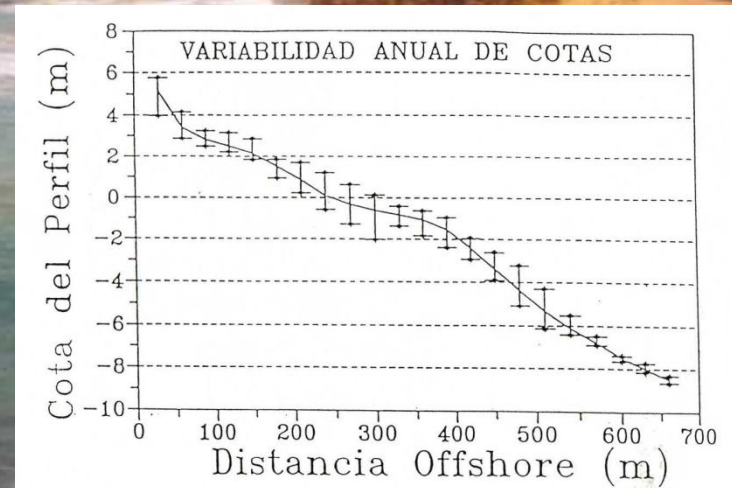
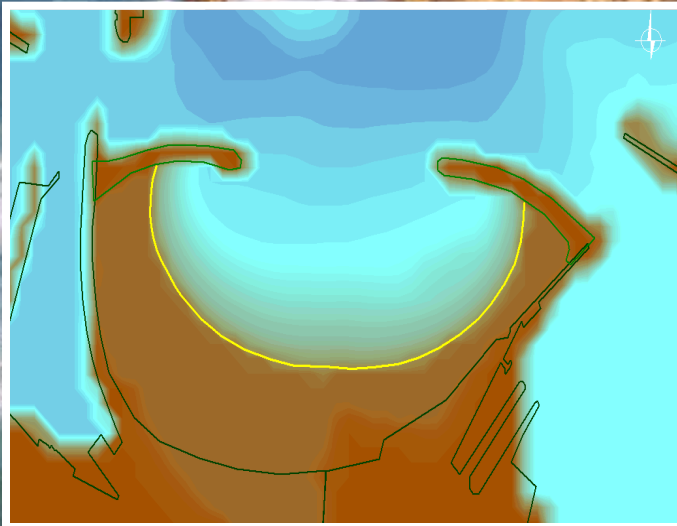




Metodología de Diseño y Regeneración de Playas

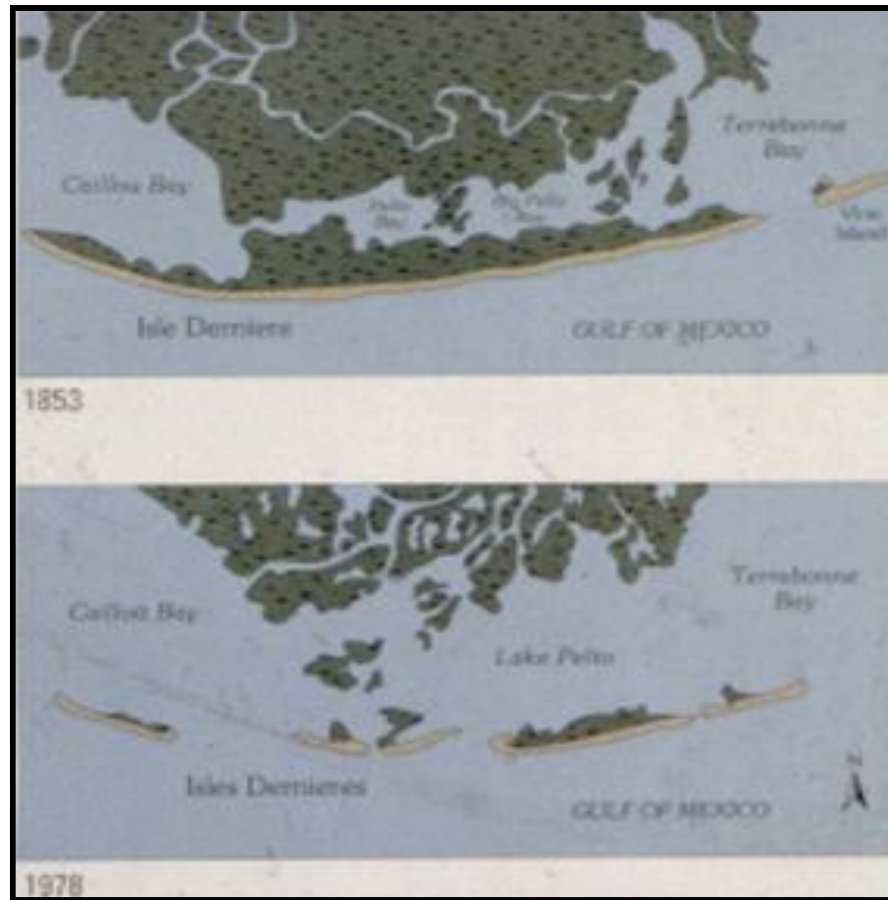


DISEÑO ESTRUCTURAL / CÁLCULO DE ESTABILIDAD



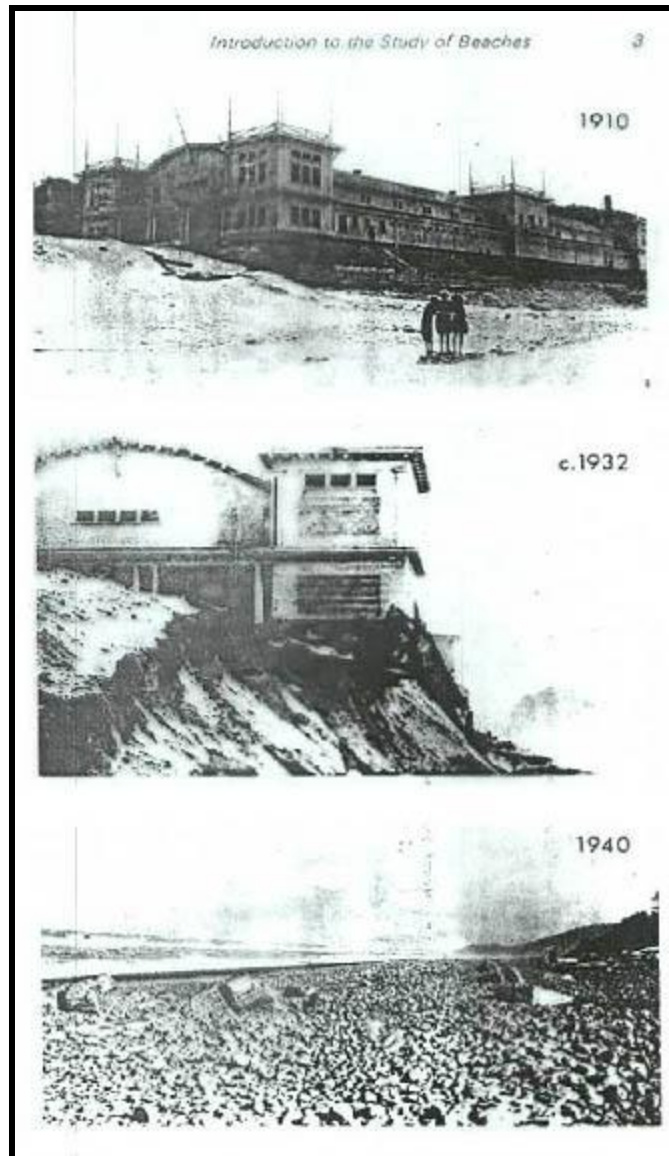
La morfología y dinámica de la costa cambia en distintas escalas de tiempo y espacio

DISEÑO ESTRUCTURAL: Escalas temporales



Variabilidad:
Muy Largo-Plazo
 $O(10^2 \text{ años})$

DISEÑO ESTRUCTURAL: Escalas temporales



Variabilidad:
Largo-Plazo
 $O(10^1 \text{ years})$

DISEÑO ESTRUCTURAL: Escalas temporales

Variabilidad:
Medio-Plazo
O (meses-año)

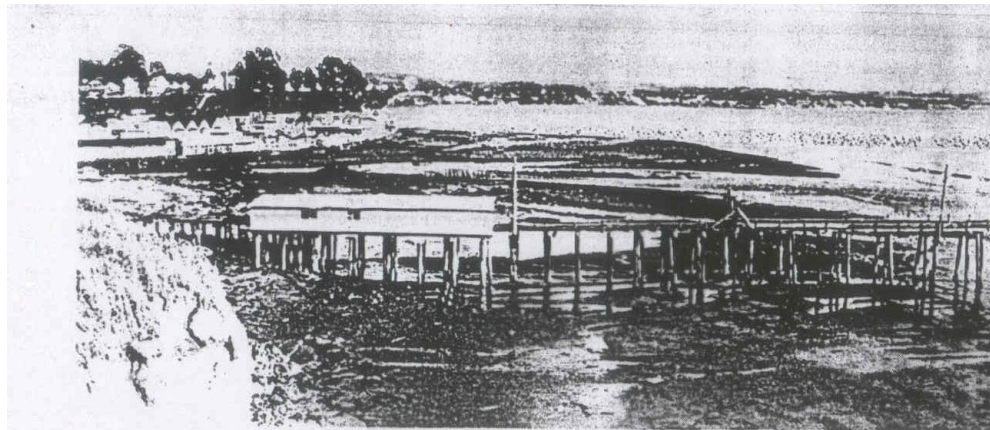
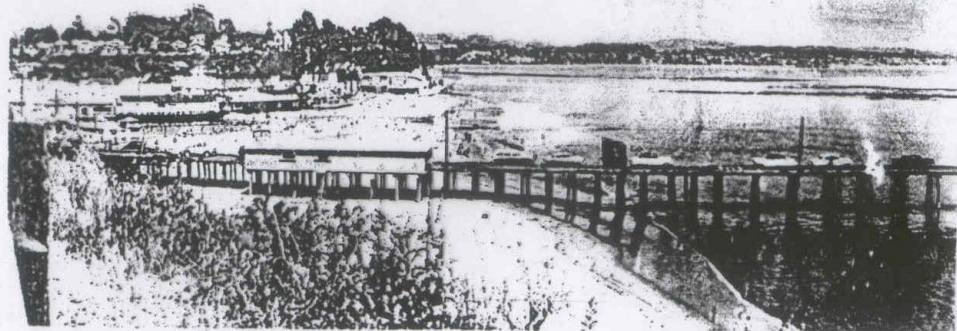


Fig. 14.19.

