

Sistemas de Comunicaciones Fijos. Principios fundamentales.

Diego Méndez Romero

Universidad Carlos III de Madrid

Curso 2018-2019

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVIA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Índice

- 1 Red pública de telefonía
 - Introducción
 - Estructura de la red
 - Requisitos de diseño
- 2 Canal de transmisión
 - Canal de voz
 - Técnicas de multiplexado
 - Problemas de transmisión
- 3 Tráfico
 - Introducción

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

- 4 Plan de encaminamiento
 - Definiciones y conceptos
 - Normas de encaminamiento

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Introducción

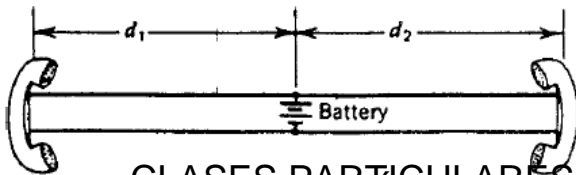
- Red clásica
 - Comunicación analógica/digital.
 - Señalización analógica/digital.
- Gran extensión geográfica
 - Interconexión internacional, nacional, local.
- Servicios básicos
 - Comunicación de voz.
- Servicios suplementarios
 - Identificación de llamada.
 - Llamada en espera.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Un primer paso

- Conexión directa entre dos terminales
 - Terminal "llamante".
 - Terminal llamado.
 - Conexión 2 hilos bidireccional.
 - Batería de alimentación.

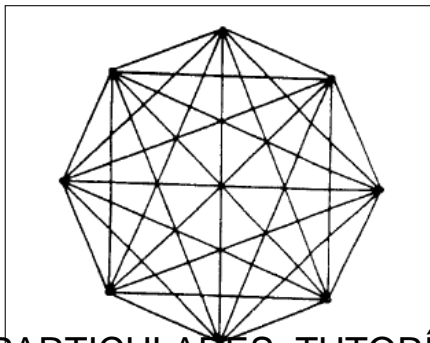


Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Un segundo intento

- Topología de malla
 - Ventajas
 - Conectividad total.
 - Simultaneidad.
 - Desventajas
 - Limitado en distancia.
 - Incremento de costes.

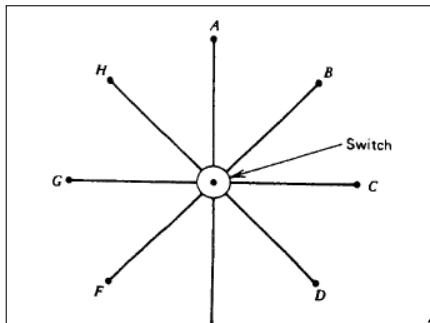


Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Puntos de conmutación

- Topología en estrella
 - Ventajas
 - Reducción de distancias.
 - Reducción de costes.
 - Conectividad total.
 - Desventajas
 - No simultaneidad.
 - Sólo válido localmente.

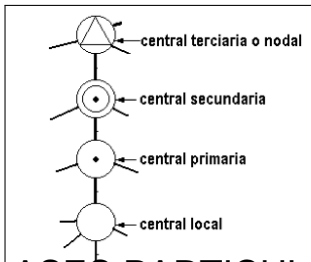


Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Red jerárquica

- Conjunto de terminales de abonado y centrales unidas entre sí, de manera que cada una de ellas dependa de **una y sólo una** de categoría inmediatamente superior.

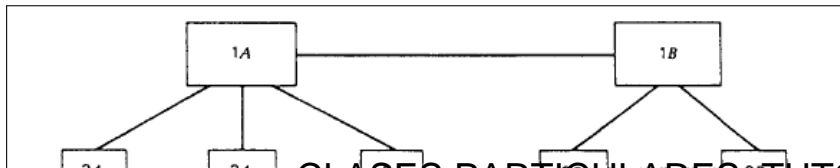


Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Estructura jerárquica

- Topología en estrella de múltiples niveles
 - Ventajas
 - Reducción de distancias
 - Reducción de costes
 - Conectividad total
 - Desventajas
 - Dimensionado complejo



Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Estructura jerárquica

Clásica/analógica

- Central local
 - Central terminal.
 - Central urbana.
- Central Primaria
 - Central de sector.
 - Central de tránsito sectorial.
- Central Secundaria
 - Central autonómica interurbana.

