uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

OpenCourseWare

Sistemas Paralelos y Distribuidos

Félix García Carballeira

Alejandro Calderón Mateos

Sistemas escalables en entornos distribuidos

CC BY NC SA

Contenidos

Big
Big
Big
Big
Big

- **Inicio**
- Transición
- (re)Evolución
- (re)Retos

Los inicios: sistemas **no** distribuidos…

Imagen “centralized” generada con dall-e con la siguiente petición: “Ilustración 3D realista de un servidor grande en el centro, rodeado por varias computadoras de escritorio con monitor y teclado. Desde el servidor salen flechas azules en todas direcciones conectando a cada computadora, representando una red cliente-servidor. Estilo realista 3D, con fondo blanco, como una maqueta tecnológica.”

Los inicios: sistemas centralizados…

~ 1960 →

Figura CC SA 1.0 de:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DEC_PDP-7_Minicomputer_from_1964_standing_in_Oslo_prior_to_restoration_in_2005_(edited_image,_without_background)_No_2.jpg

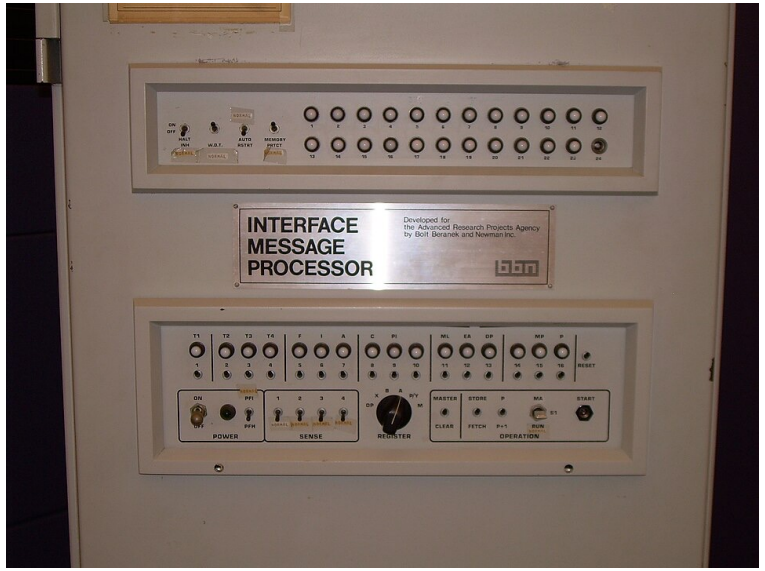
Los inicios: sistemas centralizados…

- Sistema centralizado
  - Mejor mantenimiento
  - Compartición de recursos
  - Repartición de costes

~ 1960

Figura CC SA 1.0 de:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DEC_PDP-7_Minicomputer_from_1964_standing_in_Oslo_prior_to_restoration_in_2005_(edited_image,_without_background)_No_2.jpg

Los inicios: ARPANET…

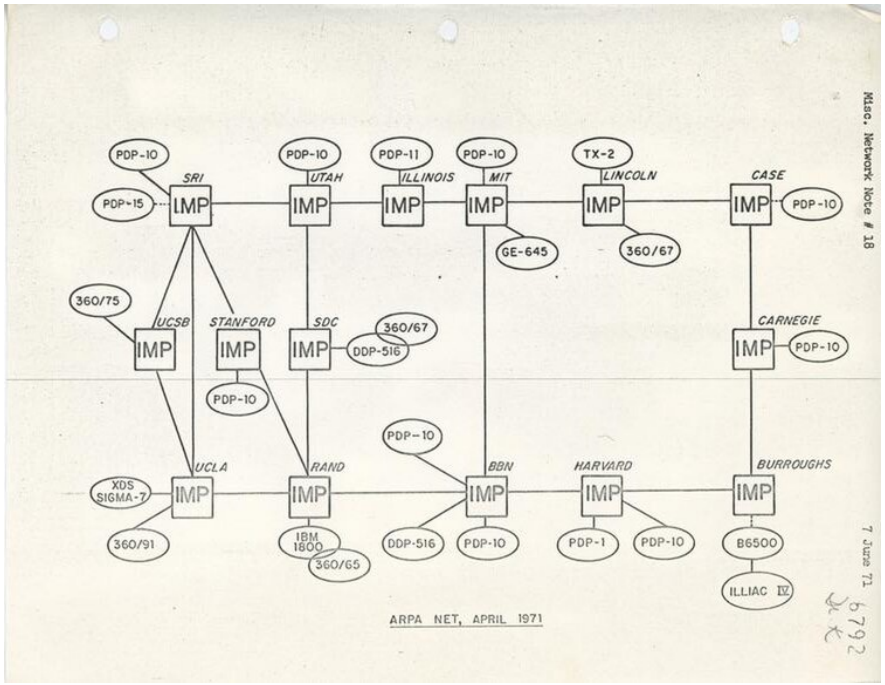


ARPANET

~ 1969

Figura CC BY-SA 2.0 de:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Interface_Message_Processor_-_BBN_Arpanet_Router_-_Computer_History_Museum_%282007-11-10_23.06.56_by_Carlo_Nardone%29.jpg

Los inicios: pre-Internet…



ARPANET

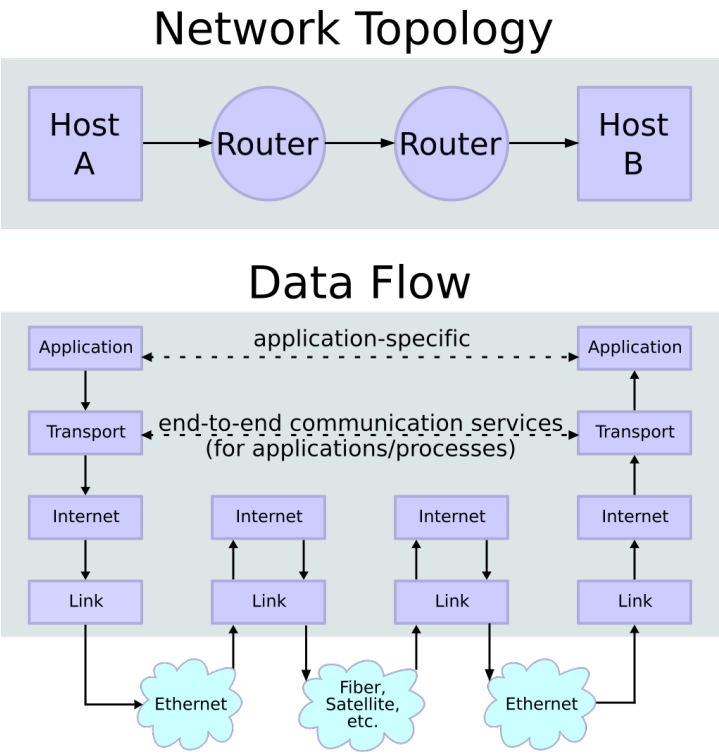
UCLA-BBN
by AT&T

~ 1969

~ 1970

Figura CC BY-SA 4.0 de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e1/ARPANET_Diagram_1971.jpg/750px-ARPANET_Diagram_1971.jpg?20170823140602

Los inicios: TCP/IP…



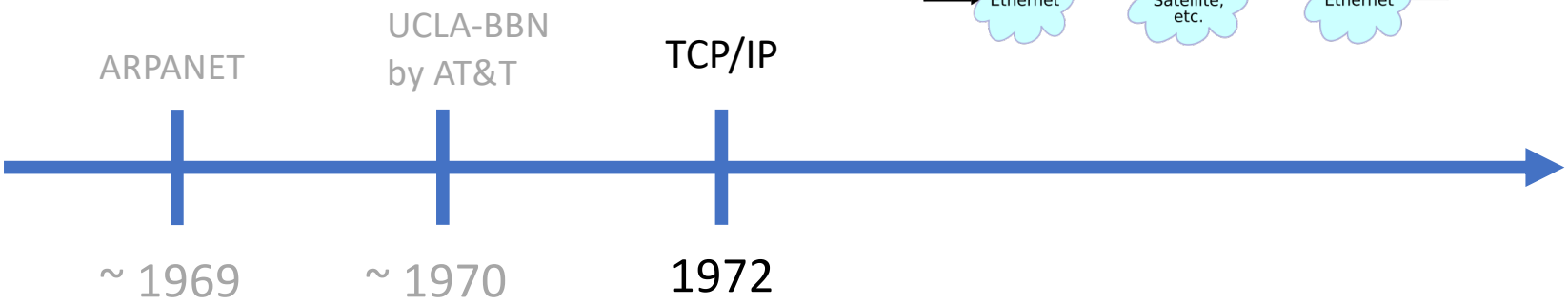
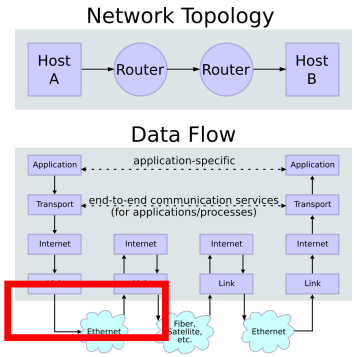
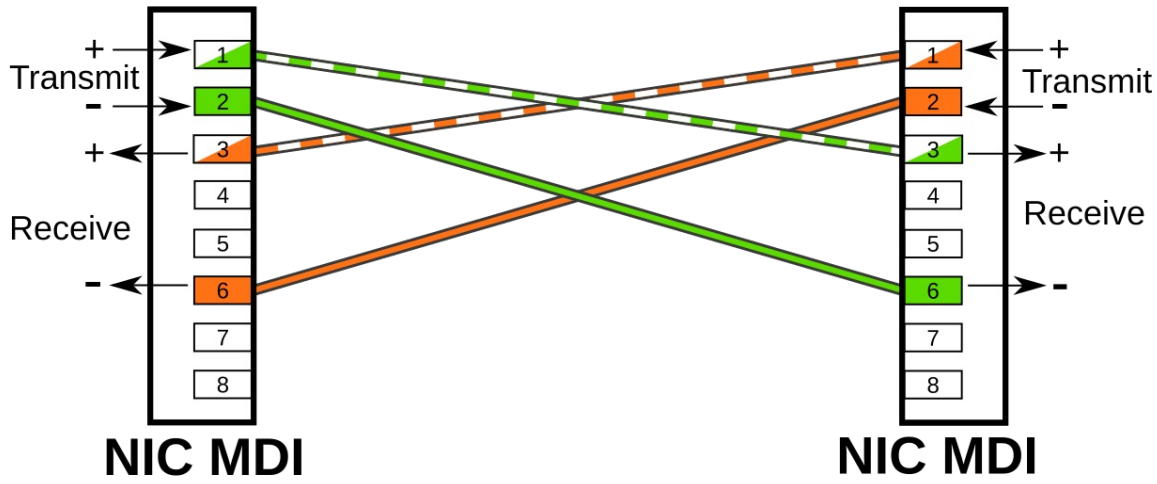


Figura CC BY-SA 3.0 de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d4/IP_stack_connections_%28corrected%29.svg/1020px-IP_stack_connections_%28corrected%29.svg.png?20180721094219

