

Apellidos \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

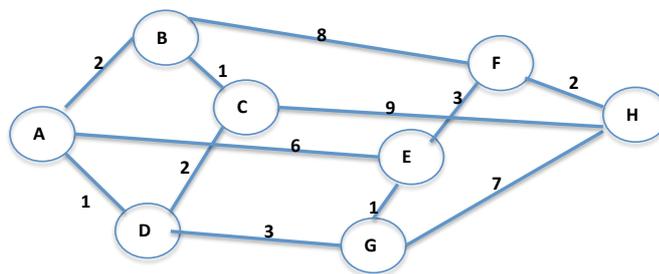
DNI: \_\_\_\_\_

**Asignatura: REDES DE COMUNICACIONES – GIB**  
**EXAMEN FINAL 13 de enero de 2014**

**EJERCICIO 1**

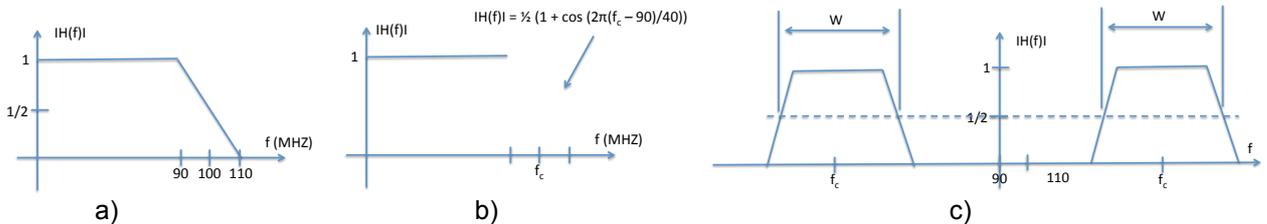
**Duración: 45 m. Puntuación: 3/10 puntos**

Una red de comunicaciones está formada por ocho routers IP que están interconectados con la topología que se indica en la figura.



Todos los enlaces son dúplex, con una velocidad de 100 Mbps, y longitud de 400 km. Los paquetes transmitidos por la subred son de 900 octetos y cada router emplea 6 microsegundos en procesar un paquete.

- Si la función de transferencia  $H(f)$  de uno de los enlaces de 100 Mbps es la de la figura a), indicar si habrá interferencia entre símbolos (IES) al transmitir en banda de base. ¿Es posible transmitir sin IES en el caso de que fuera la de la figura b)?

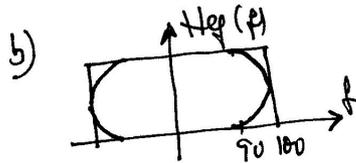


- Si la  $H(f)$  de un enlace es la de la figura c) y se transmite utilizando un modem 4PSK indique el valor mínimo que debe tener  $W$  para que no haya interferencia entre símbolos.
- Representar el diagrama de estados del modem 4PSK anterior y calcular la velocidad de la señal modulada en nº de estados/segundo. Repetir para un modem de dos amplitudes y ocho fases (cuatro fases en cada amplitud).
- Supongase que los paquetes que cruzan la red tienen orígenes y destinos distribuidos uniformemente entre cualquier par de routers de dicha red y que los paquetes siguen siempre la ruta que supone mínimo número de saltos. Calcular el retardo medio que sufre un paquete en la red, suponiendo despreciables los errores y que la red está muy poco cargada.
- Utilice el algoritmo de Dijkstra para encontrar el camino de menor coste entre el router A y el H siendo los costes los indicados en la figura.

SOLUCIÓN EJERCICIO 1



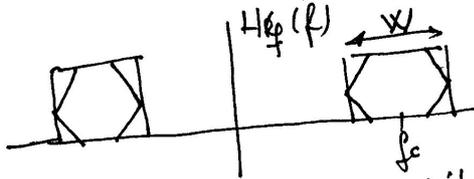
$\int ES = 0$  para  $V_t = 2B = 200 \text{ Mbit/s}$  y submultiples  
 $\Rightarrow V_t = 100 \text{ Mbit/s}$   $\int ES = 0$



Ideas que el caso anterior.

