puntos rojos indican el corte de las secciones transversales mostradas en b).

a)

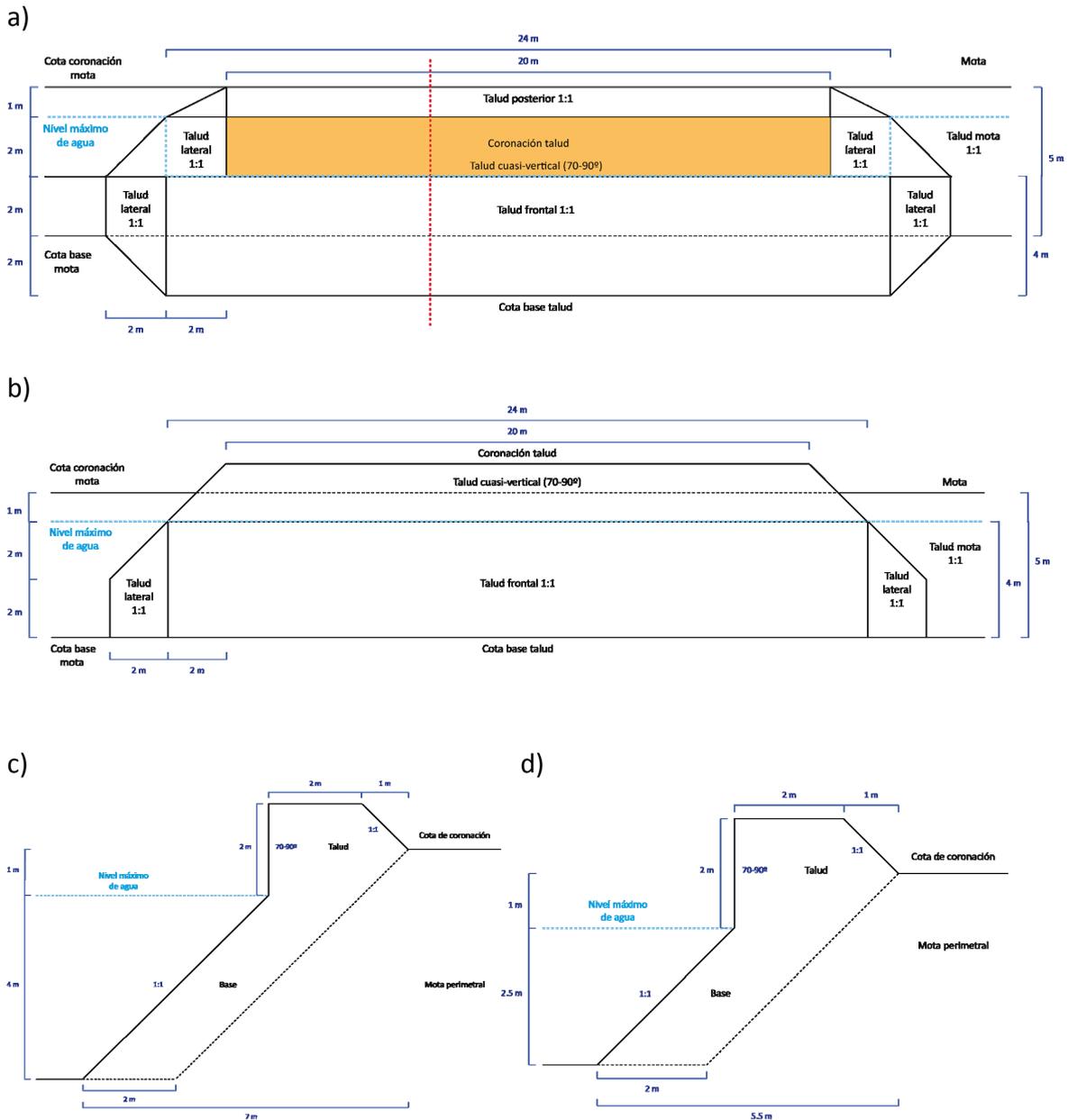


b)