Los inicios: Ethernet…





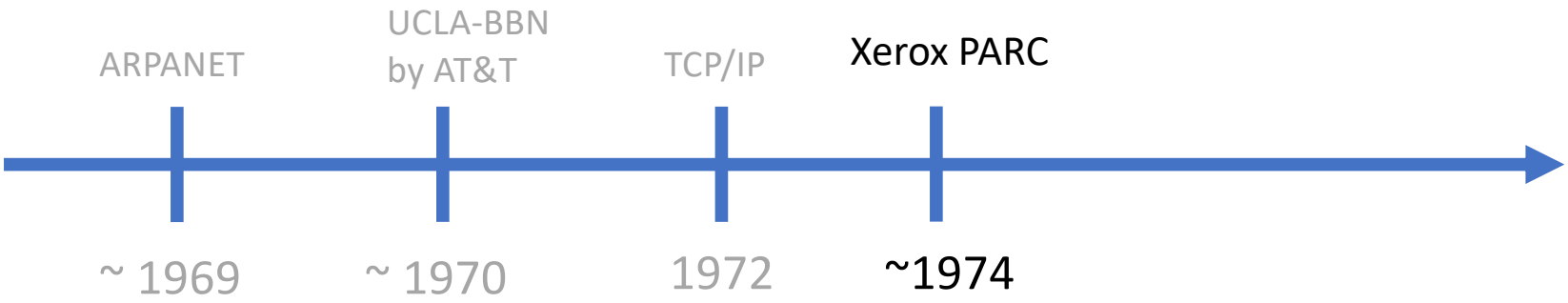
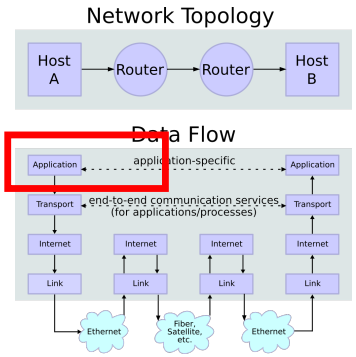
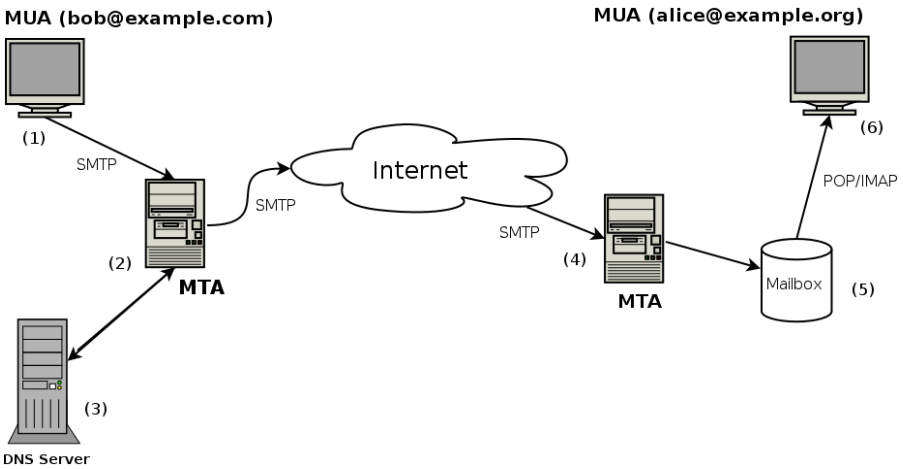


Figura CC BY-SA 3.0 de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5b/Ethernet_MDI_crossover.svg/1246px-Ethernet_MDI_crossover.svg.png?20160403211111

Los inicios: primeros servicios en red…





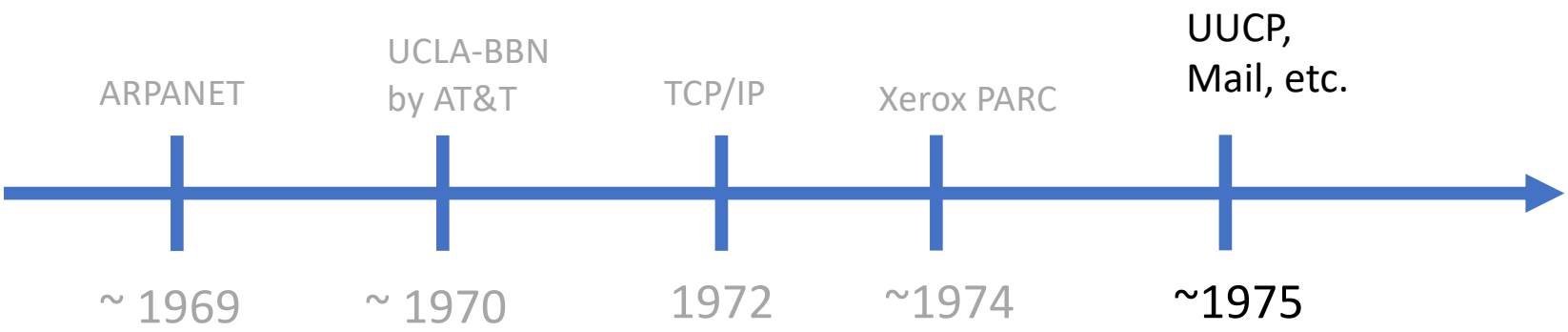


Figura CC BY-SA 3.0 de:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mail_transfer.png

Los inicios: un ordenador en cada…

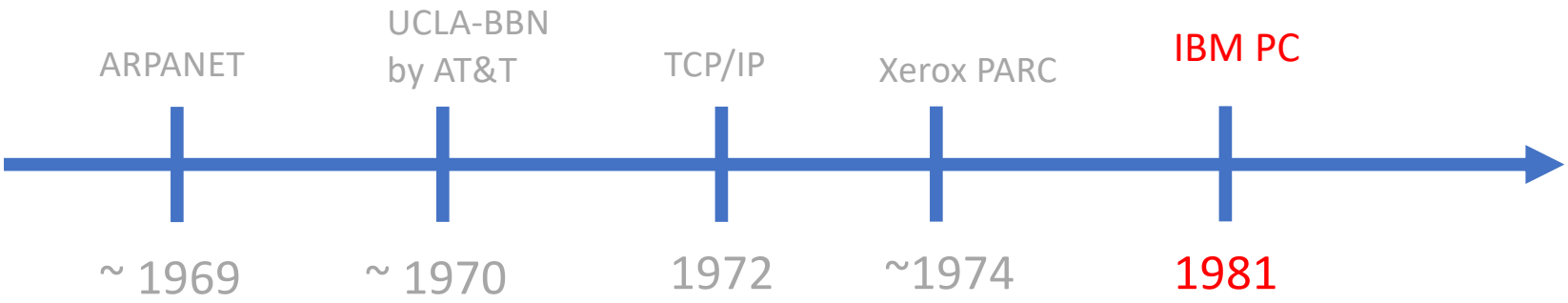
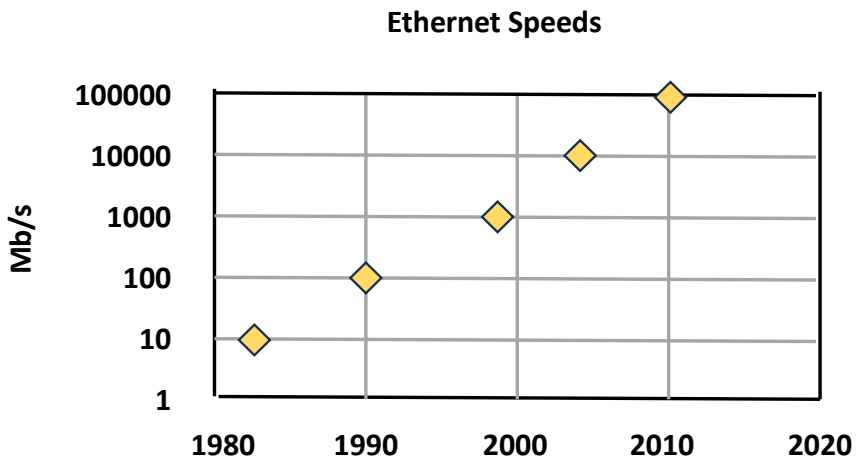
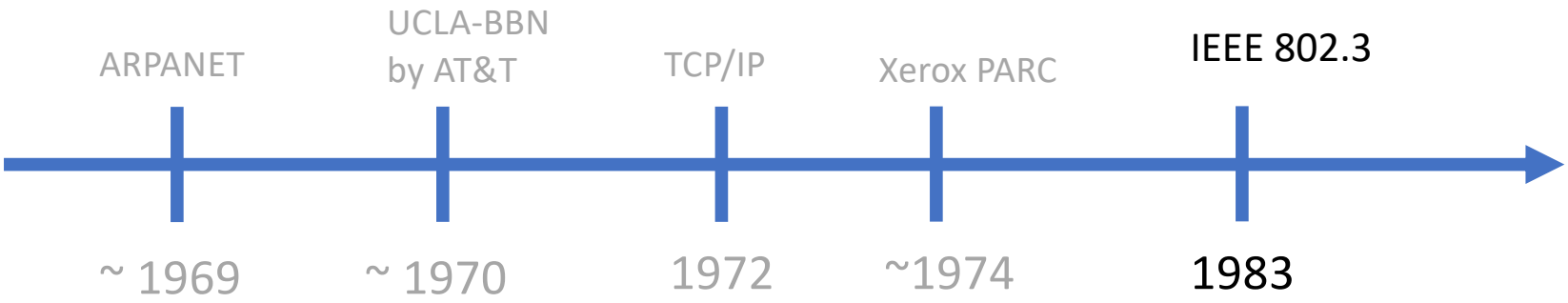


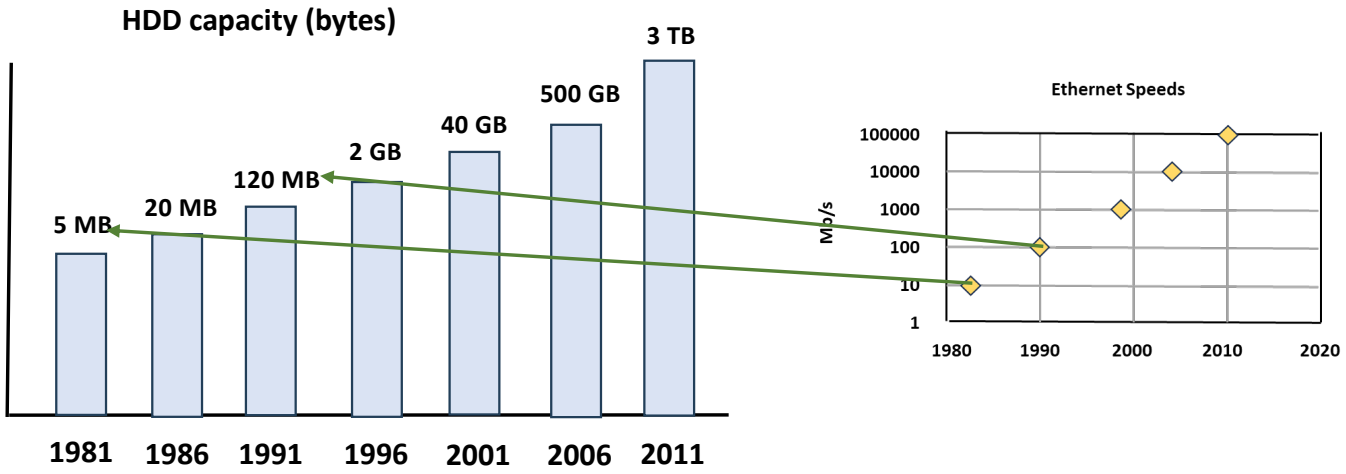
Figura CC BY-SA 3.0 DE de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Bundesarchiv_B_145_Bild-F077948-0006%2C_Jugend-Computerschule_mit_IBM-PC.jpg?20150115143357