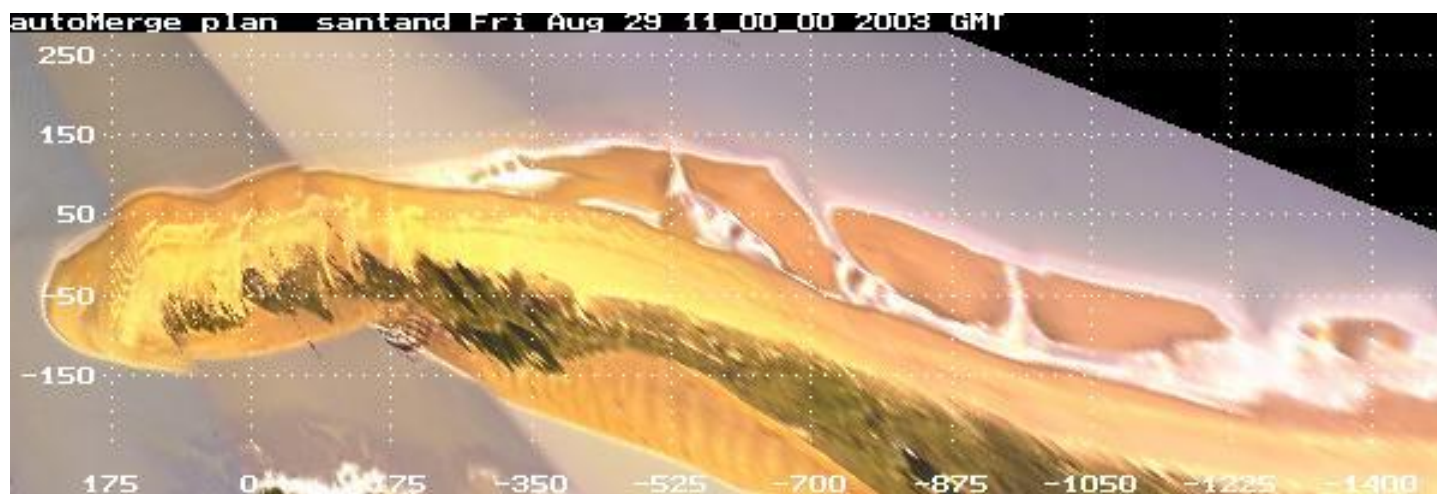
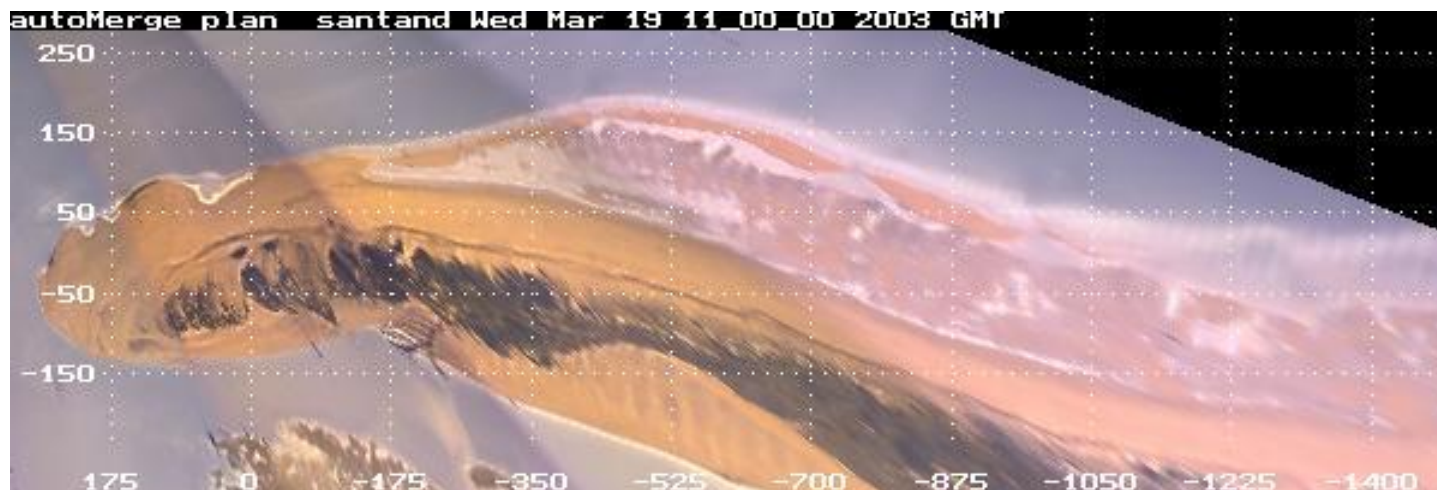
Invierno

(a) Beach at Capitola, California, showing large amount of sand brought down Soquel Creek during floods in late December, 1955

Verano



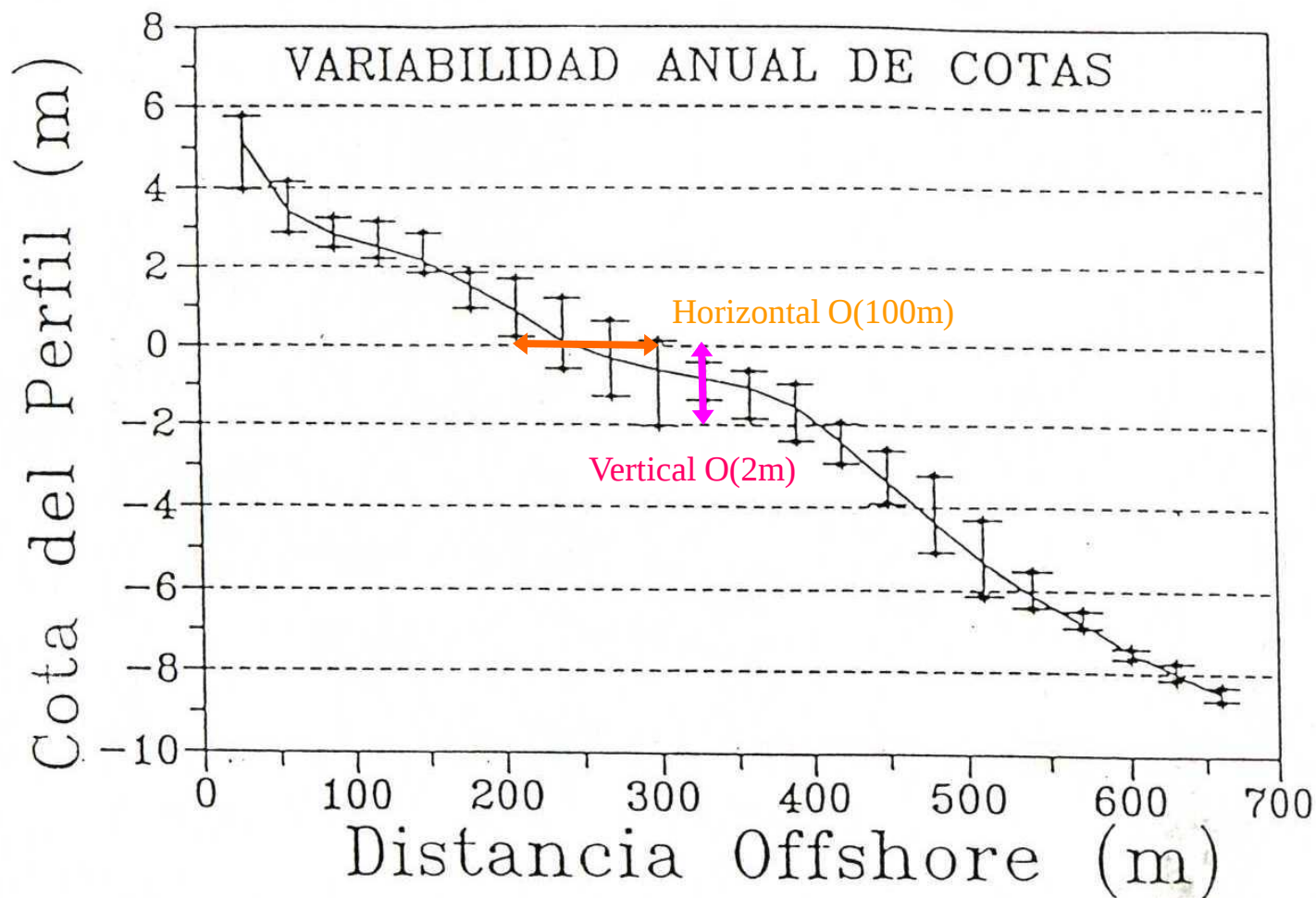
(b) Beach at Capitola under normal summer conditions. Tide stage approximately the same as in above photograph; May, 1957