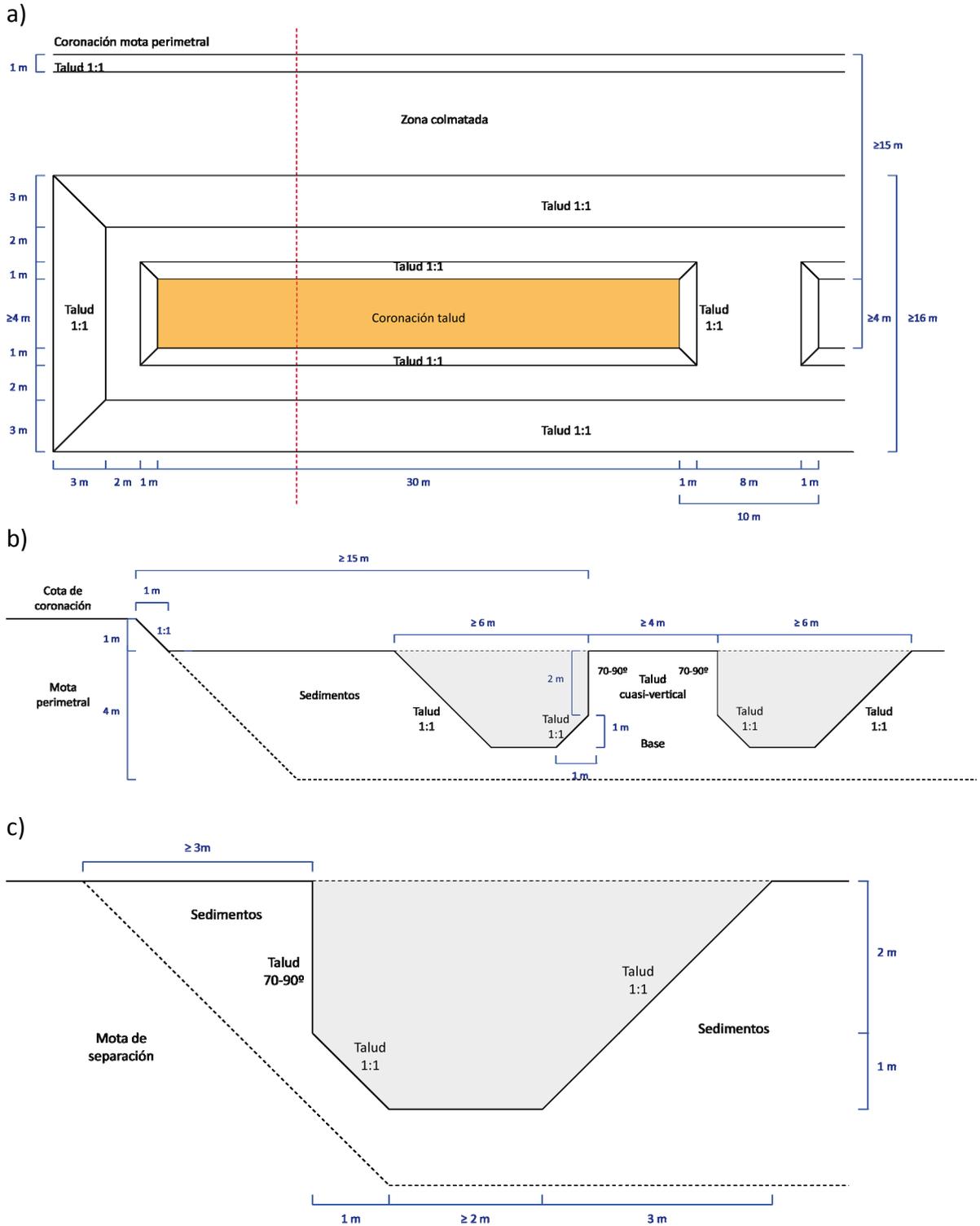
**Figura 6**

Detalle a escala del diseño en planta y secciones transversales de taludes pre-vertido sobre agua propuestos para la nidificación del abejaruco europeo: a) diseño en planta (Butano 2), b) diseño frontal (Butano 2), c) sección transversal (Butano 2), c) sección transversal (Horcada 1). Se asume una profundidad máxima de la lámina de agua de 4 m en Butano 2 y 2.5 en Horcada 1. El área naranja indica superficie de coronación del talud (1 m sobre coronación de la mota) y la línea roja punteada el corte de las secciones transversales mostradas en c) y d). Ver detalles en el texto.