Digital

- Nivel de acceso
 - Central remota
 - Central autónoma digital
- Nivel de tránsito o troncal
 - Central nodal

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

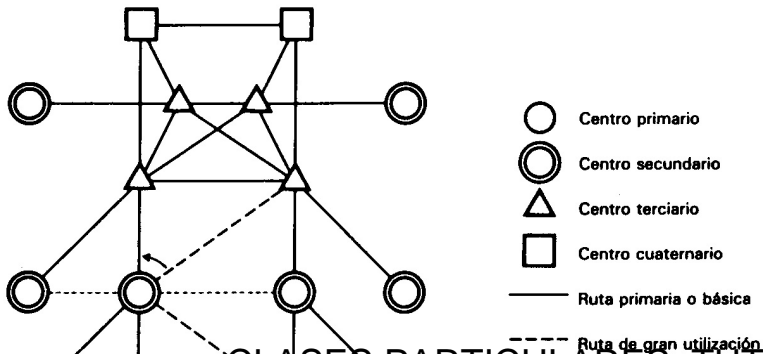
Red complementaria

- Elevado número de comunicaciones que se establecen entre las distintas centrales pertenecientes a la misma población → **Red Complementaria**
 - Enlaza las centrales locales entre sí mediante **enlaces directos** que no están contemplados en la red jerárquica.
 - Se evitan tránsitos innecesarios → mejor aprovechamiento de los enlaces que canalizan comunicaciones interurbanas y mejor dimensionado de la central de la que dependen las distintas centrales locales.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Red real



Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Requisitos de diseño/dimensionado

- Caracterización del canal de transmisión
- Caracterización del tráfico
- Plan de encaminamiento
 - Conexionado entre centrales
 - Rutas directas
 - Rutas alternativas
 - Reglas de decisión de rutas
- Criterios de calidad de servicio (QoS)
 - Accesibilidad
 - Probabilidad de bloqueo

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Canal de voz. Banda base.

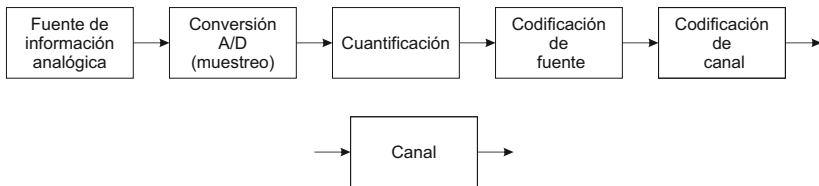
- Señal vocal: Señal eléctrica que se genera cuando se habla a través de un micrófono
- Características depende del canal físico utilizado (analógico, digital)
- Generalmente, oído sensible hasta 20 kHz
- Contenido principal de la voz en banda reducida
 - En general: 4 kHz.
 - CCITT: 300–3,4 kHz.
 - Bell Laboratories: 200–3,3 kHz.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Digitalización de la voz

Esquema de sistema de comunicaciones digital



Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Digitalización de la voz

- Conversión A/D
 - Muestreo $f_s \geq 2 \cdot BW = 8000$ Hz
 - Cuantificación n bits
 - Velocidad de transmisión
 - $R_b = f_s \cdot n$
 - Voz: $R_b = 8 \text{ kHz} \cdot 8 \text{ bits} = 64 \text{ kbits/s}$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Digitalización de la voz

- Cuantificación

- Potenciar niveles bajos de señal frente a altos
- Protección frente a niveles bajos de SNR
- Calidad medida por Relación Señal a Distorsión

$$\frac{S}{D} = 4.8 + 6n + CI$$

- CI: Mejora de compresión

$$\text{Ley A} = \begin{cases} \frac{1+\ln(A|x|)}{1+\ln(A)} & \frac{1}{A} \leq |x| \leq 1 \\ \frac{A|x|}{1+\ln(A)} & |x| < \frac{1}{A} \end{cases}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Multiplexación