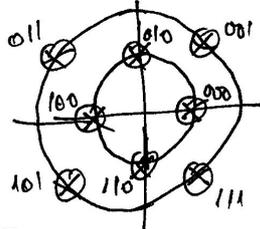
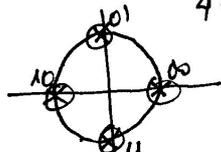
② 4PSK 2 bits/estados

$V_t = 100 \text{ Mbit/s} = 50 \text{ Mestados/s}$

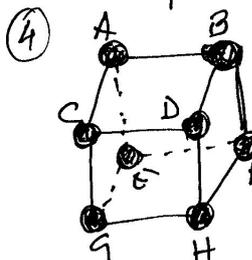


$B = W/2$   $V_t = 2B = W$   
 Si  $W = 50 \text{ MHz}$   $\int ES = 0$

③ 4 estados 2 bit/estados  
 $V_t = 100 \text{ Mbit/s} = 50 \text{ Mestados/s}$

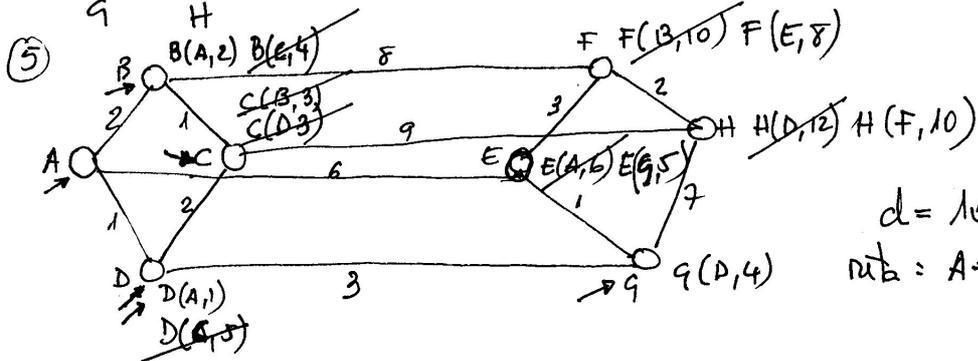


8 estados 3 bits/estados  
 $V_t = 100 \text{ Mbit/s} = 100/3 \text{ Mestados/s}$



Nº medio de saltos =  $\bar{s} = \frac{1}{7} [3 \times 1 + 3 \times 2 + 3 \times 1] = \frac{12}{7}$

$T = \frac{12}{7} [t_p + t_{tx} + t_c] \approx \frac{12}{7} \left[ \frac{400}{200 \cdot 10^3} + \frac{700 \times 8}{10^8} \right] \approx 3,6 \mu\text{s}$



$d = 10$  saltos  
 ruta:  $A \rightarrow D \rightarrow G \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow H$

UPM

Apellidos \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

DNI: \_\_\_\_\_

**Asignatura: REDES DE COMUNICACIONES – GIB**  
**EXAMEN FINAL 13 de enero de 2014**

**EJERCICIO 2**

**Duración: 45 m. Puntuación: 3/10 puntos**

Un sistema utiliza una red celular de conmutación de circuitos para conectar sensores a su Centros Locales (CL). La aplicación alojada en cada sensor envía cada 30 minutos un mensaje de 3.000 B a su CL utilizando las comunicaciones del sensor que siguen una arquitectura TCP/IP con:

- Nivel de Transporte: UDP con SDUmax = 64 KB y cabeceras de 8 B.
- Nivel de red: IP con SDUmax=64 KB y cabeceras de 20 B.
- Nivel de Enlace: Fiable con transmisión continua, SDUmax=600 B y cabeceras de 15 B.
- Nivel Físico: Circuito establecido usando la red celular. Tasa de error de bit despreciable.

La red celular dispone de 4 pares de portadoras en cada celda. En cada portadora se usa un TDM con un tiempo de trama de 3 ms. Cada trama está compuesta de 5 intervalos: 1 de señalización y 4 para voz o datos de usuario. Cada intervalo contiene 8 B. Cuando un sensor va a enviar una información se conecta a su CL se estableciendo un circuito que utiliza un canal (1 intervalo/trama) de la red celular.

Calcular:

1. El número de PDUs de red y de enlace en un sensor por cada mensaje que envía la aplicación del sensor.
2. El número máximo de sensores que en una celda pueden estar simultáneamente conectados (enviando información).
3. La velocidad binaria del circuito que establece cada sensor con el CL.

