



**Ejercicios del examen a la Oposición al  
Cuerpo de Ingenieros de Caminos,  
Canales y Puertos (MFOM)**

**Convocatoria: 2006**

**Soluciones del tribunal**



**COLEGIO DE INGENIEROS DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**

C/ Almagro, 42 3ª pta  
(28010) MADRID

*Servicio de Empleo Nacional*

---

**Test**

**Convocatoria: 2006**

SECRETARÍA GENERAL DE CLAVES  
Servicio de Empleo Nacional

**Soluciones del tribunal**



**PROCESO SELECTIVO PARA EL INGRESO, POR EL SISTEMA GENERAL DE ACCESO LIBRE Y ACCESO POR EL SISTEMA DE PROMOCIÓN INTERNA, EN EL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DEL ESTADO. (Orden FOM/1007/2006, de 27 de marzo).**

**PRIMER EJERCICIO (27 de junio de 2006). PREGUNTAS TIPO TEST**

- 1.- **¿Cuál de las siguientes situaciones imputables al titular es motivo de caducidad de la concesión administrativa para el uso privativo de las aguas?**
- a) La aplicación de agua concedida a usos distintos a los indicados en el título concesional mediante un contrato de cesión de derechos.
  - b) La aplicación de agua concedida a terrenos distintos a los indicados en el título concesional mediante un contrato de cesión de derechos.
  - c) La transmisión total o parcial del aprovechamiento de agua a terceros.
  - d) La interrupción permanente de la explotación durante tres años consecutivos.
- 2.- **De acuerdo con la Directiva Marco del Agua, ¿cuál es la definición de masa de agua muy modificada?**
- a) Una masa de agua superficial creada por la actividad humana.
  - b) Una masa de agua superficial que, como consecuencia de la actividad humana, ha experimentado un cambio sustancial en su naturaleza.
  - c) Una masa de agua superficial que, como consecuencia de la actividad humana, ha quedado físicamente aislada de su entorno.
  - d) Una masa de agua superficial en la que la concentración de contaminantes supera los valores máximos para poder ser considerada apta para el baño.
- 3.- **¿Cuál de las siguientes exacciones no está contemplada en el Texto Refundido de la Ley de Aguas como financiación del Organismo de cuenca?**
- a) El canon de utilización de los bienes del dominio público hidráulico.
  - b) El canon de saneamiento y depuración.
  - c) El canon de control de vertidos.
  - d) El canon de regulación.

**4.- ¿Cuál es el límite del derecho por disposición legal al aprovechamiento de las aguas subterráneas en un predio?**

- a) Profundidad máxima del pozo de 10 m.
- b) Caudal máximo de 1,5 l/s.
- c) Extracción máxima de 7000 m<sup>3</sup>/año.
- d) No existe límite, con tal que el consumo del agua se realice dentro del mismo predio.

**5.- ¿Quién aprueba los planes hidrológicos de cuenca?**

- a) El Consejo del Agua de la cuenca.
- b) Las Comunidades Autónomas situadas en el ámbito territorial de la cuenca.
- c) El Consejo Nacional del Agua.
- d) El Gobierno de la Nación.

**6.- ¿Cuál es la tecnología más extendida en la actualidad para la desalinización de agua de mar?**

- a) Ósmosis inversa.
- b) Destilación multietapa.
- c) Destilación por compresión de vapor.
- d) Ósmosis directa.

**7.- ¿Cuál de estos métodos no es aplicable para el cálculo de la precipitación media areal en una cuenca?**

- a) Polígonos de Thiessen.
- b) Krigging.
- c) Interpolación de Kalman.
- d) Isoyetas.

8.- **¿Qué interpretación física tiene la transmisividad de un acuífero?**

- a) Es el cociente entre la velocidad de filtración y el gradiente hidráulico.
- b) Es el caudal que se filtra a través de una franja de terreno de ancho unidad y altura igual al espesor saturado del acuífero bajo un gradiente hidráulico unidad.
- c) Es el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero de sección unidad y altura igual al espesor saturado cuando se produce un descenso unidad de la carga hidráulica.
- d) Es el cociente entre la permeabilidad y el espesor saturado del acuífero.

9.- **¿Cuál de estos métodos se puede utilizar para calcular el caudal medioambiental en un curso de agua natural?**

- a) El método de Kolkwitz y Marsson.
- b) El método de la simulación de hábitat PHABSIM.
- c) El índice biótico BMWP (Biological Monitoring Working Party).
- d) El índice de biodiversidad.

10.- **¿Qué relación existe entre la garantía en tiempo y la garantía en volumen en una demanda de agua?**

- a) La garantía en tiempo es siempre mayor que la garantía en volumen.
- b) La garantía en volumen y la garantía en tiempo siempre coinciden cuando esta última se expresa a escala mensual.
- c) La garantía en volumen y la garantía en tiempo siempre coinciden cuando esta última se expresa a escala anual.
- d) La garantía en volumen es siempre mayor o igual que la garantía en tiempo.

11.- **¿Cuál de estas leyes de distribución extremal utilizadas en hidrología de avenidas depende de tres parámetros?**

- a) Gumbel.
- b) SQRT-ET.
- c) Lognormal.
- d) Log Pearson tipo III.

**12.- Según el Art. 27 de la Ley 10/2001, del Plan Hidrológico Nacional, ¿qué sistemas de abastecimiento urbano deben disponer de un Plan de Emergencia ante situaciones de sequía?**

- a) Los sistemas que utilicen recursos de una única fuente de procedencia.
- b) Los sistemas que no dispongan de reserva estratégica de recursos.
- c) Los sistemas cuya capacidad de embalse sea inferior a la demanda anual.
- d) Los sistemas que atiendan a una población igual o superior a 20.000 habitantes.

**13.- ¿Qué parámetro de contaminación de agua residual se mide mediante el ensayo del cono de Imhoff?**

- a) La turbidez.
- b) La concentración del ión amonio.
- c) La concentración de sólidos sedimentables.
- d) La concentración de fósforo disuelto.

**14.- Según el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses, ¿qué se entiende por resguardo en una presa?**

- a) La distancia entre la cota de coronación de la presa y el nivel de agua del embalse en una situación concreta.
- b) La distancia entre la cota de coronación de la presa y el nivel máximo normal.
- c) La distancia entre la cota de coronación de la presa y el nivel de avenida de proyecto.
- d) La distancia entre el nivel de avenida de proyecto y el nivel máximo normal.

**15.- En el artículo 2 de la Directiva 2000/60/CE, conocida como Directiva Marco de Aguas, se define "lago" como:**

- a) Una masa de agua continental superficial quieta.
- b) El lugar donde se embalsa agua de aportación subterránea por estar el nivel freático próximo a la superficie del terreno.
- c) Una masa de agua artificial puesto que no existe velocidad apreciable en ella.
- d) Una masa de agua sensible a la contaminación por ser receptora de aguas de orígenes incontrolados y sin renovación.

**16.- La Directiva 2000/60/CE, conocida como Directiva Marco del Agua, establece, en su artículo 4, que los Estados Miembros habrán de lograr el cumplimiento de todas las normas y objetivos definidos en este texto, a más tardar:**

- a) 15 años después de la entrada en vigor de la Directiva.
- b) 10 años después de la entrada en vigor de la Directiva, siempre que ya estén designadas las Autoridades Competentes en cada Demarcación Hidrográfica.
- c) En 2009.
- d) 3 años después de que se aprueben los nuevos Planes Hidrológicos.

**17.- Según el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas, la anchura de la zona de policía de un cauce es de:**

- a) 5 metros medidos en horizontal desde donde termina el dominio público hidráulico del cauce.
- b) 100 metros medidos en horizontal desde donde termina el dominio público hidráulico del cauce.
- c) 25 metros medidos en horizontal desde donde termina el dominio público hidráulico del cauce.
- d) 50 metros medidos en horizontal desde donde termina el dominio público hidráulico del cauce.

**18.- En el Real Decreto 855/2000, de 2 de junio, por el que se fijan objetivos de calidad para determinadas sustancias contaminantes y se modifica el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 840/1986, de 11 de abril, ...**

- a) La atrazina y los fluoruros son sustancias preferentes.
- b) El objetivo de calidad para el clorobenceno es de un VMA (valor medio anual) = 200 µg/L.
- c) El objetivo de calidad para el metalocloro es de un VMA (valor medio anual) = 15 µg/L.
- d) El metaclorito de plata y el xileno son sustancias preferentes.

**19.- En el territorio español, se estima una precipitación anual de:**

- a) Entre 300 y 400 km<sup>3</sup>/año.
- b) Entre 1000 y 2000 km<sup>3</sup>/año.
- c) Entre 40 y 50 km<sup>3</sup>/año.
- d) Entre 15 y 25 km<sup>3</sup>/año.

**20.- Las aguas procedentes de la desalación de agua de mar, según la normativa vigente:**

- a) Constituyen parte del dominio público hidráulico del Estado, una vez que, fuera de la planta de producción se incorporen a cualquiera de los otros elementos del dominio público hidráulico.
- b) Constituyen parte del dominio público hidráulico desde el mismo momento en que son captadas del mar.
- c) Constituyen parte del dominio público hidráulico desde el mismo momento en que llegan al punto de utilización indicado en la concesión correspondiente.
- d) Son uno de los elementos que integran el dominio público hidráulico.

**21.- En la zona de servidumbre de protección, la Ley de Costas no prohíbe:**

- a) Las edificaciones destinadas a residencia habitual.
- b) Las líneas eléctricas de alta tensión.
- c) La publicidad a base de carteles o vallas.
- d) Los colectores de aguas residuales sin depurar paralelos a la línea de costa.

**22.- El coeficiente de realimentación es aplicable a la regeneración de playas por el método de alimentación artificial y...**

- a) Solo es aplicable a playas encajadas.
- b) Solo es aplicable a playas abiertas.
- c) Solo es aplicable a playas con fuerte pendiente del perfil sumergido.
- d) Solo es aplicable a playas con pendiente suave del perfil sumergido.

**23.- La vigente Ley de Costas data de:**

- a) Julio de 1988.
- b) Marzo de 1990.
- c) Junio de 1996.
- d) Abril de 2000.

**24.- En un oleaje irregular formado por infinitas componentes senoidales, el llamado espectro de energía define la cantidad de energía ...**

- a) Para cada periodo de las componentes.
- b) Para cada altura de ola de las componentes.
- c) Para cada combinación altura-periodo de las componentes.
- d) Para cada valor  $H/gT^2$  de las componentes.

**25.- La Salicornia es una planta típica de:**

- a) Marismas.
- b) Dunas.
- c) Zonas rocosas costeras.
- d) Playas sumergidas.

**26.- La difracción del oleaje se produce por**

- a) Una pendiente suave del fondo.
- b) Una variación brusca del fondo.
- c) Un obstáculo emergido.
- d) La interacción entre el oleaje y una corriente uniforme.

**27.- El coeficiente de transmisión del oleaje a través de una estructura se define como la relación a uno y otro lado de la misma de:**

- a) Las alturas de ola.
- b) Los periodos de la ola.
- c) Las energías del oleaje por unidad de superficie.
- d) Las velocidades de la ola.

**28.- El perfil de DEAN para una playa sumergida no depende de:**

- a) El tamaño del grano de arena.
- b) La altura de ola incidente.
- c) La densidad de la arena.
- d) La velocidad de caída del grano de arena en el agua.

29.- En una playa se define la profundidad de cierre como la profundidad a partir de la cual:

- a) No llega la luz.
- b) No hay fanerógamas marinas.
- c) No hay transporte de sedimentos.
- d) No se produce sedimentación.

30.- La teoría de la parábola de Shu-Evans se utiliza para calcular:

- a) el perfil de la playa sumergida
- b) el transporte transversal de sedimentos
- c) la distribución de los tamaños de arena a lo largo del perfil
- d) la forma de la playa en planta

31.- El número de Iribarren que determina el tipo de rotura de una ola en una playa de pendiente  $\beta$  es:

a)  $I_r = \frac{tg\beta}{H_0/L_0}$

b)  $I_r = \frac{tg\beta}{L_0/gT^2}$

c)  $I_r = \frac{H_0 tg\beta}{L_0/gT^2}$

d)  $I_r = \frac{tg\beta}{(H_0/L_0)^2}$

32.- **La Ley de Costas establece una servidumbre de acceso al mar, tanto para tráfico rodado como peatonal. En las zonas urbanas o urbanizables estos accesos estarán separados entre si respectivamente:**

- a) 600 m (los rodados) y 200 m (los peatonales).
- b) 500 m (los rodados) y 200 m (los peatonales).
- c) 400 m (los rodados) y 100 m (los peatonales).
- d) 300 m (los rodados) y 100 m (los peatonales).

33.- **En la teoría lineal del oleaje se considera que la onda está en profundidades reducidas cuando:**

- a)  $kh < \frac{\pi}{2}$
- b)  $kh < \frac{\sqrt{\pi}}{2}$
- c)  $kh < \frac{\pi}{10}$
- d)  $kh < \frac{\pi}{100}$

34.- **Una onda estacionaria se forma por:**

- a) Superposición de dos trenes de ondas de la misma altura de ola que avanzan en la misma dirección.
- b) Cruce de dos trenes de ondas a 90°.
- c) Reflexión total ante una pantalla vertical.
- d) Rotura sobre una escolera.

35.- **Los ensayos en modelo reducido que utilizan la Ley de FROUDE asumen que las fuerzas predominantes son las de:**

- a) Gravedad.
- b) Cohesión.
- c) Viscosidad.
- d) Elasticidad.

**36.- Según la Ley de Costas la franja de terreno de 6 m, situada a continuación de la ribera del mar es zona de servidumbre de:**

- a) Protección.
- b) Acceso al mar.
- c) Ribereña.
- d) Tránsito.

**37.- Las Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera aconsejan que las sollicitaciones a que dé lugar el tren de cargas de la prueba:**

- a) Sean aproximadamente iguales a las producidas por el tren de cargas de proyecto pero nunca superiores.
- b) Estén en torno al 60% de los esfuerzos teóricos producidos por el tren de cargas de proyecto y nunca superiores al 70% de los mismos.
- c) Sean las máximas admisibles por la estructura.
- d) Sean las máximas admisibles por la estructura salvo que se trate de un puente metálico, en cuyo caso no se superará el 80% de las mismas.

**38.- Indique cuál de las siguientes verificaciones no es de aplicación en un puente de hormigón estructural:**

- a) Estado límite de servicio de fisuración.
- b) Estado límite de servicio de plastificaciones locales.
- c) Estado límite último de equilibrio.
- d) Estado límite de agotamiento por esfuerzo rasante.

**39.- Los valores de la aceleración sísmica básica que figuran en el mapa de peligrosidad sísmica de la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02) corresponden a un periodo de retorno aproximado de:**

- a) 200 años.
- b) 400 años.
- c) 500 años.
- d) 1000 años.

**40.- La Instrucción de Hormigón Estructural prescribe unos valores de los coeficientes de mayoración de acciones diferentes según el nivel del control de ejecución. Según esta Instrucción, si el control de ejecución es intenso, las acciones permanentes deben mayorarse con el coeficiente de seguridad siguiente:**

- a) 1,25.
- b) 1,35.
- c) 1,60.
- d) 1,80.

**41.- Señale la afirmación incorrecta en relación con los Eurocódigos estructurales:**

- a) Tienen "per se" carácter voluntario.
- b) Entre sus objetivos está ser documentos de referencia para el proyecto de edificaciones y obras de ingeniería civil.
- c) Cuando sean publicados como normas europeas, tendrán carácter obligatorio en todos los países de la UE.
- d) Cuando sean publicados como normas europeas, las especificaciones técnicas en los contratos públicos podrán formularse en referencia a los Eurocódigos.

**42.- ¿Cuál de las siguientes tipologías de puentes resulta inadecuada para una luz de 70 m?**

- a) Puente arco.
- b) Tablero de hormigón con sección cajón.
- c) Tablero mixto con sección cajón.
- d) Tablero losa de hormigón.

**43.- En un vehículo de transporte por carretera, la máxima carga por eje simple admitida en España es:**

- a) 10,5 t.
- b) 11,0 t.
- c) 11,5 t.
- d) 12,0 t.

**44.- Las cunetas contiguas a los desmontes de las carreteras se proyectan ...**

- a) Considerando un movimiento laminar del agua, dada su baja velocidad.
- b) Siguiendo criterios hidráulicos.
- c) Siguiendo otros criterios, y posteriormente se comprueban hidráulicamente.
- d) Siempre revestidas, para favorecer su capacidad de desagüe.

**45.- Las unidades en que se mide el índice de peligrosidad o siniestralidad de un tramo de carretera son:**

- a) Accidentes /10<sup>6</sup> veh.-km.
- b) Accidentes con víctimas/10<sup>6</sup> veh.-km.
- c) Accidentes mortales/ 10<sup>6</sup> veh.-km.
- d) Víctimas mortales/10<sup>6</sup> veh.-km.

**46.- En relación con un firme de carretera, señalar cuál de las siguientes afirmaciones sobre la adhesividad entre un árido y un ligante bituminoso no es correcta:**

- a) En las mezclas bituminosas interesa la adhesividad activa, pero no la adhesividad pasiva.
- b) Depende de la malla que sea el carácter hidrofílico del árido.
- c) Se pueda mejorar empleando activantes.
- d) En los tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla se estudia con la placa Vialit.

**47.- ¿Cuál de las siguientes medidas no contribuye a combatir el escalonamiento entre las losas del pavimento de hormigón de una carretera?**

- a) Colocar pasadores.
- b) Aumentar la resistencia del hormigón.
- c) Sellar las juntas.
- d) Disminuir el tamaño de las losas.

**48.- En una carretera, las señales de advertencia de peligro se colocan, en general:**

- a) Donde se encuentra el peligro que anuncian.
- b) Entre 50 y 100 m antes del peligro que anuncian.
- c) Entre 100 y 150 m antes del peligro que anuncian.
- d) **Entre 150 m y 250 m antes del peligro que anuncian.**

**49.- Las marcas viales longitudinales de separación de los carriles de una carretera pueden ser de color:**

- a) Blanco, amarillo o azul.
- b) **Blanco o amarillo.**
- c) Blanco o azul.
- d) Sólo blanco.

**50.- Una glorieta:**

- a) Debe tener una señal central con el mayor radio posible.
- b) **Obliga a aumentar la anchura de la calzada anular respecto de la que tendría si fuera la calzada de un tramo de carretera.**
- c) No se debe proyectar si uno de los accesos tiene sus calzadas separadas.
- d) Requiere siempre un alumbrado exterior.

**51.- En una autopista:**

- a) **Es preferible que las salidas estén antes que las entradas.**
- b) **Es preferible que las salidas se dispongan por la izquierda, ya que los vehículos ligeros suelen circular por el carril izquierdo con mayor agilidad que los vehículos pesados.**
- c) Es preferible que las entradas estén antes que las salidas.
- d) Es indiferente la situación de las entradas y de las salidas, siempre que estén bien señalizadas.

**52.- Según la legislación comunitaria vigente en materia de autopistas, el pago de un importe determinado que da derecho a un vehículo a utilizar estas infraestructuras durante un período de tiempo determinado, se denomina:**

- a) Tasa.
- b) Peaje.
- c) Precio público.
- d) Exacción parafiscal.

**53.- Las infraestructuras ferroviarias que existan en el ámbito de un puerto, ¿cuándo forman parte de la Red de Ferroviaria de Interés General?**

- a) Cuando estén conectadas con la Red de Interés General y el puerto también sea de Interés General, previa Orden del Ministerio de Fomento.
- b) Cuando estén conectadas con la Red de Interés General, independientemente de que el puerto sea de Interés General o no, previa Orden del Ministerio de Fomento.
- c) Cuando formen parte de un puerto de Interés General, aunque no se conecten a la Red de Interés General, previa Orden del Ministerio de Fomento.
- d) En ningún caso, las infraestructuras ferroviarias que existan en el ámbito de un puerto forman parte de la Red de Interés General.

**54.- En una simulación de marchas, el tiempo de recorrido que se obtiene como resultado no depende directamente de...**

- a) Los parámetros del trazado.
- b) El tipo de material móvil.
- c) El número de paradas realizadas.
- d) El entrase existente.

**55.- ¿Quién ostenta la titularidad de la red ferroviaria explotada por FEVE?**

- a) El Estado.
- b) Es una red privada.
- c) Las Diputaciones Provinciales.
- d) Las Comunidades Autónomas.

**56.- Para la construcción de una nueva vía de alta velocidad, ¿de qué naturaleza debe de ser la roca que se emplee como material para el balasto?**

- a) Caliza, únicamente.
- b) Silíceo, únicamente.
- c) Caliza o silíceo.
- d) En las nuevas líneas de alta velocidad sólo se construye vía en placa.

**57.- ¿Qué quiere decir que una línea se ha diseñado para tráfico mixto?**

- a) Que podrá circular por ella más de una empresa ferroviaria.
- b) Que podrán circular por ella trenes de alta velocidad, regionales y cercanías.
- c) Que podrán circular por ella trenes de ancho ibérico (RENFE) y ancho UIC.
- d) Que podrán circular por ella trenes de viajeros y de mercancías.

**58.- Indicar cuál de las siguientes afirmaciones sobre la operación de liberación de tensiones en una vía férrea es cierta:**

- a) Puede no ser necesaria en el interior de túneles de gran longitud.
- b) Sólo puede llevarse a cabo en verano.
- c) Puede no ser necesaria si el carril es UIC 60 y la fijación HM.
- d) En caso de BLS con tramos de 268 m hay que utilizar el tren de liberación de tensiones.

**59.- Indicar cuál de las siguientes afirmaciones sobre el amolado del carril es cierta:**

- a) Se realiza en fábrica antes de la puesta en obra.
- b) Se realiza después de las nivelaciones con un tren de amolado.
- c) Se realiza por oficiales amoladores justo antes de la liberación de tensiones.
- d) Se realiza por oficiales amoladores justo después de la liberación de tensiones.

**60.- Con qué longitud se deben proyectar los andenes de las nuevas estaciones de cercanías.**

- a) 80 metros.
- b) 160 metros.
- c) 240 metros.
- d) 400 metros.

**61.- En 1 km de vía doble, el número de postes de catenaria...**

- a) Es de más de 50.
- b) Es de menos de 30.
- c) Está entre 30 y 40.
- d) Está entre 40 y 50.

**62.- Un bretel es ....**

- a) Un tipo de travesía en forma de "cruz de San Andrés" que permite enlazar dos vías paralelas en ambos sentidos, en un reducido espacio.
- b) Un freno auxiliar manual que puede ser accionado por el maquinista en caso de fallo del sistema automático de frenado (ASFA).
- c) Una pieza de la junta del carril, para unir los extremos de dos carriles consecutivos, de forma que sus ejes longitudinales coincidan.
- d) El carro o eje al que se fijan las ruedas de un vehículo ferroviario, que soporta un vagón, y que puede pivotar bajo él.

**63.- La clase de protección de un paso a nivel situado en vía general, por el que los trenes circulan a 70 km/h, que tiene un momento de circulación (AxT) de 1.200 y una intensidad media diaria de vehículos de 97 debe ser:**

- a) Clase A, protección solo con señales fijas.
- b) Clase B, protección con señales luminosas además de las fijas.
- c) Clase C, protección con semibarreras, dobles semibarreras, o barreras automáticas además de las luminosas y fijas.
- d) Clase E, protección con barreras o semibarreras con personal a pie de paso.

**64.- ¿Qué orden de magnitud debe tener la entrevia en una nueva línea ferroviaria de cercanías?**

- a) 3,00 metros.
- b) 4,00 metros.
- c) 8,00 metros.
- d) 2,50 metros.

**65.- ¿Cuál es la altura a la que se coloca usualmente el hilo de contacto de la catenaria sobre la vía?**

- a) 6,00 metros.
- b) 7,00 metros.
- c) 4,50 metros.
- d) 5,30 metros.

**66.- De las siguientes afirmaciones sobre el balasto, ¿cuál es falsa?**

- a) El tamaño ideal es comprendido entre 2 y 6 cm.
- b) Tienen un mejor comportamiento las rocas silíceas que las calizas.
- c) En los Pliegos de Condiciones se debe limitar el porcentaje de lascas y elementos aciculares.
- d) El dimensionamiento de la banqueta de balasto es independiente de la plataforma.

**67.- En la nueva estructura del Sector Ferroviario, las inversiones en infraestructuras se realizan por:**

- a) RENFE Operadora y ADIF.
- b) Ministerio de Fomento y ADIF.
- c) RENFE Operadora y Ministerio de Fomento.
- d) Cada uno en su ámbito, RENFE Operadora, ADIF y Ministerio de Fomento.

**68.- Una vía estuchada es aquella que.....**

- a) Cuenta con cuatro carriles simétricamente dispuestos sobre su eje, por lo que es apta para la circulación de trenes con dos anchos de vía diferentes.
- b) Cuenta con un tercer carril paralelo a uno de los carriles laterales, por lo que es apta para la circulación de trenes con dos anchos de vía diferentes.
- c) Se ha construido con traviesa polivalente, por lo que tras las operaciones necesarias de cambio de ancho, es apta para la circulación de trenes con dos anchos de vía diferentes.
- d) Cuenta con un sistema de deslizamiento automático de uno de los carriles, de manera que a bajas velocidades y en estaciones, es apta para la circulación de trenes con dos anchos de vía diferentes.

**69.- Los modelos de previsión de la demanda de tráfico que determinan el número de viajes que tienen origen en un cierto núcleo de población se denominan:**

- a) Modelos desagregados.
- b) Modelos operativos.
- c) Modelos de origen.
- d) Modelos agregados.

**70.- Los modelos más empleados para el análisis de la demanda de viajeros son:**

- a) De tipo secuencial.
- b) Directos.
- c) Indirectos.
- d) Inductivos.

**71.- En España, los servicios de transporte proporcionan empleo a:**

- a) El 15% de la población activa.
- b) El 6% de la población activa.
- c) El 3% de la población ocupada.
- d) El 10% de la población ocupada.