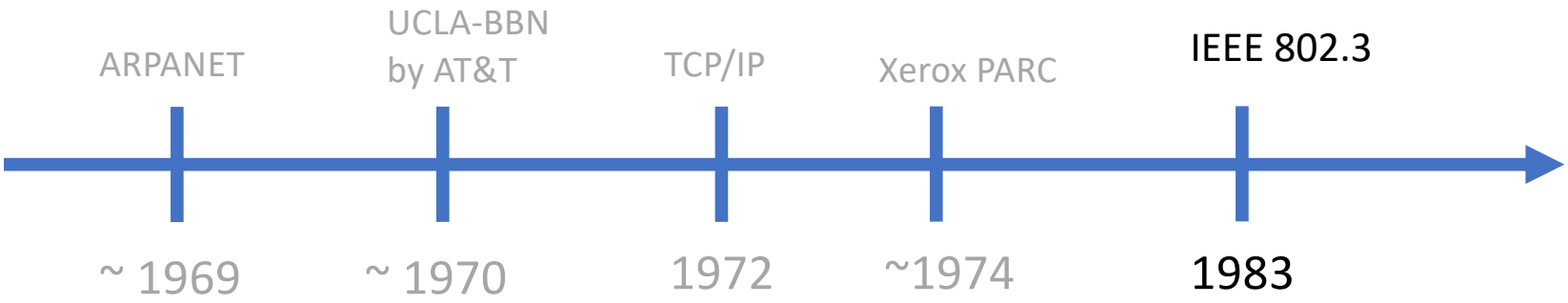
Los inicios: Ethernet más rápida…



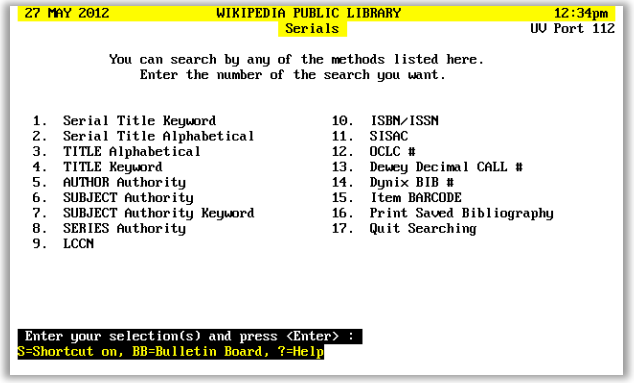


Los inicios: un disco duro en segundos…





Los inicios: compartir información…



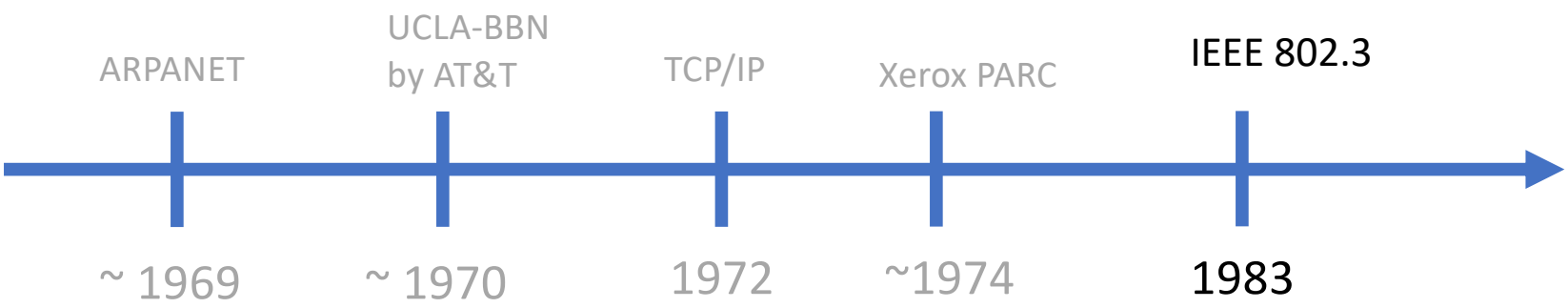


Figura CC0 1.0 Universal de:
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Screenshot_of_Dynix_library_automation_software_in_telnet_color.png

Contenidos

Big
Big
Big
Big
Big

- Inicio
- **Transición**
- (re)Evolución
- (re)Retos

Transición…

Centralized

Virtually centralized ☺

Distributed

Distributed system:
existence of multiple elements is transparent

Imagen “centralized” generada con dall-e con la siguiente petición: “Ilustración 3D realista de un servidor grande en el centro, rodeado por varias computadoras de escritorio con monitor y teclado. Desde el servidor salen flechas azules en todas direcciones conectando a cada computadora, representando una red cliente-servidor. Estilo realista 3D, con fondo blanco, como una maqueta tecnológica.”
Imagen “distributed” generada con dall-e con la siguiente petición: “Ilustración 3D de una nube azul en el centro, con varias flechas azules que salen hacia diferentes dispositivos tecnológicos alrededor. Los dispositivos incluyen: laptop, computadora de escritorio, servidor, tableta, smartphone y disco externo. Estilo minimalista, con fondo blanco”

Las transiciones no son fáciles…

Centralized

Virtually centralized ☺

Distributed

Distributed system:
existence of multiple elements is transparent

Imagen "centralized" generada con dall-e con la siguiente petición: "Ilustración 3D realista de un servidor grande en el centro, rodeado por varias computadoras de escritorio con monitor y teclado. Desde el servidor salen flechas azules en todas direcciones conectando a cada computadora, representando una red cliente-servidor. Estilo realista 3D, con fondo blanco, como una maqueta tecnológica."
Imagen "distributed" generada con dall-e con la siguiente petición: "Ilustración 3D de una nube azul en el centro, con varias flechas azules que salen hacia diferentes dispositivos tecnológicos alrededor. Los dispositivos incluyen: laptop, computadora de escritorio, servidor, tableta, smartphone y disco externo. Estilo minimalista, con fondo blanco"

Las transiciones no son fáciles…
Expectativas

- Distributed Systems: concepts and design
- George Coulouris et al
- Fifth edition

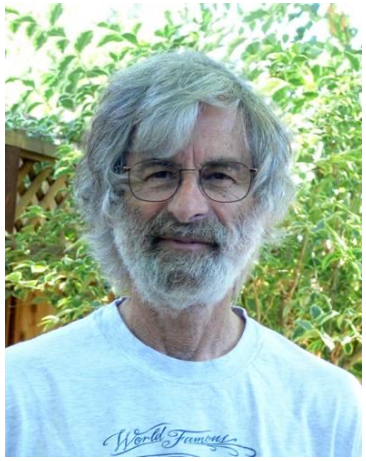
"We define a distributed system as one in which hardware or software components located at networked computers communicate and coordinate their actions only by passing messages"

- Distributed Systems: principles and paradigms
- Andrew S. Tanenbaum, Maarten Van Steen
- Second edition

"A distributed system is a collection of independent computers that appears to its users as a single coherent system"

Las transiciones no son fáciles…

Realidades



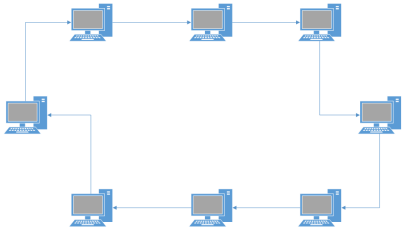
"A distributed system is one in which the failure of a computer you didn't even know existed can render your own computer unusable"

Leslie Lamport

Figura de:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leslie_Lamport.jpg

Las transiciones no son fáciles…

Retos…



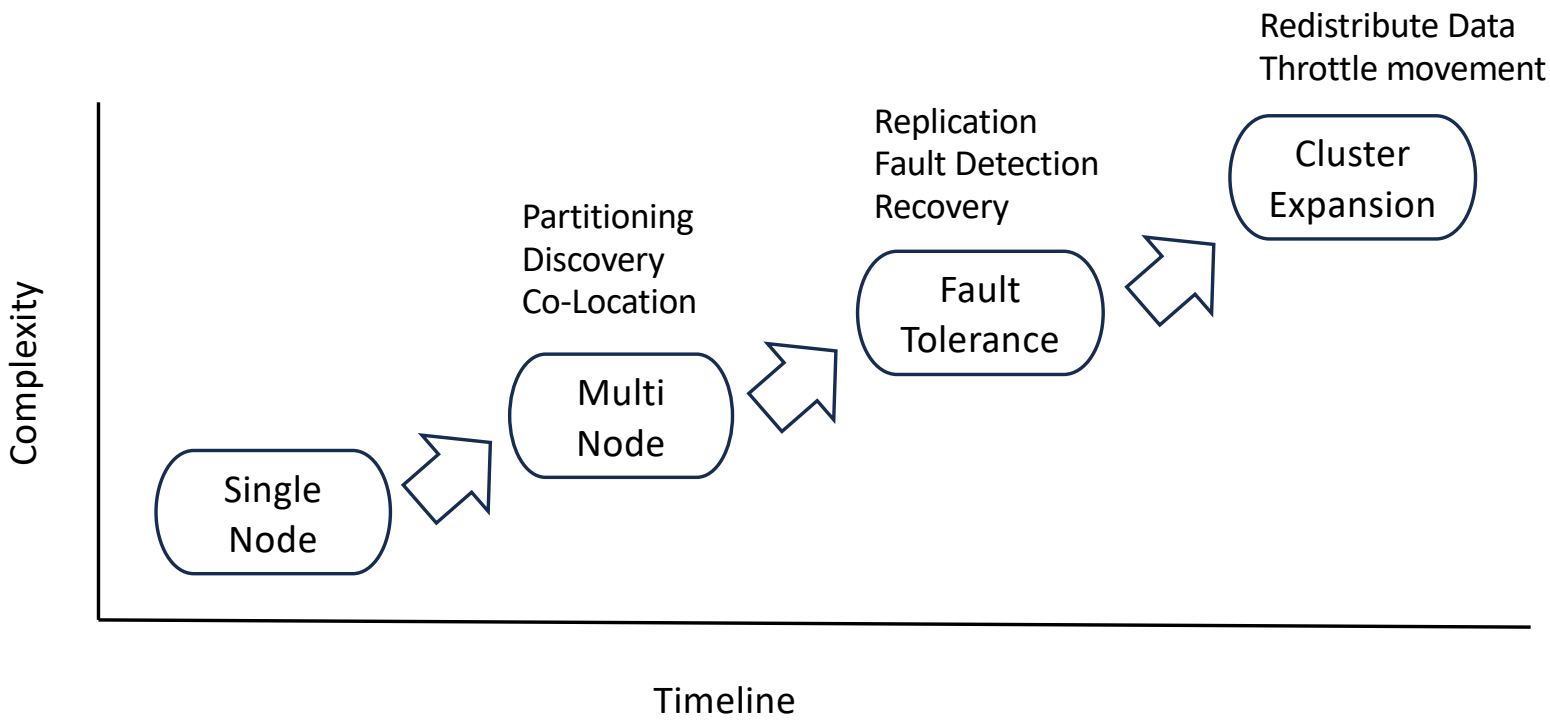
Peter Deutsch et al.