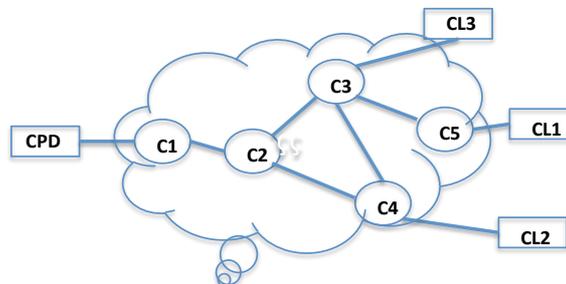
Los CL se conectan a un Centro de Proceso de Datos (CPD) mediante la WAN de un operador de telecomunicaciones, que se representa en la figura, al que se le contratan Circuitos Virtuales (CV) simplex. Las tablas de "forwarding" de los conmutadores de la WAN son las que se indican. El CPD tiene la misma arquitectura de protocolos TCP/IP que los CL.

C2	
Destino	Puerto de salida
C1	1
C3	2
C4	3
C5	2

C3	
Destino	Puerto de salida
C1	1
...	...

C4	
Destino	Puerto de salida
C1	1
...	...

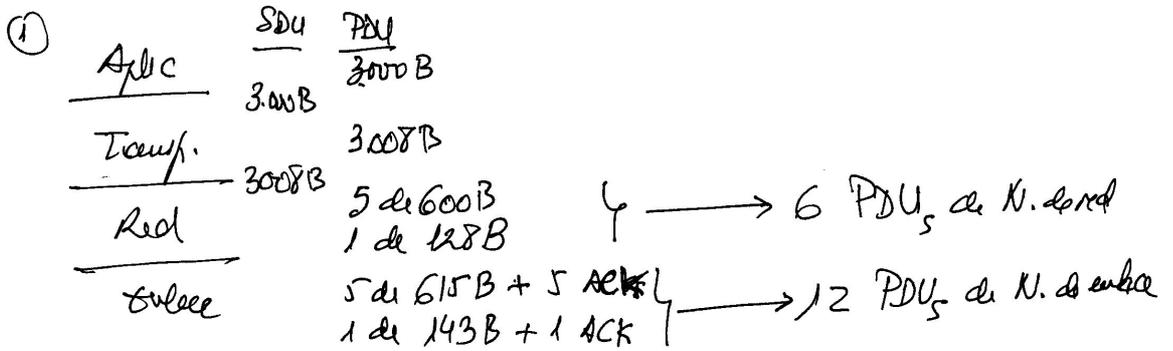
C5	
Destino	Puerto de salida
C1	1
...	...



Se pide:

4. Representar las torres de protocolos de los elementos del sistema desde un sensor del CL3 hasta el CPD.
5. Determinar la tabla de CV del conmutador C2 suponiendo que únicamente están establecidos los CV indicados y que se establecen siguiendo este orden CL1, CL2 y por último CL3. Asignar los números de CV más pequeños posibles comenzando por 1.

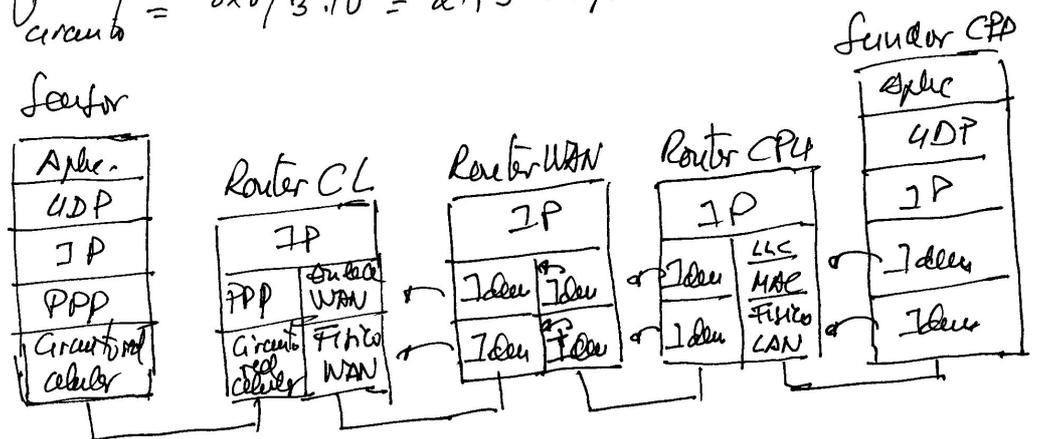
SOLUCIÓN EJERCIO 2



②  $4 \text{ part./celda} \times 4 \text{ celdas/part.} = 16 \text{ enlaces/celda}$