DISEÑO ESTRUCTURAL: Escalas temporales

Variabilidad:
Medio-Plazo

DISEÑO ESTRUCTURAL: Escalas temporales

Variabilidad:
Medio-Plazo



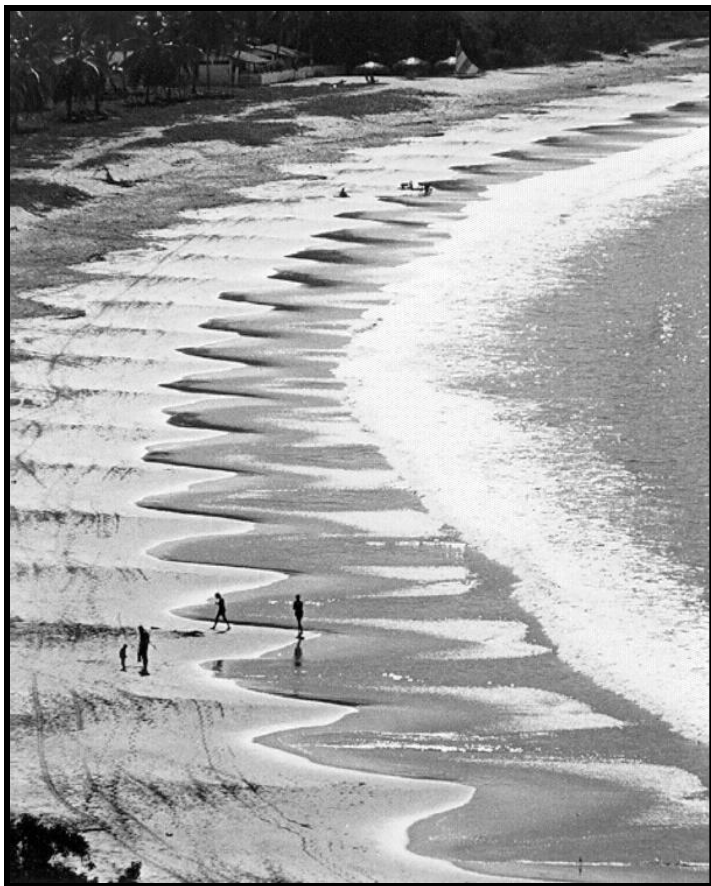
DISEÑO ESTRUCTURAL: Escalas temporales

Variabilidad:
Corto-Plazo
O(horas-días)



DISEÑO ESTRUCTURAL: Escalas espaciales

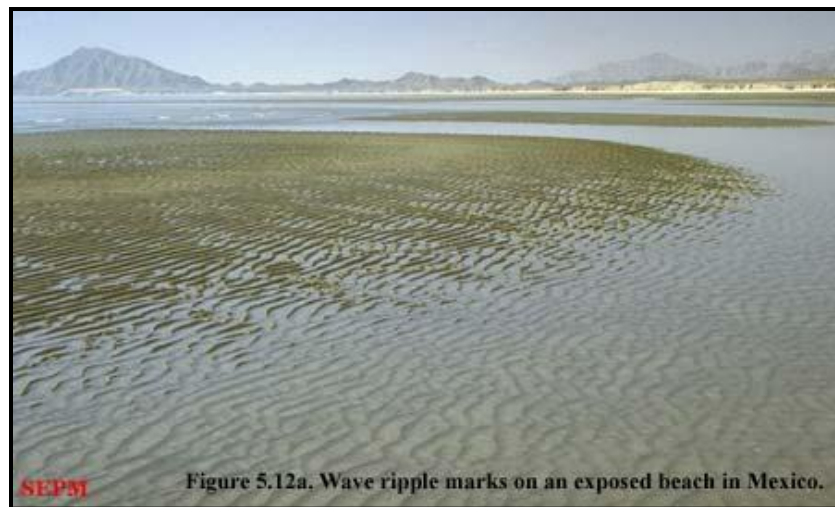
Diferentes Escalas Espaciales



Beach Cups $O(10\text{ m})$



Mega Cups $O(\text{km})$



Ripples $O(\text{cm})$

DISEÑO ESTRUCTURAL: Hipótesis en la escala del tiempo

ESCALA TEMPORAL DE CAMBIOS MORFOLÓGICOS EN PLAYAS

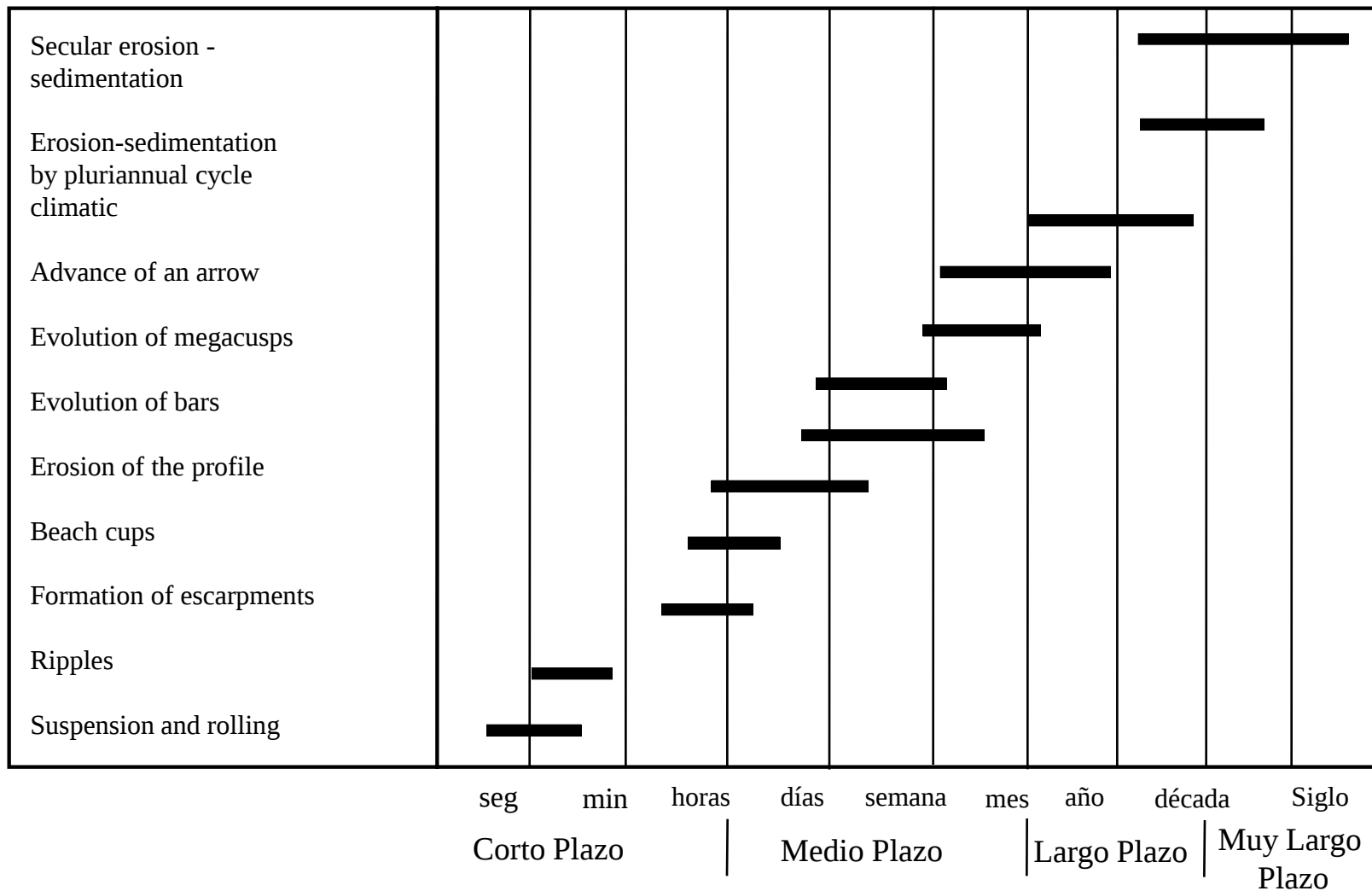
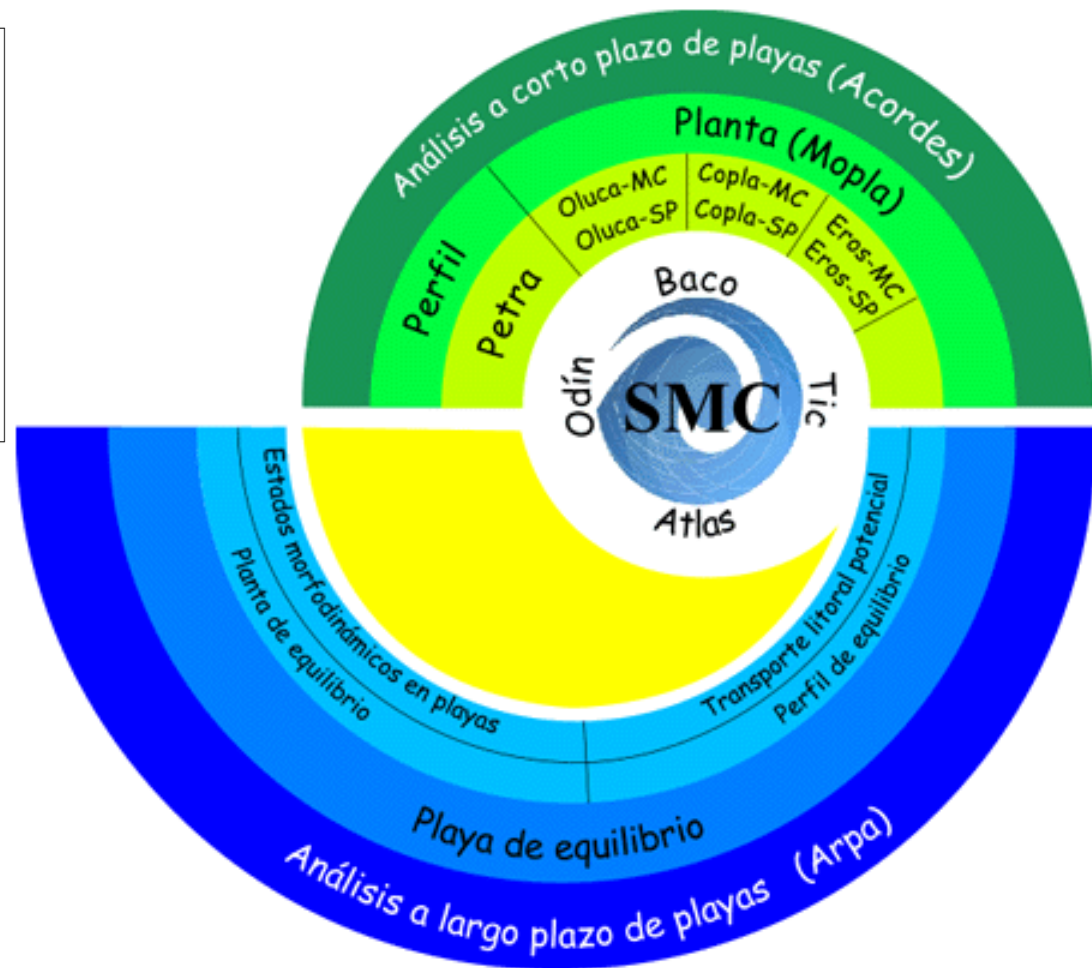