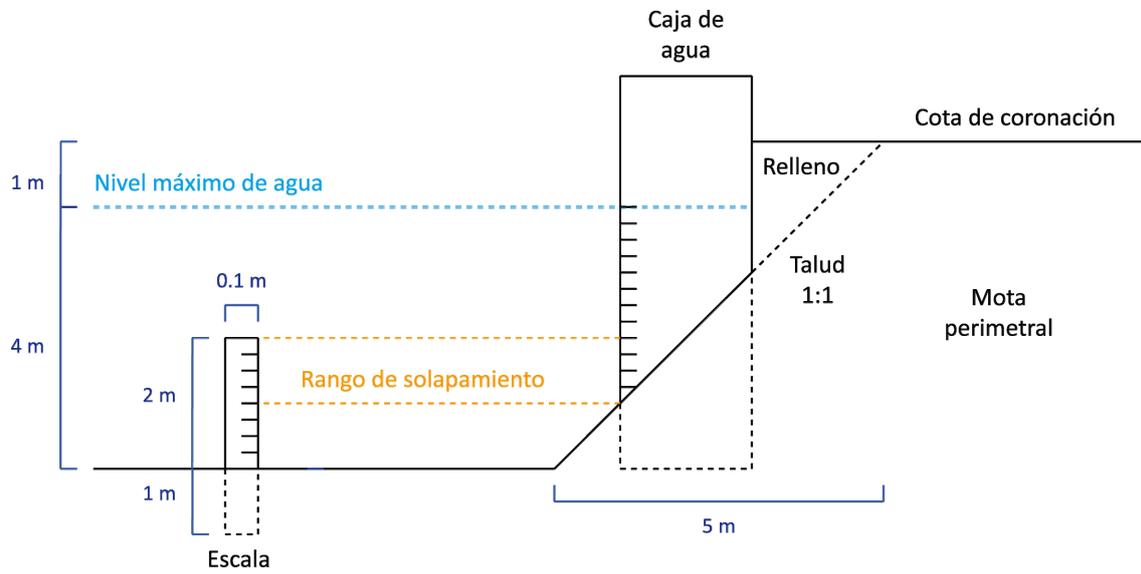
**Figura 7**

Detalle a escala del diseño en planta y secciones transversales de taludes en seco propuestos para la nidificación del abejaruco europeo: a) diseño en planta de talud post-vertido en zona de colmatación (Butano 2), b) sección transversal de talud-post vertido en zona de colmatación (Butano 2), c) sección transversal de talud pre-vertido sobre mota de separación (Horcada 1). El área naranja indica superficie de coronación de talud, las áreas grises el vaciado por extracción de materiales, y la línea roja punteada el corte de la sección transversal mostrada en b). Ver detalles en el texto.



**Figura 8**

Ejemplo de emplazamiento complementario de escalas limnimétricas en caja de agua y sobre poste en zona de máxima profundidad en Butano 2, asumiendo una profundidad máxima de 4 m. Las líneas de puntos naranjas señalan el rango de solapamiento entre escalas necesario para la continuidad de medidas a medida que el nivel de agua descende.



## ANNEX IV. BEACH REGENERATION DATA SHEET

## Anexo I

Resumen de actuaciones propuestas en los vaciaderos de Butano (sector 2) y La Horcada (sectores 1 y 2) para la campaña 2019. Se asume una profundidad máxima de 4 m en Butano 2 y de 2.5 m en La Horcada 1 con el agua en nivel máximo de seguridad ( $\approx 1$  m por debajo de la cota de coronación de la mota perimetral).