③  $V_{circuito} = 8 \times 8 / 3 \cdot 10^3 = 21,3 \text{ Kbps}$

④ Servidor



⑤ De los tablas de forwarding se deduce el ruta de los CV

R000 C2

C.V.	P. entrada	VCI	P. salida	VCI
CPD-CL1	2	1	1	1
	1	1	2	1
CPD-CL2	3	1	1	2
	1	2	3	1
CPD-CL3	2	2	1	3
	1	3	2	2



UPM

Apellidos \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_ DNI: \_\_\_\_\_

**Asignatura: REDES DE COMUNICACIONES – GIB**  
**EXAMEN FINAL 13 de enero de 2014**

**EJERCICIO 3**

**Duración: 60 m. Puntuación: 4/10 puntos**

Un hospital dispone de un servidor informático con una aplicación médica que recibe mensajes enviados por equipos que están en redes LAN Ethernet de 100 Mbps en 20 centros distribuidos por la península. Se estima que en cada centro hay 5 equipos y que cada uno envía al hospital hasta 10 mensajes diarios de 5 MB.

En el hospital el servidor está conectado a una LAN Ethernet de 1Gbps. Las LAN de los 20 centros y la del hospital están conectadas mediante routers IP conectados a una WAN IP a la que acceden mediante líneas ADSL de 10Mbps/500Kbps. La arquitectura de comunicaciones del servidor en el hospital, los equipos de los centros y la WAN siguen la arquitectura TCP/IP con las siguientes características:

- El nivel de transporte ofrece un servicio orientado a conexión fiable de SDU máxima de 1.300 B y añade 60 B entre cabecera y cola.
- El nivel de red utiliza el protocolo IP con fragmentación, permite SDU de hasta 1.500 B.
- El nivel de enlace de la WAN ofrece un servicio fiable con una SDU máxima de 1.000 B, utiliza el protocolo de bit alternante con ACK de 40 B y añade 20 B de cabecera.
- El nivel físico en los enlaces entre nodos de la WAN transmite de forma continua a 500 Kbps.