Diagrama de Gantt que muestra la escala temporal de cambios morfológicos en playas. El eje horizontal representa el tiempo en unidades de segundos (seg), minutos (min), horas, días, semanas, meses, años, décadas y siglos. El eje vertical lista los procesos morfológicos. Las barras horizontales indican la duración de cada proceso.

Proceso Morfológico	Escala Temporal (Aproximada)
Secular erosion - sedimentation	100 años - 1000 años
Erosion-sedimentation by plurianual cycle climatic	10 años - 100 años
Advance of an arrow	1 año - 10 años
Evolution of megacusps	1 mes - 1 año
Evolution of bars	1 semana - 1 mes
Erosion of the profile	1 día - 1 semana
Beach cups	1 hora - 1 día
Formation of escarpments	1 hora - 1 día
Ripples	1 minuto - 1 hora
Suspension and rolling	1 segundo - 1 minuto



- Efectos en la acumulación de errores numéricos,
- Efectos de interacción entre la respuesta en el largo-plazo y los procesos de corto-plazo

DISEÑO ESTRUCTURAL: Hipótesis en la escala espacial

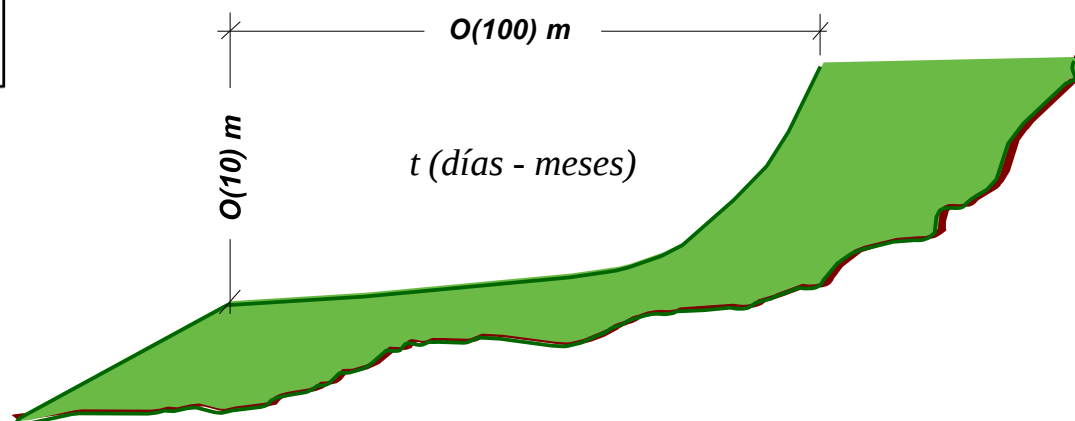
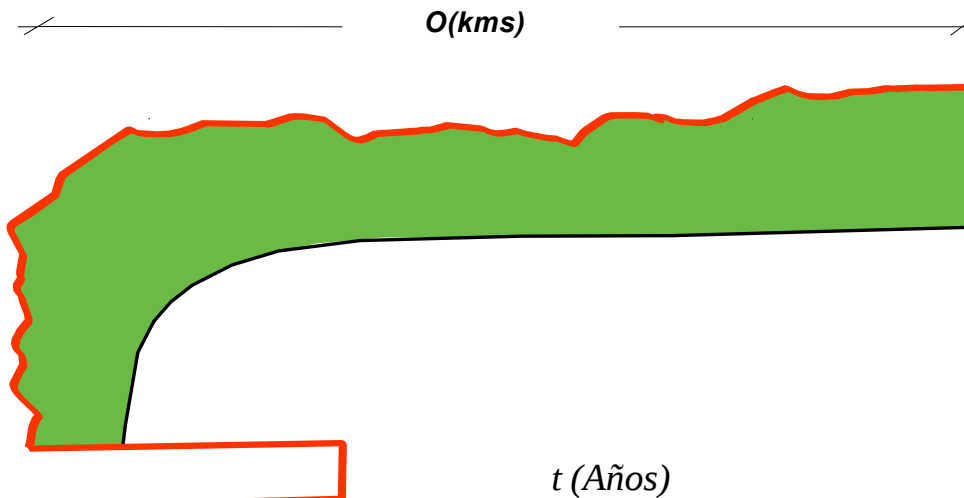
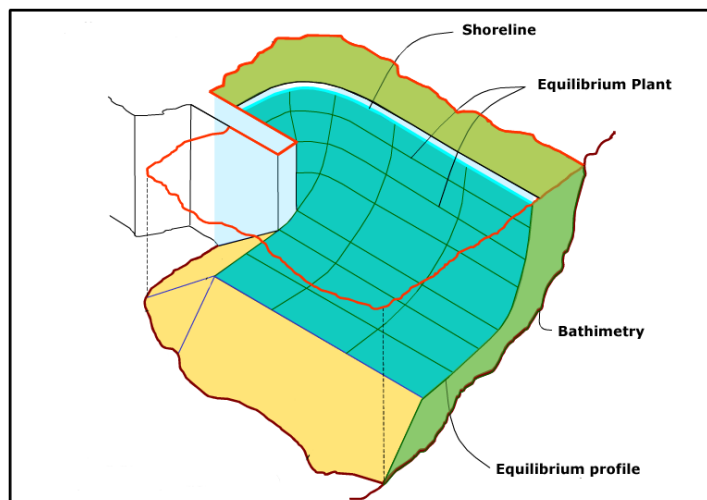
Metodología de cálculo de estabilidad

Hipótesis inicial:

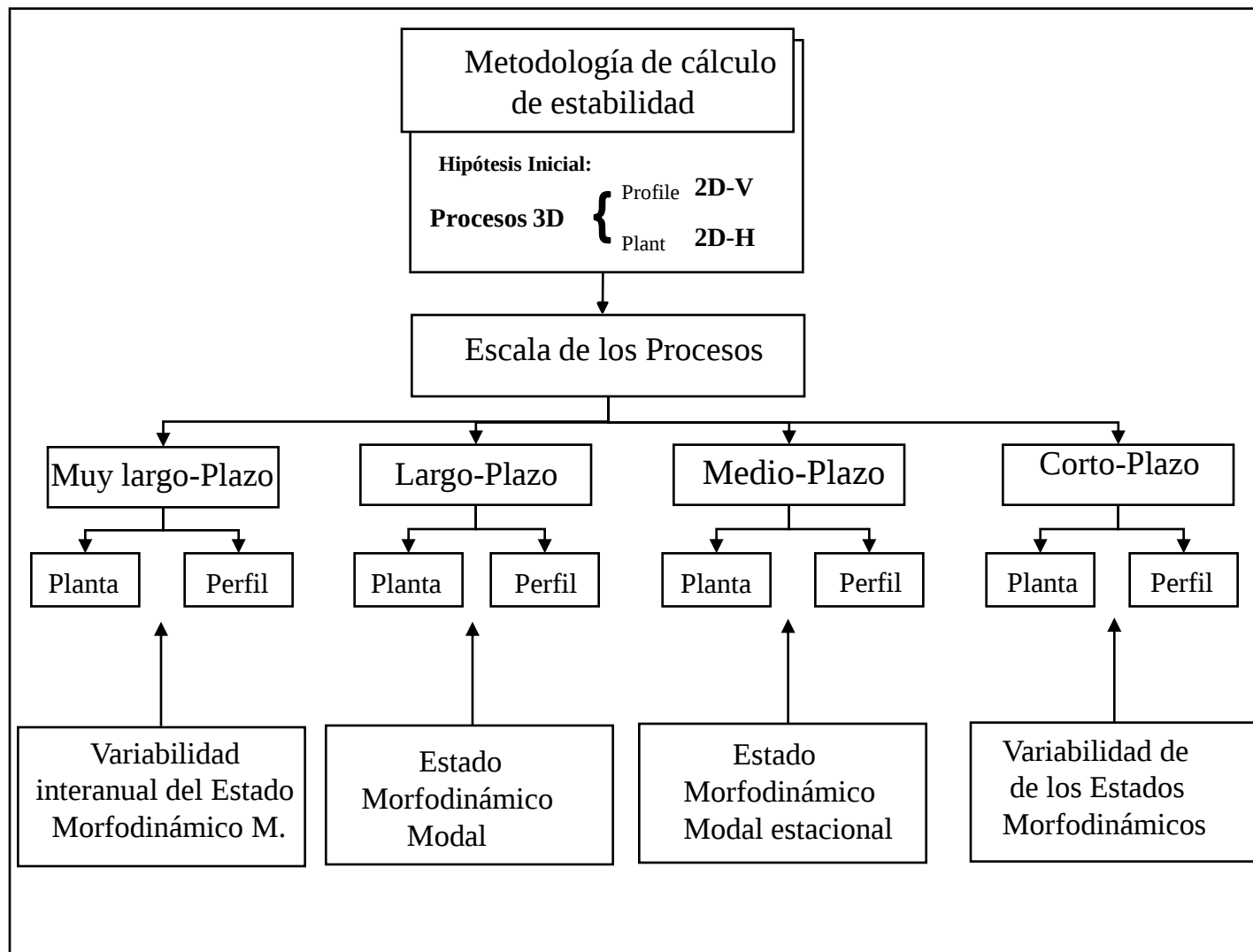
Processes 3D { **2D-V**
2D-H

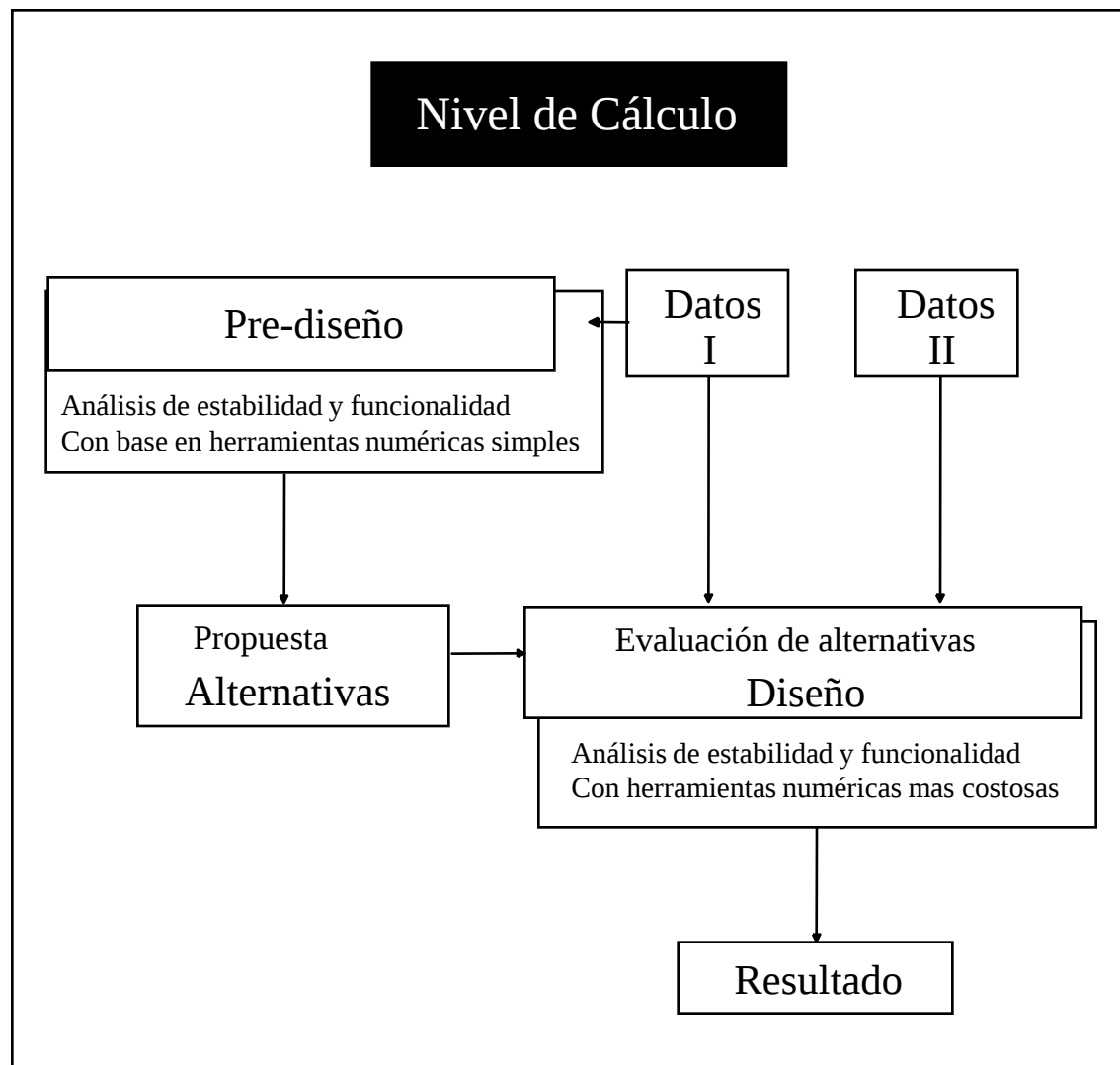


DISEÑO ESTRUCTURAL: Hipótesis en la escala del tiempo



DISEÑO ESTRUCTURAL: Metodología del cálculo de estabilidad



DISEÑO ESTRUCTURAL: Metodología del cálculo de estabilidad

DISEÑO ESTRUCTURAL: Metodología del cálculo de estabilidad

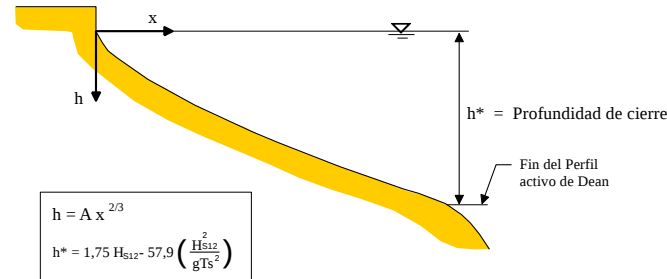
Nivel de cálculo	Geometría	Sección	Formulación	Datos necesarios	Tipo de datos	Cuadro	Notas
Pre-diseño	Playas Bolsillo	Perfil	Perfil equilibrio	D_{50}, H_{s12}	Equilibrio	<u>Al.1</u>	A En algunos casos puede ser necesario perfil equilibrio modificado.
		Plant	Perfil equilibrio estático	$\theta_0, (Y/L)$	Equilibrio	<u>All.5</u>	A No se obtiene información sobre el tiempo.
	Playas rectas	Perfil	Perfil equilibrio	D_{50}, H_{s12}	Equilibrio	All.1	A Puede ser necesario perfil equilibrio modificado.
		Plant	Modelo una línea soluciones analíticas	H_b, θ_b, D_{50}	Evolución	All.7	
Diseño	Playas Bolsillo	Perfil	Perfil equilibrio modificado	$A, A_T, B, \Omega, H_{s12}, geometría$	Equilibrio	<u>All.4</u>	A El perfil debe ser ajustado con datos de playas cercanas.
		Plant	Planta equilibrio estático	$\theta_0, (Y/L)$	Equilibrio	All.5	A Necesita un modelo una línea para obtener información de evolución temporal.
	Playas rectas	Perfil	Perfil equilibrio modificado	$A, A_T, B, \Omega, H_{s12}, geometría$	Equilibrio	All.4	A Puede necesitar un programa de propagación de oleaje.
		Plant	Modelo una línea solución numérica	$H_b(t), \theta_0(t), D_{50}, geometría$	Evolución	All.7	

Tabla 1. Resumen de modelos en el **Largo-plazo**

DISEÑO ESTRUCTURAL: Metodología del cálculo de estabilidad

La expresión parabólica del perfil de equilibrio ($h = Ax^{2/3}$) fue inicialmente obtenida por vía empírica a partir de ajustes de playas naturales, Bruun (1954). Posteriormente, Dean (1977) mostró que dicha expresión es consistente con la hipótesis de que la disipación de energía por unidad de volumen en la zona de rompientes es constante. El perfil de equilibrio no establece cual es el límite del mismo mar adentro, siendo usual adoptar por tal límite, la profundidad de cierre, h^* , obtenida por Birkemeier (1985).