- The network is reliable
- The network is secure
- The network is homogeneous
- The topology does not change
- Latency is zero
- Bandwidth is infinite
- Transport cost is zero
- There is one administrator

Figura CC BY-SA 4.0 de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7f/Nik%27sRingNetwork.png?20160830153359

Las transiciones no son fáciles…

Retos…



Las transiciones no son fáciles…

Áreas de trabajo…

- Distributed Systems: concepts and design
- George Coulouris et al
- Fifth edition

- ☐ Heterogeneity
- ☐ Openness
- ☐ Security
- ☐ Scalability
- ☐ Failure Handling
- ☐ Concurrency
- ☐ Transparency

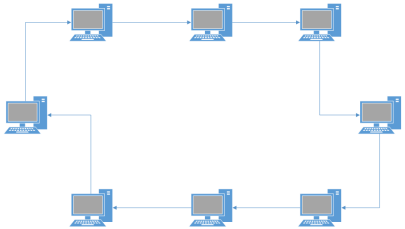


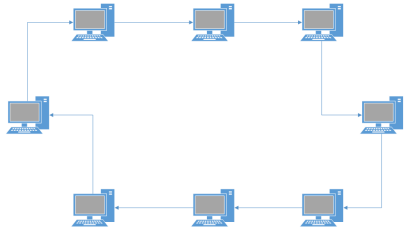
Figura CC BY-SA 4.0 de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7f/Nik%27sRingNetwork.png?20160830153359

Las transiciones no son fáciles…

Lecciones aprendidas…

- **Distributed Systems: concepts and design**
- **George Coulouris et al**
- **Fifth edition**

- ☐ Heterogeneity
- ☐ Openness
- ☐ Security
- ☐ Scalability
- ☐ Failure Handling
- ☐ Concurrency
- ☐ Transparency

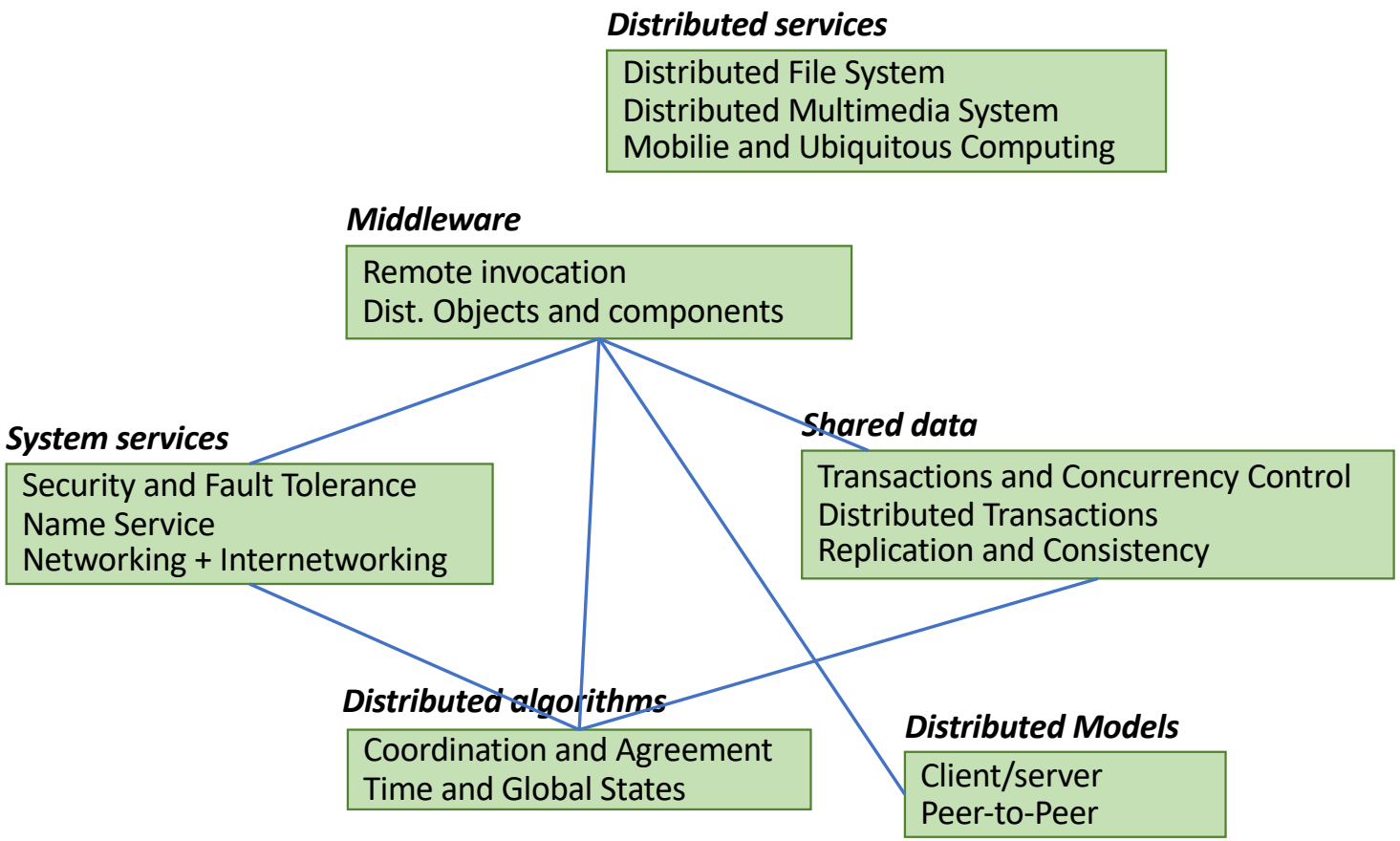


Software/hardware extra en S.D.: conseguir que la existencia de múltiples elementos sea transparente

Figura “red” CC BY-SA 4.0 de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7f/Nik%27sRingNetwork.png?20160830153359
Figura “director” CC0 1.0 de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/80/German_conductor%2C_1908.svg/758px-German_conductor%2C_1908.svg.png?20210816153923

Las transiciones no son fáciles…

Lecciones aprendidas: elementos típicos…



Contenidos

Big
Big
Big
Big
Big

- Inicio
- Transición
- (re)**Evolución**
- (re)Retos

Sistemas distribuidos: mayor tamaño…

Virtually centralized ☺

Distributed

Distributed system:
existence of multiple elements is transparent

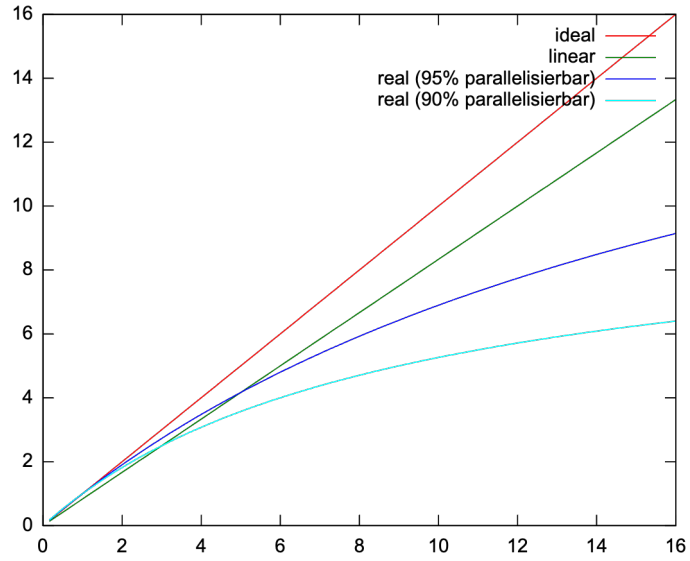
Cloud

Cloud computing:
Ubiquitous, on-demand access to shared pool of computing resources

Imagen "distributed" generada con dall-e con la siguiente petición: "Ilustración 3D de una nube azul en el centro, con varias flechas azules que salen hacia diferentes dispositivos tecnológicos alrededor. Los dispositivos incluyen: laptop, computadora de escritorio, servidor, tableta, smartphone y disco externo. Estilo minimalista, con fondo blanco"
Imagen "cloud" generada con dall-e con la siguiente petición: "Ilustración 3D de una gran nube azul en la parte superior derecha, con varias líneas azules que bajan desde la nube y se conectan con diferentes dispositivos tecnológicos en la parte inferior. Los dispositivos incluyen: laptop, computadora de escritorio con monitor, tableta y smartphone. Estilo minimalista, con fondo blanco"

Sistemas distribuidos: mayor tamaño…

Todas las **casas** conectadas



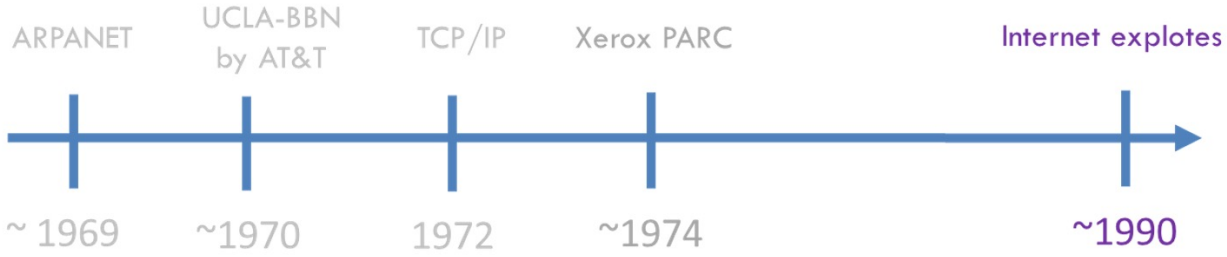
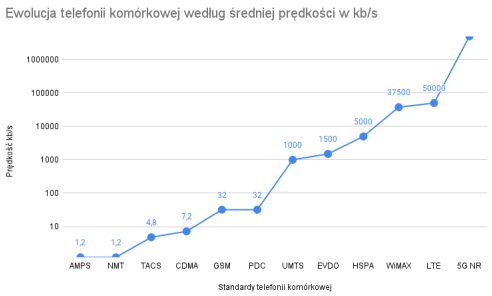
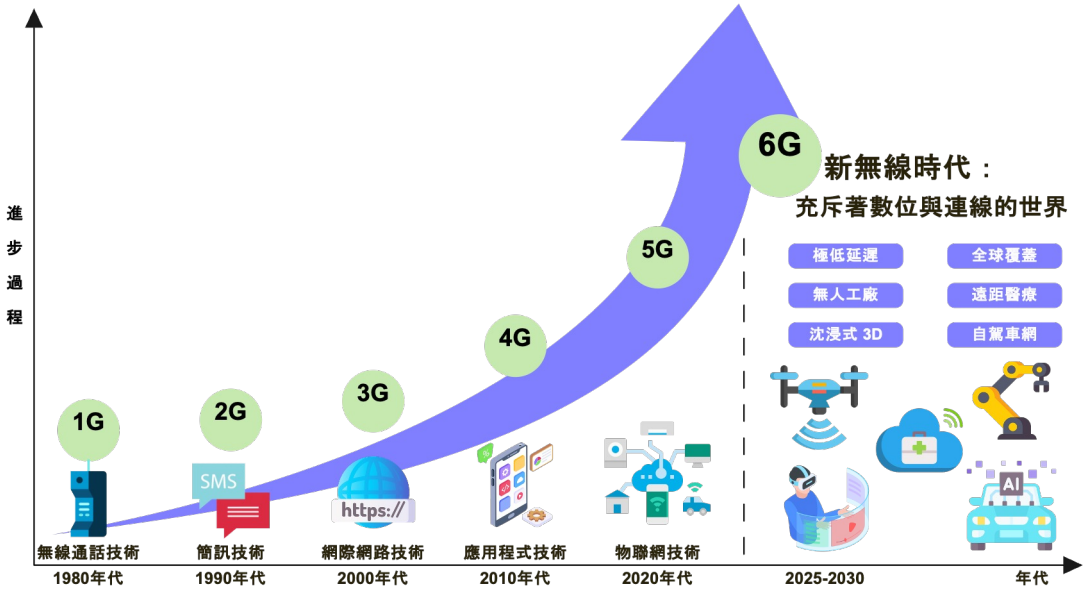
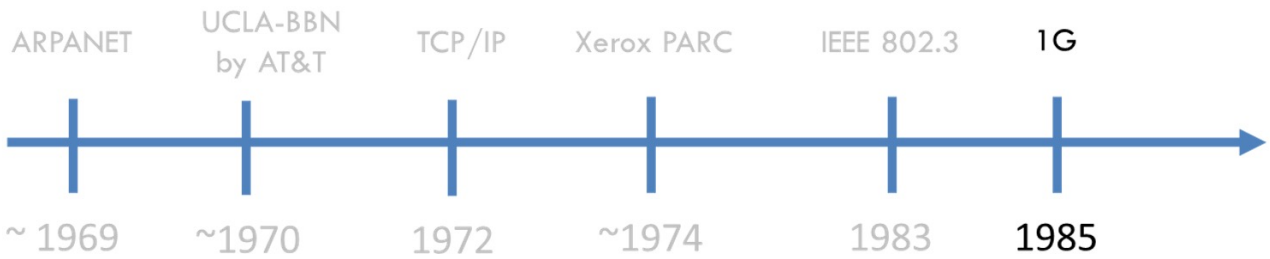


Figura CC BY-SA 3.0 de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/86/Speedup.svg