		Butano 2	La Horcada 1,2
Zona de impulsión		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restringida al lado NO</li> <li>- Profundizar fondo</li> <li>- Usar sustrato para estructuras</li> <li>- No instalar estructuras en la zona</li> </ul>	- No instalar estructuras en la zona próxima al <i>finger</i>
	Número y geometría (área emergida)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2x 200 m<sup>2</sup> (28.3x7.1 m)</li> <li>- 2x 50 m<sup>2</sup> (14.1x3.5 m)</li> <li>- Altura: 4 m sumergidos + 0.3 m emergidos</li> <li>- Taludes 1:2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2x 200 m<sup>2</sup> (28.3x7.1 m), taludes 1x 1:2 y 1x 1:3</li> <li>- 1x 50 m<sup>2</sup> (14.1x3.5 m) recrecida sobre existente, talud 1:2</li> <li>- 1x 100 m<sup>2</sup> (10x10 m) recrecida sobre existente con tarajes, talud 1:2</li> <li>- Altura: 2.5 m sumergidos + 0.3 m emergidos</li> </ul>
	Islas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Situación centro-SE</li> <li>- Orientación NO-SE</li> <li>- Disposición alterna de tamaños</li> <li>- <math>\geq 30</math> m a márgenes</li> <li>- <math>\geq 25</math> m entre islas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Situación centro-E de sector 1</li> <li>- Orientación O/NO-SE/E</li> <li>- Disposición alterna de tamaños</li> <li>- <math>\geq 30</math> m a márgenes</li> <li>- <math>\geq 25</math> m entre islas</li> </ul>
	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mitad emergida cubierta con 10 cm de grava</li> <li>- Otra mitad con arena/limo/tierra</li> <li>- Aprovechar sedimentos <i>in situ</i></li> <li>- Entorno con profundidad máxima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arena/limo/tierra</li> <li>- Aprovechar sedimentos <i>in situ</i></li> <li>- Entorno con profundidad máxima</li> </ul>
	Márgenes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3x2 penínsulas de 150 m<sup>2</sup> (15x10 m)</li> <li>- Altura: 4 m sumergidos + 0.1 emergidos</li> <li>- Taludes 1:3</li> <li>- 3 tándems sobre márgenes SO, E y NE de mota</li> <li>- Lado mayor perpendicular a orilla</li> <li>- 30 m entre orillas de penínsulas en tándem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3x2 penínsulas de 150 m<sup>2</sup> (15x10 m)</li> <li>- Altura: 2.5 m sumergidos + 0.1 emergidos</li> <li>- Taludes 1:3</li> <li>- 3 tándems sobre márgenes N (2x, a los lados de talud abejaruco) y E</li> <li>- Lado mayor perpendicular a orilla</li> <li>- 20 m entre orillas de penínsulas en tándem</li> </ul>
	Taludes abejaruco pre-vertido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2x 2 m altura y 20 m longitud + 4 m de taludes laterales (nivel de agua)</li> <li>- Sumergido: 4 m altura, 2 m grosor, talud 1:1</li> <li>- Emergido: 2 m altura, corte frontal vertical (70-90°) y 3 m grosor hasta coronación de mota (figura 2)</li> <li>- Huecos <math>\leq 2</math> m y 10 cm diámetro + posaderos (ramas secas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. 2x sobre agua, 20 m longitud + 4 m de taludes laterales (nivel de agua): <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sumergido: 2.5 m altura, 2 m grosor, talud 1:1</li> <li>- Emergido: 2 m altura, corte frontal vertical (70-90°) y 3 m grosor hasta coronación de mota (figura 2)</li> </ul> </li> <li>b. 3x en seco, 30 m longitud, 2 m altura de cote vertical (70-90°), <math>\geq 3</math> m grosor, base opcional de 1 m altura y talud 1:1, retirada de sedimentos en franja de 30 m x <math>\geq 6</math> m ancho frente a talud</li> <li>a,b Huecos <math>\leq 2</math> m y 10 cm diámetro + posaderos (ramas secas)</li> </ul>

	<b>Butano 2</b>	<b>La Horcada 1,2</b>
Posición y orientación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobre mota perimetral, 1x margen SO, 1x margen NE</li> <li>- Separación <math>\geq 20</math> m</li> <li>- Corte vertical hacia lámina de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. 2x sobre margen N de mota, separación <math>\geq 20</math> m, corte vertical hacia lámina de agua</li> <li>b. Sobre margen E de mota de separación entre sectores (a O del <i>finger</i>), separación <math>\geq 20</math> m entre taludes, corte vertical hacia E</li> </ul>
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arena/limo/tierra compactada</li> <li>- Aprovechar sustrato de zona islas e impulsión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arena/limo/tierra compactada</li> <li>- Aprovechar sustrato de zona islas e impulsión (a)</li> <li>- Excavación en colmatación al O del <i>finger</i> (b)</li> </ul>
Número y geometría	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4x 30 m longitud, <math>\geq 4</math> m ancho, 2 m altura en corte vertical (70-90°), doble cara</li> <li>- Puede excavarse base en terraplén</li> <li>- Huecos <math>\leq 2</math> m y 10 cm diámetro + posaderos (ramas secas)</li> </ul>	
Taludes abejaruco post-vertido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zona de impulsión</li> <li>- 2 paralelos a lado SO y 2 a lado NO</li> <li>- <math>\geq 15</math> m de la cota coronación de la mota</li> <li>- <math>\geq 10</math> m entre taludes</li> <li>- Rodeado de zanja de <math>\geq 6</math> m ancho en talud</li> </ul>	
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excavados sobre colmatación</li> </ul>	
Gestión vegetación		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantener franja de carrizo en margen S de sector 1. Eliminar tarajes</li> <li>- Conservar rodal de tarajes de 500 m<sup>2</sup> en N de sector 2, con forma 1:1 a 1:3, talud 1:2, separación de márgenes <math>\geq 30</math> m</li> </ul>
Regulación de lámina de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acondicionamiento de caja de agua (tablones y aislante hasta nivel máximo)</li> <li>- Garantizar nivel máximo de agua</li> <li>- Garantizar alturas emergidas en estructuras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acondicionamiento de caja de agua (tablones y aislante hasta nivel máximo)</li> <li>- Garantizar nivel máximo de agua</li> <li>- Garantizar alturas emergidas en estructuras</li> </ul>
Medición de profundidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1x escala graduada grabada en lateral caja de agua, desde máximo nivel de agua hasta la base</li> <li>- 1x escala limnimétrica graduada de PVC, 2 m altura, 10 cm ancho, atornillada en poste nivelado de 3 m longitud (1 m enterrado), <math>\geq 10</math> cm de lado, madera tratada, y situada en zona de máxima profundidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1x escala graduada grabada en lateral caja de agua, desde máximo nivel de agua hasta la base</li> <li>- 1x escala limnimétrica graduada de PVC, 2 m altura, 10 cm ancho, atornillada en poste nivelado de 3 m longitud (1 m enterrado), <math>\geq 10</math> cm de lado, madera tratada, y situada en zona de máxima profundidad</li> </ul>
Molestias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No alterar taludes aún ocupados por abejaruco</li> <li>- Distancia de seguridad de <math>\geq 50</math> m a taludes ocupados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No hay riesgo de molestia a aves acuáticas (vaciadero seco)</li> <li>- No alterar taludes aún ocupados por abejaruco</li> <li>- Distancia de seguridad de <math>\geq 50</math> m a taludes ocupados</li> <li>- Punto de impulsión en NO de sector 2 a <math>\geq 50</math> m del talud en orilla del río (si está ocupado)</li> </ul>