**72.- En España, las actividades ligadas directamente al sector del transporte representan una participación en el Producto Interior Bruto (al coste de los factores) del:**

- a) 14%
- b) 10%
- c) 5%
- d) 20%

**73.- Desde el punto de vista energético, el modo de transporte más eficiente, de entre los que se citan a continuación, es:**

- a) El ferrocarril de alta velocidad.
- b) El transporte por carretera.
- c) El transporte aéreo.
- d) El ferrocarril convencional.

**74.- Entre los sistemas de financiación extrapresupuestaria de las infraestructuras del transporte se encuentra:**

- a) El sistema de concesión.
- b) El sistema de peaje en sombra.
- c) El sistema de inversión diferida.
- d) El sistema de aportación de capital.

**75.- Según lo establecido en la Ley 16/1987, de Ordenación de los Transportes Terrestres, los transportes internacionales de mercancías pueden ser:**

- a) Regulares o discrecionales.
- b) Regulares, discrecionales o de lanzadera.
- c) Discrecionales.
- d) Regulares.

**76.- En el ámbito del transporte, el concepto de "contingente" está asociado:**

- a) Al número de empresas que realizan actividades de transporte.
- b) Al número total de empresas y autónomos que realizan actividades de transporte.
- c) Al parque de vehículos que realizan actividades de transporte.
- d) Al número de licencias que se pueden conceder para la realización de actividades de transporte.

**77.- Señale, entre los siguientes, cuál de los grandes proyectos no está incluido entre los treinta prioritarios de la Red Trans-europea de Transportes:**

- a) Eje ferroviario Lyon-Trieste-Ljubljana-Budapest.
- b) Interoperabilidad del ferrocarril de alta velocidad en la Península Ibérica.
- c) Ampliación del Aeropuerto de Madrid-Barajas.
- d) Aeropuerto de Milán-Malpensa.

**78.- Indique cuál de las siguientes afirmaciones es la única correcta:**

- a) Entre las líneas de acción del Sexto Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Unión Europea se encuentra una, dedicada al Desarrollo sostenible, Cambio climático y Ecosistemas, en la que tienen cabida las actividades de investigación en materia de transportes.
- b) La selección de los proyectos de investigación, en materia de transportes, susceptibles de presentarse para conseguir financiación, en el ámbito de Sexto Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Unión Europea, se realiza en dos fases consecutivas, selectivas y eliminatorias: una primera en el Estado miembro al que pertenezca el coordinador del proyecto y otra segunda, y final, a efectuar por los servicios de la Comisión Europea.
- c) En los Consorcios constituidos para realizar proyectos de investigación, en materia de transportes, susceptibles de conseguir financiación, en el ámbito de Sexto Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Unión Europea, deben estar representados, como mínimo, cinco Estados miembros y, de ellos, dos, al menos, deben ser de nuevo ingreso.
- d) La actividad del transporte no está contemplada en el ámbito del Sexto Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Unión Europea.

**79.- La longitud de la Red de Carreteras de las Comunidades Autónomas ...**

- a) Es, prácticamente, igual a la de la Red de Carreteras del Estado.
- b) Es algo inferior a la de la Red de Carreteras del Estado.
- c) Triplica, prácticamente, a la de la Red de Carreteras del Estado.
- d) Es, aproximadamente, seis veces la de la Red de Carreteras del Estado.

**80.- ¿Cuál de las siguientes expresiones es la correcta?**

- a) En España y en lo que se refiere al transporte por ferrocarril, generalmente, la misma empresa está encargada de la construcción y conservación de las infraestructuras y de la explotación de los vehículos, por lo que hace frente a todos los costes.
- b) Entre los costes fijos de los vehículos dedicados al transporte por carretera se encuentran: los de mantenimiento, los impuestos y licencias, los seguros y los gastos de administración.
- c) Las características de la infraestructura ejercen una gran influencia en los costes de explotación de los vehículos dedicados al transporte.
- d) El coste de explotación por km recorrido de un vehículo dedicado al transporte crece proporcionalmente en relación con su capacidad.

**81.- Las formas de gestión de los transportes públicos urbanos pueden clasificarse en:**

- a) Directa, indirecta y mixta.
- b) Integral, cooperativa y mixta.
- c) Activa, integrada y participativa.
- d) Libre, condicionada y supeditada.

**82.- Las siglas CEMT responden a**

- a) El Consejo Europeo de Transporte de Mercancías.
- b) La Conferencia Europea de Ministros de Transporte.
- c) El Convenio Europeo para el Transporte de Mercancías.
- d) La Comisión para el Estudio del Transporte de Mercancías.

**83.- Las licencias para operar como empresa ferroviaria se conceden por**

- a) El Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF).
- b) El Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF).
- c) El/la Ministro/a de Fomento.
- d) RENFE Operadora.

**84.- El concepto de "puerto seco" está directamente relacionado con...**

- a) La situación parcial de una darsena, tras una operación de dragado.
- b) La intermodalidad en el transporte de mercancías.
- c) La ausencia del calado necesario para permitir el acceso a los buques.
- d) Un puerto marítimo sin instalaciones para el transporte de graneles líquidos.

**85.- La Directiva 2001/42/CE relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente se aplica a ...**

- a) Los planes y programas públicos o privados siempre que sean aprobados por una autoridad (administración) pública.
- b) Los planes y programas que se elaboren por una autoridad (administración) pública con respecto a una serie de sectores y establezcan el marco para la autorización en el futuro de proyectos enumerados en los anexos I y II de la directiva 85/337/CEE.
- c) Los planes y programas que se elaboren exclusivamente por el Estado con respecto a una serie de sectores.
- d) Los planes y programas que se elaboren en las administraciones regionales y locales respecto a una serie de sectores y establezcan el marco para la autorización en el futuro de proyectos enumerados en los anexos I y II de la directiva 85/337/CEE.

**86.- La Directiva 2001/42/CE, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente ...**

- a) No se aplica a los planes y programas que tengan como único objetivo servir a los intereses de la defensa nacional y casos de emergencia civil; así como los financieros o presupuestarios. Tampoco se aplica la directiva a los planes y programas cofinanciados con cargo al período de programación vigente, es decir el 2000-2006.
- b) No se aplica a los planes y programas que tengan como objetivo contribuir al desarrollo sostenible; así como los financieros o presupuestarios.
- c) No se aplica a los planes y programas cofinanciados con cargo los períodos de programación posteriores al vigente del 2000-2006.
- d) Se aplica a todo tipo de planes y programas incluidos los de tipo financiero o presupuestario.

**87.- En la Directiva 2001/42/CE, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente se entiende por evaluación ambiental:**

- a) El análisis de impactos ambientales, la definición de medidas correctoras y el establecimiento de condiciones de protección ambiental.
- b) La consideración de la Red Ecológica Natura 2000 en los planes y programas.
- c) El informe ambiental, la consulta pública y la valoración económica de las alternativas al plan o programa.
- d) La preparación de un informe sobre el medio ambiente, la celebración de las consultas, la consideración del informe sobre el medio ambiente y de los resultados de las consultas en la toma de decisiones, y el suministro de la información sobre la decisión.

**88.- La directiva 85/337/CEE, modificada por la 97/11/CE, relativa a las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente, establece que los proyectos se sometan al requisito de autorización de su desarrollo y a una evaluación de sus efectos, en el siguiente supuesto:**

- a) Cuando tengan impactos, cualquiera que sea su importancia.
- b) Cuando así lo pida el Estado miembro promotor.
- c) Cuando puedan tener efectos significativos en el medio ambiente por su naturaleza, dimensión y localización.
- d) Únicamente cuando formen parte de la Red Transeuropea de Transportes.

**89.- La directiva 85/337/CEE, modificada por la 97/11/CE, relativa a las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente entiende por evaluación de impacto ambiental:**

- a) El estudio de la flora, la fauna y la gea, el agua y el cambio climático.
- b) La identificación, descripción y evaluación de forma apropiada, en función de cada caso particular, de los efectos directos e indirectos de un proyecto en el ser humano, la fauna, la flora, el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje, los bienes materiales y el patrimonio cultural y de la interacción entre los factores mencionados.
- c) El inventario de especies y espacios catalogados como protegidos o en peligro de extinción, sin distinción del tipo de protección legal que los considere.
- d) La identificación, descripción y evaluación de los efectos directos e indirectos de un proyecto en la fauna, la flora, el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje, los bienes materiales y el patrimonio cultural.

**90.- La directiva 85/337/CEE, modificada por la 97/11/CE, relativa a las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente, establece que:**

- a) La evaluación de impacto ambiental la realiza una autoridad con responsabilidades específicas en medio ambiente.
- b) La evaluación de las repercusiones sobre el medio ambiente podrá integrarse en los procedimientos existentes de autorización de los proyectos o, si no existan, en otros procedimientos o en los procedimientos que deban establecerse para cumplir los requisitos de la directiva.
- c) La evaluación de los efectos de los proyectos en el medio ambiente se resuelve con el Estudio de Impacto Ambiental y no tiene porqué existir un procedimiento para su elaboración.
- d) Los proyectos deben someterse a una evaluación de impacto ambiental, tras la que una autoridad con responsabilidades específicas en medio ambiente, aprueba o autoriza el proyecto.

**91.- La Reforma de la Constitución Española por el procedimiento ordinario ...**

- a) Requiere la aprobación previa de ambas Cámaras (Congreso y Senado), por mayoría de dos tercios, y la posterior aprobación en Referéndum, por mayoría simple.
- b) Requiere la aprobación previa de ambas Cámaras (Congreso y Senado), por mayoría simple, y la posterior aprobación en Referéndum, también por mayoría simple.
- c) Requiere la aprobación de ambas Cámaras (Congreso y Senado), por mayoría de tres quintos, y la posterior aprobación en Referéndum, por mayoría simple.
- d) Requiere la aprobación previa del Congreso, por mayoría de tres quintos, tras pasar por el Senado, y la posterior aprobación en Referéndum, también por mayoría de tres quintos.

**92.- El Presidente de una Comunidad Autónoma es nombrado ...**

- a) Por el Presidente del Gobierno de la Nación.
- b) Por las Cortes Generales (Congreso y Senado).
- c) Por el Rey.
- d) Por la Asamblea de la Comunidad Autónoma correspondiente.

**93.- En la Unión Europea, el "poder legislativo" recae sobre ...**

- a) La Comisión y el Parlamento.
- b) El Parlamento.
- c) El Consejo.
- d) El Consejo y el Parlamento.

**94.- Señale, entre las afirmaciones siguientes, la que sea correcta:**

- a) Todos los actos administrativos deben ser motivados.
- b) Los actos administrativos que limiten derechos subjetivos o intereses legítimos deben ser motivados.
- c) La notificación al interesado forma parte del acto administrativo notificado.
- d) Todos los actos administrativos deben ser publicados en el Boletín Oficial del Estado, pues, de lo contrario, perderían su eficacia.

**95.- En un proceso expropiatorio, contra la Resolución de un Jurado Provincial de Expropiación cabe reclamar interponiendo ...**

- a) Recurso contencioso-administrativo.
- b) Recurso de alzada, ante el Ministro del Departamento.
- c) Recurso de reposición ante el propio Jurado Provincial de Expropiación.
- d) Recurso ante la jurisdicción ordinaria.

**96.- La normativa básica vigente en materia de contratación administrativa está constituida por ...**

- a) La Ley de Contratos del Estado.
- b) La Ley de Contratos públicos.
- c) El Texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- d) La Ley de Contratos del Estado y el Reglamento de contratación.

**97.- La modificación de un contrato público de obras por cuantía superior al 20% del precio de adjudicación requiere el informe preceptivo ...**

- a) Del Consejo de Estado, únicamente.
- b) Del Consejo de Obras Públicas, únicamente.
- c) Del Consejo de Obras Públicas y del Consejo de Estado.
- d) De la Junta Consultiva de Contratación Administrativa y del Consejo de Estado.

**98.- Los aspectos fundamentales contemplados en la Ley 13/2003, de 23 de mayo, reguladora del contrato de concesión de obras públicas son:**

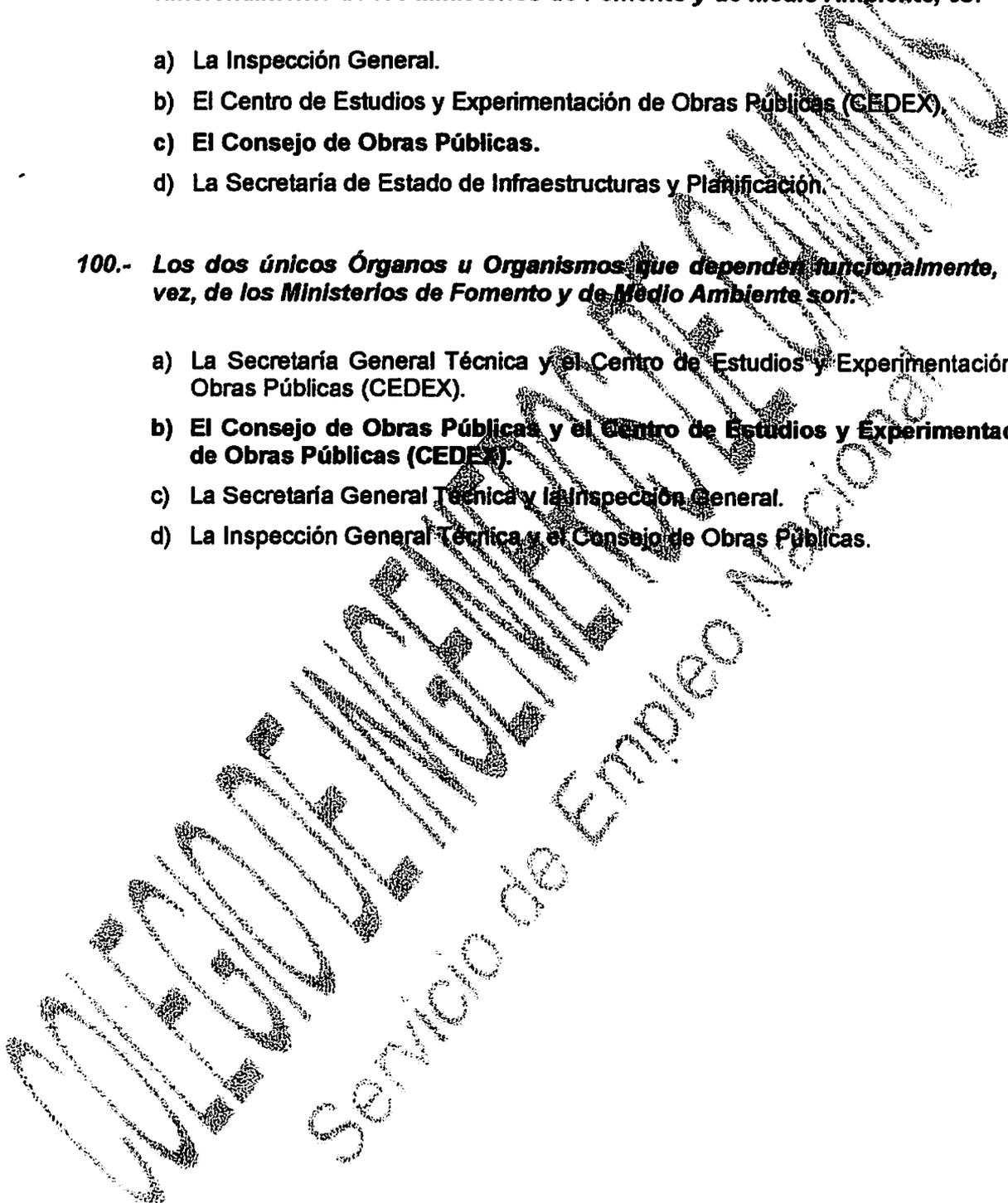
- a) La obra pública, el riesgo concesional, el equilibrio económico de la concesión y la diversificación de la financiación.
- b) El proyecto, los mecanismos de expropiación, el beneficio del concesionario y las formas de financiación comunitaria.
- c) La evaluación ambiental estratégica del proyecto de obra pública, el riesgo del concesionario, la construcción y explotación compartidas y los mecanismos de rescate de la concesión.
- d) La financiación comunitaria de las obras públicas y las prescripciones técnicas exigibles en las fases de proyecto, construcción, mantenimiento y explotación de las mismas, cuando se contratan en régimen concesional.

**99.- El Órgano consultivo superior de carácter técnico, dependiente funcionalmente de los Ministerios de Fomento y de Medio Ambiente, es:**

- a) La Inspección General.
- b) El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- c) El Consejo de Obras Públicas.
- d) La Secretaría de Estado de Infraestructuras y Planificación.

**100.- Los dos únicos Órganos u Organismos que dependen funcionalmente, a la vez, de los Ministerios de Fomento y de Medio Ambiente son:**

- a) La Secretaría General Técnica y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- b) El Consejo de Obras Públicas y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- c) La Secretaría General Técnica y la Inspección General.
- d) La Inspección General Técnica y el Consejo de Obras Públicas.





**COLEGIO DE INGENIEROS DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**

C/ Almagro, 42 3ª pta  
(28010) MADRID

*Servicio de Empleo Nacional*

---

**Enunciados del examen a la  
Oposición al  
Cuerpo de Ingenieros de Caminos,  
Canales y Puertos (MFOM)**

**Convocatoria: 2006**



**Soluciones del tribunal**



**COLEGIO DE INGENIEROS DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**

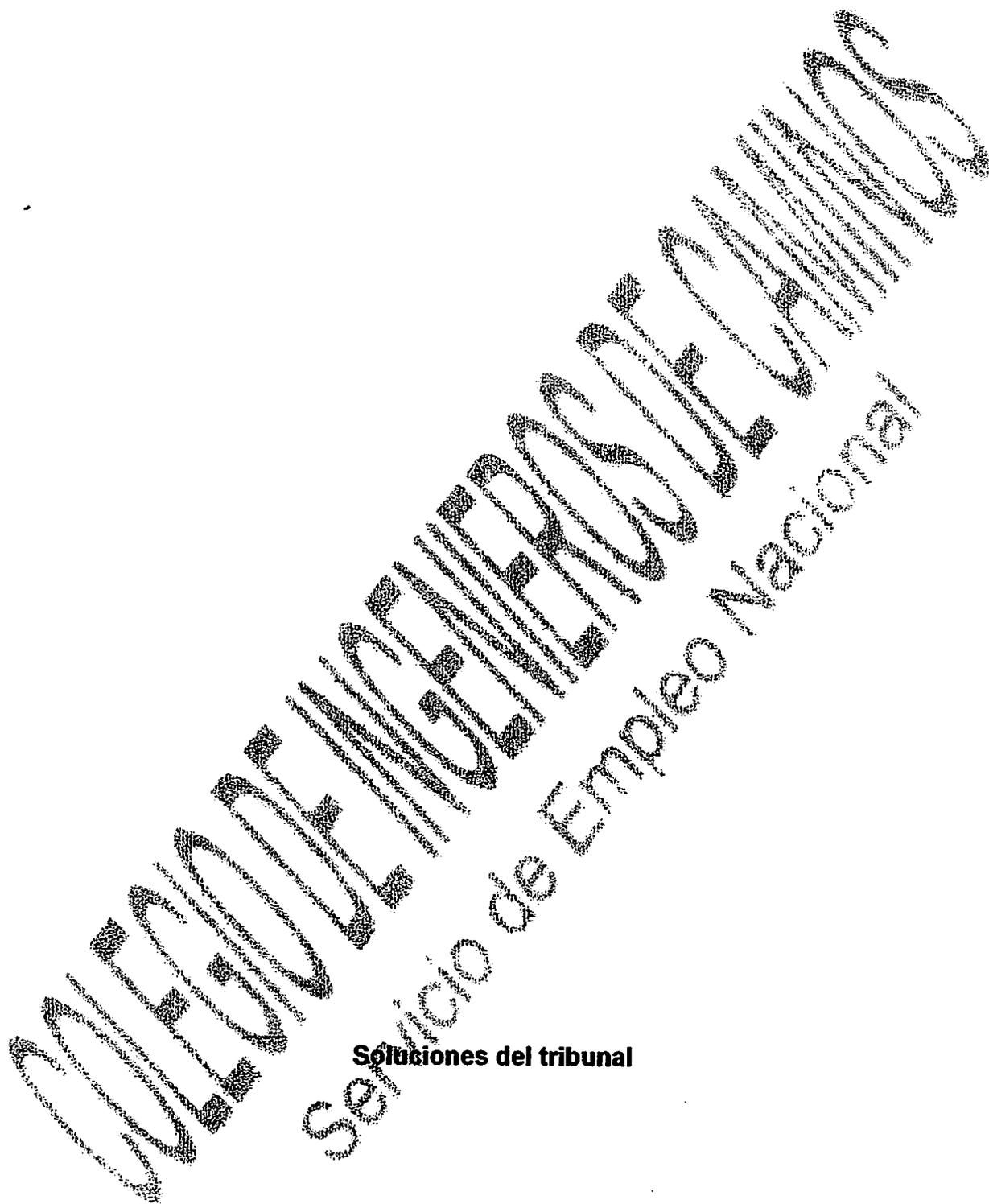
C/ Almagro, 42 3ª pta  
(28010) MADRID

*Servicio de Empleo Nacional*

---

**Enunciados de Ferrocarriles**

**Convocatoria: 2006**



**Soluciones del tribunal**



## CUARTO EJERCICIO (22 de noviembre de 2006)

### PROBLEMA Nº 1

Entre las ciudades X e Y se quiere construir una línea ferroviaria de alta velocidad en doble vía y ancho UIC para tráfico exclusivo de viajeros (FIGURA 1). En estos momentos, se está redactando el proyecto de los tramos A-B y C-D. En el tramo B-C se están iniciando las obras de una pequeña variante.

En el tramo A-B (FIGURA 2) se quiere situar un Puesto de Adelantamiento y Estacionamiento Técnico (PAET). La ubicación del mismo debe ser la que garantice las mejores condiciones de explotación y conservación posibles.

En el proyecto del tramo B-C (pequeña variante) se preveía la construcción de un terraplén con los materiales procedentes de un desmonte adyacente al mismo (a su inicio) y un préstamo cercano (FIGURA 3). Cuando se están iniciando las obras se detectan los siguientes problemas:

- El préstamo cercano no puede ser utilizado porque la zona ha sido protegida medioambientalmente. Hay que traer el material de un préstamo lejano.
- El suelo sobre el que se asienta el terraplén entre los PP.KK. 1+400 y 1+600 es de baja calidad y para evitar asentamientos durante el uso del terraplén es necesario un tratamiento previo de mechales drenantes y pilotes de grava.

El terraplén se asienta sobre un suelo que es un plano sensiblemente horizontal. La pendiente del trazado es la máxima permitida.

El paso inferior situado en el PK 1+500 ha de tener gálibo suficiente para carretera nacional. Su longitud se medirá en el eje de la estructura.

El volumen del desmonte es de 31.000 m<sup>3</sup>. El Presupuesto de la obra es de 6.900.000 €.

En el tramo C-D se quiere aprovechar como parte de la nueva línea otro tramo de una línea existente, en el que lo único que hay que hacer para que cuente con las mismas características que el resto del trayecto es suprimir los 10 pasos a nivel existentes, para lo cual se están redactando los proyectos necesarios.

La solución prevista para suprimir el "Paso 1" obliga a construir un nuevo camino que queda dentro de una ZEPA (Zona de especial protección para las aves) y la solución de supresión del "Paso 2" es una estructura sobre el ferrocarril que se sitúa



a unos 200 m del límite físico de un LIC (Lugar de interés comunitario). Los 8 pasos restantes (Pasos 3 a 10) no quedan próximos a ningún espacio protegido.

### **SE PIDE:**

#### **TRAMO A-B:**

1. Dibujar un esquema de la configuración y dimensiones de un PAET para una línea de estas características.
2. Proponer la ubicación del mismo en función de los parámetros de trazado de la línea, indicando los puntos kilométricos aproximados de sus principales elementos: puntos de inicio y final del PAET y punto medio de las vías de apartado.

#### **TRAMO B-C:**

1. Calcular el incremento presupuestario que se produce y el porcentaje de modificado del contrato de la obra que supondría.
2. Justificar, teniendo en cuenta el Texto Refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (TRLCAP), aprobado por Real Decreto Legislativo 2/2000, de 16 de junio, que la modificación del contrato de la obra es necesaria. Citar los artículos del TRLCAP que se utilizan.
3. ¿Es necesario que la Inspección informe el Modificado? ¿Por qué?  
¿Ha de enviarse el Modificado para dictamen al Consejo de Obras Públicas y al Consejo de Estado? ¿Por qué?  
Justificar la necesidad de aplicar la continuación provisional de las obras. ¿A quién corresponde dar esta autorización?
4. ¿Es conveniente la sustitución del terraplén entre los PP.KK. 1+400 y 1+600 por un viaducto, atendiendo únicamente a consideraciones de coste?. En caso de que, independientemente del coste, se decidiera construir el viaducto (atendiendo a la disminución de plazo), ¿podría tratarse esto como un Proyecto Complementario? ¿Por qué?

Para dar respuesta a estas cuestiones, no se considerará la disminución de terraplén ocupada por el paso inferior, y se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las obras han sido proyectadas, contratadas y ejecutadas por el Ministerio de Fomento.
- El ancho de plataforma y taludes terraplén se ha de determinar por el opositor.
- El presupuesto de 6.900.000 € es el de ejecución material de la obra. Después de aplicarle el IVA, los coeficientes de gastos generales y beneficio



industrial y la baja del contratista se obtiene, casualmente, un presupuesto de adjudicación de 6.900.000 €.

- Los precios que se considerarán serán los siguientes:
  - Coste del terraplén procedente del desmonte o del préstamo cercano = 0,8 €/m<sup>3</sup>.
  - Coste del terraplén procedente del préstamo lejano = 6,0 €/m<sup>3</sup>.
  - Coste de tratamiento con mechas drenantes y pilotes de grava = 20 €/m<sup>2</sup>.
  - Coste del ml de paso inferior = 5.000 €/ml.
  - Coste del ml de viaducto = 6.000 €/ml.

Los precios que se dan son los contenidos en los cuadros de precios del proyecto, salvo los del material procedente de préstamo lejano, del tratamiento de mechas drenantes y pilotes de grava y el de metro de viaducto (en su caso), los cuales son precios contradictorios del Modificado.