PERFIL DE EQUILIBRIO, Dean (1977)

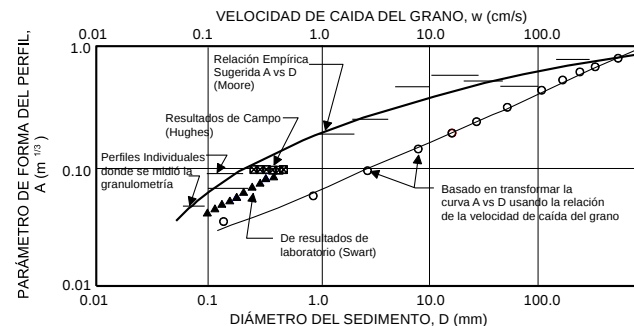


$$h = A x^{2/3}$$

$$h^* = 1,75 H_{s12} \sim 57,9 \left(\frac{H_{s12}^2}{g T_s^2} \right)$$

A = Parámetro de forma (ver Figura siguiente)
 H_{s12} = Altura de ola significativa superada 12 horas al año
 T_s = Periodo significativo del oleaje

Moore (1982) encontró una relación empírica entre el tamaño del grano, D_{50} , y el parámetro de forma A . Esta relación ha sido posteriormente modificada por Dean (1987) expresándola en términos de la velocidad de caída de grano, w . Es aconsejable, no obstante, verificar las relaciones $A - w$ en casos reales con datos de playas próximas.



$$A (m^{1/3}) = K w^{0.44} (m/s)$$

Valor propuesto por Dean (1987): $K=0,51$
 Media Perfil emergido Mar Cantábrico: $K=0,65$
 Media Perfil sumergido Mar Cantábrico: $K=0,55$

De manera aproximada, y para arenas de densidad $\rho_s = 2,65 \text{ tn/m}^3$, la velocidad de caída del grano puede obtenerse como:

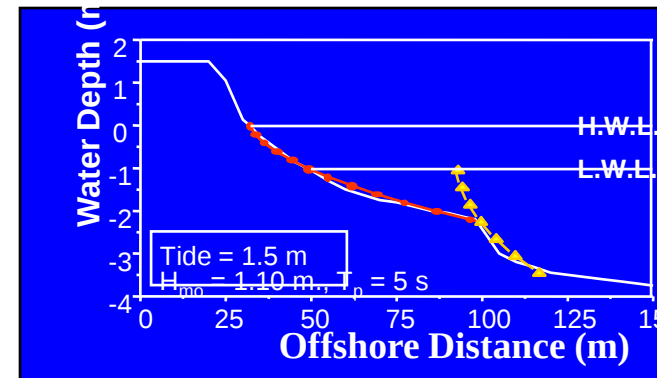
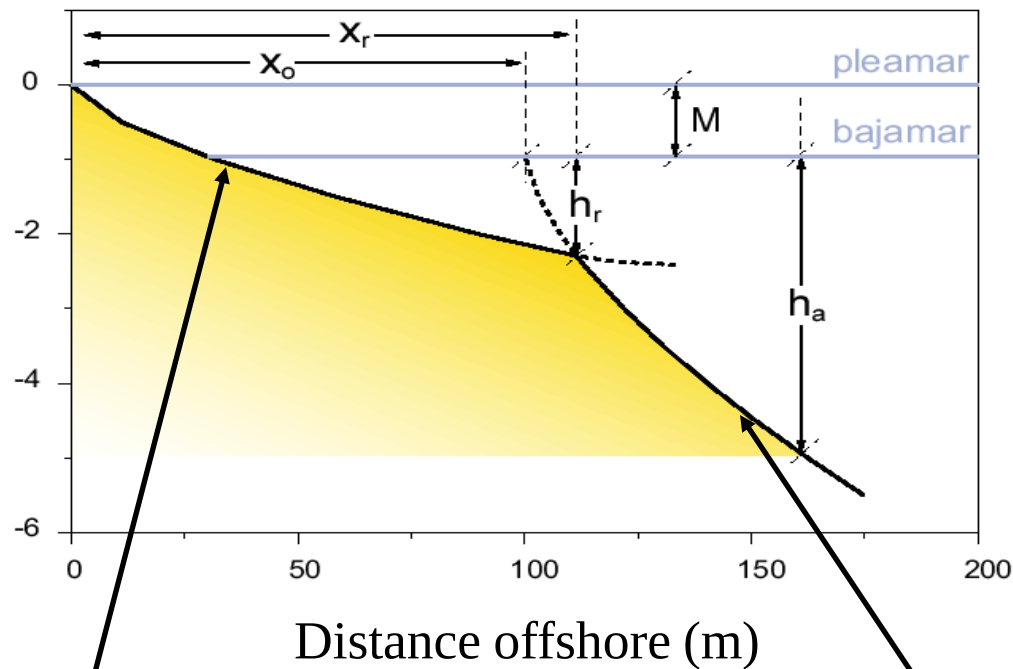
$$w (m/s) = 1,1 \cdot 10^6 D^{2/3} (m) \quad D < 0,1 \text{ mm}$$

$$w (m/s) = 273 D^{1/3} (m) \quad 0,1 < D < 1 \text{ mm}$$

$$w (m/s) = 4,36 D^{0.5} (m) \quad D > 1 \text{ mm}$$

D = Diámetro del sedimento

DISEÑO ESTRUCTURAL: Metodología del cálculo de estabilidad



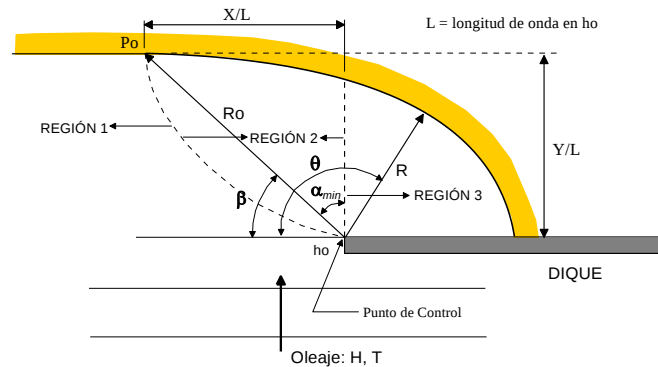
$$x = \left(\frac{h}{A_R} \right)^{3/2} + \frac{B}{A_R^{3/2}} h^3$$

$$X = x - x_o = \left(\frac{h}{C} \right)^{3/2} + \frac{D}{C^{3/2}} h^3$$

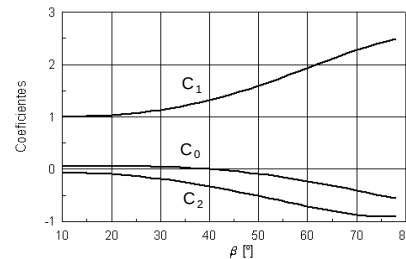
DISEÑO ESTRUCTURAL: Metodología del cálculo de estabilidad

Forma en planta de Equilibrio Estático. Playas encajadas

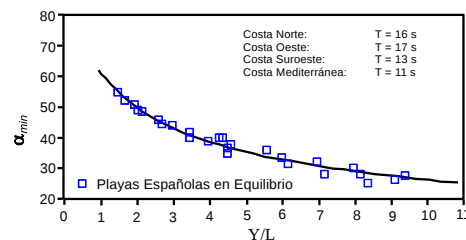
La forma en planta de equilibrio estático de una playa encajada puede ser representada por la expresión parabólica de Hsu y Evans (1989). En las Figuras y Tablas adjuntas se definen los parámetros necesarios de dicha formulación:



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



El uso de dicha expresión para el diseño de playas puede ser realizado por medio de la metodología desarrollada por González (1995). Esta metodología propone que el ángulo, $\beta = 90^\circ - \alpha_{min}$, está determinado por la distancia, (Y/L) , entre la playa y el punto de control, pudiendo obtenerse los valores de β_{min} de la Figura adjunta:



β °	C_0	C_1	C_2
20	0.054	1.040	-0.094
22	0.054	1.053	-0.109
24	0.054	1.069	-0.125
26	0.052	1.088	-0.144
28	0.050	1.110	-0.164
30	0.046	1.136	-0.186
32	0.041	1.166	-0.210
34	0.034	1.199	-0.237
36	0.026	1.236	-0.265
38	0.015	1.277	-0.296
40	0.003	1.322	-0.328
42	-0.011	1.370	-0.362
44	-0.027	1.422	-0.398
46	-0.045	1.478	-0.435
48	-0.066	1.537	-0.473
50	-0.088	1.598	-0.512
52	-0.112	1.662	-0.552
54	-0.138	1.729	-0.592
56	-0.166	1.797	-0.632
58	-0.196	1.866	-0.671
60	-0.227	1.936	-0.710
62	-0.260	2.006	-0.746
64	-0.295	2.076	-0.781
66	-0.331	2.145	-0.813
68	-0.368	2.212	-0.842
70	-0.405	2.276	-0.867
72	-0.444	2.336	-0.888
74	-0.483	2.393	-0.903
76	-0.522	2.444	-0.912
78	-0.561	2.489	-0.915
80	-0.600	2.526	-0.910

La dirección del oleaje que se ha de utilizar en la metodología, corresponde con el del flujo medio de energía que alcanza el punto de control, independientemente que la playa sea completa (llegue hasta P_0) o no.