Sistemas distribuidos: movilidad…



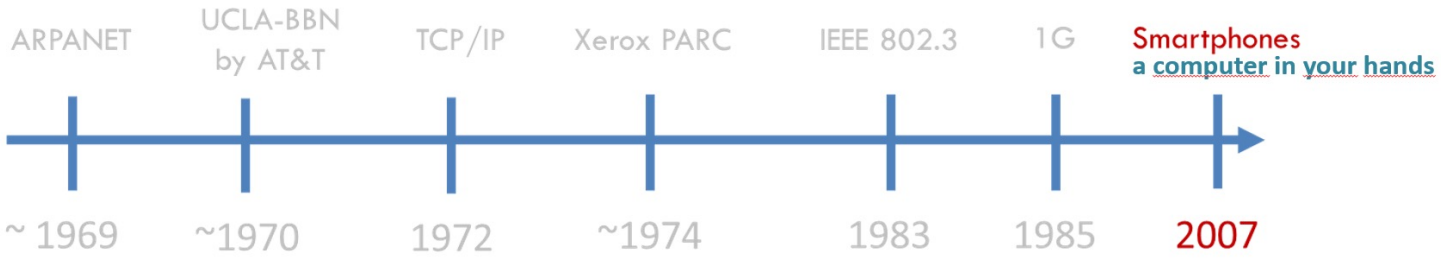




Figuras CC BY-SA 4.0 de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/12/1-6gUsageScenarios.svg
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Ewolucja_telefonii_kom%C3%B3rkowej_wed%C5%82ug_pr%C4%99dko%C5%9Bci.png

Sistemas distribuidos: mayor tamaño…

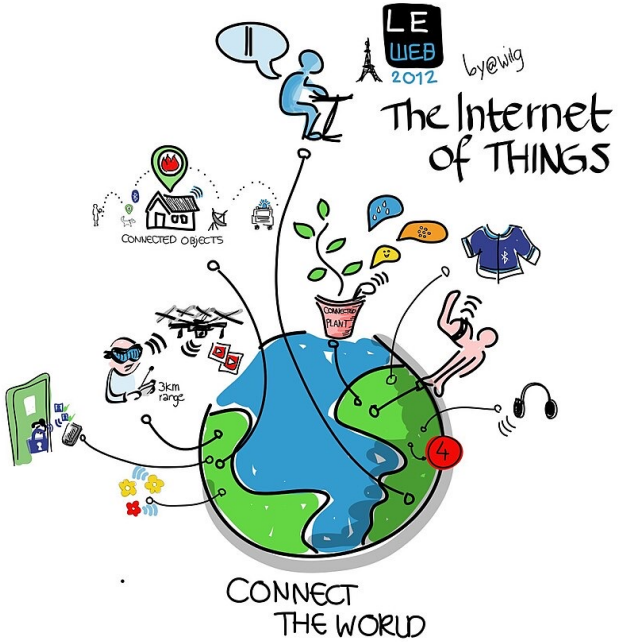
Todas las **personas** conectadas



Figuras CC BY-SA 3.0 de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9d/Nokia_N95_landscape.jpg/640px-Nokia_N95_landscape.jpg

Sistemas distribuidos: mayor tamaño…

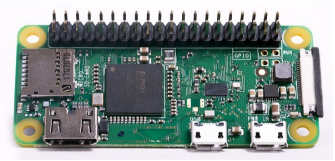
Todas las **cosas** conectadas

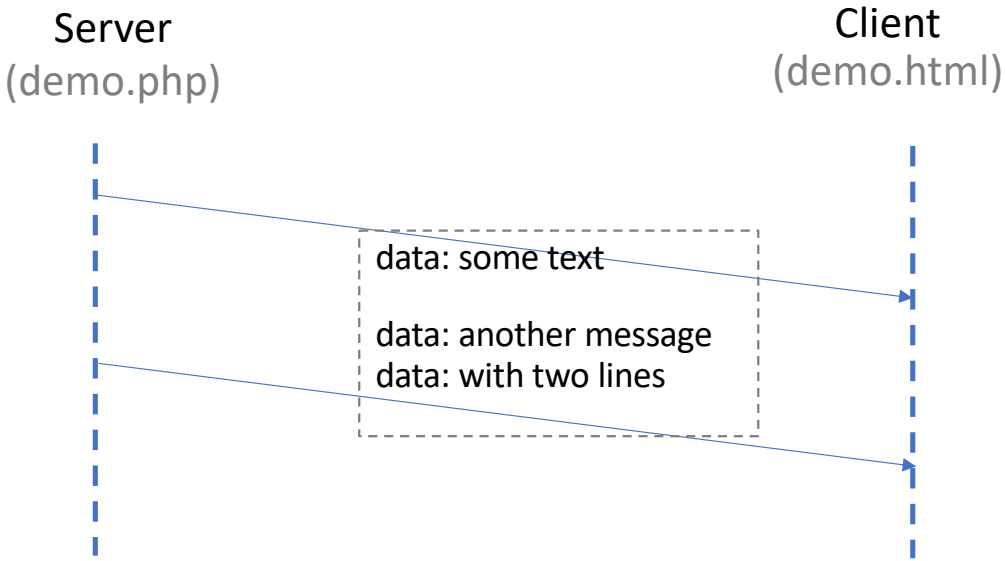


Figuras CC BY 2.0 de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9d/Nokia_N95_landscape.jpg/640px-Nokia_N95_landscape.jpg

Ejemplo de IoT:

PI_0 + HTML5 Server-Sent Events



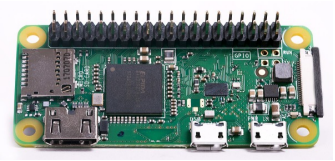


- La página web recibe actualizaciones de un servidor
  - sin solicitarlas, las actualizaciones se producen automáticamente
- Ejemplos: actualizaciones de redes sociales, cotizaciones bursátiles, fuentes de noticias, etc.

Figuras CC BY-SA 4.0 de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/56/Raspberry_Pi_Zero_WH.jpg/1200px-Raspberry_Pi_Zero_WH.jpg?20250410163329

Ejemplo de IoT:

PI_0 + HTML5 Server-Sent Events



Server
(demo.php)

```
<?php
  header('Content-Type: text/event-stream');
  header('Cache-Control: no-cache');

  while (1)  {
    echo "data: {'time': " . date('r') . "}\n\n";
    ob_flush(); flush();
    sleep(1);
  }
?>
```

Client
(demo.html)

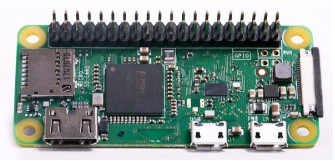
```
<span id="result"></span>
<script>
var source = new EventSource("demo.php");
source.onmessage = function (e) {
      var ref = document.getElementById("result") ;
      ref.innerHTML += e.data + "<br>";
};
source.onerror = function(e) { alert("Problems..."); };
</script>
```

- La página web recibe actualizaciones de un servidor
  - sin solicitarlas, las actualizaciones se producen automáticamente
- Ejemplos: actualizaciones de redes sociales, cotizaciones bursátiles, fuentes de noticias, etc.

Figuras CC BY-SA 4.0 de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/56/Raspberry_Pi_Zero_WH.jpg/1200px-Raspberry_Pi_Zero_WH.jpg?20250410163329

Ejemplo de IoT:

PI_0 + HTML5 Server-Sent Events



Server
(demo.php)

```
echo "HTTP/1.1 200 OK"
echo "Access-Control-Allow-Origin: *"
echo "Content-Type: text/event-stream"
echo "Cache-Control: no-cache"
echo ""

while [ 1 ]; do
    T=$(date +%H:%M:%S)
    echo "data: {'timestamp': $T}\n\n"
    sleep 1
done
```

(demo-nc.sh)

```
./demo.sh | nc -l -p 8080
```

Client
(demo.html)