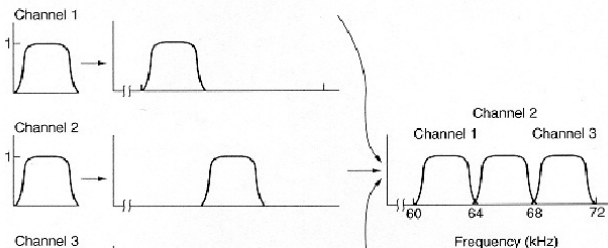
- Combinar dos o más señales en una única de tal manera que:
 - Se pueden recuperar todas de manera independiente.
 - Se transmiten todas por un mismo canal.
 - No varía apreciablemente su calidad.
- Tipos
 - *Frequency Division Multiplex* (FDM).
 - *Time Division Multiplex* (TDM).
 - *Code Division Multiplex* (CDM).

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

FDM

- División del espectro en N canales independientes
- Bandas de guarda
 - Evitar problemas de transmisión



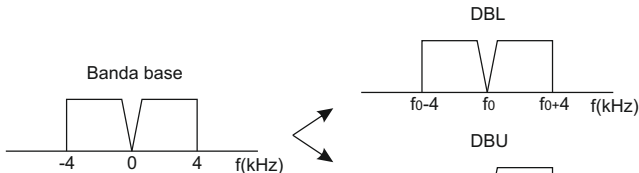
Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVIA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

FDM

- Modulaciones

- De amplitud (AM) (8 kHz).
 - Doble banda lateral (8 kHz)
 - Banda lateral única (4 kHz)

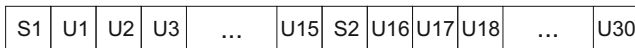


Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVIA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

TDM

- Agrupación de múltiples usuarios por compartición del tiempo
- Trama
 - Según ITU-T: Conjunto cíclico de intervalos de tiempo consecutivos que permiten identificar la posición relativa de cada uno de ellos



- Multitrama
 - Agrupación de múltiples tramas

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

TDM

- Análisis de tramas
 - Estructura de trama
 - M intervalos para canales de voz
 - m bits asociados a cada intervalo
 - $N_b^{Datos} = M \cdot m$ bits de voz
 - $N_b^{Control}$ bits de control
 - $N_b^{Trama} = N_b^{Datos} + N_b^{Control}$
 - Duración de trama
 - $T_{Trama} = \frac{N_b^{Trama}}{R_b}$
 - Velocidad binaria total

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Jerarquías digitales Plesiócronas (JDP, PDH)

- Canales básicos
 - Portadora T1
 - **23 canales de voz** de 64 Kbps.
 - 1 canal de señalización.
 - 1 bit de sincronismo de cada 192 de los 24 canales.
 - **Velocidad 1544 kbps.**
 - Portadora E1
 - **30 canales de voz** de 64 Kbps.
 - 8 bits de trama (1 canal).
 - 8 bits de señalización (1 canal).
 - **Velocidad 2048 kbps.**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

SONET y SDH

- Surge para resolver los inconvenientes de PDH → jerarquía utilizada a nivel mundial.
- *Realmente* síncrona ⇒ reloj único.
- Un solo nivel jerárquico ⇒ insertar o extraer tramas en un único paso.
- Se adapta a los requisitos de los nuevos servicios: transmisión de datos (canales variables).
- Canales de supervisión y servicio.
- Canales de Operación y Mantenimiento (O&M).
- SONET
 - EEUU
 - Primer nivel STS-1 (51.84 Mbps)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

SDH y SONET. Trama básica

SDH		SONET	
N	STM-N	N	STS-N
1	155,52 Mbps	1	51,840 Mbps
		3	155,52 Mbps
		9	466,56 Mbps
4	622,08 Mbps	12	622,08 Mbps
		18	933,12 Mbps
		24	1244,16 Mbps
		36	1866,24 Mbps
		48	2488,32 Mbps
16	2488,32 Mbps	48	2488,32 Mbps

Cartagena99

CLASAS PARTICULARES TUTORÍAS
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
 CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Atenuación

- “Debilitamiento” o pérdida de la señal recibida frente a la transmitida.
- Generalmente, la atenuación es proporcional a la distancia:
 - A partir de una determinada distancia, la señal recibida es tan débil que no se puede recuperar la información que contiene.
- Para “paliar” el efecto de la atenuación se pueden incorporar en el camino de la señal
 - En comunicaciones analógicas → repetidores.
 - En comunicaciones digitales → amplificadores regeneracionales.