#### **TRAMO C-D:**

1. ¿Es necesario someter a procedimiento de Evaluación Ambiental la supresión de los Pasos a nivel 3 a 10?. Indíquese de qué depende la necesidad o no de dicho procedimiento.
2. ¿Es necesario someter a procedimiento de Evaluación Ambiental la supresión de los Pasos a nivel 1 y 2?. Indíquese qué tramitación debe seguirse en relación a la existencia de espacios protegidos, para lo cual debe considerarse, además de la Ley 1302/1986 de Evaluación de Impacto Ambiental, la Directiva Comunitaria 92/43 CEE tras puesta al ordenamiento jurídico español por el Real Decreto 1997/1995.

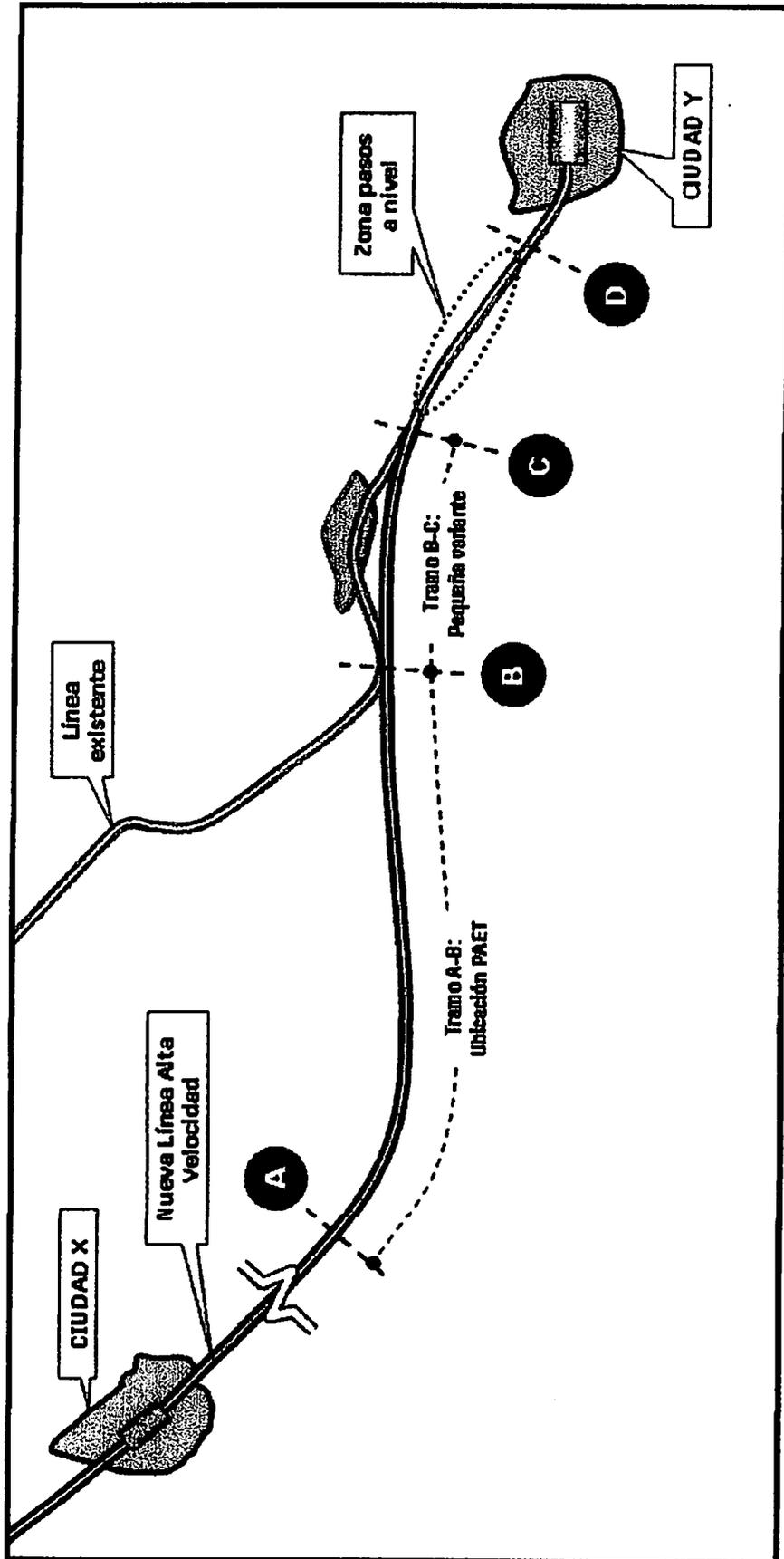
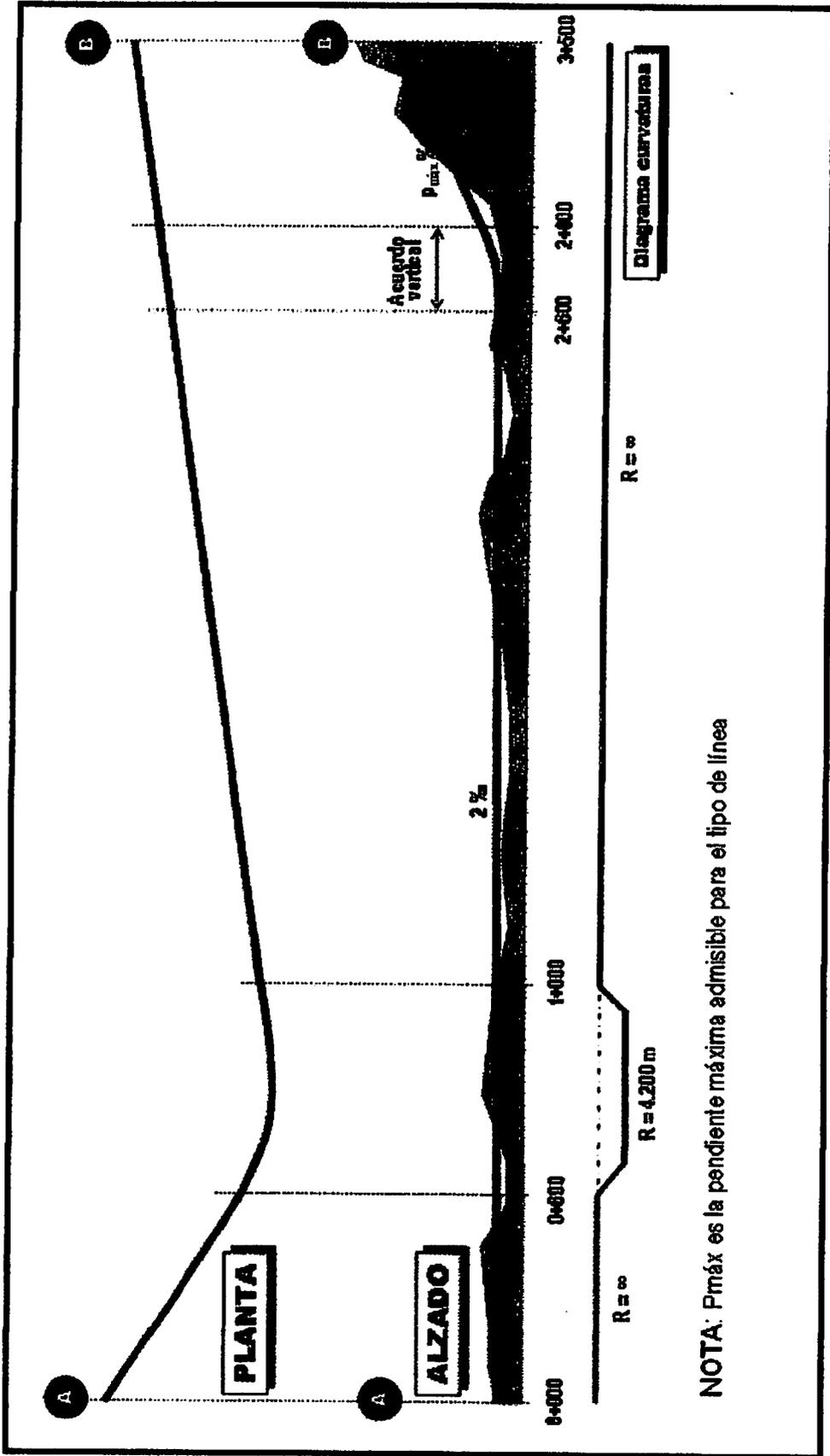


FIGURA 1

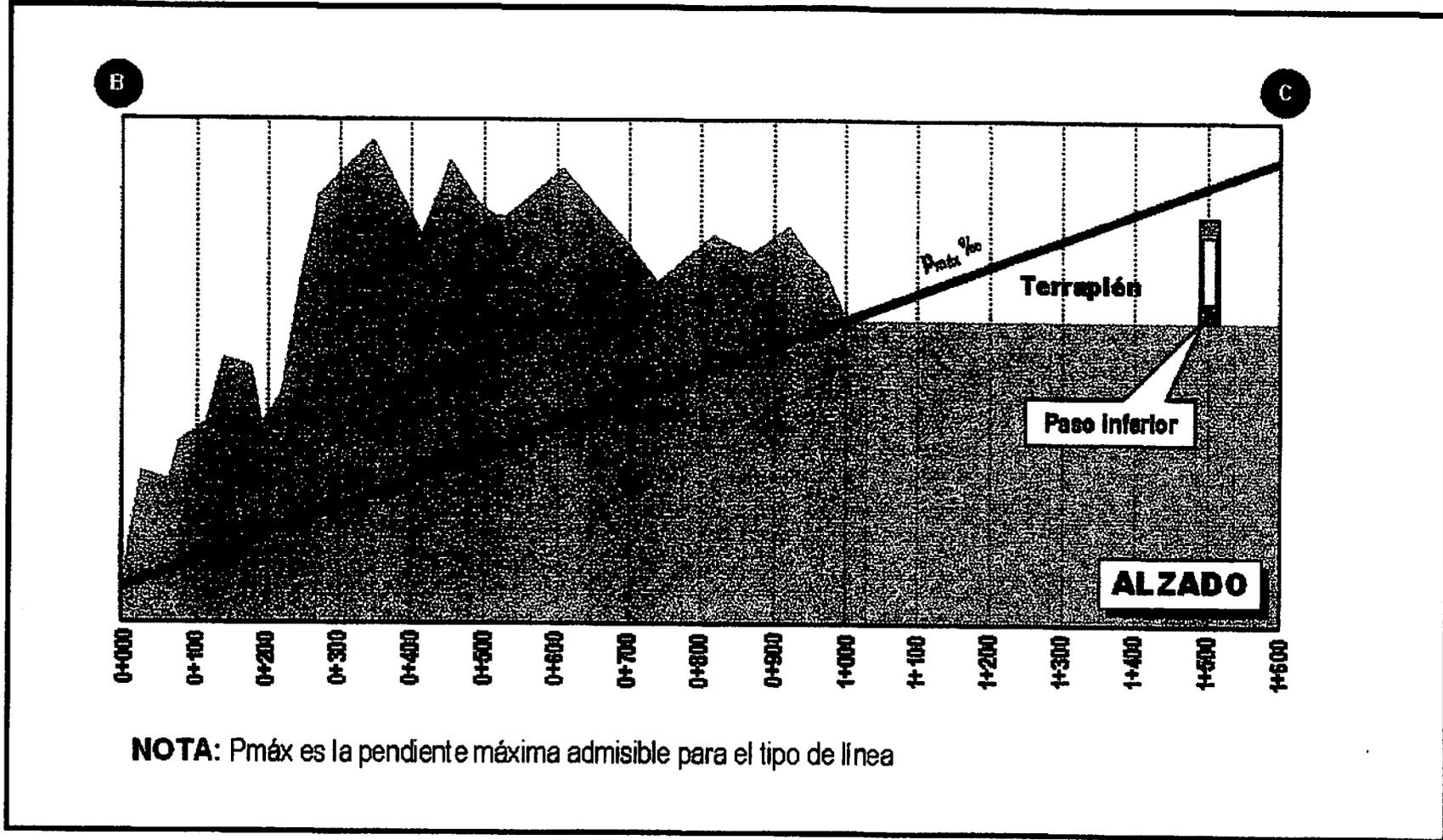
MA



NOTA:  $P_{máx}$  es la pendiente máxima admisible para el tipo de línea

FIGURA 2





**FIGURA 3**



**Oposición al Cuerpo de ICCP del Estado**  
**SOLUCIÓN EJERCICIO PRÁCTICO DE FERROCARRILES**  
**(Noviembre 2006)**

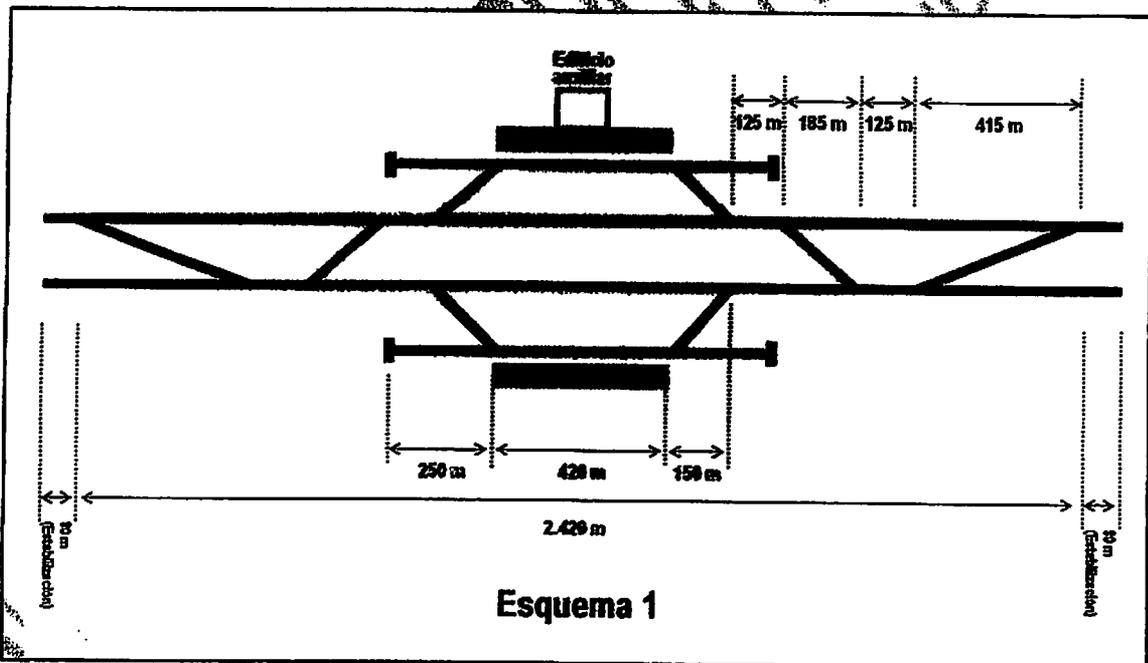
**TRAMO A-B:**

- 1. Dibujar un esquema de la configuración y dimensiones de un PAET para una línea de estas características.**

De manera habitual, en las líneas de alta velocidad los apartaderos tienen una longitud de unos 2.600 m (incluidos los 90 metros de cada extremo destinados a estabilización).

Deben disponer de dos vías de apartado (con mangos de seguridad) y escapes en los extremos del PAET, permitiendo tanto el acceso a las vías de apartado, como la circulación en las vías principales en ambos sentidos, cuando es necesario resolver incidencias.

En estas condiciones ideales, el esquema de un PAET sería el siguiente:



**Esquema 1**

- 2. Proponer la ubicación del mismo en función de los parámetros de trazado de la línea, indicando los puntos kilométricos aproximados de sus principales elementos: puntos de inicio y final del PAET y punto medio de las vías de apartado.**

Este tipo de instalaciones se deben ubicar en superficie, en alineación recta y con pendiente longitudinal constante, no superior a 2,0 milésimas (a excepción de los

tramos de estabilización). Además, se debe evitar proyectarlos en túneles o viaductos, en tramos de grandes movimientos de tierras y en zonas de difícil acceso.

De la figura 2 se deduce que en el tramo A-B no existe una recta de suficiente longitud que cumpla estas condiciones. El único tramo que las cumple tiene una longitud de 1.600 m (entre los PP.KK. 1+000 y 2+600), y como se indica en el apartado 1, la longitud necesaria son 2.600 m.

Por tanto, para poder ubicar el PAET en este tramo, hay que adaptarlo a las características del trazado en planta y alzado existentes. La primera condición (que no debemos sacrificar) es que la zona de las vías de estacionamiento se encuentre en recta y con una pendiente adecuada. En segundo lugar, intentaremos que el mayor número posible de aparatos se encuentre también en recta.

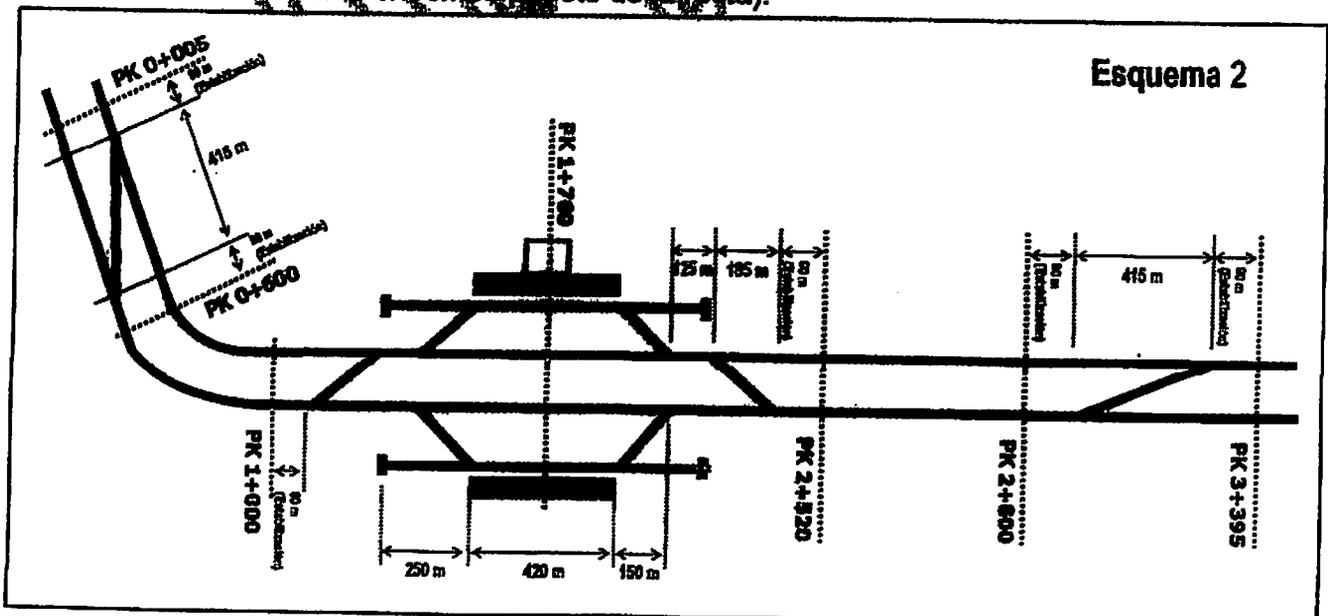
Si mantenemos las vías de apartado y sus los escapes contiguos, con las dimensiones que definimos en el esquema 1, necesitaríamos una longitud de unos 1.520 m (incluyendo las longitudes de estabilización). Por tanto, podemos colocarlos en la zona en recta entre los PP.KK. 1+000 y 2+600.

Para ubicar los escapes de banalización fuera de curva o en acuerdo horizontal o vertical, es necesario separarlos de la zona de estacionamiento. Necesitamos una longitud de unos 595 m (incluyendo longitudes de estabilización).

En el caso del primer escape, éste se podrá ubicar entre el P.K. 0+000 y el P.K. 0+600, pues a partir de ese punto se inicia la curva de entrada a la curva. Para el segundo escape, se tiene que superar el acuerdo vertical existente, por lo que se podrá ubicar a partir del P.K. 2+600.

En el esquema 2, se recoge una posible distribución de los elementos. De este modo, los PP.KK. que se indican son:

- P.K. inicial: 0+005 (podría ser 0+000)
- P.K. final: 3+395
- P.K. punto medio de las vías de apartado: 1+760 (podría ser 1+840 si se coloca en el extremo opuesto de la recta).



(Se podrían haber planteado otras soluciones alternativas, reduciendo las distancias entre aparatos y las distancias de estabilización, pero en este caso aunque se redujesen, la distancia de la recta no es suficiente. Pero si a alguien se le ocurre hay que valorárselo).

**TRAMO B-C:**

1. **Calcular el incremento presupuestario que se produce y el porcentaje de modificado del contrato de la obra que supondría.**

La pendiente del trazado es de 25 ‰ (alta velocidad, uso exclusivo viajeros)

El ancho de plataforma para doble vía es de 13,0 m. Se puede considerar otro siempre que se justifique (es habitual 14 m y no les hemos dicho el ancho de vía).

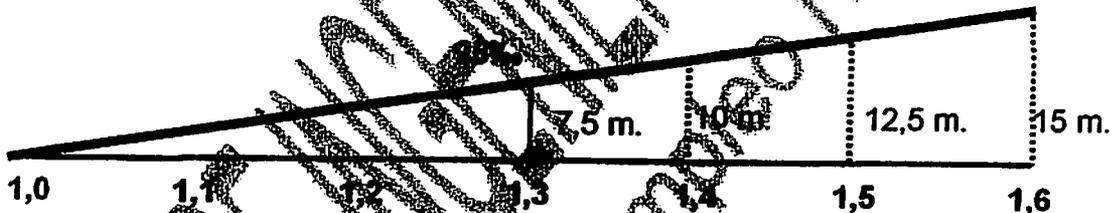
Los taludes laterales del terraplén suelen ser 2:1. Se puede admitir 1,5:1 u otros valores intermedios.

Lógicamente la cota del terraplén en su punto inicial es 0,0 m. y en su punto final será:

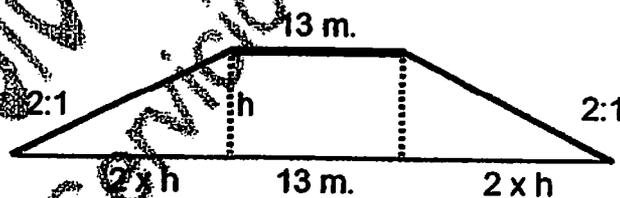
$$C_{1,6} = 0,025 \times 600 = 15 \text{ m.}$$

Teniendo en cuenta que el terreno es sensiblemente horizontal, la cota en el punto medio será:

$$C_{1,3} = 7,5 \text{ m.}$$



La superficie de la sección media del terraplén será la del trapecio indicado más abajo. Siendo  $h = 7,5$  m. El plano del suelo es horizontal, por tanto también lo es en el sentido transversal al trazado.



$$S_{7,5} = 0,5 \times (13 + 13 + (4 \times 7,5)) \times 7,5 = 210 \text{ m}^3/\text{m}$$

Por tanto el volumen total de terraplén es:

$$V_t = 600 \text{ m.} \times 210 \text{ m}^3/\text{m} = 126.000 \text{ m}^3.$$

Como el volumen procedente de desmonte es de 31.000 m<sup>3</sup> el volumen de terraplén procedente de préstamo será:

$$V_{pp} = 126.000 - 31.000 = 95.000 \text{ m}^3$$

Por otra parte en el P.K. 1+500 (punto medio de la zona donde se dispone el tratamiento de mechas y pilotes de grava) la superficie ocupada es de 13 m. + (2 x 2 x 12,5) = 63 m. Por tanto la superficie total sometida a tratamiento será:

$$S_1 = 200 \times 63 = 12.600 \text{ m}^2$$

Se podría admitir que el tratamiento se extiende 1 m más a cada lado (200 x 65).

El incremento presupuestario es:

$$IP = (6,0 - 0,8) \text{ €/m}^3 \times 95.000 \text{ m}^3 + 20 \text{ €/m}^2 \times 12.600 \text{ m}^2 = 748.000 \text{ €}$$

El presupuesto de la obra es de 6.900.000 €, por tanto:

$$\text{Porcentaje Modificado} = 100 \times (748 / 6.900) = 10,8 \%$$

**2. Justificar teniendo en cuenta la Ley de Contratos de Administraciones Públicas (LCAP) que la modificación del Contrato de la obra es necesaria. Citar los artículos de la LCAP que se aplican.**

- El préstamo no puede ser tomado porque la zona ha sido protegida medioambientalmente. Hay que traer el material de un préstamo lejano.
- El suelo sobre el que se asienta el terraplén entre los P.P.KK. 1+400 y 1+600 es de baja calidad y para evitar asentamientos durante el uso del terraplén es necesario un tratamiento previo de mechas drenantes y pilotes de grava.

En el 1º caso se produce una modificación (una mayor cantidad de material de préstamo que el previsto en el contrato) debido a una causa imprevista (no disponemos del préstamo previsto por haber sido protegido medioambientalmente).

En el 2º caso la causa imprevista es la baja calidad del suelo lo que da lugar a una necesidad nueva del tratamiento de mechas drenantes y pilotes de grava.

Ambas modificaciones deben ser introducidas por causa de interés público: "Sólo es posible ejecutar la obra (interés público) modificando el contrato para introducir estos cambios." Art. 47 de la LCAP.

**¿Es necesario que la Inspección informe al Modificado? ¿Por qué?**

**¿Se envía el Modificado al Consejo de Estado? ¿Por qué?**

**Justificar la necesidad de aplicar la continuación provisional de las obras.**

**¿A quién corresponde dar esta autorización?**

El presupuesto del contrato de obra es superior a 3 M€ por lo tanto es obligatorio el informe de la Inspección, de acuerdo a la Orden del Ministerio de Fomento de 21 de marzo de 2000 por la que se modifica la OM 30/04/88 Reguladora del ámbito de actuación y de las funciones de la Inspección General del Departamento. (Apartado único).

No hay que enviar el Modificado a informe del Consejo de Estado ya que no supera el 20 % del contrato. Art. 59.3 a) de la LCAP.