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>   <meta charset="utf-8" /> </head>
<body>
  <script>
    var s = new EventSource('http://<ip>:8080');
    s.onmessage = function(e) {
        document.body.innerHTML += e.data + '<br>';
    };
  </script>
</body>
</html>
```

Figuras CC BY-NC-ND 4.0 de:
https://www.researchgate.net/publication/350875503/figure/fig1/AS:1012692441632768@1618456101709/Growth-of-IoT-devices-Source-Cisco_W640.jpg

Sistemas distribuidos de mayor tamaño…

Internet of Things (IoT)

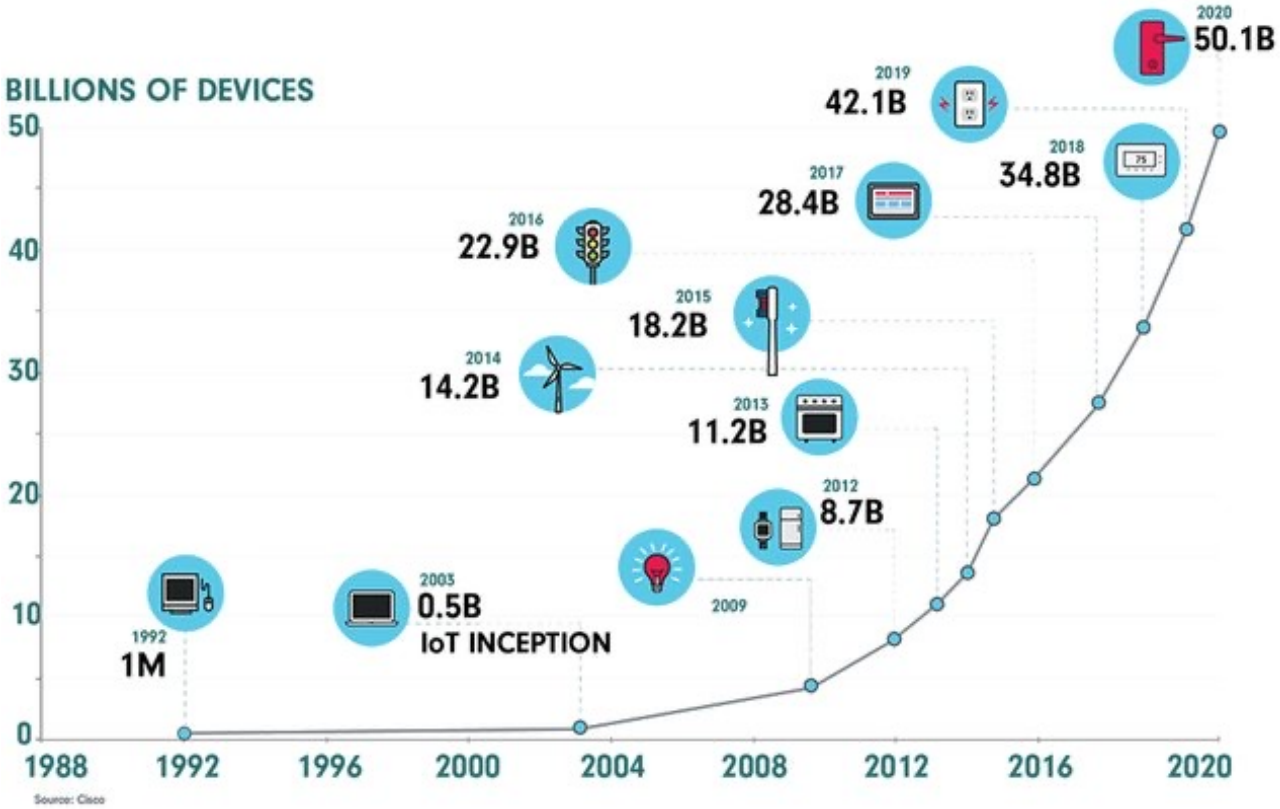


Figura CC BY-NC-ND 4.0 de:
https://www.researchgate.net/publication/350875503_WiFiNet_WiFi-based_indoor_localisation_using_CNNs/figures?lo=1

Contenidos

Big
Big
Big
Big
Big

- Inicio
- Transición
- (re)Evolución
- **(re)Retos**

Dependencia cada vez mayor…

Virtually centralized ☺

Distributed

Distributed system:
existence of multiple elements is transparent

Cloud

Cloud computing:
Ubiquitous, on-demand access to shared pool of computing resources

Imagen “distributed” generada con dall-e con la siguiente petición: “Ilustración 3D de una nube azul en el centro, con varias flechas azules que salen hacia diferentes dispositivos tecnológicos alrededor. Los dispositivos incluyen: laptop, computadora de escritorio, servidor, tableta, smartphone y disco externo. Estilo minimalista, con fondo blanco”
Imagen “cloud” generada con dall-e con la siguiente petición: “Ilustración 3D de una gran nube azul en la parte superior derecha, con varias líneas azules que bajan desde la nube y se conectan con diferentes dispositivos tecnológicos en la parte inferior. Los dispositivos incluyen: laptop, computadora de escritorio con monitor, tableta y smartphone. Estilo minimalista, con fondo blanco”