0|1|0|1|1|0

0|1|0|1|1|0

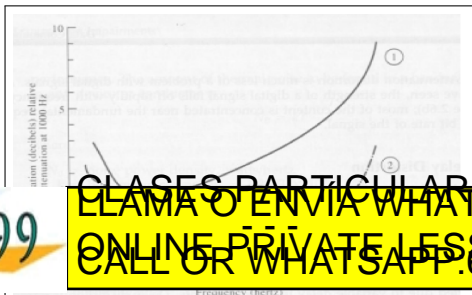
0|1|0|1|1|0

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Distorsión de amplitud

- La atenuación depende de la frecuencia.
- Puede corregirse mediante ecualizadores → conseguir un rango de frecuencias mayor en el que la atenuación permanezca constante.
- En el ejemplo de la figura:
 - (1) Atenuación del canal telefónico.
 - (2) Efecto del ecualizador.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Distorsión de fase y retardo

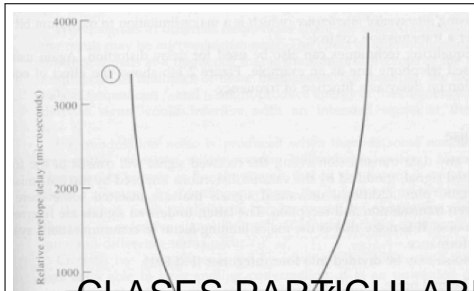
- En los canales “reales”, las componentes de frecuencia de las señales se propagan a mayor velocidad en el entorno de la frecuencia central y a menor en los límites de la banda de frecuencias → **distorsión de fase no lineal**.
- La consecuencia es que en un instante dado, las componentes frecuenciales que llegan al receptor no son las mismas que unos instantes antes envió el receptor → **distorsión de retardo**.
- Este efecto se puede solventar mediante el uso de ecualizadores.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Distorsión de fase y retardo

- En el ejemplo de la figura:
 - (1) Retardo del canal telefónico.
 - (2) Efecto del ecualizador.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVIA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Ruido

- Definición general
 - Toda componente “no deseada” añadida sobre la señal de interés.
- Tipos de ruido
 - Ruido Térmico
 - Presente en todos los dispositivos electrónicos y medios de transmisión.
 - Debido a la fluctuación de los electrones en un conductor.
 - Proporcional a temperatura y densidad espectral de potencia “plana”.
 - Ruido de Intermodulación
 - Aparición de nuevos armónicos por combinación de existentes.
 - Sistemas trabajando en zonas no lineales.
 - Ruido impulsivo
 - Chispas.
- Diafonía

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVIA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Introducción

- Tráfico
 - Cuantificación del uso de la red por parte de los usuarios
- Tráfico ofrecido (T_O)
 - Tráfico total que cubre a todos los usuarios
- Tráfico cursado (T_C)
 - Tráfico real atendido en una red
 - $T_C = T_O(1 - P_B)$
- Tráfico bloqueado o desbordado (T_D)
 - $T_D = T_O P_B$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVIA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Intensidad de tráfico

- $I = \frac{V}{T} = \frac{\sum_{i=1}^M t_i}{T}$, donde
 - M es el número de llamadas.
 - t_i duración de cada llamada.
 - T es el intervalo de observación.
- Es adimensional \rightarrow se mide en Erlangs (circuito o canal ocupado durante una hora)
- Referencias temporales
 - Hora cargada (HC)
 - Intervalo de tiempo de referencia estadística
 - 60 minutos con máximo número de intentos
 - Medidas cada 15 minutos

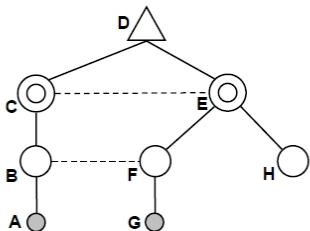
Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

100 segundos

Matriz de tráfico

- Matriz que indica la intensidad de tráfico entre centrales



	B	C	D	E	F	G	H
A	1	2	3	2	1	1	2
B	-	2	7	2	2	1	2
C		-	9	4	3	2	2
D			-	9	5	3	6
E				-	4	2	1
F					-	1	3
G						-	2

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Elementos de un sistema de colas