La tramitación del modificado exige la suspensión temporal parcial de las obras. Esto ocasiona un grave perjuicio al interés público por lo siguiente:

- Se retrasa una obra declarada de interés público
- No sólo habría que paralizar el terraplén sino el desmonte del que se obtiene el préstamo por lo que la paralización de la obra sería total

**NOTA: Realmente aquí vale cualquier argumento razonable que exponga el opositor siempre indique lo de la suspensión temporal y lo del grave perjuicio.**

La autorización la da el Ministro de Fomento y no puede ser delegada. Art. 146.4 de la LCAP.

4. **¿Es conveniente la sustitución del terraplén entre los P.K. 1+400 y 1+600 por un viaducto atendiendo únicamente a consideraciones de coste? En caso de que, independientemente del coste, se decidiera construir el viaducto (atendiendo a la disminución de plazo) ¿podría tratarse esto como un Proyecto Complementario? ¿Por qué?**

El coste de este viaducto será de  $C_v = 200 \text{ m} \times 6.000 \text{ €/m} = 1.200.000 \text{ €}$

Con el viaducto nos ahorramos:

- El terraplén entre el P.K. 1+400 y 1+600

Como en casos anteriores si multiplicamos el volumen de la sección media en el P.K. 1+500 por 200 m. obtendremos el volumen de terraplén sustituido.

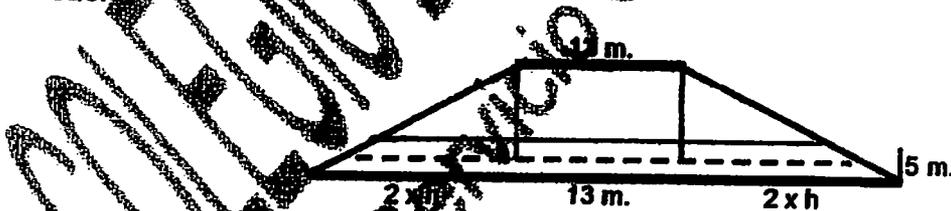
La altura del terraplén en ese punto será  $h = 0,025 \times 500 = 12,5 \text{ m}$ .

$$V_{ts} = 200 \times 12,5 \times 0,5 \times (13 + 13 + (2 \times 2) \times 12,5) = 95.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Ahorro 1} = 95.000 \text{ m}^3 \times 0,8 \text{ €/m}^3 = 76.000 \text{ €}$$

- El paso inferior en el P.K. 1+500

La altura de paso será de unos 5,0 m (algo más). Por tanto su eje estará a 2,5 m. del suelo.



$$\text{Longitud} = 13 + 13 + 4 \times (12,5 - 2,5) = 66 \text{ m.}$$

$$\text{Ahorro 2} = 66 \text{ m.} \times 5.000 \text{ €/m} = 330.000 \text{ €}$$

Entonces el Incremento Presupuestario en el caso del viaducto sería:

$$\text{IPV} = 1.200.000 - 76.000 - 330.000 = 794.000 \text{ €}$$

Al ser ligeramente superior al caso del terraplén de préstamo más tratamiento no sería conveniente la sustitución atendiendo exclusivamente a condiciones de coste.

No podría tratarse este viaducto como un proyecto de obras complementarias pues no se cumplen todas las características exigidas en el Art. 141 d) de la LCAP:

- No figuran en el proyecto ni en el contrato. SE CUMPLE.
- Es necesario ejecutarlas como consecuencia de circunstancias imprevistas. SE CUMPLE.
- Su ejecución se confía al contratista de la obra principal, de acuerdo con los precios... etc. SE CUMPLE.
- Están formadas en más del 50 % por unidades del contrato principal. NO SE CUMPLE. El 100 % de los precios son contradictorios, no corresponden a unidades del contrato principal.
- Las obras no pueden separarse técnica o económicamente del contrato primitivo sin causar inconvenientes mayores a la Administración. SE CUMPLE
- Estas actuaciones pueden considerarse como proyecto independiente y tienen viabilidad como tal. NO SE CUMPLE.

#### **TRAMO C-D:**

1. ***¿Es necesario someter a procedimiento de Evaluación Ambiental la supresión de los Pasos a nivel 3.a y 4.º? El operador debe indicar de qué depende la necesidad o no de dicho procedimiento.***

Normalmente la supresión de pasos a nivel se realiza mediante la construcción de una estructura de cruce sobre o bajo el ferrocarril o construyendo un camino de enlace de poca longitud para que cruce la vía por una estructura ya construida.

Suponiendo que este tipo de obras serán que se realice para la supresión de los pasos:

- Solución antes de la entrada en vigor de la Ley 9/2006, de 28 de abril:

Estas obras no están incluidas ni en el anexo I, ni en el anexo II del R.D.L. 1302/1986 y sus modificaciones anteriores a la Ley 9/2006, de 28 de abril, y por tanto, en principio, no sería necesario someterlas a evaluación de impacto ambiental.

- Solución tras la entrada en vigor de la Ley 9/2006, de 28 de abril:

La Ley 9/2006, ha supuesto la incorporación al ordenamiento jurídico español de la Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001.

La Disposición final primera de esta ha modificado el R.D.L. 1302/1986, estableciendo que cualquier proyecto sobre el que la normativa autonómica indique

la necesidad de evaluación ambiental aunque no sea anexo I ó II, debe incluirse entre los proyectos del anexo II.

Por tanto la necesidad o no de iniciar procedimiento ambiental dependerá de la Legislación Ambiental de la Comunidad Autónoma.

Resumiendo, hay dos posibilidades:

- Si la Legislación Ambiental de la Comunidad Autónoma no incluye la necesidad de evaluación ambiental no es necesario realizar la misma.
- Si la Legislación Ambiental de la Comunidad Autónoma incluye la necesidad de evaluación ambiental, se debe realizar consulta al órgano ambiental (Ministerio de Medio Ambiente), sobre la necesidad o no de realizar la Evaluación Ambiental.

*NOTA: Puede suprimirse un paso a nivel con obras de mayor envergadura (por ejemplo, una variante ferroviaria o hasta el soterramiento), por lo que habrá que valorar las respuestas que hagan este tipo de desarrollos.*

**2. ¿Es necesario someter a procedimiento de Evaluación Ambiental la supresión de los Pasos a nivel I y II? El solicitante debe indicar que tramitación debe seguirse en función de la existencia de espacios protegidos, para lo cual deberá consultarse además de la Ley 1302/1986 de Evaluación de Impacto Ambiental y Directiva Comunitaria 92/43/CEE, traspuesta al ordenamiento jurídico español por R.D. 1997/95.**

- Solución antes de la entrada en vigor de la Ley 9/2006, de 28 de abril:

La tramitación de la evaluación necesaria en materia (el apartado 9k del anexo II de la Ley 1302/1986, relativo a la afectación a áreas de especial protección designadas en aplicación de las Directivas 79/409/CEE y 92/43/CEE, o a humedales incluidos en la lista del Convenio Ramsar, aplicable a proyectos incluidos en el anexo I o el anexo II).

Independientemente de lo anterior, de acuerdo al artículo 6 de la Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres, traspuesta al ordenamiento jurídico español por el Real Decreto 1997/95, sería necesario solicitar a la Comunidad Autónoma, tanto para el paso 1 como el 2 (por estar en la zona de influencia del espacio protegido), su conformidad respecto al proyecto, en función de los efectos que éste pueda producir sobre los espacios de la Red Natura 2000 (ZEPA y LIC).

La tramitación de esta conformidad resumidamente es la siguiente:

1- Debe elaborarse un informe que permita determinar si la alternativa considerada puede afectar negativamente a la integridad del lugar, el cual debe ser remitido a la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma, al objeto de que ésta emita informe.

2- En el caso de que dicha Consejería estime que la alternativa causará perjuicio significativo a la integridad de lugar, debe realizarse lo siguiente:

- Justificar la ausencia de alternativas viables que eviten dicha afectación.

- Justificar el interés público de primer orden que hace necesaria la ejecución del proyecto.
- Debe realizarse un Proyecto de medidas compensatorias que garanticen que la coherencia global de la Red Natura 2000 quede protegida. Estas medidas compensatorias deben ser remitidas a la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma para que emita informe sobre las mismas.

- Solución tras la entrada en vigor de la Ley 9/2006, de 28 de abril

- En este caso, se aplica la Disposición final primera de la Ley 9/2006 que ha modificado el R.D.L. 1302/1986, (Artículo 1.3), estableciendo que cualquier proyecto incluido en el anexo II, así como cualquier proyecto no incluido en el anexo I que pueda afectar directa o indirectamente a los espacios de la Red Natura 2000 (LIC y ZEPA), deben ser sometidos a evaluación ambiental cuando así lo decida el órgano ambiental en cada caso.

Es decir, tanto para el paso 1 como el 2 (por estar en la zona de influencia del espacio protegido) debe ser el Ministerio de Medio Ambiente quien determine la necesidad o no de realizar evaluación ambiental.

Igual que antes de la entrada en vigor de la Ley sería necesario solicitar a la Comunidad Autónoma, tanto para el paso 1 como el 2, su conformidad respecto al proyecto, en función de los efectos que éste pueda producir sobre los espacios de la Red Natura 2000 (ZEPA y LIC) y se tramitara de igual manera.

**SECRETARÍA DE EMPLEO**  
 Servicio de Empleo



**COLEGIO DE INGENIEROS DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**

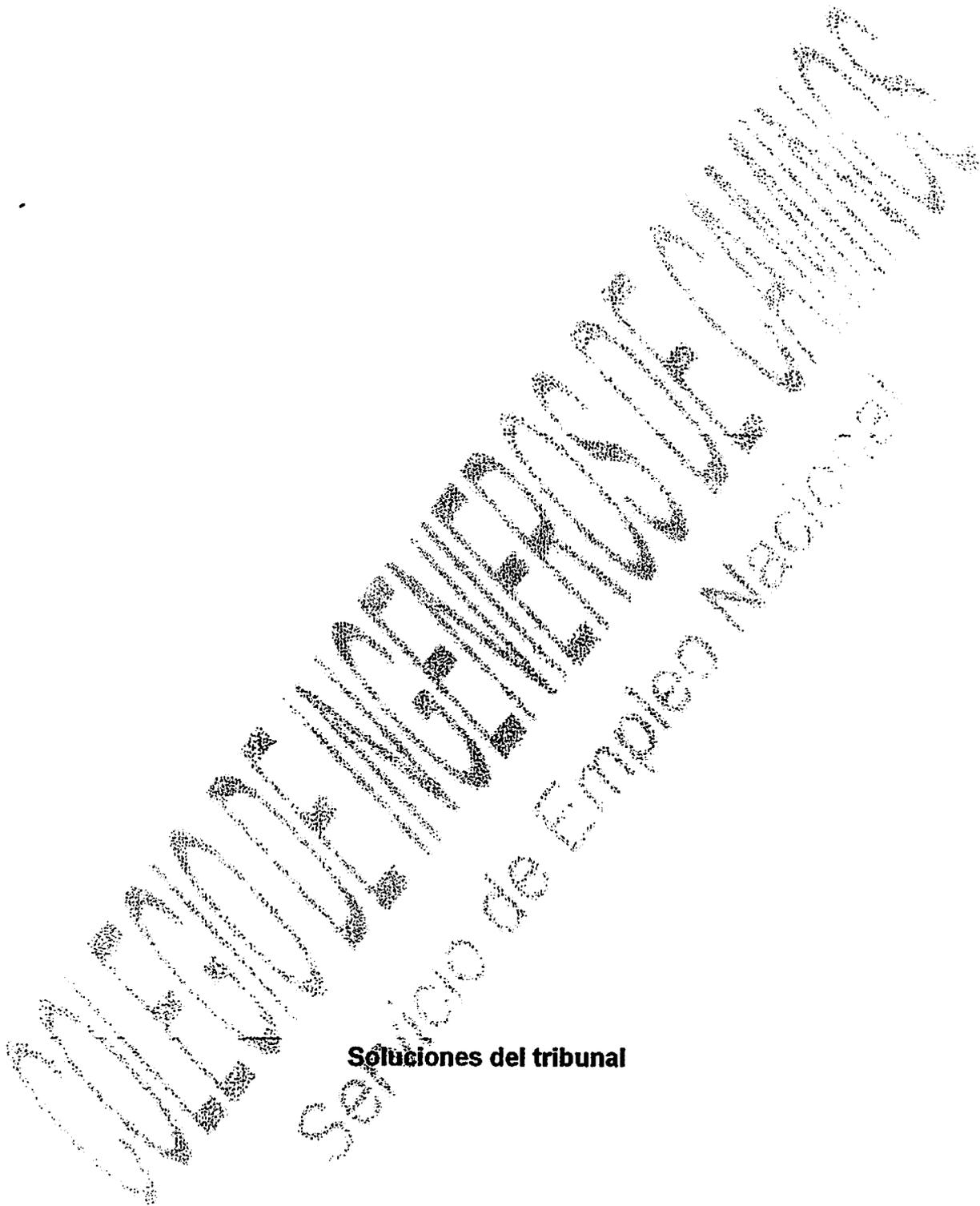
C/ Almagro, 42 3ª pta  
(28010) MADRID

*Servicio de Empleo Nacional*

---

**Enunciados de Costas**

**Convocatoria: 2006**



**Soluciones del tribunal**



## CUARTO EJERCICIO (22 de noviembre de 2006)

### PROBLEMA Nº 2

La figura 1 que se adjunta representa una batimetría imaginaria que tiene una zona de playa respaldada por dunas y otra parte (al oeste) más acantilada. La batimetría frente a la playa está formada por rectas paralelas y tiene una pendiente del 5% mientras que frente a la zona acantilada tiene una pendiente del 20%.

El clima de oleaje medio anual en aguas profundas (igualmente imaginario) está definido por 1000 horas con un oleaje regular procedente del E 60° S (de altura de ola  $H_o = 1'6$  m. y periodo  $T_o = 8$  seg.) y 800 horas con un oleaje procedente del suroeste (de altura de ola  $H_o = 1$  m. y periodo  $T_o = 6$  seg.); el resto, hasta las 8760 horas del año, son de absoluta calma.

En esta zona se plantea construir un puerto deportivo para el cual se manejan cuatro alternativas, cuyas obras de abrigo son las de las figuras 2, 3, 4 y 5, que también se adjuntan.

#### **Se pide:**

- 1º) Obtener la altura de ola y la dirección del oleaje en la zona de rotura.
- 2º) A partir del resultado de la pregunta anterior, obtener el volumen del transporte longitudinal anual de sedimentos; en concreto, las cuantías del transporte neto y bruto en la zona de playa.
- 3º) Describir los impactos medioambientales más significativos que tendría cada una de las alternativas propuestas para el puerto.
- 4º) Describir posibles medidas compensatorias y/o correctoras para cada una de esas alternativas.
- 5º) Proponer razonadamente una de las alternativas propuestas o una distinta de las cuatro propuestas para ubicar el puerto.

#### Notas:

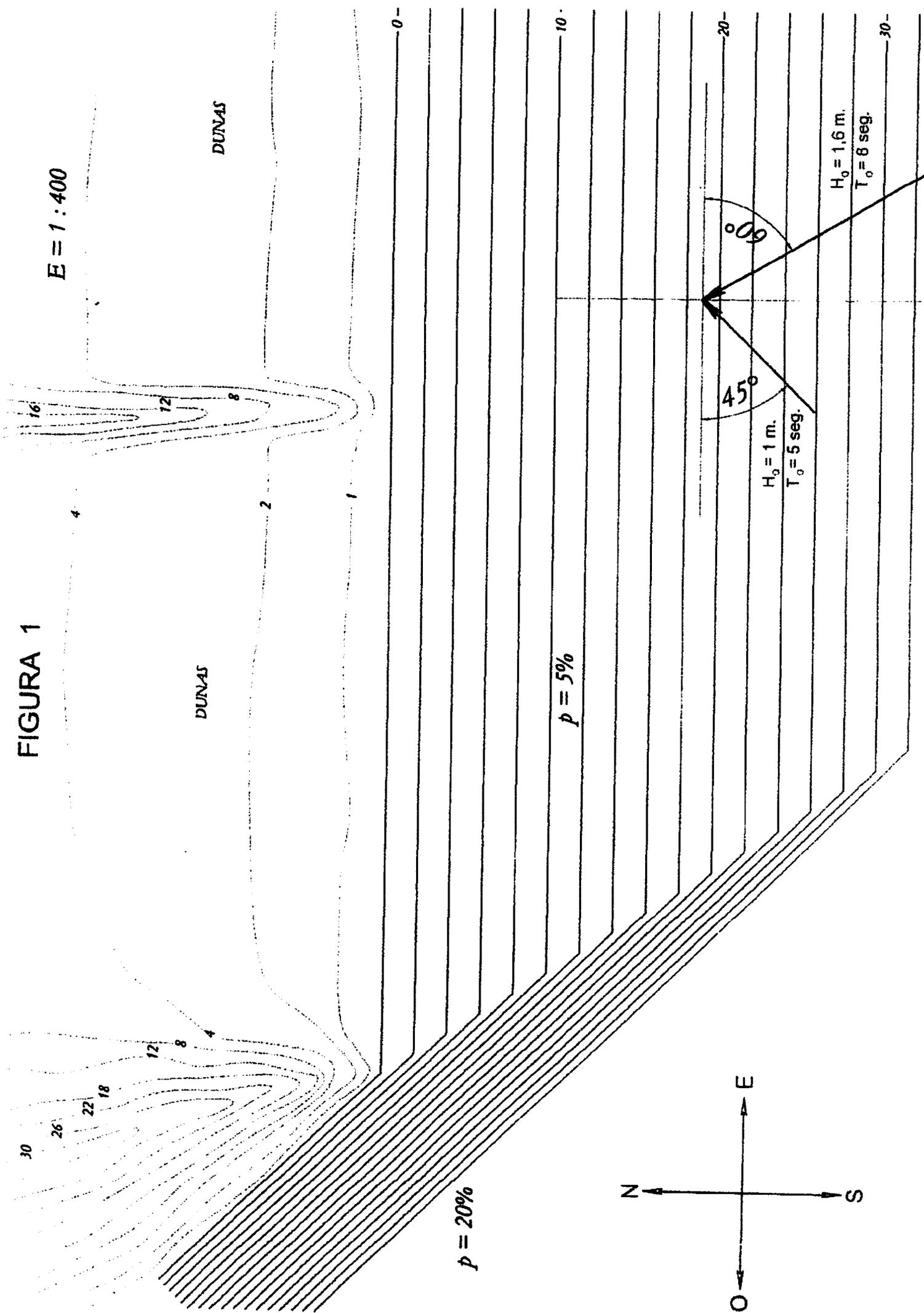
A) Para obtener la respuesta de la primera pregunta se podrá suponer que la rotura del oleaje tiene lugar con 1 m de profundidad.



- B) Si no se ha podido obtener la respuesta de la primera pregunta, se puede suponer que la rosa de oleaje en la zona de rotura es la misma que en aguas profundas.
- C) Para obtener la respuesta de la segunda pregunta, se puede suponer que la relación entre la altura de ola y la profundidad en el punto de rotura es  $H_b/d_b = 0.9$ .
- D) Si no se ha podido obtener la respuesta de la segunda pregunta, se puede suponer un transporte longitudinal neto de Este a Oeste de  $100.000 \text{ m}^3/\text{año}$  y un transporte bruto de  $200.000 \text{ m}^3/\text{año}$ .
- E) Para las tres últimas preguntas se pueden utilizar las figuras adjuntas y dibujar sobre ellas para aclarar la respuesta escrita.
- F) Se supondrá que el peso específico real de los granos de arena es  $\gamma_s = 2.65 \text{ T/m}^3$ .
- G) Se supondrá que el índice de huecos de la arena es  $n = 0.4$ .

FIGURA 1

$E = 1 : 400$

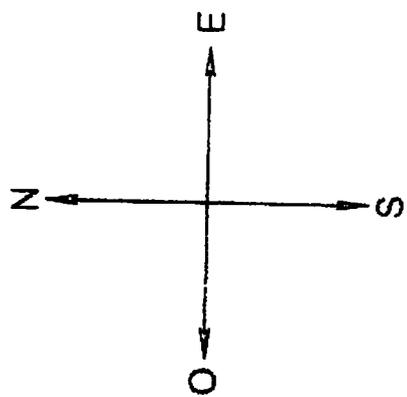


DUNAS

DUNAS

$p = 20\%$

$p = 5\%$



$H_0 = 1 \text{ m.}$   
 $T_0 = 5 \text{ seg.}$

45°

$H_0 = 1,6 \text{ m.}$   
 $T_0 = 6 \text{ seg.}$

09°

0  
10  
20  
30

FIGURA 2

E = 1 : 400

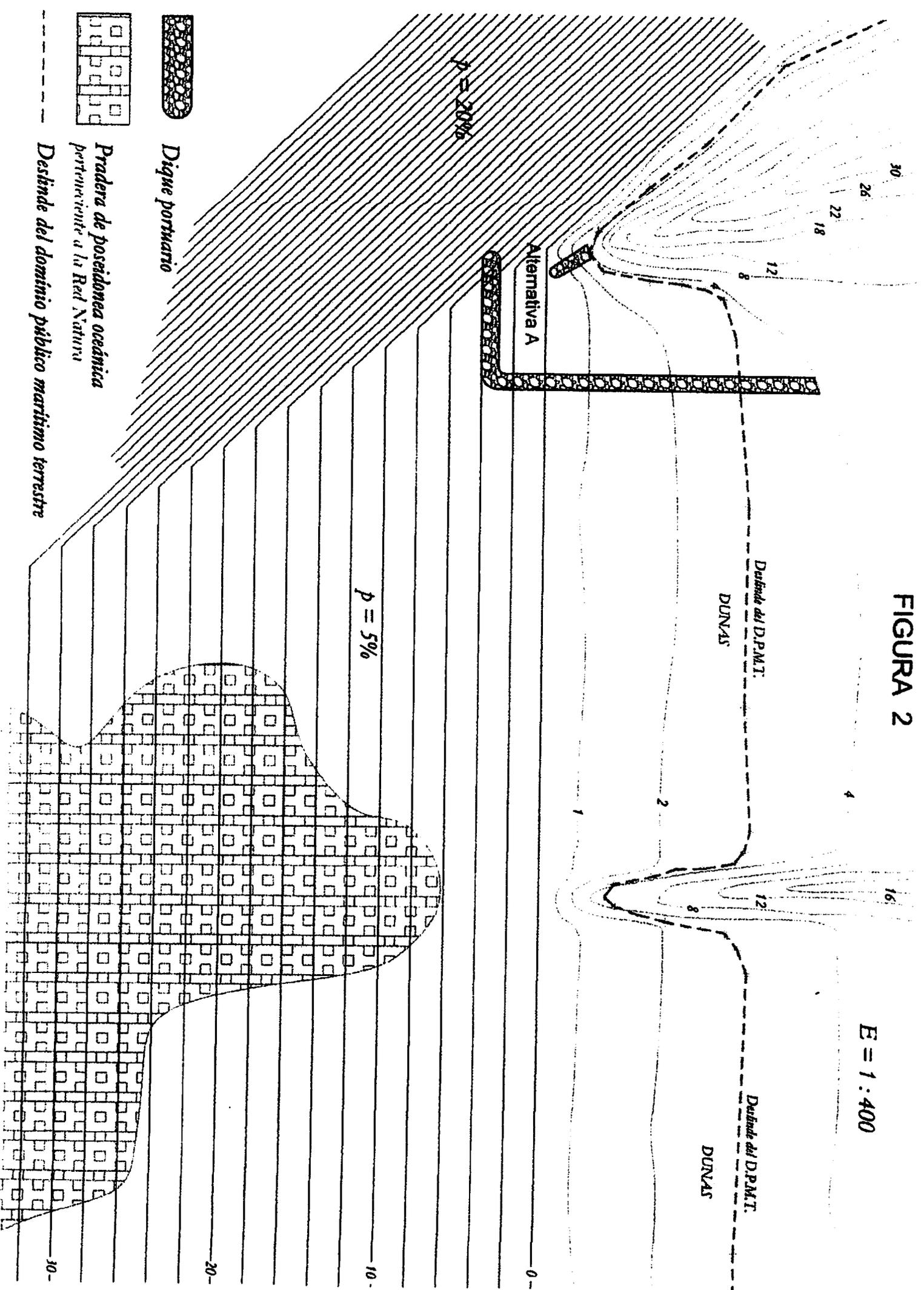
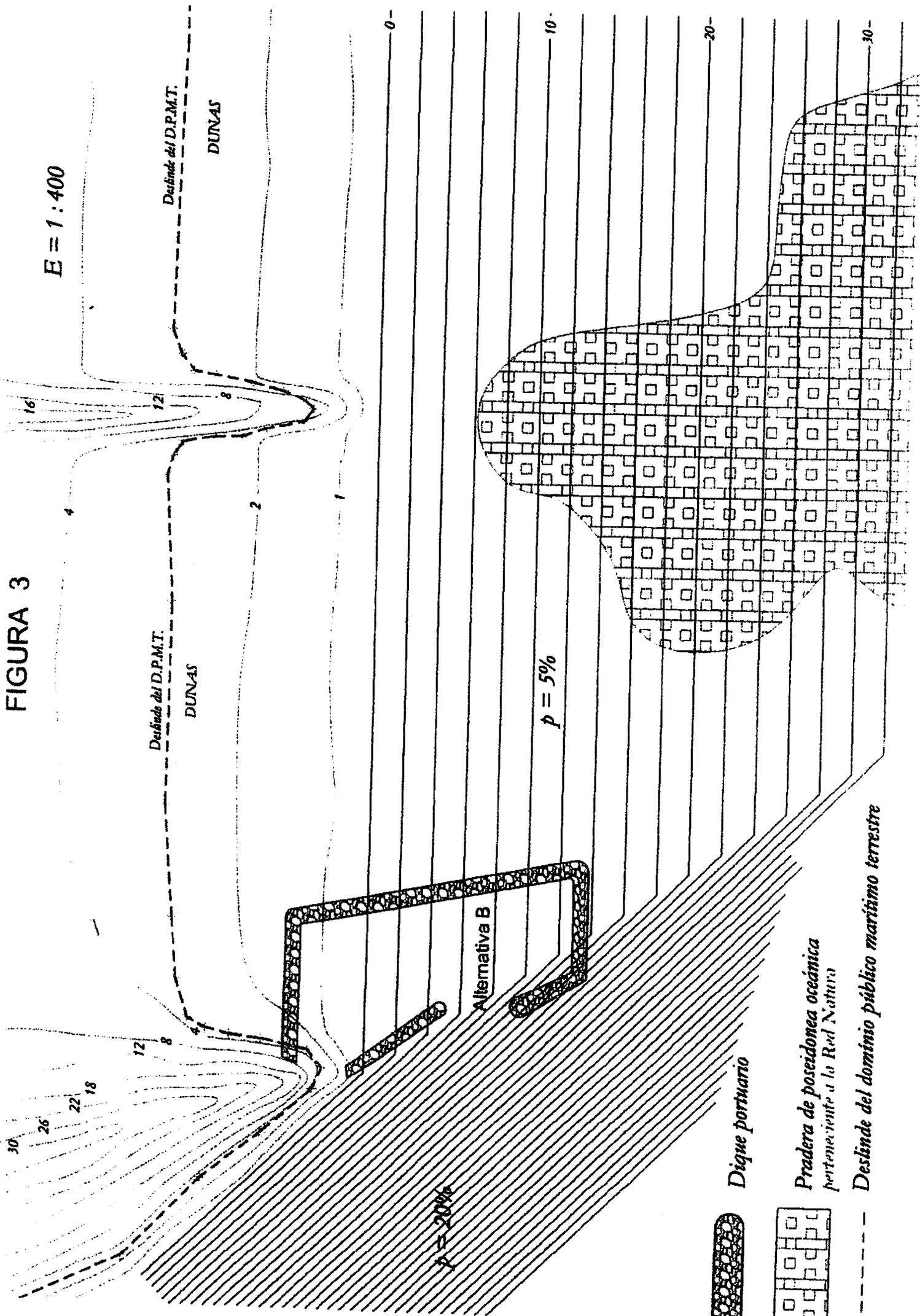


FIGURA 3

$E = 1 : 400$



Deslinde del D.P.M.T.