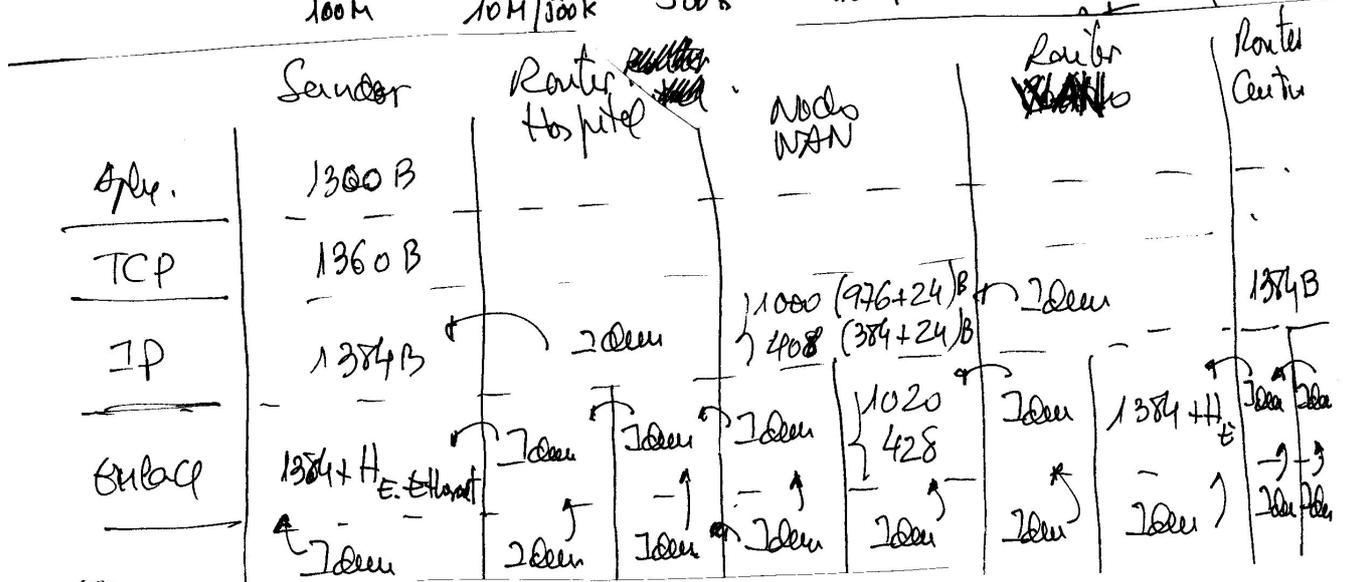
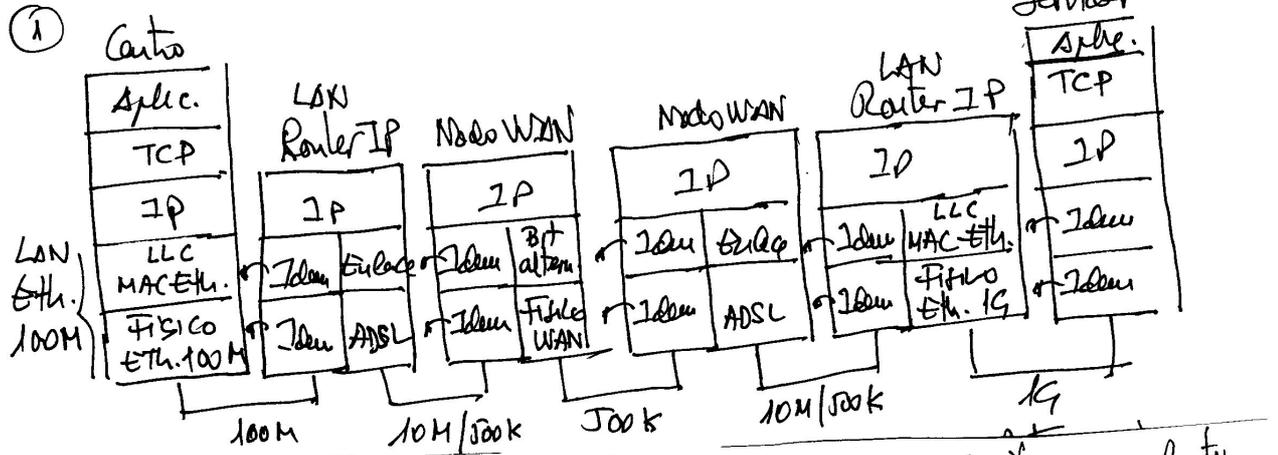
Los desde un centro hasta el hospital puede haber hasta 3 nodos de la WAN distanciados entre si hasta 100 Km. La red está poco cargada y el BER es despreciable.

Se pide:

1. Dibujar las torres de protocolos e indicar el tamaño de las PDUs de los distintos niveles en: el servidor del hospital, los routers y los nodos de la WAN.
2. Calcular el número de primitivas que se producen en el nivel de enlace del servidor del hospital cuando la aplicación le envía un paquete de 1.300 B desde uno de los centros.
3. Dibujar el diagrama de espacio tiempo y calcular el tiempo máximo que tardarán en llegar a la aplicación del servidor en el hospital **dos** paquetes de 1.300 B enviados por la aplicación de un equipo desde uno de los centros.
4. Calcular el tiempo máximo que tardará en llegar a la aplicación del servidor en el hospital el mensaje de 5 MB completo.

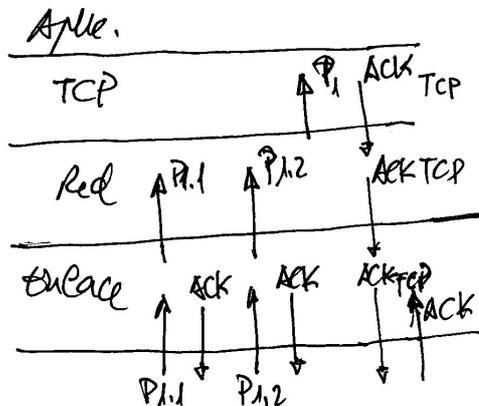
Si el BER fuera de  $10^{-6}$  ¿cuál sería la probabilidad de retransmitir una trama del nivel de enl