Dependencia cada vez mayor…

criticidad con difícil vuelta atrás

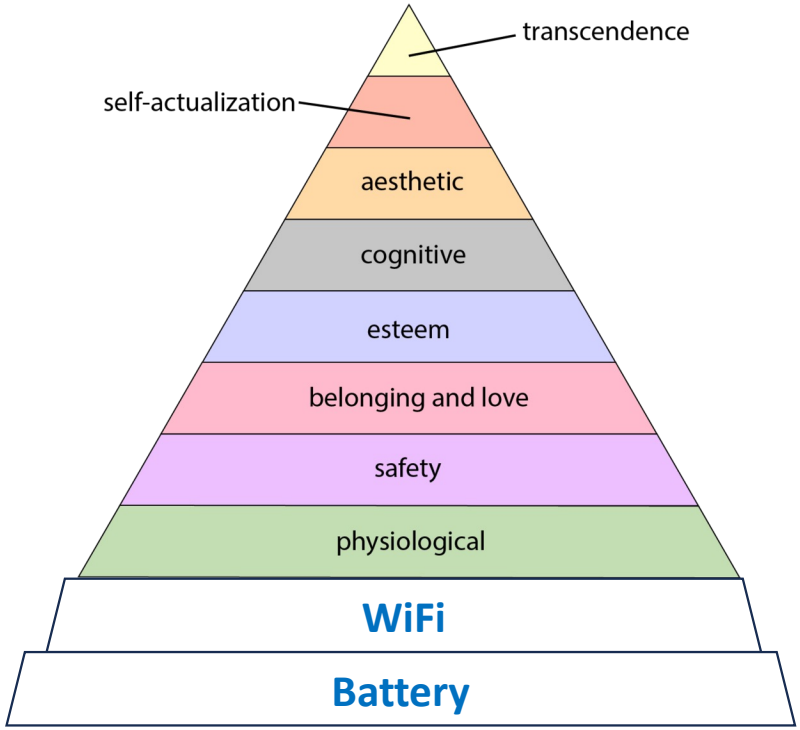


Figura CC BY-NC-ND 4.0 de:
https://www.researchgate.net/publication/350875503_WiFiNet_WiFi-based_indoor_localisation_using_CNNs/figures?lo=1

Nuevos retos…

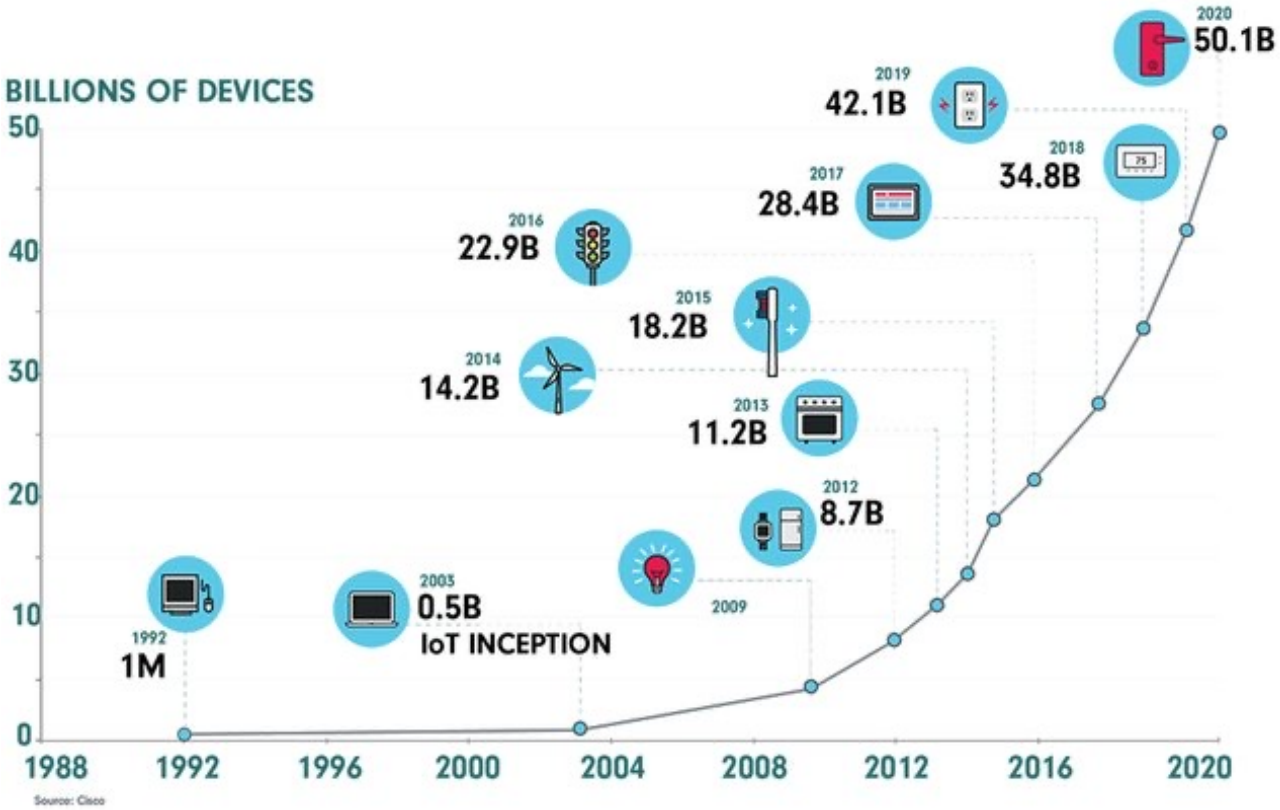


Figura CC BY-NC-ND 4.0 de:
https://www.researchgate.net/publication/350875503_WiFiNet_WiFi-based_indoor_localisation_using_CNNs/figures?lo=1

Big data is coming…

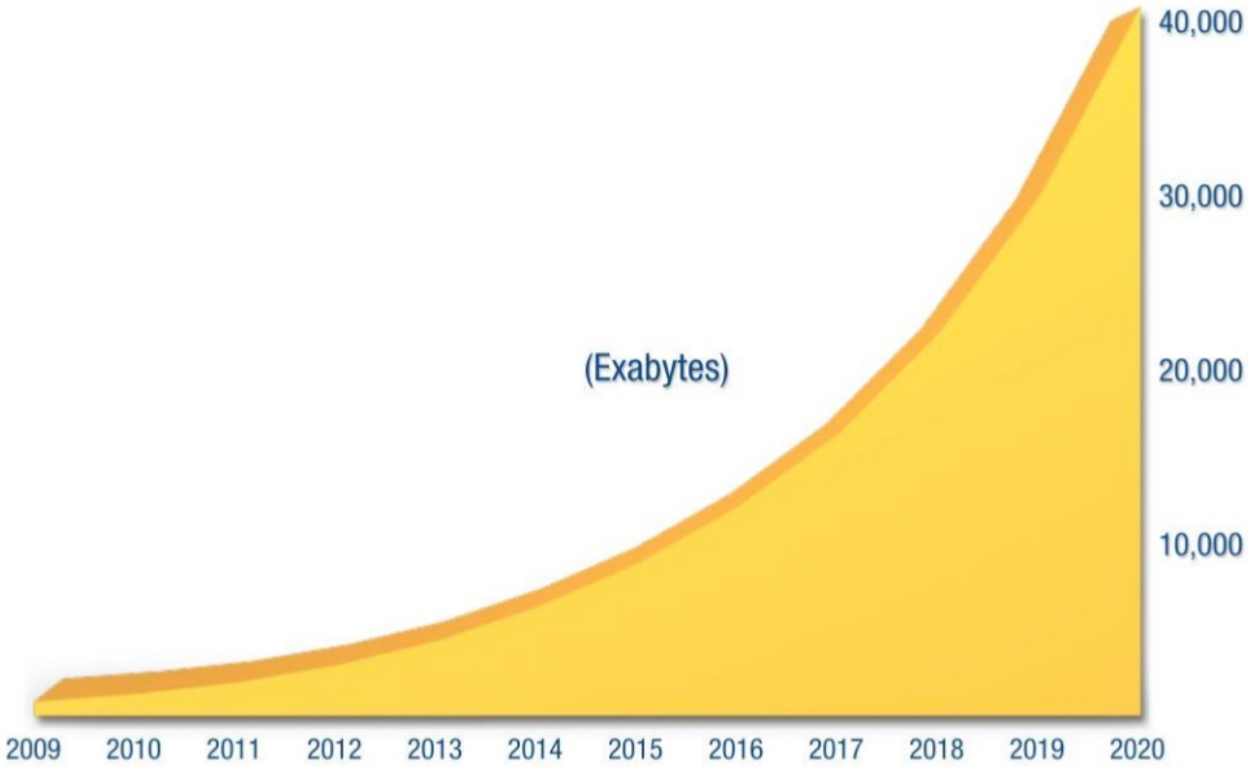
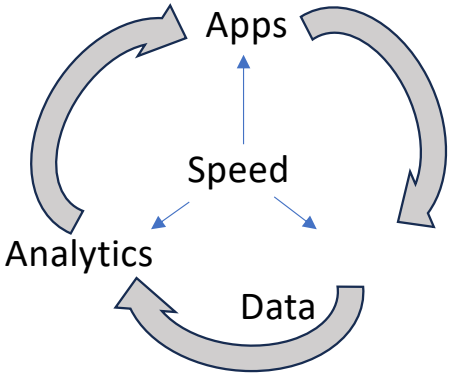


Figura CC BY-SA 4.0 de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a3/BigDataGrowth.png?20160116193138

Big Data frequently used…



- Text mining
- Index building
- Graph creation and analysis
- Pattern recognition
- Prediction model
- …

Big Data & Big Processing

Las cuatro V del Big Data

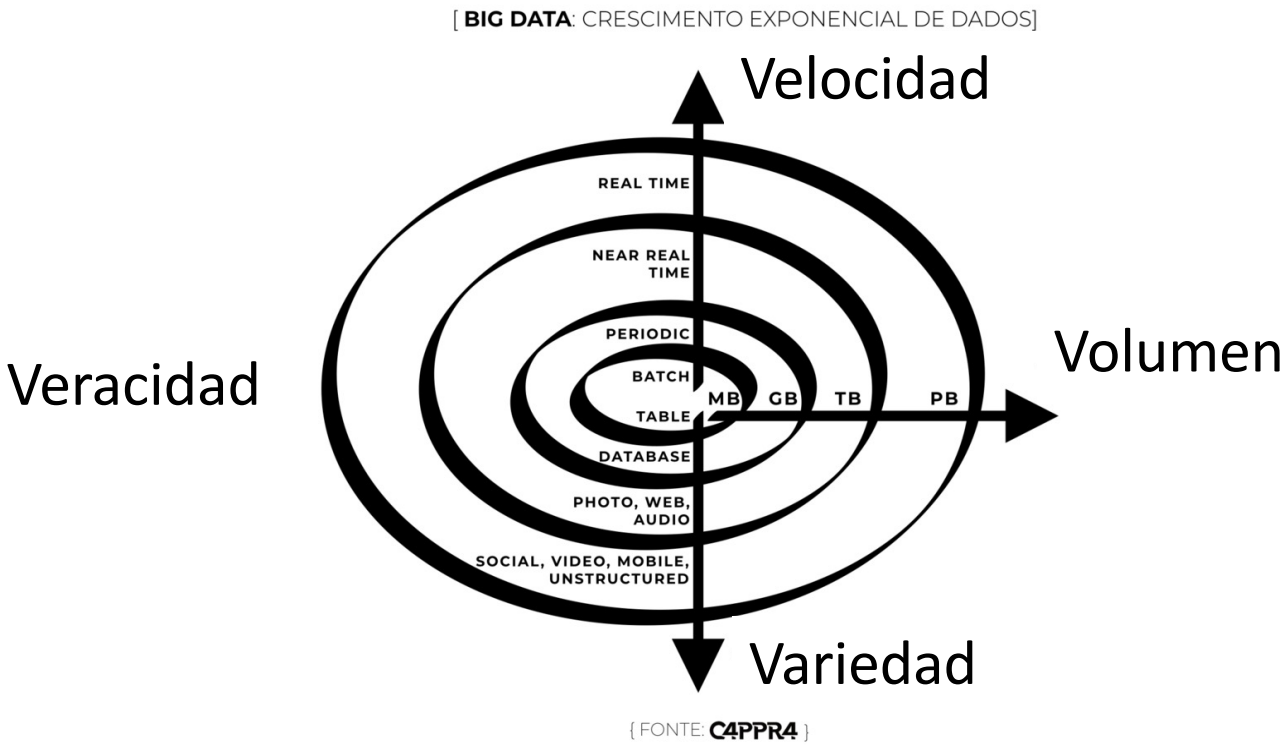


Figura CC BY-SA 4.0 de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6c/Infogr%C3%A1fico_Big_Data%2C_crescimento_exponencial_de_dados.png/1182px-Infogr%C3%A1fico_Big_Data%2C_crescimento_exponencial_de_dados.png?20180813173210

Las transiciones siguen sin ser fáciles…

Áreas de trabajo…

- Heterogeneity
- Openness
- Security
- Scalability
- Failure Handling
- Concurrency
- Transparency

- A system is scalable if will remain effective when there is a significant increase in the number of resources and the number of users (represented by client programs).

Las transiciones siguen sin ser fáciles…

Áreas de trabajo…

- Heterogeneity
- Openness
- Security
- Scalability
- Failure Handling
- Concurrency
- Transparency

- A system is scalable if will remain effective when there is a significant increase in the number of resources and the number of users (represented by client programs).