DUNAS

Deslinde del D.P.M.T.

DUNAS

Alternativa B

$p = 5\%$

$p = 20\%$

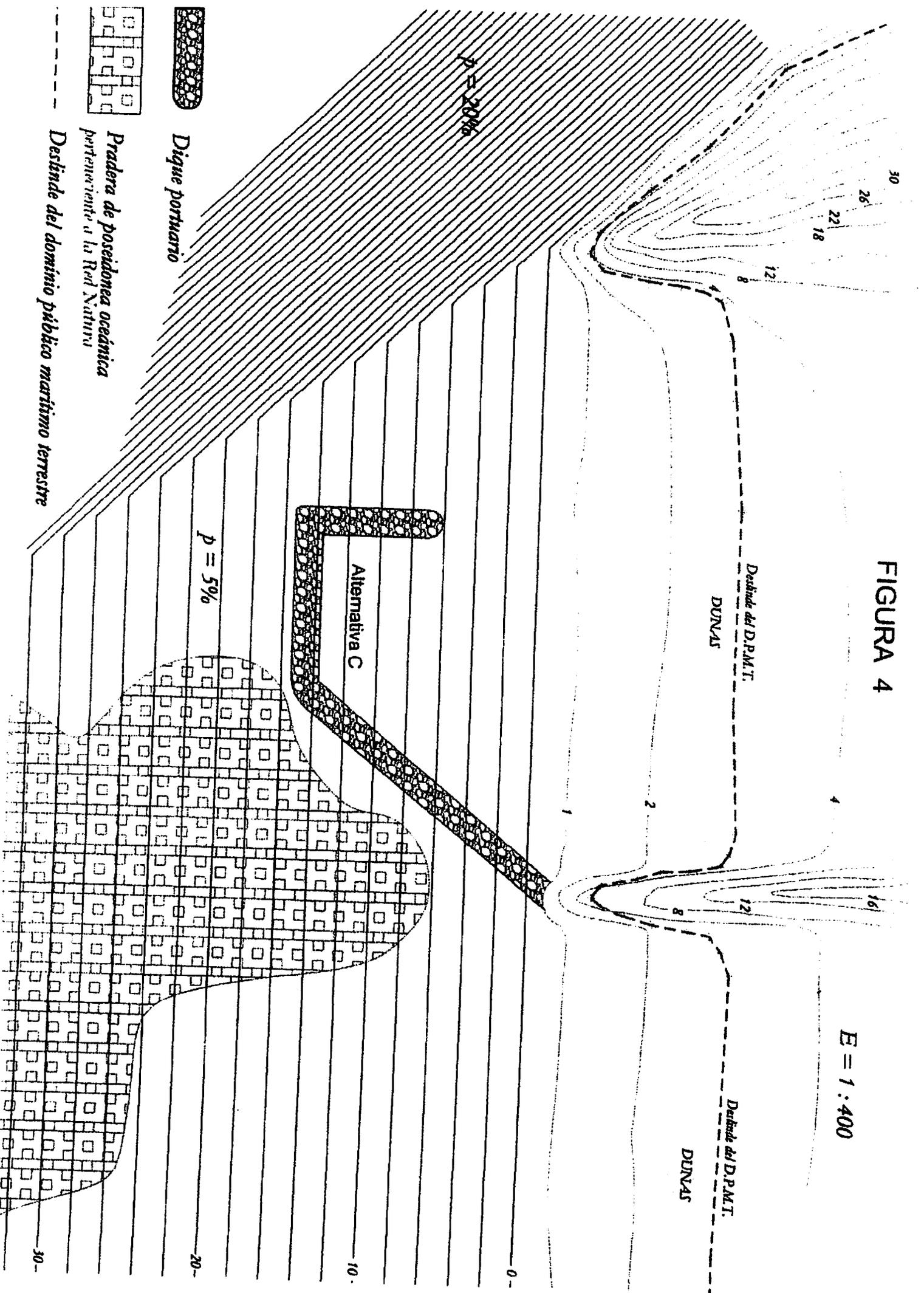
Diques portuario

Pradera de poseidonea oceánica perteneciente a la Red Natura

Deslinde del dominio público marítimo terrestre

FIGURA 4

E = 1 : 400



Digue portuario

Pradera de poseidonea oceanica perteneciente a la Red Natura

Destinde del dominio público marítimo terrestre

Deline del D.P.M.T.

DUNAS

Deline del D.P.M.T.

DUNAS

30

26

22

18

12

8

4

16

12

8

2

1

0

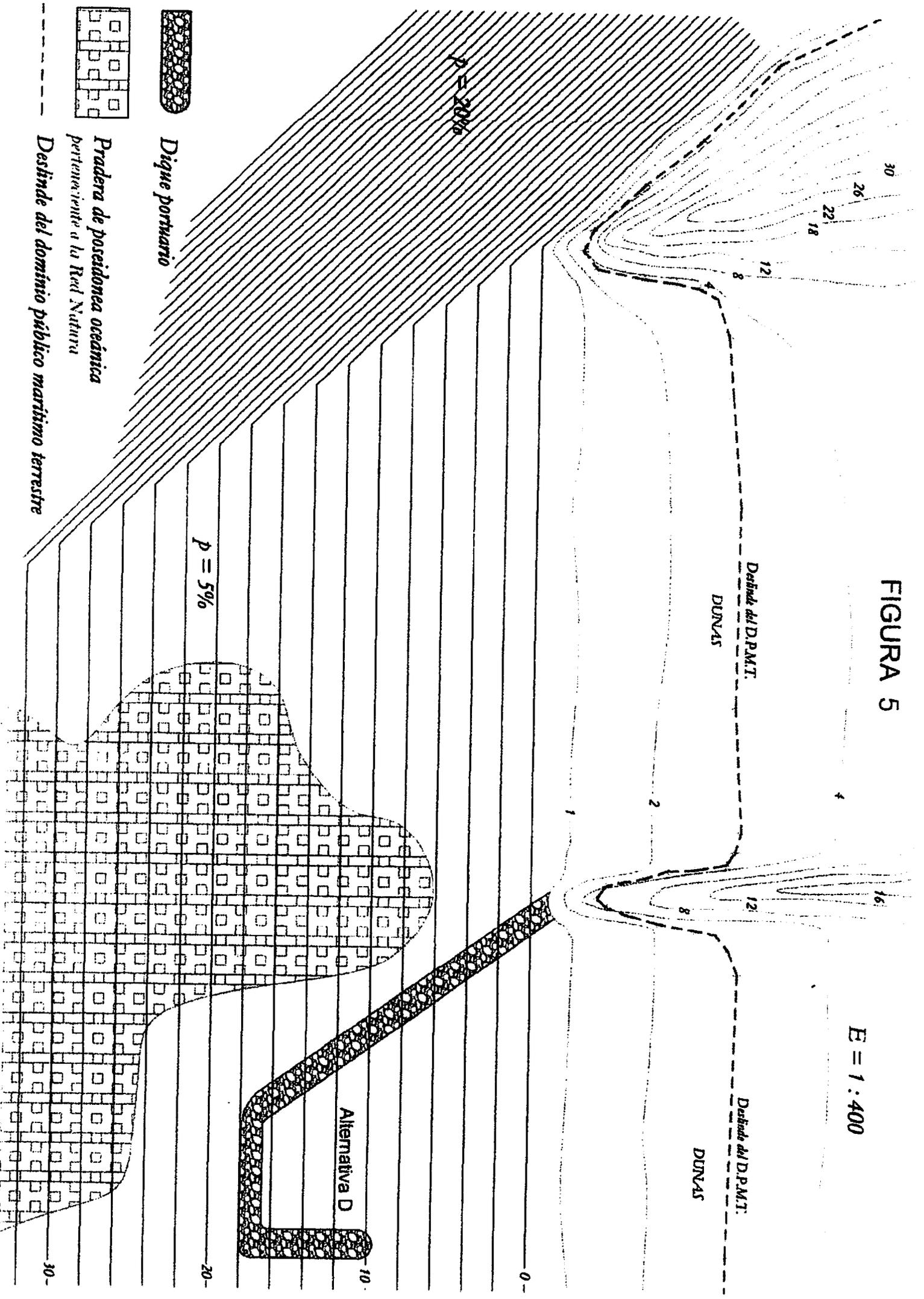
10

20

30

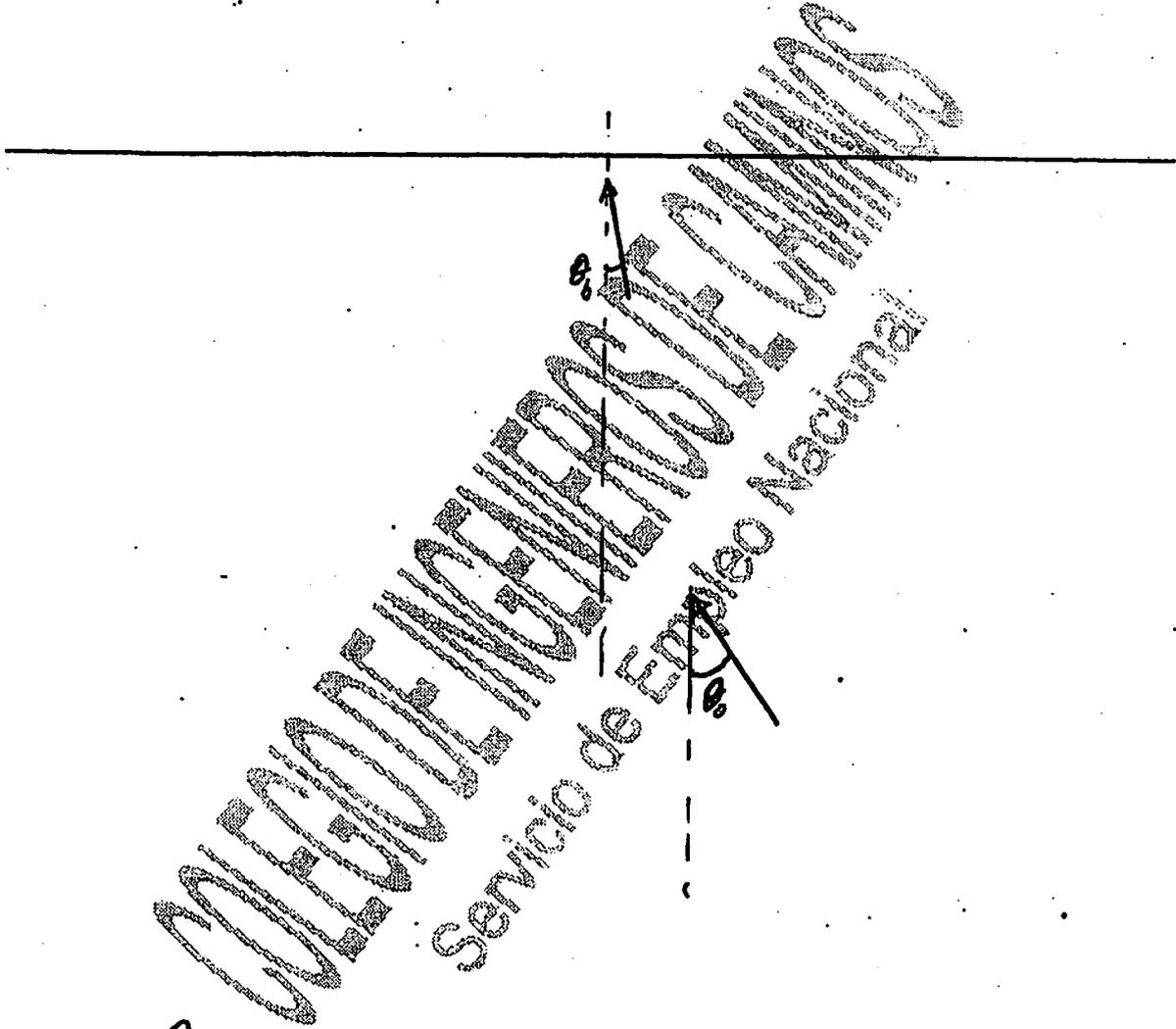
FIGURA 5

E = 1 : 400



Apartado n° 1.

La dirección del oleaje puede obtenerse mediante la ley de Snell



$$\frac{\sin \theta_b}{c_b} = \frac{\sin \theta_0}{c_0}$$

Como el punto b de rotura se encuentra en profundidades reducidas ( $Kh < \frac{\pi}{16}$ )

$$c_b = \sqrt{gh_b} \quad \text{mientras que en aguas profundas} \quad c_0 = \frac{gT}{2\pi}$$

Por tanto

$$\sin \theta_b = \sin \theta_0 \frac{c_b}{c_0}$$

Para el oleaje del S.O.

$$\sin \theta_b = \sin 45 \frac{\sqrt{g h_b}}{gT/2\pi} = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\sqrt{g}}{g/2\pi} \frac{\sqrt{h_b}}{T}$$

$$= 1.419 \frac{\sqrt{h_b}}{T} = 1.419 \frac{\sqrt{1}}{6} = 0.236$$

$$\sin \theta_b = 0.236$$

$$\theta_b = 13.67^\circ$$

Y para el oleaje con componentes E y S.

$$\sin \theta_b = \sin 30 \frac{\sqrt{g h_b}}{gT/2\pi} = 0.5 \frac{\sqrt{g} \sqrt{h_b}}{g/2\pi T} = 1.003 \frac{\sqrt{1}}{10} = 0.1$$

$$\theta_b = 5.78^\circ$$

De me

En cuanto a las alturas de ola  $H_b$  se calculan por la expresión

$$H_b = K_s K_r H_0$$

siendo

$$K_s = \sqrt{\frac{C_{g0}}{C_{g6}}}$$

coeficiente de asombramiento

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \theta_0}{\cos \theta}}$$

Como la rotura está en aguas poco profundas y  $C_{g0}$  se refiere a aguas profundas

$$C_{g0} = \frac{1}{2} g T$$

Y por otra parte

$$C_{g6} = \frac{L_0}{T} n = \frac{L_0}{2T} \quad \left( n = \frac{1}{2} \text{ en aguas profundas} \right)$$

Por tanto para el oleaje del S.O

$$K_s = \sqrt{\frac{C_{g0}}{C_{g6}}} = \sqrt{\frac{L_0}{2T} \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{g h_0}}}} = \sqrt{\frac{g T^2}{2T \cdot 2T} \frac{1}{\sqrt{g h_0}}} = \sqrt{\frac{\sqrt{g} T}{4T \sqrt{h_0}}} \approx 1.22$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \theta_0}{\cos \theta}} = \sqrt{\frac{1}{\sqrt{2/2}}}$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \theta_0}{\cos \theta_1}} = \sqrt{\frac{\sqrt{2}/2}{0.972}} = 0.853$$

por lo cual

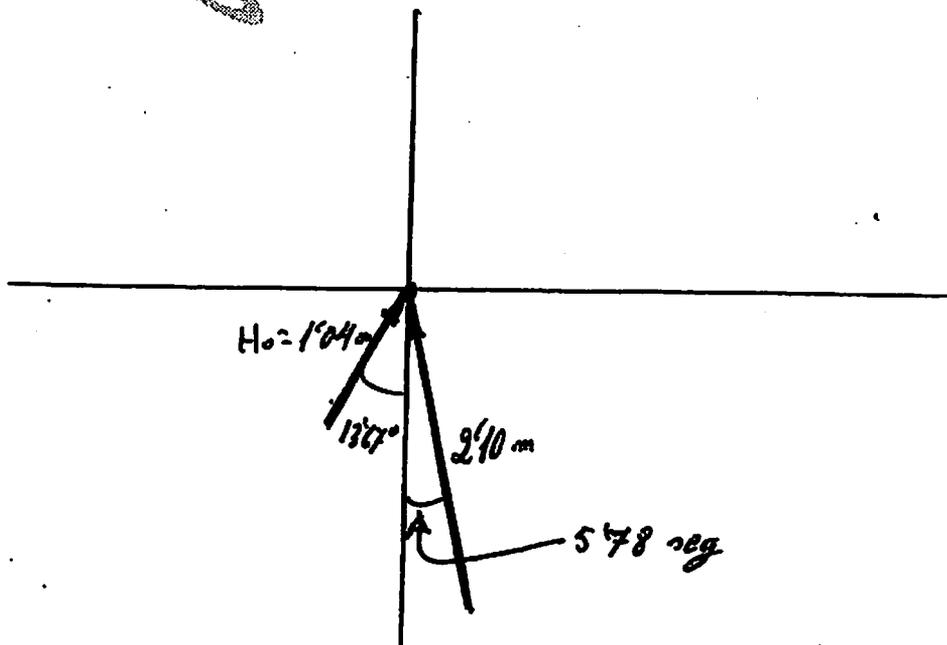
$$H_b = 1.22 \cdot 0.853 \cdot 1_m = 1.041 \text{ m}$$

Del mismo modo para el oleaje con componentes E y S. resulta

$$K_s = \sqrt{\frac{\sqrt{g} \cdot T}{4\pi \sqrt{h_b}}} = \sqrt{\frac{\sqrt{9.81} \cdot 8}{4\pi \sqrt{1.41}}} = 1.41$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \theta_0}{\cos \theta_1}} = \sqrt{\frac{\cos 30^\circ}{\cos 57.8^\circ}} = 0.933$$

$$H_b = 1.41 \times 0.933 \times 1.6_m = 2.10 \text{ m.}$$



Apartado 2.

La fórmula a emplear es la denominada del CERC

$$I_0 = K P_e = K E_b G_b \sin \alpha \cos \alpha \quad (1)$$

donde  $E_b$  es la energía de la ola en el punto de rotura

$$E_b = \frac{\rho g H_b^2}{8}$$

$G_b$  es la velocidad de grupo en el punto de rotura

$$G_b = V_{gd} = \left( \frac{g H_b}{k} \right)^{1/2}$$

donde  $d_b$  = profundidad de rotura

$H_b$  = altura de ola en rotura

$$k = \frac{H_b}{d_b}$$

por último el ángulo  $\alpha$  es la oblicuidad del oleaje respecto de la costa en el punto de rotura.

El coeficiente  $K$  de la fórmula (1) es adimensional

y el resultado  $I_0$  es el peso sumergido del transporte longitudinal de sedimentos por unidad de tiempo.

Segun esto para el oleaje del S.O.

$$E = \frac{\rho g H_b^2}{8} = \frac{1.025 \frac{T}{m^3} \cdot 104^2}{8} = 0.139 \frac{T}{m}$$

$$C = \sqrt{g d_b} = \sqrt{g \frac{H_b}{k}} = \left( 9.81 \frac{104}{0.9} \right)^{1/2} = 3.37 \frac{m}{s}$$

$$I_s = 0.8 \cdot 0.139 \cdot 3.37 = 0.361 \text{ T/seg}$$

$I_s$  es el peso de energía transportado por el oleaje.

Este caudal mide el volumen de sedimento por segundo

resu:

$$Q = \frac{I_s}{(\rho - \rho_s) g (1-n)} = \frac{0.361}{(2.65 - 1.025) \cdot 9.81 \cdot (1-0.4)} = 0.009 \frac{m^3}{seg}$$

El caudal anual será el correspondiente a las 800 horas

de este oleaje

$$Q_{\text{anual}} = 25.895 \frac{m^3}{\text{año}}$$

De la misma forma para el oleaje con componente S y E.

$$E_s^* = \frac{\gamma_{\text{ag}} H_b^2}{8} = \frac{1.025 \frac{\text{T}}{\text{m}^3} 2.1^2 \text{m}^2}{8} = 0.565 \frac{\text{T}}{\text{m}}$$

$$C_{g1}^* = \sqrt{g \frac{H_b}{k}} = \left( 9.81 \cdot \frac{2.1}{0.9} \right)^{1/2} = 4.784 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$I_l^* = 0.8 \cdot 0.565 \cdot 4.784 \sin 54.7^\circ = 0.217 \frac{\text{T}}{\text{seg}}$$

y en volumen

$$Q^* = \frac{0.217 \frac{\text{T}}{\text{seg}}}{9.565} = 0.023 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

El caudal correspondiente de a las 1000 horas de este oleaje sera

$$Q_{\text{anual}}^* = 81.550 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

Por tanto

Transporte longitudinal bruto

$$Q_{\text{anual}}^* + Q_{\text{anual}} = 107.445 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

Transporte neto  $Q_{\text{anual}}^* - Q_{\text{anual}} = 55.655 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$  de Este a Oeste

Apartado 2 (sin haber resuelto el 1º - ver nota A)

La fórmula a emplear es la denominada del CER:

$$I_e = K P_e = K E_b G_b \sin \alpha \cos \alpha \quad (1)$$

donde  $E_b$  es la energía de la ola en el punto de rotura

$$E_b = \frac{\rho g H_b^3}{8}$$

$G_b$  es la velocidad de grupo en el punto de rotura

$$G_b = \sqrt{g d_b} \left( \frac{H_b}{d_b} \right)^{1/2}$$

donde  $d_b$  = profundidad de rotura

$H_b$  = altura de ola en rotura

$$k = \frac{H_b}{d_b}$$

por último el ángulo  $\alpha$  es la oblicuidad del oleaje respecto de la costa en el punto de rotura.

El coeficiente  $K$  de la fórmula (1) es adimensional y el resultado  $I_e$  es el peso sumergido del transporte longitudinal de sedimentos por unidad de tiempo.

Segun esto para el oleaje del S.O.

$$E = \frac{\rho g H_b^2}{8} = \frac{1.025 \frac{T}{m^3} 1^2 m^2}{8} = 0.128 \frac{T}{m}$$

$$C = \sqrt{g d_b} = \sqrt{g \frac{H_b}{k}} = \left( 9.81 \frac{1}{0.9} \right)^{1/2} = 3.303 \frac{m}{s}$$

$$I_s = 0.8 \cdot 0.128 \times 3.303 \sin 45^\circ = 0.469 \frac{T}{seg}$$

$I_s$  es el peso transportado por el oleaje.

Este caudal medido es volumen de sedimento por segundo

sera:

$$Q = \frac{I_s}{(\rho - \rho_s) g (1-n)} = \frac{0.469}{(1.65 - 1.025) 9.81 (1-0.4)} = 0.017669 \frac{m^3}{seg}$$

El caudal anual sera el correspondiente a las 800 horas

de este oleaje

$$Q_{\text{anual}} = 50.887 \frac{m^3}{\text{año}}$$

De la misma forma para el oleaje con componente S y E.

$$E_s^* = \frac{\gamma_{\text{ag}} H_b^2}{8} = \frac{1.025 \frac{\text{T}}{\text{m}^3} 1.6^2 \text{m}^2}{8} = 0.328 \frac{\text{T}}{\text{m}}$$

$$C_{gd}^* = \sqrt{g \frac{H_b}{k}} = \left( 9.81 \cdot \frac{1.6}{0.9} \right)^{1/2} = 4.176 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$I_l^* = 0.8 \cdot 0.328 \cdot 4.176 \sin 30^\circ \cos 30^\circ = 0.474 \frac{\text{T}}{\text{seg}}$$

y en volumen

$$Q^* = \frac{0.474 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{9.815} = 0.0496 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

El caudal correspondiente a las 1000 horas de este oleaje sera

$$Q_{\text{anual}}^* = 178.405 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

Por tanto

Transporte longitudinal bruto

$$Q_{\text{anual}}^* + Q_{\text{anual}} = 229.292 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

Transporte neto  $Q_{\text{anual}}^* - Q_{\text{anual}} = 127.518 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$  de Este a Oeste

## Apartado 3°

### Principales impactos

#### Solución A

- Erosión y desaparición a medio plazo de la playa situada a poniente y buena parte de su espaldado dunes

- Aterramiento del interior del puerto

#### Solución B

- Basculamiento de la playa de poniente y acumulación de arena en la zona protegida del puerto. El efecto final sobre la playa es similar al A: su desaparición.

- A largo plazo acumulación de arena sobre la pradera de pindonea oceánica con graves consecuencias para la misma.

## Solución C

- A corto plazo crecimiento y estabilización de la playa en la zona de poniente (impacto positivo).
- A largo plazo el crecimiento de ambas playas puede invadir también con áreas la punta de poniente.