DISEÑO ESTRUCTURAL: Metodología del cálculo de estabilidad

Nivel de cálculo	Geometría	Sección	Formulación	Datos necesarios	Tipo de datos	Cuadro
Pre-diseño	Playa Bolsillo	Perfil	Evolución perfil equilibrio Cota inundación	H_s, T_D H_s, I_{rs}	Condición extrema	<u>III.09</u> <u>III.10</u>
		Planta	--			
	Playa recta	Perfil	Evolución perfil equilibrio Cota inundación	H_s, T_D H_s, I_{rs}	Condición extrema	III.9 III.10
		Planta	--			
Diseño	Playa Bolsillo	Perfil	Modelo evolución perfil Cota inun. probabilística	$H_b(t), D_{50}, geometría$ --	Condición extrema	<u>SMC</u>
		Planta	Modelo 2DH de playas	$H_0(t), \theta_0(t), T(t), D_{50},$ <i>geometría</i>	Condición extrema + Condición media	S.M.C.
	Playa recta	Perfil	Modelo evolución perfil Cota inun. probabilística	$H_b(t), D_{50}, geometría$ ---	Condición extrema	S.M.C. Doc. Temático
		Planta	Modelo 2DH de playas	$H_0(t), \theta_0(t), T(t), D_{50},$ <i>geometría</i>	Condición extrema + Condición media	S.M.C.

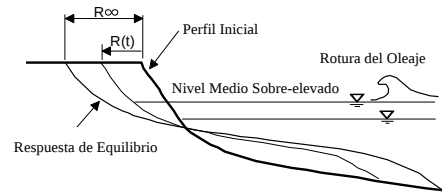
Tabla 2. Resumen modelos en el Corto-plazo

DISEÑO ESTRUCTURAL: Metodología del cálculo de estabilidad

Modelo aproximado de retroceso de la línea de costa ante un temporal.

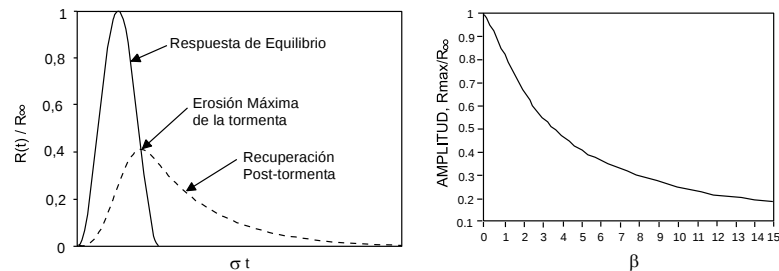
Cuando se produce un ascenso del nivel del mar, el perfil de playa erosiona la parte superior y acumula arena en la zona sumergida. Si el ascenso tiene duración suficiente, el perfil adoptará una nueva posición de equilibrio después de haber retrocedido la costa una magnitud R_{∞} , ver Cuadro A.II.2. Si la duración no es suficiente, el perfil habrá retrocedido una magnitud $R(t)$.

RESPUESTA DEL PERFIL DE PLAYA



Kriebel y Dean (1993), proponen que la velocidad de cambio (erosión) del perfil es proporcional al grado de desequilibrio del mismo, y de sarrollan una aproximación a $R(t)$ basada en el método de convolución. El resultado más relevante de este modelo es que, dado que la respuesta del perfil no es instantánea, el retroceso máximo ante un ascenso de tipo $\text{sen}^2(\pi t / T_D)$, como se presenta en la Figura, es menor que el que predice la teoría de equilibrio.

RETROCESO DEBIDO A LA TORMENTA Y PREDICCIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL PERFIL DE PLAYA



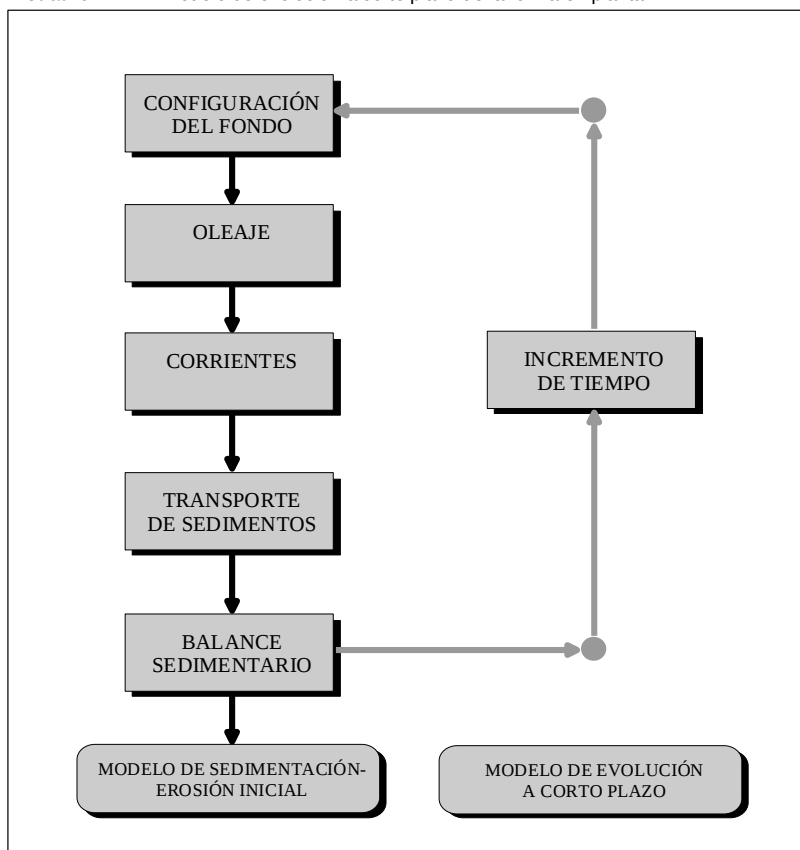
La máxima erosión, $R_{\max}$, es función del parámetro β , que mide la relación entre la duración del ascenso, T_D , y la escala de variación del perfil, T_s (tiempo que tarda el perfil en alcanzar el 63% del retroceso).

$$\beta = \frac{2\pi T_s}{T_D}$$

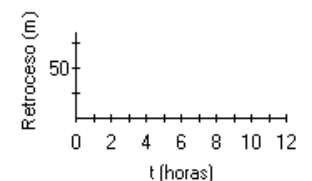
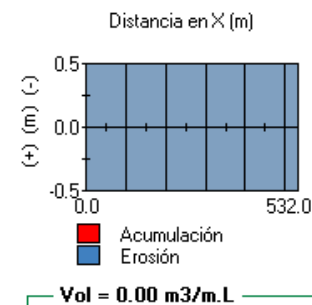
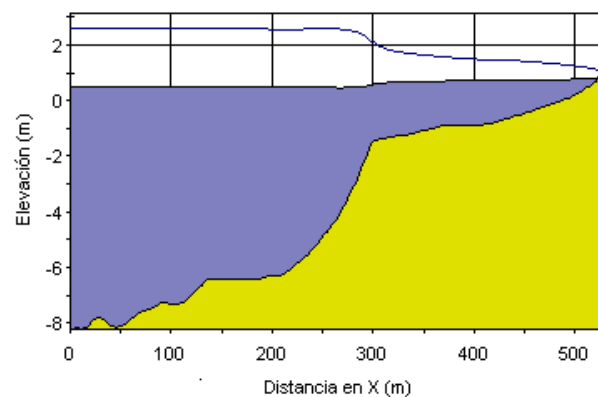
$$T_s \approx 320 \frac{H_b^{3/2}}{g^{1/2} A^3} \left(1 + \frac{h^*}{B} + \frac{m W^*}{h^*} \right)^{-1}$$

(ver Cuadros A.II.1 y A.II.4.6 para la definición de la notación)