Foto 1 ●

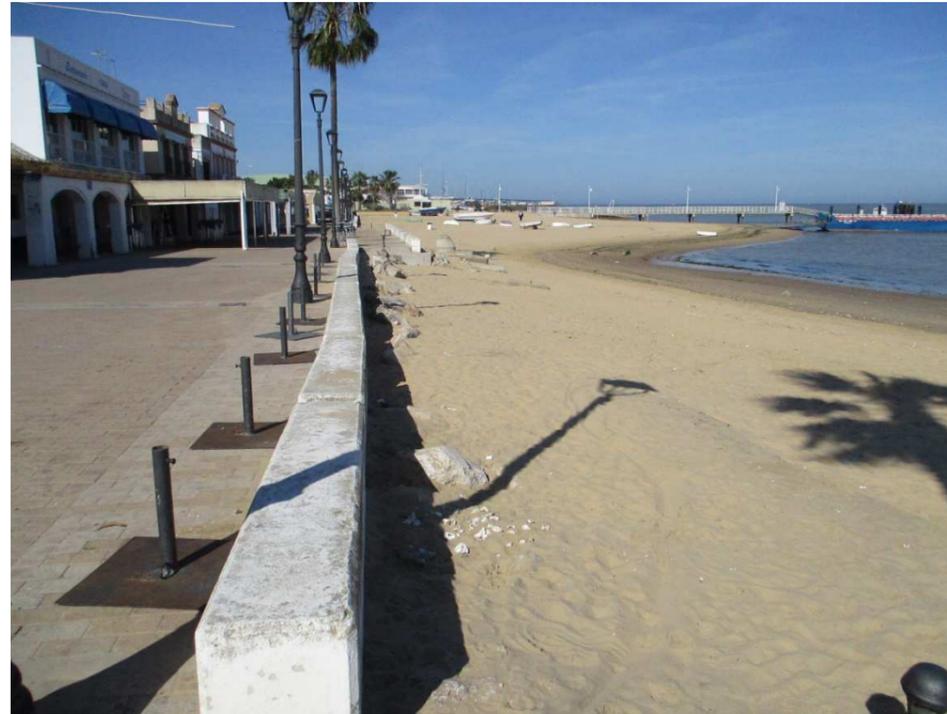


Foto 2 ●



Foto 3 ●

### Situación fotos



Foto 4 ●



Playa Bajo Guia  
(Estado Previo)

T.M. Sanlúcar de Barrameda (Cádiz)  
16 de Mayo de 2016



Foto 1 ●



Foto 2 ●



Foto 3 ●

Situación fotos



Foto 4 ●



Playa Bajo Guia  
(Estado Final)  
T.M. Sanlúcar de Barrameda (Cádiz)  
02 de Noviembre de 2016



Foto 1 ●



Foto 2 ●



Foto 3 ●

Situación fotos



Foto 4 ●



Playa La Calzada  
 (Estado Previo)  
 T.M. Sanlúcar de Barrameda (Cádiz)  
 16 de Mayo de 2016



Foto 1 ●



Foto 2 ●



Foto 3 ●

Situación fotos



Foto 4 ●

Playa La Calzada  
(Estado Final)

T.M. Sanlúcar de Barrameda (Cádiz)  
02 de Noviembre de 2016