## Solución D

- Producirá una cierta erosión a largo plazo en las dos playas pero afectará poco a la cuadrera.
- El mayor impacto será la ocupación (y consiguiente destrucción de una parte de la playa y las sumas que la respaldan.



**COLEGIO DE INGENIEROS DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**

C/ Almagro, 42 3ª pta  
(28010) MADRID

*Servicio de Empleo Nacional*

---

**Enunciados de Carreteras**

**Convocatoria: 2006**

SECRETARÍA GENERAL DE LA FISCALÍA  
Servicio de Empleo Nacional

**Soluciones del tribunal**

## PRIMERA PARTE

Sobre el terreno representado por la columna de sondeo que se adjunta, se quiere construir un terraplén de autovía de 8 m de altura. Los parámetros de los terrenos en cuestión son:

- Arcilla (en condiciones de saturación)
  - o Peso específico saturado:  $\gamma_{sat} = 19 \text{ kN/m}^3$
  - o Índice de poros inicial (situación previa a la construcción del terraplén):  $e_0 = 0,800$
  - o Índice de compresión  $C_c = 0,25$
  - o Coeficiente de consolidación vertical,  $C_v = 6,2 \text{ m}^2/\text{año}$
- Material de terraplén, compactado y puesto en obra
  - o Peso específico seco  $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$
  - o El peso específico seco del material de terraplén puede considerarse igual al aparente a efectos de cálculo, que a su vez se corresponde con el 95% de la densidad máxima del ensayo Próctor modificado del material
- Arenisca alterada
  - o Peso específico aparente:  $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$
  - o RQD = 45%
  - o Condiciones de permeabilidad: roca permeable por fracturación

A los efectos del cálculo requerido, puede considerarse:

- Que el terraplén se construye de manera instantánea
- Que la superficie del terreno y el estrato rocoso subyacente son horizontales
- Que el nivel freático se encuentra en la superficie del terreno natural y que la arcilla está normalmente consolidada
- Que es aplicable la teoría de la consolidación unidimensional y que únicamente va a estimarse el asiento por consolidación primaria
- Que el terraplén presenta unas dimensiones infinitas
- El cálculo tensional para la estimación de asientos pueden entenderse relativo al plano horizontal medio de la capa de arcilla
- Las relaciones entre el grado de consolidación vertical y el factor de tiempo ( $U$ ,  $T_v$ ) que podrá emplear, si lo estima necesario, son:

$$\begin{array}{ll} T_v = (\pi U^2) / 4 & \text{si } U < 0,50 \\ T_v = 0,196 & \text{si } U = 0,50 \\ T_v = -0,933 \log_{10} (1-U) - 0,0851 & \text{si } U > 0,50 \end{array}$$

Deberá VO razonar el resto de consideraciones que estime necesarias

- 1) Calcule el asiento máximo que se producirá, como consecuencia de la ejecución del relleno
- 2) Cuando haya transcurrido un año desde de la ejecución del relleno, calcule el asiento que resta por producirse hasta obtener el asiento máximo calculado en el apartado anterior
- 3) Suponga que, por condicionantes de ejecución, el tiempo máximo que puede emplearse en la construcción del terraplén, desde el inicio de las

obras, es de un año. A la vista de la evolución de los asentos que ha estimado, indique si considera factible esperar a la consolidación del terreno arcilloso simplemente por el peso del relleno, o en caso contrario, enumere qué procedimientos conoce para acelerar la consolidación y describa someramente el que considere más adecuado al caso particular contemplado.

$z_{rel}(m)$	$N_{SPT}$	
0		
1		
2	2	
3		
4	1	
5		
6		Arcillas grisáceas, saturadas
7	3	muy blandas, potencia=14m
8	1	
9		Nivel freático en superficie ( $z=0m$ )
10		
11	2	
12		
13	1	
14	Rechazo	
15		Areniscas fracturadas, muy permeables
16		Recuperación de testigo=90%
17		RQD=45%
18		Rechazo en el ensayo SPT ( $z>14m$ )
19		Final de sondeo $z=-21m$
20		Supuestas condiciones homogéneas
21		para la arenisca a mayor profundidad

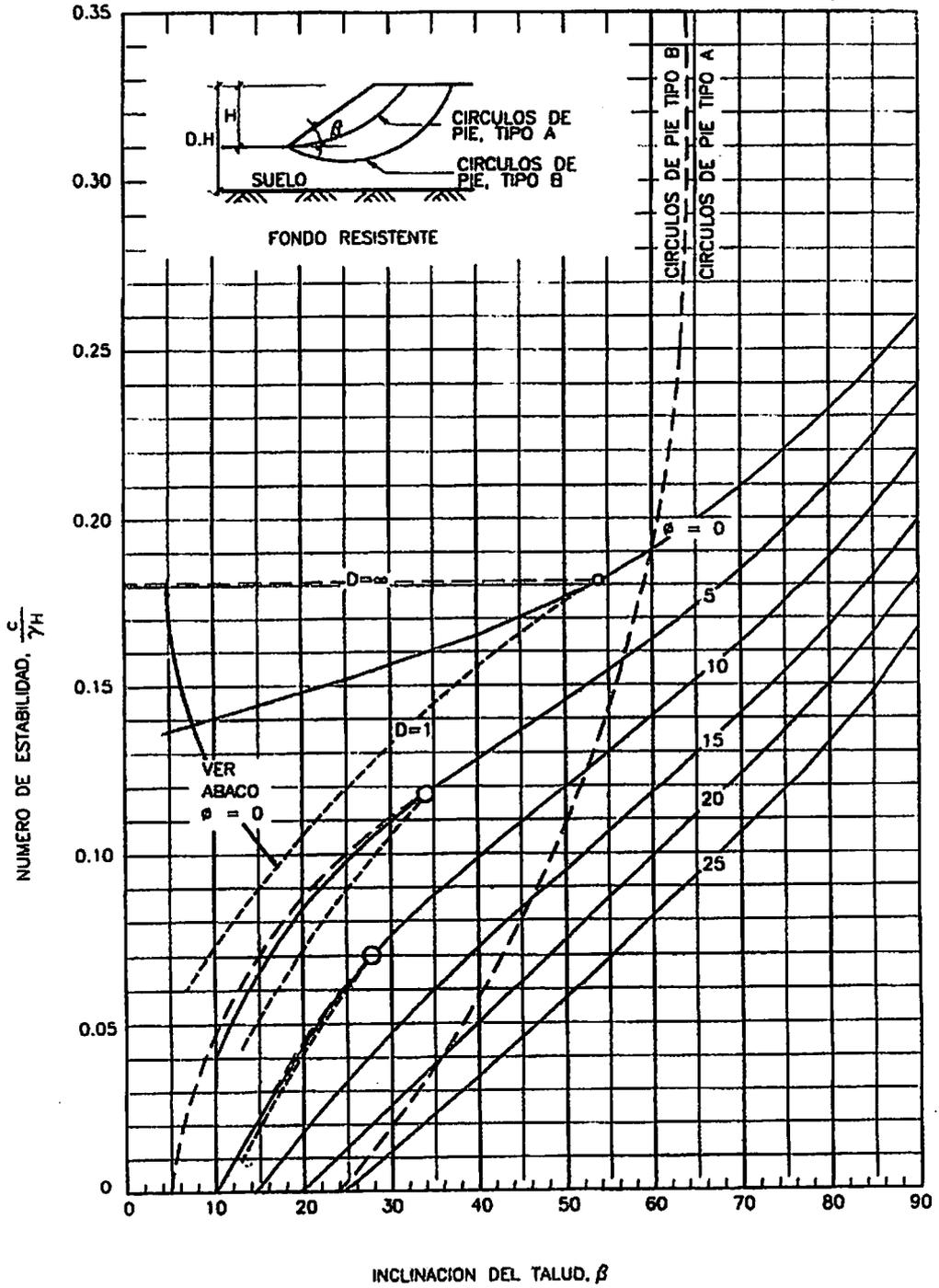

  
 Serv

## SEGUNDA PARTE

En una determinada zona, el trazado de una autovía de nueva construcción discurre en desmante, de unos 10 m de altura máxima. Los materiales que se consideran representativos del mismo son unas arcillas secas algo arenosas, en las que pueden suponerse, a efectos de la realización del presente ejercicio, los siguientes parámetros de cálculo.

- Peso específico =  $20 \text{ kN/m}^3$
- Cohesión efectiva =  $10 \text{ kN/m}^2$
- Ángulo de rozamiento interno efectivo =  $25^\circ$
- Profundidad relativa del nivel freático en el mes de septiembre  $Z_{NF}^{sep} = -27 \text{ m}$ , en el mes de marzo  $Z_{NF}^{mar} = -29 \text{ m}$  (cotas relativas al terreno natural; supóngase que el terreno permanece seco por encima del nivel freático)

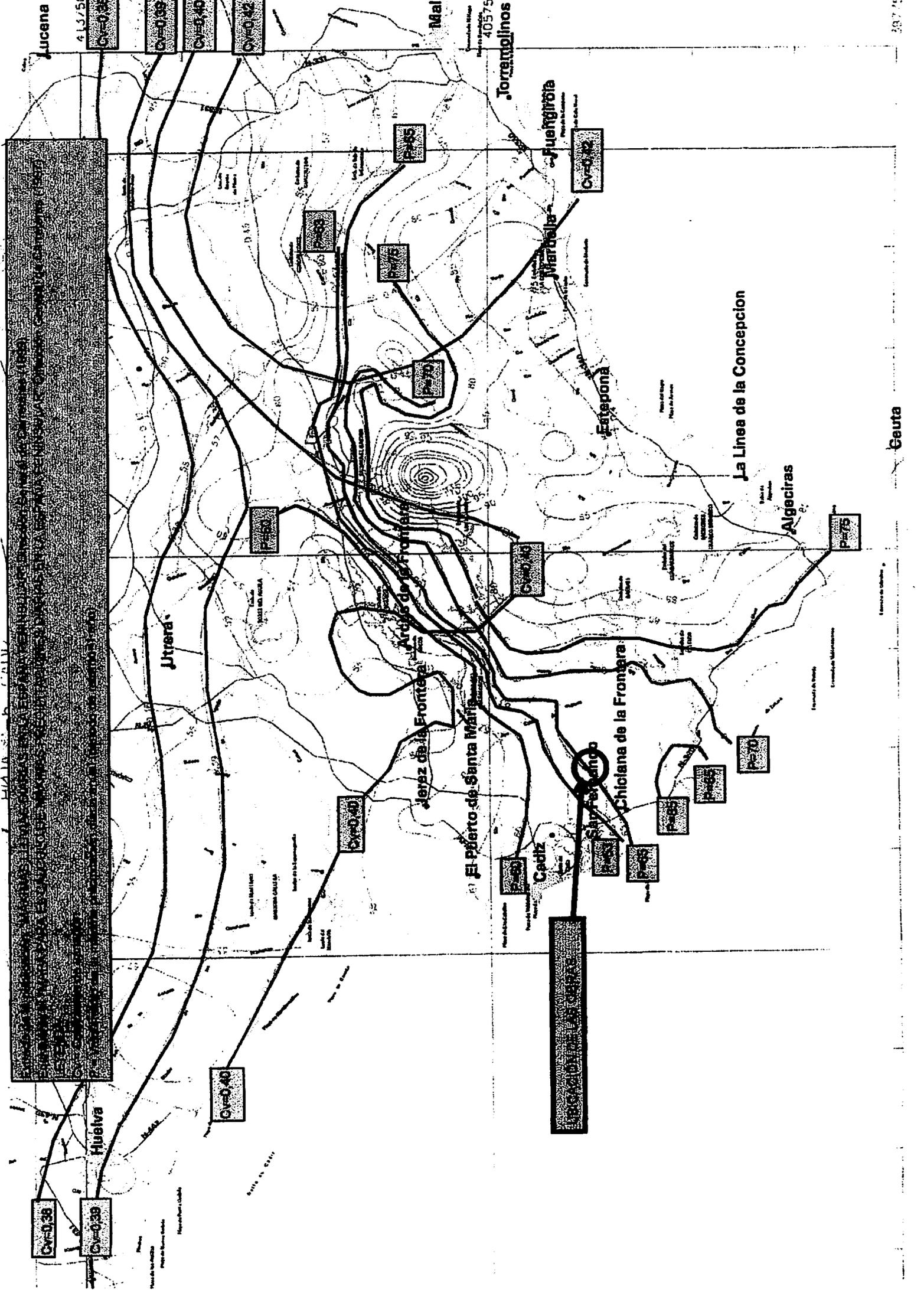
- 1) Indique con qué ensayos de laboratorio podrá haber obtenido los valores de cohesión y ángulo de rozamiento interno, referidos en el párrafo precedente. Describa brevemente estos ensayos
- 2) Supuesto el terreno homogéneo y utilizando el ábaco que se adjunta, indique:
  - a. Cuál es el ángulo de inclinación del talud  $\beta$ , que hace que éste permanezca en equilibrio estricto
  - b. Qué coeficiente de seguridad global  $F$ , frente al tipo de rotura indicada en dicho ábaco, entendiéndose más adecuado para este tipo de obra
  - c. Cuál es el ángulo de inclinación  $\beta$ , que podrá darse al talud, para que presente un coeficiente de seguridad global de valor  $F$ , igual al que ya ha indicado en el epígrafe inmediatamente anterior
  - d. Al alcanzar qué profundidad se produciría la rotura en una hipotética excavación totalmente vertical



### TERCERA PARTE

Para atravesar una pequeña cuenca se proyecta una obra de drenaje transversal.

- 1) Calcule el caudal de diseño de la misma, teniendo en cuenta que:
  - Se supone que predomina el tiempo de recorrido de las aguas en dicha cuenca, por una red de cauces bien definidos. Los datos geométricos de la cuenca son:
    - o Longitud del cauce: 200 m
    - o Pendiente media: 1,5 %
    - o Área: 0,425 km<sup>2</sup>
  - A los efectos de determinación del coeficiente de escorrentía, la cuenca puede considerarse homogénea y constituida por areniscas alteradas, fracturadas y permeables, con una pendiente constante e igual a la media de la red de cauces.
  - Los datos sobre precipitaciones pueden obtenerse directamente del *Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España peninsular* (Dirección General de Carreteras, 1997) y de la publicación *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular* (Dirección General de Carreteras, 1999), para lo que se adjunta la ubicación de las obras y la tabla correspondiente para la realización de los cálculos. Puede suponerse que el fallo de la obra de drenaje daría lugar a daños catastróficos.
- 2) Suponiendo que dicha obra de drenaje va a ser un único tubo de hormigón de sección circular, justifique el diámetro mínimo de dicho tubo, suponiendo que la pendiente longitudinal del mismo coincide con la media de la red de cauces.



Cv-0.38  
Cv-0.39

Huelva

Cv-0.40

J zera

Cv-0.40

Jerez de la Frontera

El Puerto de Santa Mar 

Cv-0.40

Cadiz

San Fernando

Chiclana de la Frontera

P-65

P-65

P-70

Algeciras

P-75

La Linea de la Concepcion

Geta

Ceuta

Lucena

413750

Cv-0.38

Cv-0.39

Cv-0.40

Cv-0.42

Malta

405750

Torremolinos

Fuengirola

Cv-0.42

Marbella

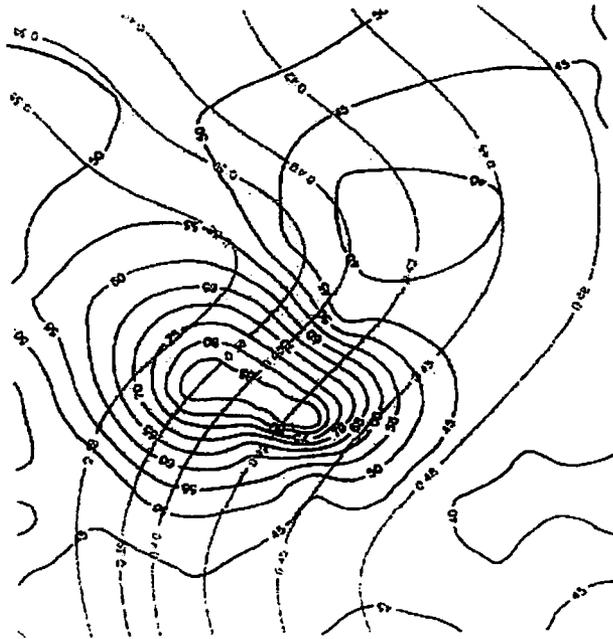
Estepona

P-66

P-75

P-70

# MAPA PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR



  
**Ministerio de Fomento**  
**Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes**  
**Dirección General de Carreteras**

**SERVICIO DE EMPLEO**  
**MINISTERIO DE EMPLEO**

## LEYENDA

### PROCESO OPERATIVO DE OBTENCIÓN DE PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS

- 1) LOCALIZAR EN EL PLANO EL PUNTO GEOGRÁFICO DESEADO
- 2) ESTIMAR MEDIANTE LAS LÍNEAS PRESENTADAS EL COEFICIENTE DE VARIACIÓN  $C_v$  Y EL VALOR MEDIO  $\bar{P}$  DE LA MÁXIMA PRECIPITACIÓN DIARIA ANUAL
- 3) PARA EL PERIODO DE RETORNO DESEADO  $T$  Y EL VALOR DE  $C_v$ , OBTENER EL FACTOR DE AMPLIFICACIÓN  $K_1$ , MEDIANTE EL USO DE LA TABLA ADJUNTA
- 4) REALIZAR EL PRODUCTO DEL FACTOR DE AMPLIFICACIÓN  $K_1$ , POR EL VALOR MEDIO  $\bar{P}$  OBTENIÉNDOSE LA PRECIPITACIÓN DIARIA MÁXIMA PARA EL PERIODO DE RETORNO DESEADO  $P_T$ .

Gráficas: Precipitación máxima diaria en Alicante para un período de retorno de 25 años:  
 - En el tiempo se obtiene  $\beta = 41$  (ordenada) y  $C_v = 0,41$   
 - Para  $C_v = 0,41$  y  $T = 25$  en la tabla se obtiene  $K_1 = 1,854$   
 -  $P_T = C_v \cdot \beta = 1,854 \cdot 41 = 76,014$  (ordenada)

— VALOR MEDIO DE LA PRECIPITACIÓN DIARIA MÁXIMA ( $\bar{P}$ ).  
 — COEFICIENTE DE VARIACIÓN ( $C_v$ ).

$C_v$	FACTOR DE AMPLIFICACIÓN $K_1$ (T, $C_v$ )									
	T	2	3	5	10	25	50	100	200	500
0,20	0,655	1,184	1,377	1,628	1,823	2,022	2,257	2,517	2,841	3,241
0,31	0,932	1,494	1,745	1,854	2,054	2,296	2,571	2,871	3,241	3,686
0,32	0,929	1,491	1,742	1,851	2,051	2,293	2,568	2,868	3,238	3,683
0,33	0,927	1,489	1,740	1,849	2,049	2,291	2,566	2,866	3,236	3,681
0,34	0,924	1,486	1,737	1,846	2,046	2,288	2,563	2,863	3,233	3,678
0,35	0,921	1,483	1,735	1,843	2,043	2,286	2,561	2,861	3,231	3,676
0,36	0,919	1,481	1,733	1,841	2,041	2,284	2,559	2,859	3,229	3,674
0,37	0,917	1,479	1,731	1,839	2,039	2,282	2,557	2,857	3,227	3,672
0,38	0,914	1,476	1,729	1,837	2,037	2,280	2,555	2,855	3,225	3,670
0,39	0,912	1,474	1,727	1,835	2,035	2,278	2,553	2,853	3,223	3,668
0,40	0,909	1,471	1,725	1,833	2,033	2,276	2,551	2,851	3,221	3,666
0,41	0,906	1,468	1,723	1,831	2,031	2,274	2,549	2,849	3,219	3,664
0,42	0,904	1,466	1,721	1,829	2,029	2,272	2,547	2,847	3,217	3,662
0,43	0,901	1,463	1,719	1,827	2,027	2,270	2,545	2,845	3,215	3,660
0,44	0,899	1,461	1,717	1,825	2,025	2,268	2,543	2,843	3,213	3,658
0,45	0,896	1,458	1,715	1,823	2,023	2,266	2,541	2,841	3,211	3,656
0,46	0,894	1,456	1,713	1,821	2,021	2,264	2,539	2,839	3,209	3,654
0,47	0,892	1,454	1,711	1,819	2,019	2,262	2,537	2,837	3,207	3,652
0,48	0,889	1,451	1,709	1,817	2,017	2,260	2,535	2,835	3,205	3,650
0,49	0,887	1,449	1,707	1,815	2,015	2,258	2,533	2,833	3,203	3,648
0,50	0,885	1,447	1,705	1,813	2,013	2,256	2,531	2,831	3,201	3,646
0,51	0,883	1,445	1,703	1,811	2,011	2,254	2,529	2,829	3,199	3,644
0,52	0,881	1,443	1,701	1,809	2,009	2,252	2,527	2,827	3,197	3,642

## CUARTA PARTE

1) Partiendo de los datos que se indican a continuación, efectúe la definición de las secciones de firme y explanada que considere posibles según la instrucción vigente, para el tronco principal de una autovía, con mención expresa de los espesores de cada capa.

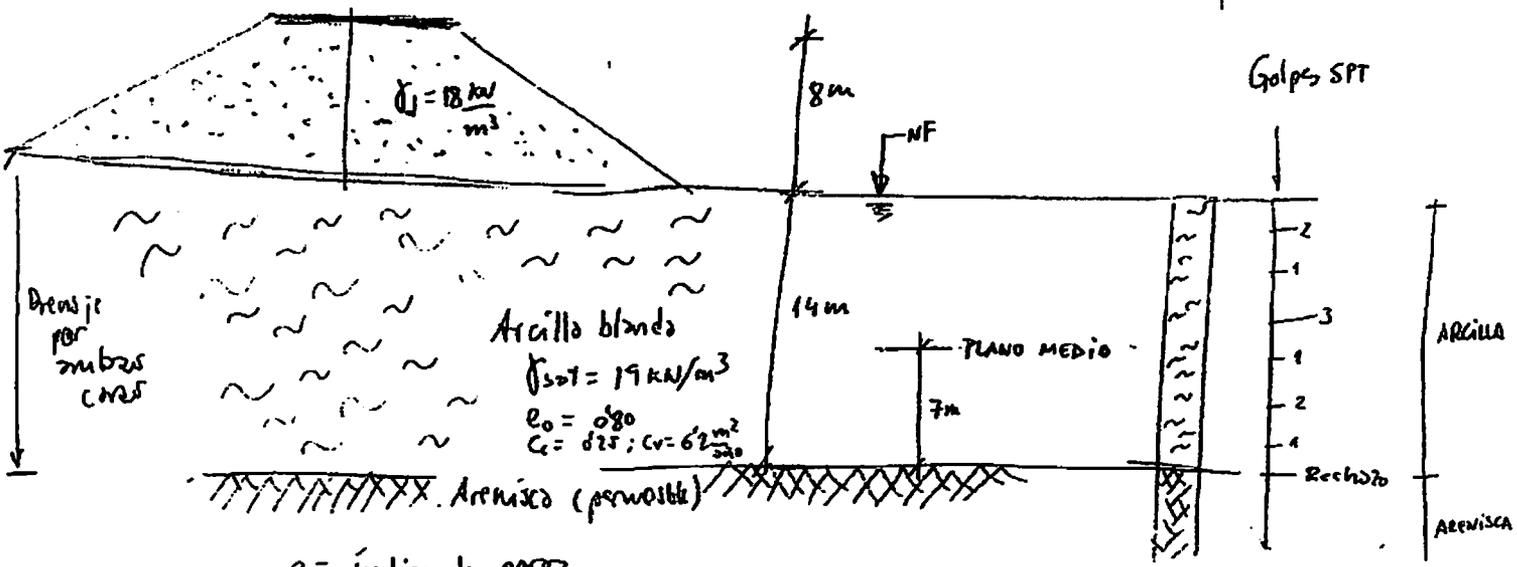
- La IMD para el año de puesta en servicio (que se producirá en 2009) es de 12.000 vehículos día, de los que un 20 % son pesados.
- Durante los próximos 30 años se supone un crecimiento del tráfico de un 2,5 % anual, permaneciendo constante la proporción de vehículos pesados.
- La autovía tiene dos carriles por sentido de circulación y deberá adoptarse la misma sección bajo ambos carriles.
- El pavimento a disponer debe estar compuesto por una mezcla bituminosa y no va a emplearse zavorra artificial.
- A los efectos de formación de la explanada, los suelos de la explanación u obra de tierra subyacente presentan las siguientes características:

Límite líquido	63
Límite plástico	28
Contenido de materia orgánica	0,3 %
Contenido total de sales solubles (todas ellas en forma de sulfatos)	0,4 %
Hinchamiento libre	0,2 %
Asiento en el ensayo de campo	0 %
Índice CBR (condiciones de puesta en obra)	5

2) Suponiendo que va a emplearse como capa de rodadura una mezcla bituminosa drenante (tipo PA), defina los espesores de las distintas capas de mezcla bituminosa de una de las secciones que haya obtenido del apartado anterior.

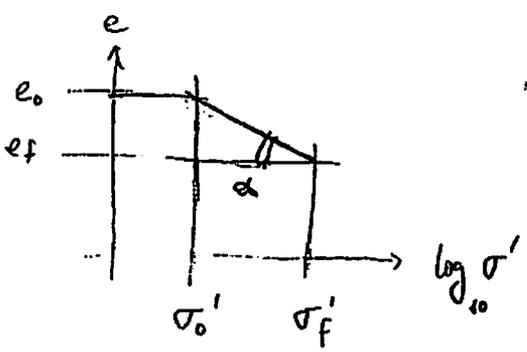
3) Independientemente de las consideraciones efectuadas en los apartados anteriores, pero suponiendo el mismo número de carriles por sentido de circulación e IMD, ¿Sería posible, según la norma 6.1 – IC, efectuar un dimensionamiento distinto de las secciones -tanto de firme como de explanada- bajo los dos carriles de la misma calzada?. En caso afirmativo ¿bajo qué prescripciones?