DISEÑO ESTRUCTURAL: Metodología del cálculo de estabilidad



MODELO PETRA



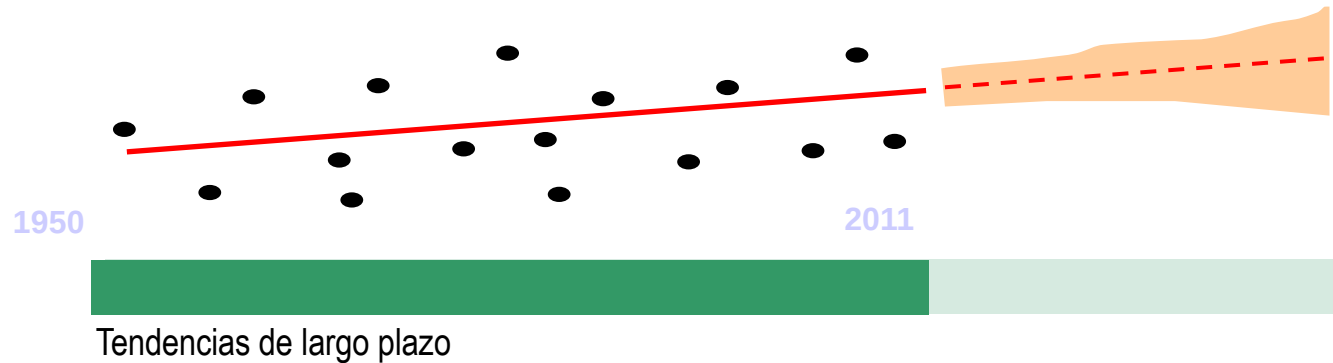
t = 0 h

0.01 [horas]

t = 12.00 h

Retiro horizontal desde NM
Max. Retranqueo horz. desde NM

Muy largo-plazo: Tendencias debido al cambio climático:



Si esta el ajuste de la tendencia es representado por:

$$f_{\mu}(t; \beta) = a_{\mu} + b_{\mu}t + c_{\mu}t^2$$

Lo que cambia una variable a un periodo de retorno es:

$$\delta Hs = b_{\mu} \Delta t$$

DISEÑO ESTRUCTURAL: Metodología del cálculo de estabilidad

Muy largo-plazo: Tendencias debido al cambio climático:

ELEMENTO MORFOLÓGICO	ELEMENTOS ANALIZADOS	OLEAJE				NIVEL DEL MAR	MAREA METEOROLÓGICA
		REGIMEN MEDIO			EXTREMAL		
		ΔH_{s12}	ΔH_{RMS}	$\Delta \theta$	$\Delta H_{s,95}$	NM	ΔMM
PLAYAS	COTA DE INUNDACIÓN				POSIBLE AUMENTO COTA DE INUNDACIÓN	POSIBLE AUMENTO COTA DE INUNDACIÓN	POSIBLE AUMENTO COTA DE INUNDACIÓN
	PERFIL	AUMENTO PROFUNDIDAD DE CORTE, POSIBLE RETROCESO EN PLAYAS COLMATADAS				RETROCESO PLAYA	
	FORMA EN PLANTA			BASCULAMIENTO PLAYAS, POSIBLE RETROCESO		CAMBIO EN TÓMBOLOS, SALIENTES Y DOBLES SALIENTES	
	TRANSPORTE LITORAL		VARIACIÓN CAPACIDAD DE TRANSPORTE	VARIACIÓN CAPACIDAD DE TRANSPORTE			

DISEÑO ESTRUCTURAL: Metodología del cálculo de estabilidad

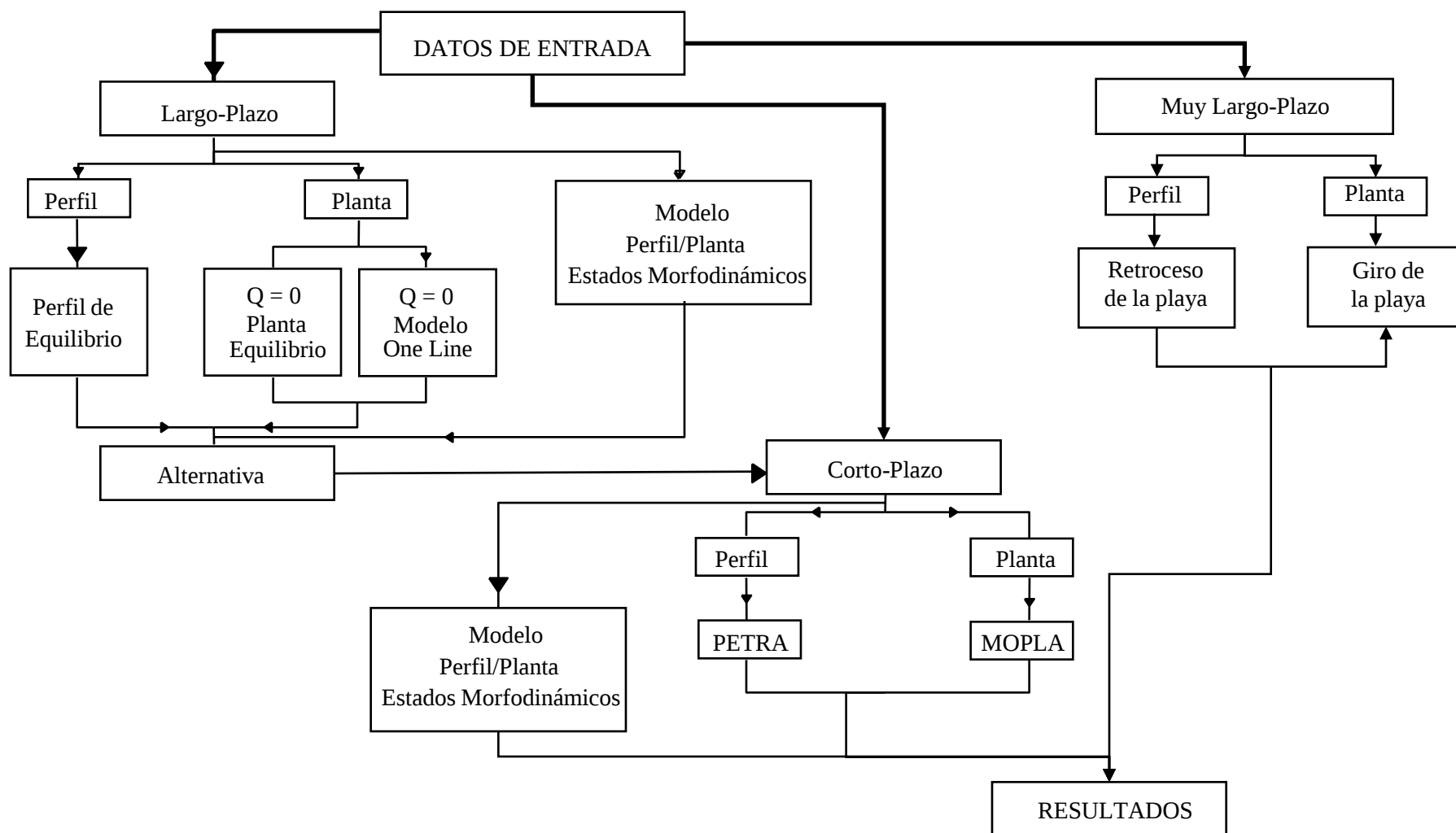
Nivel de cálculo	Geometría	Sección	Formulación	Datos necesarios	tipo de datos
Pre-diseño	playas de bolsillo	perfil	Retroceso de línea de costa	$\delta\eta, \delta h_*$	máximos con periodo de retorno
			cota de inundacion	$\delta MM, \delta Hs$	
	playas rectas	planta	Retroceso por giro de la playa	geometría $\delta\theta_{FME}$	máximos con periodo de retorno
		perfil	Retroceso de línea de costa	$\delta\eta, \delta h_*$	máximos con periodo de retorno
			Cota de inundacion	$\delta MM, \delta Hs$	
		planta	Retroceso por giro de la playa	geometría $\delta\theta_{FME}$	máximos con periodo de retorno
Diseño	Playas de bolsillo	perfil	Retroceso de línea de costa	$\delta\eta(t), \delta h_*(t)$	series de máximos
			cota de inundacion	$\delta MM(t), \delta MA(t), \delta Hs(t)$	
	Playas rectas	planta	Retroceso por giro de la playa	geometría $\delta\theta_{FME}(t)$	series de máximos
		perfil	Retroceso de línea de costa	$\delta\eta(t), \delta h_*(t)$	series de máximos
			cota de inundacion	$\delta MM(t), \delta MA(t), \delta Hs(t)$	
		planta	Retroceso por giro de la playa	geometría $\delta\theta_{FME}(t)$	series de máximos

Resumen modelos en el **Muy largo-plazo**

Contenido de un estudio de dinámica litoral y restauración de la costa

- **Estudio evolución de la costa** (ortofotos, vuelos, etc)
- **Estudio de dinámica marina** (oleaje, corrientes, niveles, transporte sedimentos)
- **Estudio de dinámica litoral**
Análisis de acuerdo a las distintas escalas: (Corto-Plazo, Medio-Plazo, Largo-Plazo, Muy Largo-Plazo) cada una en (**Planta-Perfil**)
- **Modelo Morfodinámico de funcionamiento y diagnóstico playa**
- **Propuesta de alternativas** y evaluación de estas
- **Consulta Pública de alternativas**
- **Efecto del cambio climático** (erosión, inundación, Qs)

DISEÑO ESTRUCTURAL: Metodología del cálculo de estabilidad



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- Diseño Playa: Diseño Funcional y Estructural
- Análisis de acuerdo a las distintas escalas
(Corto-Plazo, Medio-Plazo, Largo-Plazo, Muy Largo-Plazo)
- 3D – (2D-V and 2D-H)
- Niveles de Cálculo (pre-diseño y diseño)
- Datos de Entrada