Solución Ejercicio 3

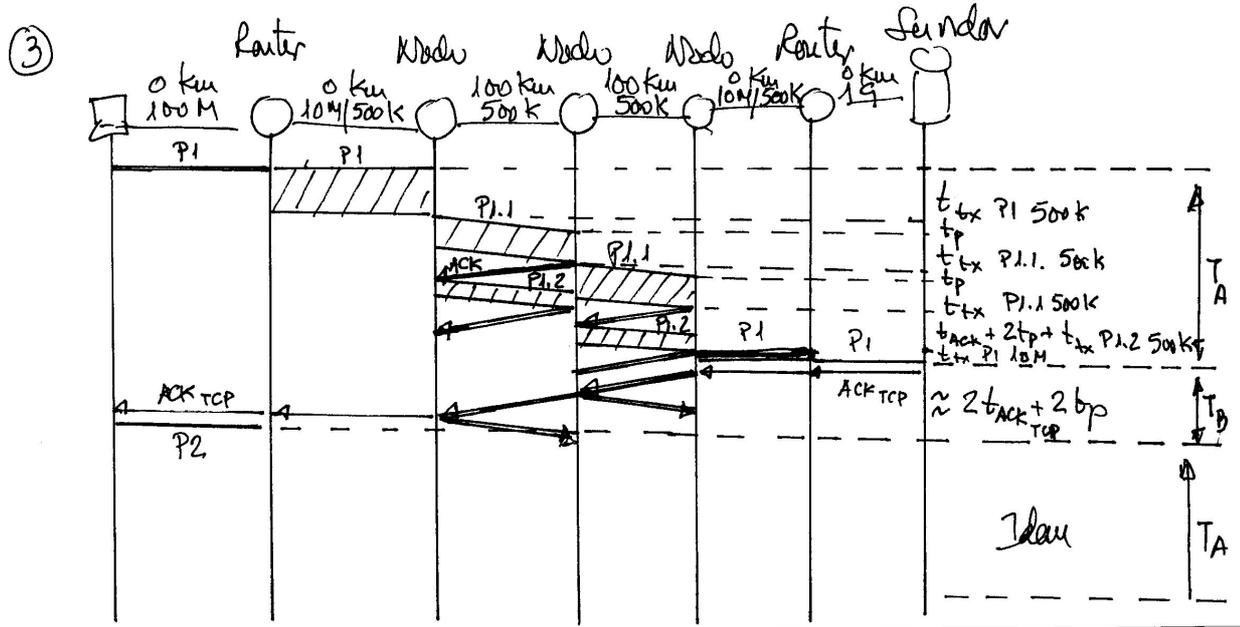


②

Sender



→ 3 prioridades de enlace



$$T = (T_A + T_B) + T_A$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_A = 4t_p + t_{tx P1\ 500k} + 2t_{tx P1.1\ 500k} + t_{tx P1.2\ 500k} + t_{ACK\ TCP} \\ T_B = 2t_{ACK\ TCP} + 2t_p \end{array} \right.$$

$$t_p = 100/200 = 0,5\ \mu s.$$

$$t_{tx P1.1\ 500k} = 1020 \times 8 / 500 = 16,32\ \mu s$$

$$t_{tx P1.2\ 500k} = 400 \times 8 / 500 = 6,4\ \mu s$$

$$t_{tx P1\ 500k} = (1404 \times 8) / 500 \approx 22,7\ \mu s$$

$$t_{ACK\ TCP\ 500k} = (40 + 60 + 24 + 20) \times 8 / 500 \approx 2,2\ \mu s$$

$$T_A = 65,16\ \mu s$$

$$T_B = 5,4\ \mu s$$

$$T = 135,72\ \mu s$$

④  $5\ MB / 1300\ B = 3846$  paquetes de 1300 B + 1 paquete de 200 B

$$T = 3846(T_A + T_B) + T_A \text{ del paquete de } 200\ B \approx 3846 \times 70,56 = 4,5\ m.$$

⑤

$$P_e = 1 - (1 - B/R)^N \approx B/R \cdot N = 10^{-6} (10000 \times 8) = 8 \cdot 10^{-3}$$