4) Justifique la elección del detalle de drenaje subterráneo que considere más adecuado para una sección transversal tipo en desmonte, teniendo en cuenta que se prevé la construcción de una zanja drenante de pie (dren profundo bajo cuneta) para la captación de aguas provenientes del mismo. Para ello podrá utilizar el catálogo que se incluye como anejo en la Orden Circular 17/2003 *Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera*.



$e$  = índice de poros  
 $C_c$  = coeficiente de compresibilidad  
 $C_v$  = " " consolidación

Con las hipótesis del enunciado se verifica:



$$e_0 - e_f = \left( \log_{10} \sigma'_f - \log_{10} \sigma'_0 \right) \cdot \text{tg } \alpha$$

Siendo  $C_c = \text{tg } \alpha$

$$e_0 - e_f = C_c \cdot \log \left( \sigma'_f / \sigma'_0 \right) = \Delta e$$

Lo referente al asiento  $\Delta H$ , puede obtenerse como:



$$\frac{\Delta e}{1 + e_0} = \frac{\Delta H}{H_0} \Rightarrow \Delta H = H_0 \frac{\Delta e}{1 + e_0} = \boxed{\frac{H_0}{1 + e_0} C_c \log \left( \frac{\sigma'_f}{\sigma'_0} \right) = S_{oc}}$$

Este asiento, en problemas de consolidación, se alcanza para  $t = \infty$

Los problemas de tiempo deben resolverse mediante la utilización de las curvas isocronas. Se produce el drenaje por ambas caras (superficie e la interperie y fondo de arcuosa perme), con lo que  $H_d = H/2$

$$T_v = \frac{C_v t}{H_d^2} \Rightarrow T_v = \frac{C_v t}{(H/2)^2} \text{ de aquí se obtiene:}$$

$$T_v = \frac{\pi}{4} U^2 \text{ si } U < 0.50$$

$$T_v = -0.733 \log_{10} (1 - U) - 0.0851$$

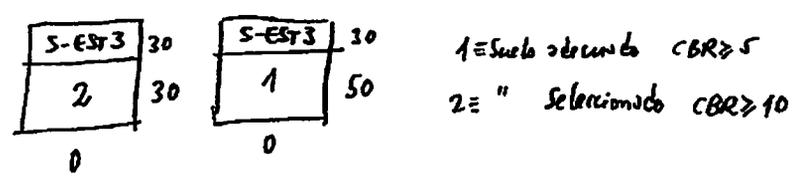
son datos  $C_v$ ,  $t = 1200$ ,  $H_d = H/2$

Se obtiene  $T_v$  y a partir de ello el valor de  $U$

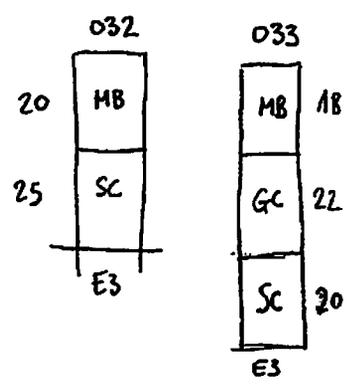
1) DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME Y DEFINICIÓN DE LA EXPLORADA  
 Resulta determinante para el dimensionamiento del firme la IMD de pedidos por el carril de proyecto al año de puesta en servicio  
 CATEGORÍA DEL TRÁFICO =  $IMD_p = 12.000 \cdot 0,2 = 2.400 \text{ veh/día} \rightarrow \text{Tráfico TO (tabla 1.A - 6.1-1C)}$   
 $2000 \leq IMD_p < 4000$

- Para un tráfico TO debe escogerse una explorada E3 (6.11C-fig.2.1)
- Para obtener una determinada categoría de explorada debe partirse de las características de la exploración u obra de tierra subyacente que, a la vista de la tabla que se presenta en el enunciado es TOLERABLE (LL=6,3, IP=28) con  $MO < 1\%$ ,  $SS < 1\%$ ,  $HL < 1\%$ ,  $CBR > 3 \Rightarrow$  SUELO TIPO 0 (6.11C-Tabla 4)
- La figura 1 de la 6.11C indica, para - SUELOS TOLERABLES (0) }  
 - E3

dos posibles opciones



- Una vez conseguida la explorada E3, falta definir el FIRME (6.11C-fig.2.1)  
 Como no se quiere emplear zórra artificial ni pavimento de hormigón, las secciones que podrían adoptarse son:



Por tanto cabría desarrollar 4 posibilidades (2 exploradas x 2 firmes),

- 2) Las capas de la mezcla bituminosa deben definirse de acuerdo con el apartado 6.2.1.1 de la 6.1-1C.
- Si se emplea como rodadura una mezcla PA, su espesor debe ser de 4cm,
  - Además el espesor de la capa inferior debe ser mayor o igual que el de las superiores
  - Las soluciones válidas son varias:  
 • Podría valer (MB=20cm)  $\equiv$ 

RODADURA	4cm	PA
INTERMEDIA	6cm	D ó S
BASE	10cm	S, G ó MAM
- Se valorarán las diferentes opciones

# 1) CAUDAL DE DISEÑO

- Datos sobre PRECIPITACIÓN

Entrando en el mapa

$$\bar{P} (T_{ret} = 1 \text{ año}) = 65 \text{ mm/día}$$

$$C_v = 0.40$$

$T_{ret} = 500 \text{ años}$  (datos estadísticos; 5.2-1C, apdo 1.3)  
(podría justificarse  $100 \leq T_{ret} \leq 500 \text{ años}$ )

Si,  $T_{ret} = 500$  |  $\rightarrow K = 3.128$  (Tabla 7.1 "Máximas lluvias..." y solapa del "Mapa...")  
 $C_v = 0.40$

$$P(T=500 \text{ años}) = K \cdot \bar{P} = 3.128 \cdot 65 = 203.32 \text{ mm/día}$$

- Intensidad de cálculo  $I_t$  (correspondiente a  $T_{ret}$ , para un intervalo igual al tiempo de concentración, en la zona geográfica indicada)

$$I_1 / I_d \approx 8 \approx \text{provincia de Cádiz}; \quad I_d = P_d / 24 = 203.32 / 24 \text{ (mm/h)} = 8.472 \text{ mm/h}$$

$$t_c = 0.3 \left( L / J^{1/4} \right)^{0.76} \quad \text{con } L \text{ (km); } J \text{ (m/m); } t_c \text{ (h)}$$

$$t_c \text{ (h)} = 0.3 \left( 0.2 / 0.045^{1/4} \right)^{0.76} = 0.196 \text{ h} \approx 11.8 \text{ min}$$

$$\left( \frac{I_t}{I_d} \right) = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\left[ \frac{(28^{0.1} - t_c^{0.1})}{(28^{0.1} - 1)} \right]} \text{ con } t_c \text{ (h)} \quad \Rightarrow \quad \frac{I_t}{I_d} = 17.636 \Rightarrow I_t = 17.636 \cdot I_d = 149.41 \text{ mm/h}$$

- Coefficiente de escorrentía

En 5.21C, Apdo 2.5.

Tabla 2.1 • Umbral de escorrentía sin corrección  $i_0 \Rightarrow$  permeable, pendiente  $< 3\% \Rightarrow 5 \text{ mm}$

Figura 2.5 • Coefte corrector del umbral de escorrentía  $\Rightarrow$  Cádiz  $\approx 2.8$

• Umbral de escorrentía CORREGIDO  $P_0 \text{ (mm)} = 2.8 \cdot 5 = 14 \text{ mm}$

Fig 2.4 • Coeficiente de escorrentía  $C \Rightarrow$  Puede aplicarse la figura o la fórmula

$$C = \frac{[(P_d/P_0) - 1][(P_d/P_0) + 23]}{[(P_d/P_0) + 11]^2} \quad \text{con } P_d/P_0 = \frac{203.32}{14} = 14.52 \Rightarrow C = 0.78$$

- Caudal de cálculo: Fórmula racional (5.2-1C, apdo 2.2) para  $A = 0.425 \text{ km}^2$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{k} \quad \text{siendo } k=3 \text{ para } A \text{ (km}^2\text{), } Q \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$Q = \frac{0.78 \cdot 149.41 \cdot 0.425}{3} = 16.487 \text{ m}^3/\text{s}$$

- DIMENSIONAMIENTO DEL TUBO

Fórmula de Manning  $n \cdot v = R_H^{2/3} \cdot J^{1/2}$ , en la 5.2-1C, aparece  $k = \frac{1}{n}$

$$v = k \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad \text{Siendo } R_H = \frac{\pi r^2}{2\pi r} = \frac{r}{2}$$

$$v = \frac{Q}{\pi r^2}$$

de donde

$$\frac{Q}{\pi r^2} = k \left(\frac{r}{2}\right)^{2/3} J^{1/2} \Rightarrow r^{8/3} = \frac{2^{2/3} Q}{\pi k J^{1/2}} \Rightarrow r = \left(\frac{2^{2/3} Q}{\pi k J^{1/2}}\right)^{3/8}$$

donde  $r$  (m);  $k$  ( $m^{1/3} \cdot s^{-1}$ );  $Q$  ( $m^3 s^{-1}$ )

En la tabla 4.1 de la 5.2-1C se recoge: Tubo de hormigón  $\rightarrow k = 60-75$   
refiriéndose el valor superior a tubos cortos recién construidos,  
en todo caso se admitirá cualquier valor del intervalo

Tomando	$J = 0.015$	se obtiene	$k = 60 \rightarrow$	$r = 1.048m$
	$Q = 16.487m^3/s$		$k = 75 \rightarrow$	$r = 0.964m$

RESULTADO NUMÉRICO

1)  $S_{00}$  Datos relativos al plano medio

$$\sigma'_0 = \sigma_0 - u_0 = 19.7 - 10.7 = 63 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_f = \sigma_f - u_f = 19.7 + 18.8 - 10.7 = 207 \text{ kN/m}^2$$

$$H_0 = 14 \text{ m}; e_0 = 0.8; C_c = 0.25$$

$$S_{00} = \Delta H = \frac{H_0}{1+e_0} C_c \log_{10} \left( \frac{\sigma'_f}{\sigma'_0} \right) = \frac{14 \text{ m}}{1+0.8} 0.25 \log_{10} \left( \frac{207}{63} \right) = 1.004 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

2)  $U(t=1 \text{ año})$ ;

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{(H/2)^2} = \frac{6.2 \frac{\text{m}^2}{\text{año}} \cdot 1 \text{ año}}{(14/2)^2 \text{ m}^2} = 0.126$$

Como  $T_v < 0.196 \Rightarrow U < 50\%$

$$\text{Resultando } T_v = \pi U^2 / 4 \Rightarrow U = \sqrt{4 T_v / \pi} = \sqrt{(4 \cdot 0.126 / \pi)} = 0.400 \Rightarrow U = 40\%$$

$$U(t=1 \text{ año}) = 0.4 S_{00}$$

$$\text{Resta por producirse: } S_{00} - 0.4 S_{00} = 0.6 S_{00} = 0.6 \cdot 1 \text{ m} = 0.6 \text{ m}$$

Es decir, sólo con el peso propio del terraplén, cuando ha transcurrido un año FALTAN 60 cm de asiento por producirse

3) No puede esperarse a que el terreno consolide 60 cm con la obra terminada  $\rightarrow$  problemas de todo índole especialmente en firmes.

- TÉCNICAS PARA ACCELERAR la velocidad de producción del asiento:

- PRECARGA
- COLUMNAS DE GRAVA
- DRENEJOS VERTICALES

Resultan: menos adecuadas el caso, por las características de los terrenos en cuestión:

- Vibroflotación o vibroremediación (típico en arena más arcillosa)
- Compactación dinámica (por caída de masa, puede no resultar demandado o con explosivos)  $\rightarrow$  adecuado en terrenos muy blandos con NE en superficie)
- Electro-ósmosis (podría valer pero resulta muy complejo de realizar y requiere un alto consumo de E<sup>+</sup>)

Deberá describirse someramente en qué consisten dichas técnicas (todas ellas descritas en el cap 7 de la "Guía de cimentaciones...")

## RESOLUCIÓN NUMÉRICA

DATOS

$$C = 10 \text{ KN/m}^2$$

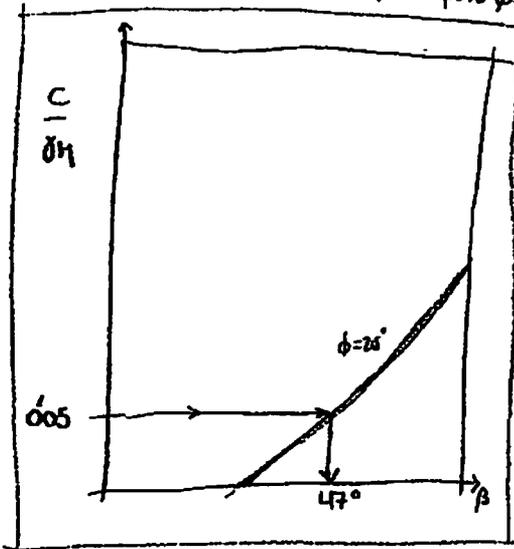
$$\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi = 25^\circ$$

$$H = 10 \text{ m}$$

$Z_{NF} = -27 \approx -29 \text{ m}$ , un desmonte de  
 $H = 10 \text{ m}$ , puede considerarse SECO

Ábaco de Taylor para  $\phi \neq 0$



a) Se obtiene  $\frac{C}{\gamma H} = \frac{10}{20 \cdot 10} = 0.05$

entrando en el ábaco y  
 viendo el corte con  $\phi = 25^\circ$   
 se obtiene el valor de  $\beta \approx 47^\circ$

b) En la "Guía de cimentaciones  
 en obras de concreto" (apdo 4.4, págs 84-86) se consideran como más adecuados  
 para este tipo de fallo, los incluidos en la tabla 4.1

Combinación de acciones	Cof normal	Cof reducida
Casi permanente	$\geq 1.50$	$\geq 1.30$
Características	$\geq 1.30$	$\geq 1.20$
Accidental	$\geq 1.40$	$\geq 1.05$

Estos valores se encuentran dentro de la práctica usual y pueden  
 obtenerse muy aproximados en otras publicaciones

c) Si la pareja de valores  $(C^*, \text{tg } \phi^*)$ , siendo  $C^* = C/F$   
 $\text{tg } \phi^* = \frac{1}{F} \text{tg } \phi$  se mantiene

en equilibrio estático, ello implica que el talud presenta un coeficiente de seguridad  
 de valor F

Por tanto debe entrarse en el ábaco con un valor  $C^* = \frac{C}{F \cdot \gamma H}$  hasta cortar  
 la línea correspondiente a  $\phi^*$  siendo  $\phi^* = \text{arc tg} \left( \frac{1}{F} \text{tg } \phi \right)$

$$\text{Sea } F = 1.50 \Rightarrow C^* = \frac{10}{1.5 \cdot 20 \cdot 10} = \frac{1}{30} = 0.033$$

$$\phi^* = \text{arc tg} \left( \frac{1}{1.5} \text{tg } 25^\circ \right) = 17.3^\circ \Rightarrow \beta \approx 28^\circ$$

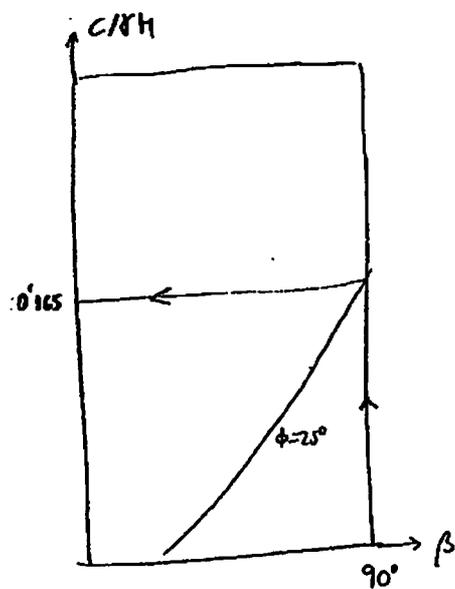
$$\text{Si se hubiera tomado } F = 1.30 \Rightarrow C^* = \frac{10}{1.3 \cdot 20 \cdot 10} = \frac{1}{26} = 0.038$$

$$\phi^* = \text{arc tg} \left( \frac{1}{1.3} \text{tg } 25^\circ \right) = 19.8^\circ \approx 20^\circ \Rightarrow \beta \approx 35^\circ$$

d) La incógnita será ahora el valor de  $H$

Datos  $\beta = 90^\circ$   
 $c = 10 \text{ kN/m}^2$   
 $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$   
 $H = 10 \text{ m}$

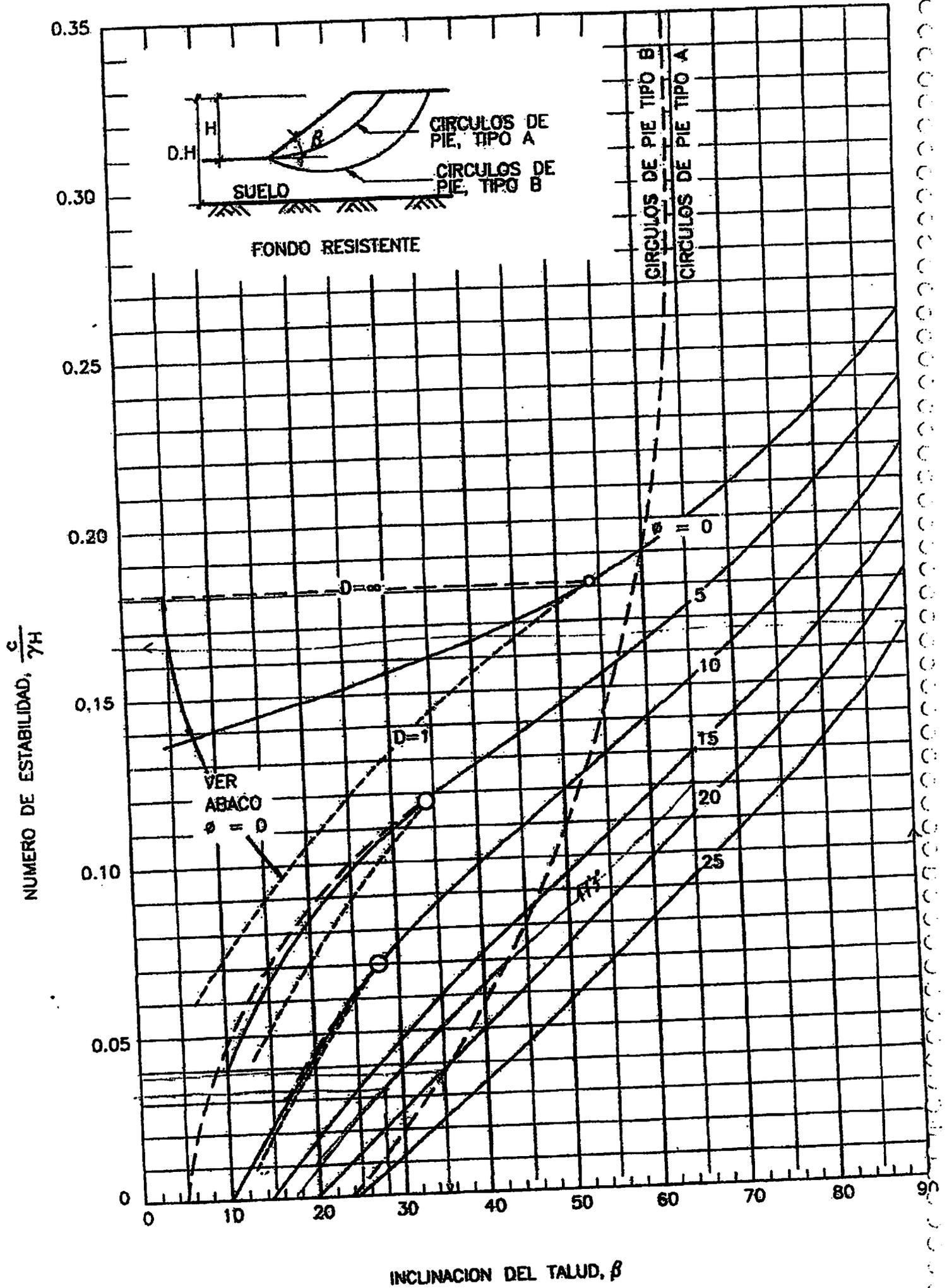
Se obtiene  $\frac{c}{\gamma H} = 0.165 \Rightarrow H = \frac{10}{0.165 \cdot 20} = 3.03 \text{ m}$



#### - ENSAYOS DE LABORATORIO

Fundamentalmente el ensayo TRIAXIAL y el de CARTE DIRECTO.

Aparecen descritos en la "Guía de cimentación ---" (cap 3, págs 54-55)



3) Es posible para las categorías T00 y T0, las prescripciones son las del capítulo 9 de la 6.1-1C

4) - En cualquiera de las opciones de firme, se tiene que la capa superior de la explanada está formada por un suelo estabilizado con col o cemento  $\Rightarrow$  CASO F (OC 17/03, apdo 2.1.2.1, figs 2.3 y 2.4)

- Por pedirte un detalle de DESMONTÉ, con dren profundo bajo cuneta  $\Rightarrow$  CASOS FD x 1 (OC 17/03; apdo 2.1.2.5, tabla 2.1)

Donde x será 0 o 1 según la pendiente transversal de la calzada ( $\rightarrow$  favor o en contra del vertido)

Por tanto el detalle pedido será un F001 o un FD11



**COLEGIO DE INGENIEROS DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**

C/ Almagro, 42 3ª pta  
(28010) MADRID

*Servicio de Empleo Nacional*

---

**Enunciados de Aguas**

**Convocatoria: 2006**

SECRETARÍA GENERAL DE LA FISCALÍA  
Servicio de Empleo Nacional

**Soluciones del tribunal**



## CUARTO EJERCICIO (22 de noviembre de 2006)

### PROBLEMA N° 4

Una Confederación Hidrográfica ha convocado concurso de adjudicación del aprovechamiento hidroeléctrico del salto de pie de presa del embalse de Los Pinos.

La presa es de gravedad, de 43 m de altura sobre el cauce y de 48 m sobre cimientos. Su coronación está a la cota 1.003,50 m, siendo su cota de nivel máximo normal la 1.000,00 m.

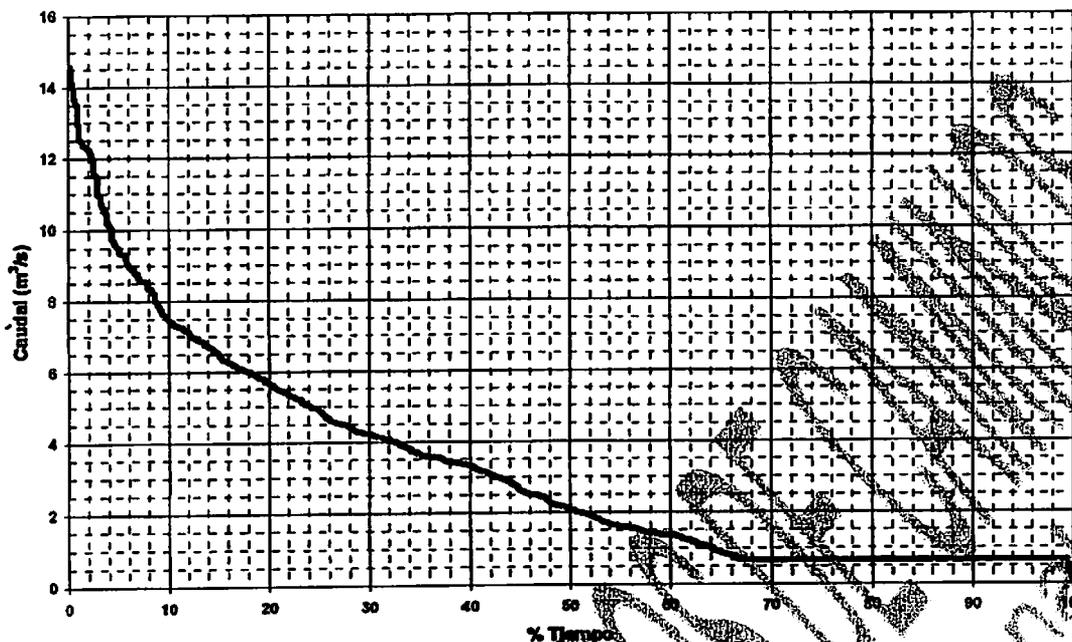
La cuenca vertiente tiene una extensión de 140 km<sup>2</sup>, siendo su aportación media anual de 102,42 hm<sup>3</sup>/año.

El uso prioritario del embalse es la regulación para el abastecimiento de una población con una demanda anual de 14,59 hm<sup>3</sup>/año, repartidos de manera uniforme a lo largo del año hidrológico. El volumen de embalse útil para regulación es de 7 hm<sup>3</sup>. El desagüe de fondo está situado a la cota 970,00 m, y está constituido por dos conductos gemelos de 30 m de longitud y 1.200 mm de diámetro blindados con chapa de 0,3 mm de rugosidad absoluta, regulados por una compuerta Bureau y una válvula Howell-Bunger cada uno. La toma del abastecimiento se realiza en el vaso del embalse, por lo que en ningún caso los caudales demandados por el abastecimiento son susceptibles de uso hidroeléctrico.

En el Pliego de Bases se importan los siguientes condicionantes de explotación, que deben ser respetados por los adjudicatarios:

- Mientras el embalse no esté lleno, se desaguará únicamente un caudal de mantenimiento medioambiental de 200 l/s y el caudal de demanda de abastecimiento.
- Cuando el embalse esté lleno, el aprovechamiento hidroeléctrico funcionará en régimen fluyente.

Mediante un estudio de regulación, se ha determinado la curva de caudales clasificados de salida del embalse, cuyo valor medio se representa en el gráfico siguiente.



Una vez examinada la documentación técnica, económica y administrativa, la Mesa ha admitido dos ofertas, cuyas propuestas se resumen en la tabla siguiente.