- Población de clientes
 - Número finito
 - Número infinito
- Servidores
- Línea de espera
- Máxima capacidad del sistema
- Disciplina de la cola
 - FIFO
 - LIFO
 - Aleatorio

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVIA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Notación Kendall

A/B/c/K/m

- A: función de distribución de tasa de llegadas
 - M - Distribución exponencial
 - G - Distribución genérica
 - D - Determinístico
- B: función de distribución del tiempo de servicio
 - M - Distribución exponencial
 - G - Distribución genérica
 - D - Determinístico

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVIA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Sistema de Pérdidas M/M/c/c

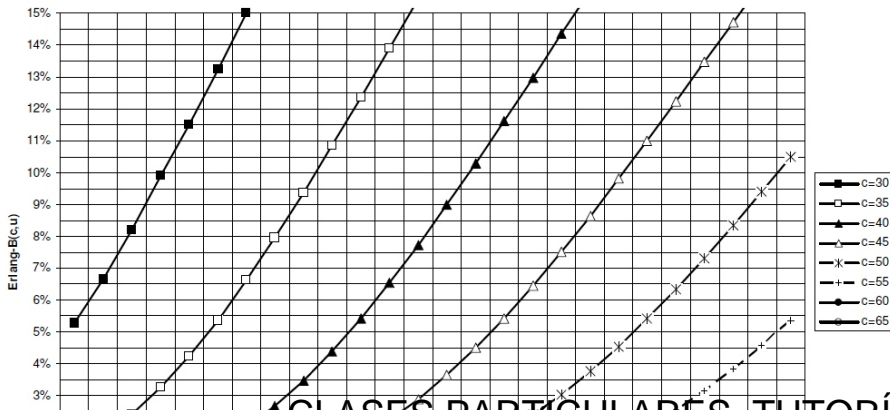
- Tasa de llegadas Poisson
- Tiempo de servicio exponencial
- c líneas telefónicas
- c llamadas simultáneas en el sistema
- Distribución Erlang-B
 - Relaciona el tráfico ofrecido y el número de líneas con la probabilidad de bloqueo del sistema

$$P_B = \frac{I^N / N!}{\sum_{k=0}^N I^k / k!}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Sistema de Pérdidas M/M/c/c



Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVIA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Sistema de Pérdidas M/M/c/c

Maximum Offered Load Versus B and N

B is in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
 LLAMA O ENVIA WHATSAPP. 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
 CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Sistema de Espera M/M/c

- Tasa de llegadas Poisson
- Tiempo de servicio exponencial
- c líneas telefónicas
- Cola de espera infinita
- Distribución Erlang-C
 - Relaciona tráfico ofrecido y número de líneas de servicio con la probabilidad de que una llamada tenga que esperar en el sistema

Cartagena99

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Definiciones y conceptos

- Definición
 - Determinar los caminos a seguir en la red por el tráfico entre dos abonados
- Conceptos
 - Sección
 - Enlace físico entre dos centrales conectadas
 - Sección directa (complementaria)
 - Conecta centrales no jerárquicamente conectadas
 - Sección final
 - Conecta centrales jerárquicamente conectadas
 - Ruta

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font. The "99" is significantly larger and more prominent than the word "Cartagena". The text is set against a light blue and white background with a subtle wave-like pattern.

CLASES PARTICULARES TUTORÍAS
LLAMA O ENVIA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70

Normas de encaminamiento

- Encaminamiento sin vuelta atrás
 - Una central nunca decide dos veces
- Nunca una ruta atraviesa múltiples jerarquías
 - Solo secciones entre jerarquía origen y destino
- Criterios de encaminamiento de central
 - 1 Si existe sección directa con destino se elige
 - 2 Si no existe, se elige sección directa a central más cercana a la de origen
 - 3 Si no existe ninguna sección directa, se elige la final

- Tráfico desbordado siempre a sección final

Cartagena99

CLASIFICACIONES PARTICULARES, TUTORÍAS
CLAMA O ENVIA WHATSAPP. 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SC
CALL OR WHATSAPP. 689 45 44 70