Licitante	Centrales Hidroeléctricas S.A.	Energías Renovables S.A.
Obra de toma	Conexión a ambos conductos del desagüe de fondo mediante sendas tuberías de acero de 0,5 mm de rugosidad, 60 m de longitud y 900 y 1.300 mm de diámetro	Conexión a uno de los conductos del desagüe de fondo mediante una tubería de acero de 0,7 mm de rugosidad, 450 m de longitud y 1.800 mm de diámetro
Equipamiento	Un grupo Francis de 2 m³/s Un grupo Francis de 5 m³/s	Un grupo Francis de 10 m³/s
Cota de aspiración	961,00 m	951,00 m
Plazo de concesión	25 años	25 años
Canon ofertado	Fijo: 35.000 €/año Variable: 0,01 €/kwh	Fijo: 40.000 €/año Variable: 0,008 €/kwh
Plazo de ejecución	12 meses	24 meses
Presupuesto	1.750.000,00 €	2.500.000,00 €



Se pide:

### PRIMERO

A) Redactar un informe sobre las dos ofertas presentadas, incluyendo los siguientes aspectos para ambas alternativas:

- Comparación de los ingresos por canon que obtendría la Confederación en cada alternativa utilizando el ratio Valor Actual Neto. Adopte un valor de la tasa de actualización del 6%.
- Análisis de la viabilidad económica de los aprovechamientos, suponiendo correcto el presupuesto estimado en las ofertas y adoptando un precio de venta de la energía de 0,06 €/kwh. Suponga que la inversión se realiza al comienzo del plazo de ejecución, y que los ingresos y gastos se realizan al final de cada año durante la explotación.
- Descripción del equipamiento que debe exigirse en la conexión de la obra de toma al desagüe de fondo y en la central.

B) Describir sucintamente la tramitación necesaria para la formalización de la concesión al adjudicatario y la entrada en servicio de la central.

**Nota importante:** Se pide que se redacte un informe de estilo similar al que redactaría como funcionario de la Confederación Hidrográfica que convoca del concurso.

### SEGUNDO

Elaborar el esquema del contenido del estudio de impacto ambiental que se redactaría específicamente por este proyecto.

### TERCERO

En la Confederación Hidrográfica a la que usted está asignado llegan las siguientes preguntas de un Ayuntamiento próximo al embalse Los Pinos. Se pide que elabore las respuestas que considere más adecuadas, identificando, en su caso, qué información adicional necesitaría para contestar.

- a) El Ayuntamiento de Vilalosa, de 25.000 habitantes censados, que se encuentra a 15 km del embalse de Los Pinos, se abastece a partir de aguas subterráneas pero, en los últimos años, el nivel freático viene bajando a profundidades que encarecen la extracción, y la calidad de las aguas está empeorando y se requieren tratamientos de potabilización cada vez más costosos. ¿Sería posible que nuestro Ayuntamiento se abasteciese del embalse de Los Pinos?.



- b) ¿Qué trámites tendrían que realizarse en la Confederación Hidrográfica para determinar la viabilidad de la propuesta?
- c) ¿En qué condiciones se podría realizar el abastecimiento propuesto?
- d) ¿De qué modo afectaría esta nueva fuente de recurso a la concesión existente para aguas subterráneas?
- e) ¿En qué normas se encuentran regulados los criterios actualmente establecidos para la calidad del agua de consumo humano?
- f) ¿Qué norma regula la forma de realizar muestreos y análisis de aguas superficiales?

SECRETARÍA GENERAL DE ADMINISTRACIÓN  
Servicio de Empleo Nacional

## SOLUCIÓN SUPUESTO PRÁCTICO DE OBRAS HIDRÁULICAS

PRIMERO. (5 puntos).

1.- Para evaluar las propuestas se debe calcular la energía producida con cada una de ellas. Para ello se debe proceder siguiendo los pasos que se describen a continuación.

a) Cálculo de las pérdidas de carga a caudal máximo

Alternativa A

Grupo 1:

Embocadura y conducción del desagüe de fondo existente: 30 m de longitud, 1.200 mm de diámetro y 0,3 mm de rugosidad absoluta

Pieza especial de conexión.

Nueva tubería: 60 m de longitud, 900 mm de diámetro y 0,5 mm de rugosidad absoluta

Esta tubería alimentará al grupo de 2 m<sup>3</sup>/s. El cálculo se realiza para el caudal de equipo: 2 m<sup>3</sup>/s.

La pérdida de carga continua por rozamiento se calcula mediante la fórmula de Darcy:

$$\Delta H = \frac{f}{D} \frac{v^2}{2g} L$$

El coeficiente de fricción  $f$  se determina mediante la fórmula de Colebrook o el ábaco de Moody (esta última alternativa es más rápida y recomendable, dado el tiempo disponible)

Desagüe de fondo: Para un diámetro de 1.200 mm, caudal de 2 m<sup>3</sup>/s y rugosidad absoluta de 0,3 mm:

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{2}{\frac{\pi}{4} 1,2^2} = 1,768 \text{ m/s} ; \text{Re} = \frac{vD}{\nu} = \frac{1,768 \cdot 1,2}{10^{-6}} = 2122066 ; k/D = \frac{0,3 \cdot 10^{-3}}{1,2} = 0,00025$$

$$\text{Partimos de } \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{k/D}{3,715} \right) = 8,34403$$

$$\text{Iteramos con } \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{k/D}{3,715} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right) \text{ Resulta } \frac{1}{\sqrt{f}} = 8,2267; \text{ es decir } f = 0,01477$$

Con este valor calculamos la pérdida de carga en el desagüe de fondo:

$$\Delta H_{F1} = \frac{f}{D} \frac{v^2}{2g} = \frac{0,01477 \cdot 1,768^2}{1,2 \cdot 2g} 30 = 0,059 \text{ m}$$

Nueva tubería del grupo 1: Para un diámetro de 900 mm, caudal de 2 m<sup>3</sup>/s y rugosidad absoluta de 0,5 mm:

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{2}{\frac{\pi}{4} 0,9^2} = 3,1438 \text{ m/s} ; \text{Re} = \frac{vD}{\nu} = \frac{3,1438 \cdot 0,9}{10^{-6}} = 2829421 ; k/D = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{1,2} = 0,00056$$

$$\text{Partimos de } \frac{1}{\sqrt{f}} \approx -2 \log_{10} \left( \frac{k/D}{3,715} \right) = 7,6504$$

$$\text{Iteramos con } \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{k/D}{3,715} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right). \text{ Resulta } \frac{1}{\sqrt{f}} = 7,6121; \text{ es decir } f = 0,01726$$

Con este valor calculamos la pérdida de carga en la tubería nueva del grupo 1:

$$\Delta H_{T1} = \frac{f v^2}{D 2g} = \frac{0,01726 \cdot 3,1438^2}{0,9 \cdot 2g} \cdot 60 = 0,580m$$

Además se debería añadir la pérdida de carga en la pieza especial de conexión. Suponemos que equivale a  $0,5 \frac{v^2}{2g}$ , siendo v la velocidad en el desagüe de fondo. La pérdida localizada será:

$$\Delta H_{L1} = 0,5 \frac{v^2}{2g} = 0,5 \frac{1,768^2}{2g} = 0,080m$$

Las pérdidas de carga totales son:

$$\Delta H_{A1} = \Delta H_{F1} + \Delta H_{T1} + \Delta H_{L1} = 0,059 + 0,580 + 0,080 = 0,719m$$

Grupo 2:

Embocadura y conducción del desagüe de fondo existente: 30 m de longitud, 1.200 mm de diámetro y 0,3 mm de rugosidad absoluta

Pieza especial de conexión.

Nueva tubería: 60 m de longitud, 1.200 mm de diámetro y 0,5 mm de rugosidad absoluta

Esta tubería alimentará al grupo de 5 m<sup>3</sup>/s. El cálculo se realiza para el caudal de equipo: 9 m<sup>3</sup>/s.

La pérdida de carga continua por rozamiento se calcula mediante la fórmula de Darcy:

$$\Delta H = \frac{f}{D} \frac{v^2}{2g} L$$

El coeficiente de fricción f se determina mediante la fórmula de Colebrook:

Desagüe de fondo: Para un diámetro de 1.200 mm, caudal de 5 m<sup>3</sup>/s y rugosidad absoluta de 0,3 mm:

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{5}{\frac{\pi}{4} \cdot 1,2^2} = 4,4210 m/s ; \text{Re} = \frac{vD}{\nu} = \frac{4,4210 \cdot 1,2}{10^{-6}} = 5305165 ; \frac{k}{D} = \frac{0,3 \cdot 10^{-3}}{1,2} = 0,00025$$

$$\text{Partimos de } \frac{1}{\sqrt{f}} \approx -2 \log_{10} \left( \frac{k/D}{3,715} \right) = 8,34403$$

$$\text{Iteramos con } \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{k/D}{3,715} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right). \text{ Resulta } \frac{1}{\sqrt{f}} = 8,2948; \text{ es decir } f = 0,01453$$

Con este valor calculamos la pérdida de carga en el desagüe de fondo:

$$\Delta H_{F_2} = \frac{f v^2}{D 2g} = \frac{0,01453}{1,2} \frac{4,4210^2}{2g} 30 = 0,362m$$

Nueva tubería del grupo 1: Para un diámetro de 1.300 mm, caudal de 5 m<sup>3</sup>/s y rugosidad absoluta de 0,5 mm:

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{5}{\frac{\pi 1,3^2}{4}} = 3,7670m/s ; Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{3,7670 \cdot 1,3}{10^{-6}} = 4897075 ; k/D = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{1,3} = 0,00038$$

$$\text{Partimos de } \frac{1}{\sqrt{f}} \approx -2 \log_{10} \left( \frac{k/D}{3,715} \right) = 7,9699$$

$$\text{Iteramos con } \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{k/D}{3,715} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right). \text{ Resulta } \frac{1}{\sqrt{f}} = 7,9364, \text{ es decir } f = 0,01588$$

Con este valor calculamos la pérdida de carga en la tubería nueva del grupo 1:

$$\Delta H_{T_2} = \frac{f v^2}{D 2g} = \frac{0,01588}{1,3} \frac{3,7670^2}{2g} 60 = 0,530m$$

Además se deberían añadir las pérdidas de carga en la pieza especial de conexión.

Suponemos que equivalen a  $0,5 \frac{v^2}{2g}$ , siendo v la velocidad en el desagüe de fondo. Las pérdidas localizadas serán:

$$\Delta H_{L_2} = 0,5 \frac{v^2}{2g} = 0,5 \frac{4,4210^2}{2g} = 0,498m$$

Las pérdidas de carga totales son:

$$\Delta H_{L_2} = \Delta H_{F_2} + \Delta H_{T_2} + \Delta H_{L_2} = 0,362 + 0,530 + 0,498 = 1,390m$$

Alternativa B

Embocadura y conducción del desagüe de fondo existente: 30 m de longitud, 1.200 mm de diámetro y 0,3 mm de rugosidad absoluta.

Pieza especial de conexión:

Nueva tubería: 450 m de longitud, 1800 mm de diámetro y 0,7 mm de rugosidad absoluta

El cálculo se realiza para el caudal de equipo: 10 m<sup>3</sup>/s.

La pérdida de carga continua por rozamiento se calcula mediante la fórmula de Darcy:

$$\Delta H = \frac{f v^2}{D 2g} L$$

El coeficiente de fricción f se determina mediante la fórmula de Colebrook:

Desagüe de fondo: Para un diámetro de 1.200 mm, caudal de 10 m<sup>3</sup>/s y rugosidad absoluta de 0,3 mm:

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}D^2} = \frac{10}{\frac{\pi}{4}1,2^2} = 8,8419 \text{ m/s} ; \text{ Re} = \frac{vD}{\nu} = \frac{1,768.1,2}{10^{-6}} = 10610329 ; k/D = \frac{0,3 \cdot 10^{-3}}{1,2} = 0,00025$$

$$\text{Partimos de } \frac{1}{\sqrt{f}} \approx -2 \log_{10} \left( \frac{k/D}{3,715} \right) = 8,34403$$

$$\text{Iteramos con } \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{k/D}{3,715} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right). \text{ Resulta } \frac{1}{\sqrt{f}} = 8,3190; \text{ es decir } f = 0,01445$$

Con este valor calculamos la pérdida de carga en el desagüe de fondo:

$$\Delta H_F = \frac{f v^2}{D 2g} = \frac{0,01445 \cdot 8,8419^2}{1,2 \cdot 2g} \cdot 30 = 1,439 \text{ m}$$

Nueva tubería: Para un diámetro de 1.800 mm, caudal de 10 m<sup>3</sup>/s y rugosidad absoluta de 0,7 mm:

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}D^2} = \frac{10}{\frac{\pi}{4}1,8^2} = 3,9298 \text{ m/s} ; \text{ Re} = \frac{vD}{\nu} = \frac{3,9298 \cdot 1,8}{10^{-6}} = 7073533 ; k/D = \frac{0,7 \cdot 10^{-3}}{1,8} = 0,00039$$

$$\text{Partimos de } \frac{1}{\sqrt{f}} \approx -2 \log_{10} \left( \frac{k/D}{3,715} \right) = 7,9603$$

$$\text{Iteramos con } \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{k/D}{3,715} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right). \text{ Resulta } \frac{1}{\sqrt{f}} = 7,9372; \text{ es decir } f = 0,01587$$

Con este valor calculamos la pérdida de carga en la tubería nueva:

$$\Delta H_T = \frac{f v^2}{D 2g} = \frac{0,01587 \cdot 3,9298^2}{1,8 \cdot 2g} \cdot 450 = 3,123 \text{ m}$$

Además se debería añadir la pérdida de carga en la pieza especial de conexión. Suponemos que equivale a  $0,5 \frac{v^2}{2g}$  siendo  $v$  la velocidad en el desagüe de fondo. La pérdida localizada será:

$$\Delta H_L = 0,5 \frac{v^2}{2g} = 0,5 \frac{8,8419^2}{2g} = 1,992 \text{ m}$$

Las pérdidas de carga totales son:

$$\Delta H_B = \Delta H_F + \Delta H_T + \Delta H_L = 1,439 + 3,123 + 1,992 = 6,554 \text{ m}$$

b) Cálculo de la potencia máxima

La potencia máxima del salto se calcula por la expresión:  $P = \gamma Q H_s \eta = \gamma Q (H_b - \Delta H) \eta$ , donde  $\eta$  es el rendimiento, que supondremos igual a 0,864 (0,9 para la turbina y 0,96 para el alternador)

**Alternativa A**

Cota de aspiración: 961 m. Salto bruto:  $H_b=1000-961=39$  m

Grupo 1:

$$P_{A1} = \gamma Q (H_b - \Delta H) \eta = 9,8,2.(39 - 0,718)0,864 = 648,94 kW$$

Grupo 2:

$$P_{A2} = \gamma Q (H_b - \Delta H) \eta = 9,8,5.(39 - 1,390)0,864 = 1.593,88 kW$$

**Alternativa B**

Cota de aspiración: 951 m. Salto bruto:  $H_b=1000-951=49$  m

$$P_B = \gamma Q (H_b - \Delta H) \eta = 9,8,2.(49 - 6,555)0,864 = 3.597,55 kW$$

**c) Definición del caudal mínimo de turbinación**

De acuerdo con el equipamiento propuesto (Grupos Francis en los tres casos), el mínimo técnico de turbinación será, aproximadamente, del 40% del caudal de equipo máximo. Por tanto, los caudales mínimos turbinables serán:

Alternativa A: 0,8 m<sup>3</sup>/s

Alternativa B: 4 m<sup>3</sup>/s

**d) Cálculo de la aportación turbinable**

Se estima a partir de la curva de caudales clasificados disponibles, restando la parte no turbinada por no alcanzar el caudal mínimo de turbinación. Puede estimarse por integración numérica a partir del gráfico. :

Alternativa A:

Hay que estimar el área encerrada para caudales superiores a 0,8 e inferiores a 7 m<sup>3</sup>/s

Rectángulo del 12% de duración (14,6 días) a 7 m<sup>3</sup>/s

En el resto, tomando un  $\Delta t$  del 4% de duración (14,6 días) se obtienen los siguientes valores:

Duración n	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64
Caudal	7	6,2	5,6	5	4,3	4	3,5	3,3	2,8	2,2	1,9	1,5	1,4	0,8

La aportación es:

$$A_A = 7.43,8 + (0,5.7 + 6,2 + 5,6 + 5 + 4,3 + 4 + 3,5 + 3,3 + 2,8 + 2,2 + 1,9 + 1,5 + 1,4 + 0,5 - 0,5.0,8) 14,6 = 978,2 m^3 / s.d$$

Pasándolo a hm<sup>3</sup>  $A_A = 978,2 \cdot 0,864 = 84,5 \text{ hm}^3$

Alternativa B:

Hay que estimar el área encerrada para caudales superiores a 4 e inferiores a 10 m<sup>3</sup>/s

Rectángulo del 4% de duración (14,6 días) a 10 m<sup>3</sup>/s

En el resto, tomando un  $\Delta t$  del 4% de duración (14,6 días) se obtienen los siguientes valores:

Duración n	4	8	12	16	20	24	28	32
Caudal	10	8,2	7	6,2	5,6	5	4,3	4

La aportación es:

$$A_B = 14,6.10 + (0,5.10 + 8,2 + 7 + 6,2 + 5,6 + 5 + 4,3 + 0,5.4) 14,6 = 778,18 m^3 / s.d$$

Pasándolo a  $hm^3$ :  $A_1 = 778,18 \cdot 0,0864 = 67,23hm^3$

### e) Cálculo de la energía producida

En teoría, se debería calcular la potencia que se puede obtener para cada caudal de turbinación, pero este procedimiento sería muy largo. Puede abreviarse si se trabaja con el coeficiente de eficacia de las pérdidas, que tiene en cuenta la fracción del tiempo en que nos e turбина a caudal máximo

$$E = \gamma A (H_b - \beta \Delta H) \eta$$

#### Alternativa A

Suponemos que el grupo 1 turбина el 20% de la aportación con un coeficiente de eficacia de 0,9, y el grupo 2, el 80% con un coeficiente de eficacia del 0,75

#### Grupo 1:

$$h_{u1} = \frac{A \cdot 1.000.000}{Q \cdot 3.600} = \frac{0,2 \cdot 84,51 \cdot 1.000.000}{2 \cdot 3.600} = 2347,5h$$

$$E_{u1} = \gamma Q (H_b - \beta \Delta H) \eta h_{u1} = 9,8 \cdot 2 \cdot (39 - 0,9 \cdot 0,718) \cdot 0,864 \cdot 2347,5 = 1.524.698kWh$$

#### Grupo 2:

$$h_{u2} = \frac{A \cdot 1.000.000}{Q \cdot 3.600} = \frac{0,8 \cdot 84,51 \cdot 1.000.000}{5 \cdot 3.600} = 3756h$$

$$E_{u2} = \gamma Q (H_b - \beta \Delta H) \eta h_{u2} = 9,8 \cdot 5 \cdot (39 - 0,75 \cdot 1,390) \cdot 0,864 \cdot 3756 = 6.035.775kWh$$

#### Alternativa B

Suponemos que turбина la aportación con un coeficiente de eficacia de 0,90

$$h_{u1} = \frac{A \cdot 1.000.000}{Q \cdot 3.600} = \frac{67,23 \cdot 1.000.000}{10 \cdot 3.600} = 1867,5h$$

$$E_{u1} = \gamma Q (H_b - \beta \Delta H) \eta h_{u1} = 9,8 \cdot 10 \cdot (39 - 0,9 \cdot 6,555) \cdot 0,864 \cdot 1867,5 = 6.815.264kWh$$

### e) Cálculo de los ingresos

Los ingresos se obtienen aplicando el canon ofertado a la energía producida. El coeficiente de actualización para una tasa del 6% a 25 años es:

$$\alpha = \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n \cdot i} = \frac{(1,06)^{25} - 1}{(1,06)^{25} \cdot 0,06} = 12,7833$$

#### Alternativa A

Canon fijo: 35.000 €

Canon variable: 0,01 €/kWh

Ingresos anuales: 35.000 + 0,01 \* (1.524.698 + 6.035.775) = 110.604,73 €

VAN = 110.604,73 \* 12,7833 = 1.413.893 €

#### Alternativa B

Canon fijo: 40.000 €

Canon variable: 0,008 €/kWh

Ingresos anuales: 40.000 + 0,008 \* (6.815.264) = 94.522,11 €

VAN = 94.522,11 \* 12,7833 = 1.208.310 €

2.- Para analizar la viabilidad de las inversiones debemos calcular el VAN a fecha de inicio de las obras, teniendo en cuenta la inversión inicial y el flujo de ingresos y gastos durante la explotación. Los ingresos se obtienen de la venta de energía, aplicando el precio de 0,06 €/kWh. Podemos suponer, por ejemplo, que los gastos de explotación son el 5% del presupuesto de la obra, más el pago del canon más el 1% de los ingresos por venta de energía.

#### Alternativa A

Presupuesto: 1.750.000 €  
Plazo de ejecución: 1 año  
Ingresos:  $7.560.473 \times 0,06 = 453.628,38$  €  
Gastos:  $0,05 \times 1.750.000 + 110.604,73 + 0,01 \times 453.628,38 = 202.641,01$  €  
Beneficio anual:  $453.628,38 - 202.641,01 = 250.987,37$  €  
Actualización a inicio de explotación:  $250.987,37 \times 12,7834 = 3.208.460,89$  €  
Actualización a inicio de las obras =  $3.208.460,89 / 1,06 = 3.026.849,90$  €  
VAN =  $3.026.849,90 - 1.750.000 = 1.276.849,90$  €

#### Alternativa A

Presupuesto: 2.500.000 €  
Plazo de ejecución: 2 años  
Ingresos:  $6.815.264 \times 0,06 = 408.915,84$  €  
Gastos:  $0,05 \times 2.250.000 + 94.522,11 + 0,01 \times 408.915,84 = 223.611,27$  €  
Beneficio anual:  $408.915,84 - 223.611,27 = 185.304,57$  €  
Actualización a inicio de explotación:  $185.304,57 \times 12,7834 = 2.368.814,31$  €  
Actualización a inicio de las obras =  $2.368.814,31 / 1,06 = 2.108.236,80$  €  
VAN =  $2.108.236,80 - 2.500.000 = -391.763,70$  €

#### 3.- Equipamiento

Debe exigirse como mínimo el siguiente equipamiento

Válvula de seguridad que permita independizar la toma del desagüe de fondo (Válvula de mariposa)

Dispositivo de protección frente a la parada de la central, para evitar que el golpe de ariete afecte a las instalaciones del desagüe de fondo.

B) Tramitación necesaria para la formalización de la concesión.

La tramitación de este supuesto viene descrita en los artículos 132 y siguientes del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RD 849/1986, de 11 de abril). Cuando se presenta el anteproyecto al concurso se presenta también una solicitud de concesión en la "se hará declaración explícita de aceptar en todo tiempo el régimen normal de caudales determinado por el Organismo de cuenca y las variaciones que justificadamente establezcan.

El licitador seleccionado por la Administración deberá depositar en el Organismo de cuenca, en el plazo máximo de un mes, una fianza del 1 % del importe total del presupuesto de las obras e instalaciones del anteproyecto, como garantía definitiva del cumplimiento de su compromiso.

También deberá presentar, en el plazo que se fije al aprobar el anteproyecto, la instancia solicitando la concesión y el proyecto de construcción de las obras e instalaciones definitivas, desarrollado de acuerdo con el anteproyecto aprobado y con las prescripciones que se hayan podido imponer en la resolución del concurso.

Art. 135 La instancia y el proyecto serán tramitados de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 109 y siguientes (hasta el 118, con la inscripción en el Registro de Aguas) con las particularidades que se indican a continuación: [...]

**SEGUNDO (2 puntos). Esquema de Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental.**  
(Según libro de Ignacio Español de octubre de 1995) A revisar por Ignacio Gamarra.  
Análisis de las alternativas del proyecto y justificación de la solución escogida.

- Inventario Ambiental.
- Identificación y valoración de impactos.
- Justificación de la solución elegida.
- Medidas preventivas y correctoras.
- Programa de vigilancia ambiental.
- Documento de síntesis.

**TERCERO (3 puntos).**

- A) La Confederación debe analizar en qué condiciones se han otorgado las concesiones existentes y las características del nuevo aprovechamiento por el que preguntan. Si ambos aspectos son compatibles entre sí, y también lo son con el Plan Hidrológico de cuenca y con las limitaciones por protección ambiental, sí podría otorgarse una nueva concesión en las condiciones que correspondiera. Se debería responder al Ayuntamiento indicando esto mismo, y explicándole el procedimiento para llegar a obtener la nueva concesión. No es necesario hacer el estudio completo antes de responder al Ayuntamiento, es suficiente informarles sobre cuál es la situación, sus posibilidades, y cómo solicitar la concesión. Se pretende que el opositor haga referencia a la compatibilidad con concesiones preexistentes (podrá mencionar la prioridad del uso abastecimiento sobre los demás), y con el PHC y el Medio Ambiente.
- B) Como parte de la respuesta que se daría al Ayuntamiento, se le aconsejaría que solicitase una concesión de aguas superficiales. Se espera que el opositor diga que debe solicitar una concesión, indicando cómo hacerlo (art. 95.2 y 104 del RDPH).
- C) En las condiciones que marque la compatibilidad con el PHC, con la Legislación Medioambiental y con concesiones preexistentes con derecho preferente.
- D) No tiene por qué afectar, a no ser que en la concesión de aguas subterráneas se explicitara alguna condición suspensiva en el caso de obtener otra concesión para el mismo uso. La concesión existente seguiría vigente hasta que fuera extinguida por el procedimiento que se iniciaría si no fuera utilizada por causa imputable al titular por más de tres años.
- E) RD 140/2003 de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano y la Orden de 11 de mayo de 1988, sobre características básicas de

calidad que deben ser mantenidas en las corrientes de agua superficiales cuando sean destinadas a la producción de agua potable.

- F) Orden de 8 de febrero de 1988 relativa a los métodos de medición y a la frecuencia de muestreos y análisis de aguas superficiales que se destinen a la producción de agua potable.



**COLEGIO DE INGENIEROS DE CHILE**  
Servicio de Empleo Nacional