- Many challenges:
  - Control of performance degradation
  - Cost of physical resources
    - But preventing running out of resources
    - But avoiding performance bottlenecks

Contenidos

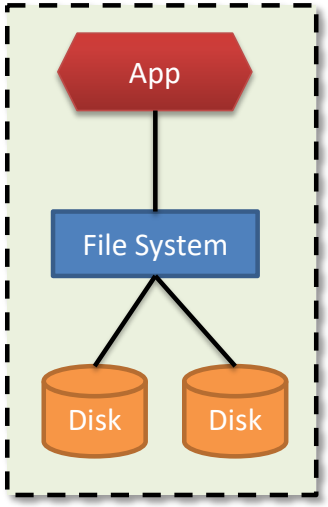
Big
Big
Big
Big
Big

- Inicio
- Transición
- (re)Evolución
- (re)Retos

- **Inicio**
- Hadoop
- Ecosistema
- Evolución

Repaso de opciones… (1/3)

DAS
Direct Attached Storage

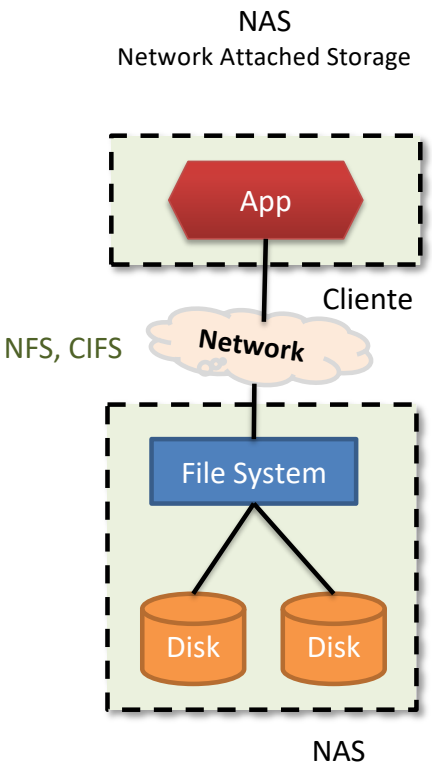


Ordenador

- V/I:
  - Rapidez, simplicidad
  - No compartición, crecimiento limitado

Figura CC BY-SA 2.0 de:
https://www.flickr.com/photos/bike/187615118

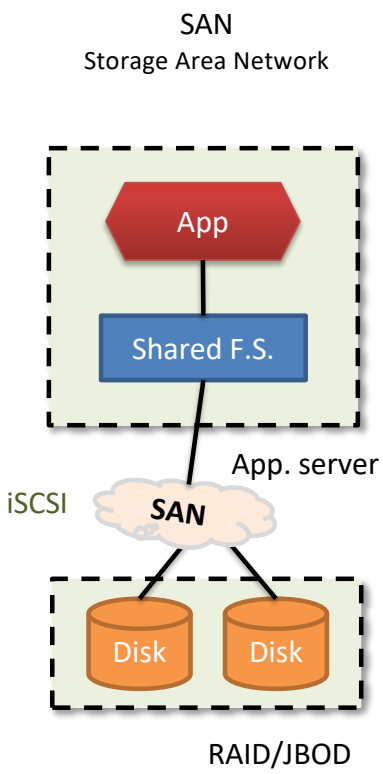
Repaso de opciones… (2/3)



- V/I:
  - Compartición (RO), crecimiento
  - Red limita velocidad y crecimiento

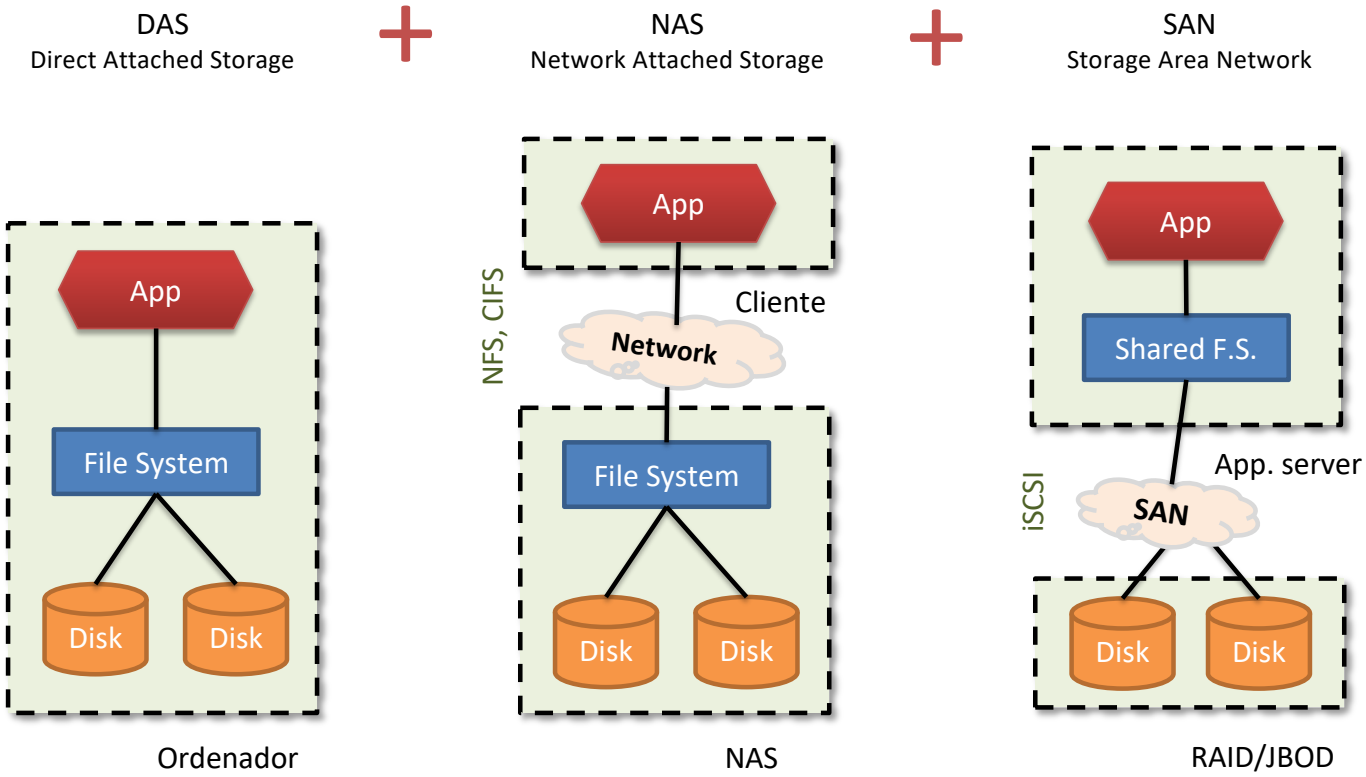
Figura CC BY 2.0 de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Asustor_AS-302T_face_20140516.jpg?20151129080409

Repaso de opciones… (3/3)

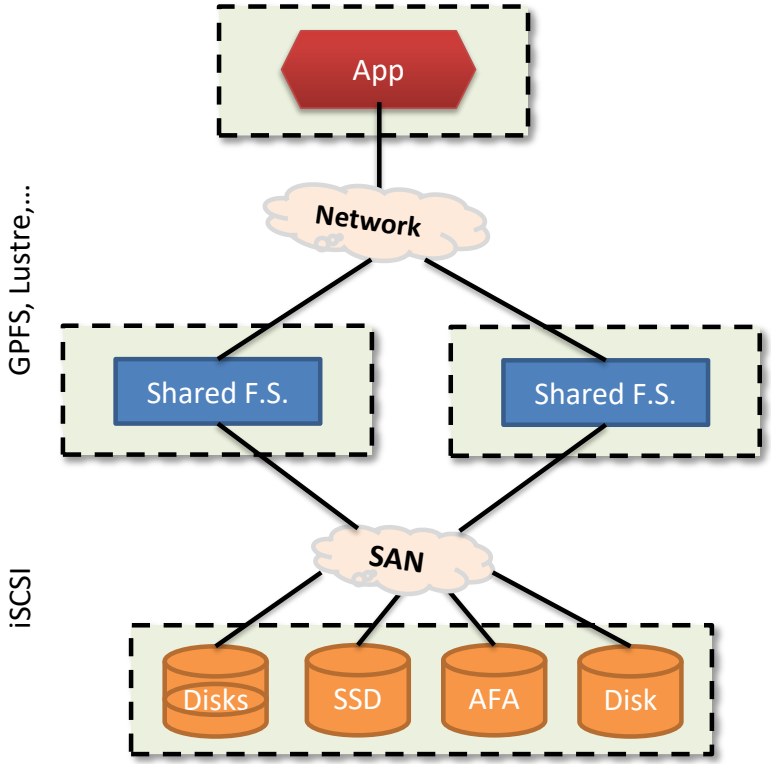


- V/I:
  - Mejor crecimiento-velocidad
  - Complejidad, coste

Combinación de opciones…



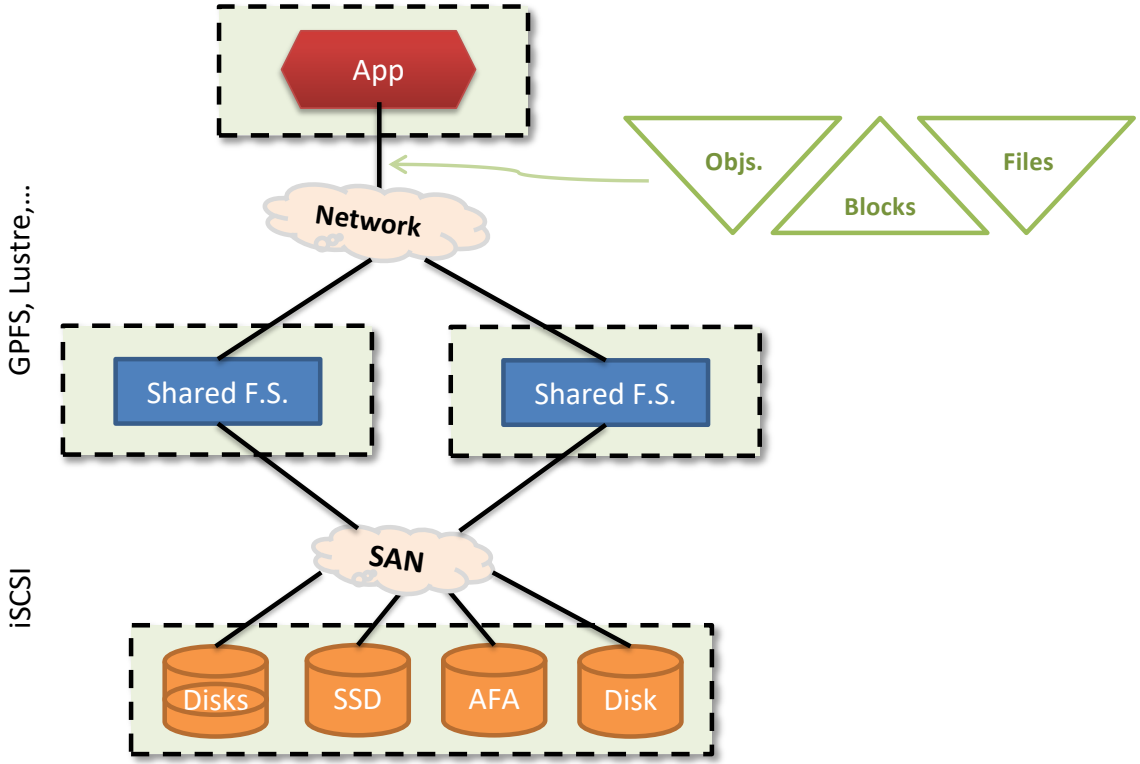
Combinación de opciones…



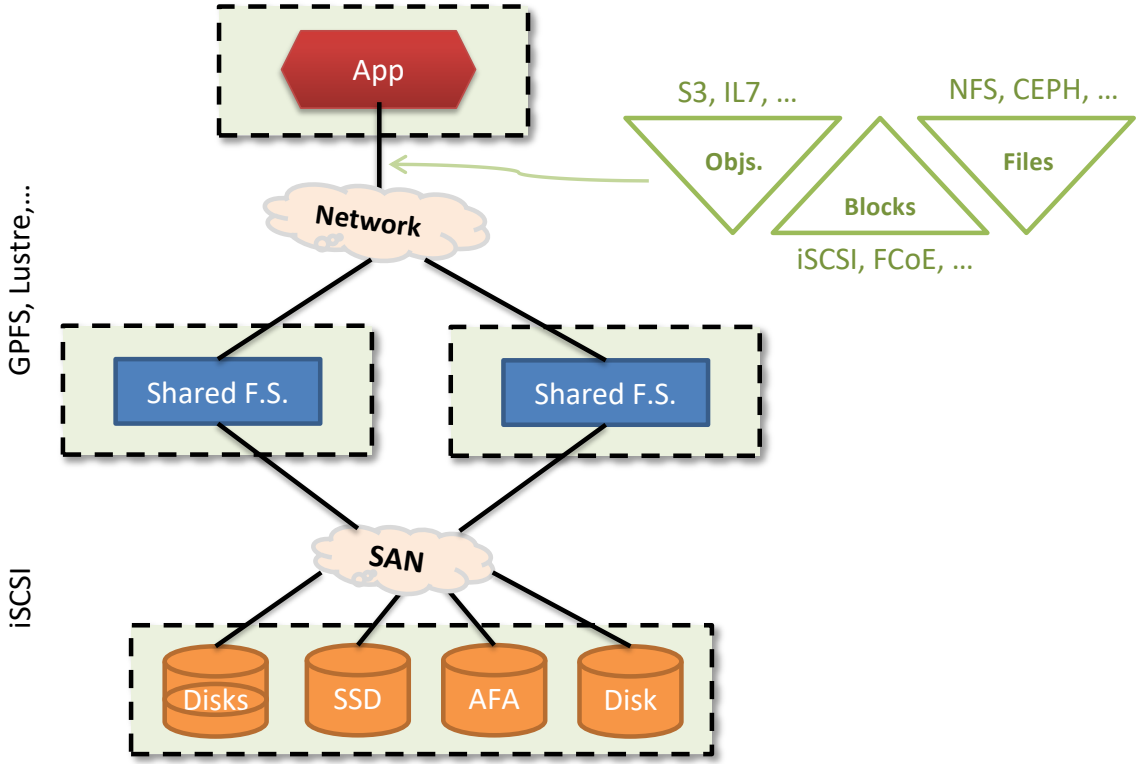
NAS + SAN

Imagen "billetes" generada con dall-e con la siguiente petición: "Ilustración 3D con fondo blanco que muestra cuatro fajos de billetes apilados y entrelazados entre sí, con aspecto realista y detalles de bandas alrededor de los fajos"

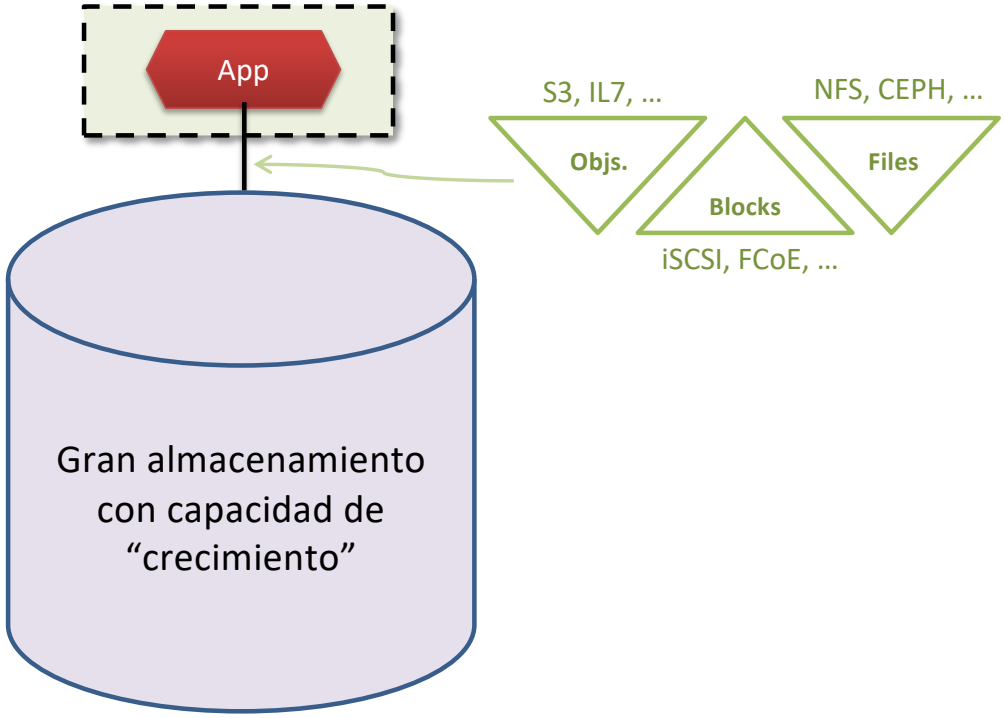
Combinación de opciones…



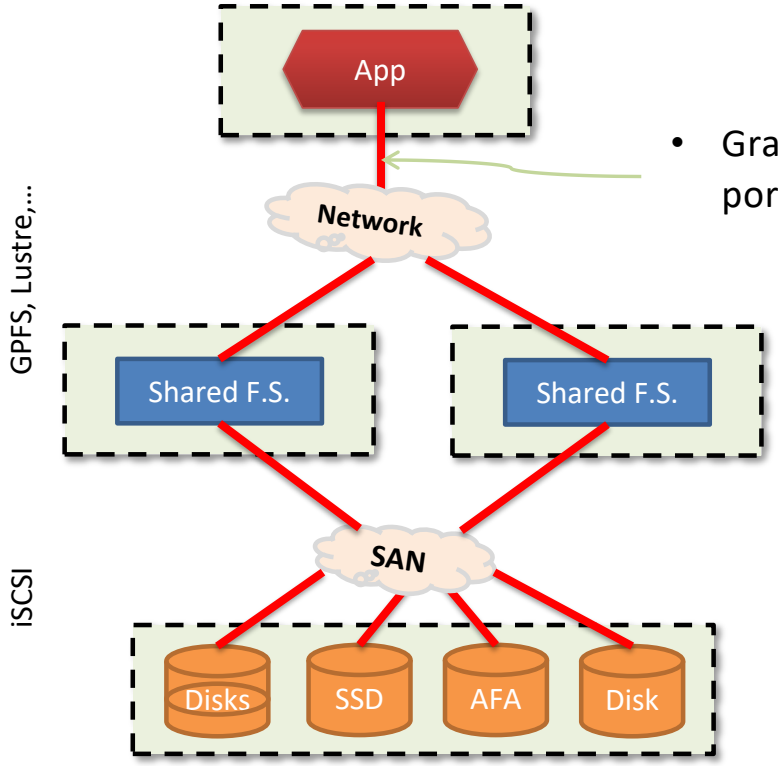
Combinación de opciones…



Combinación de opciones…

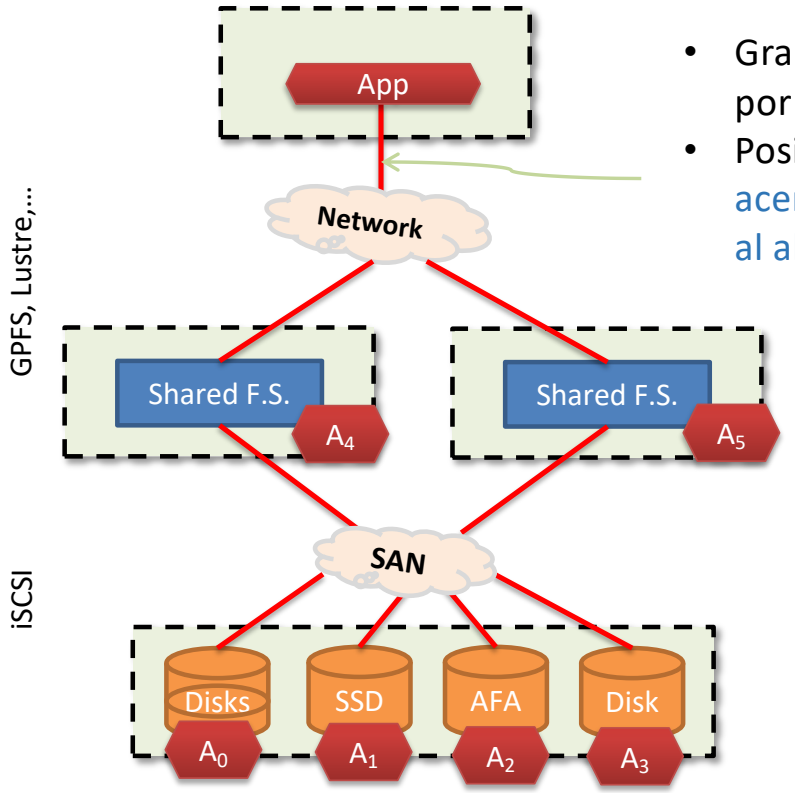


Problemas…



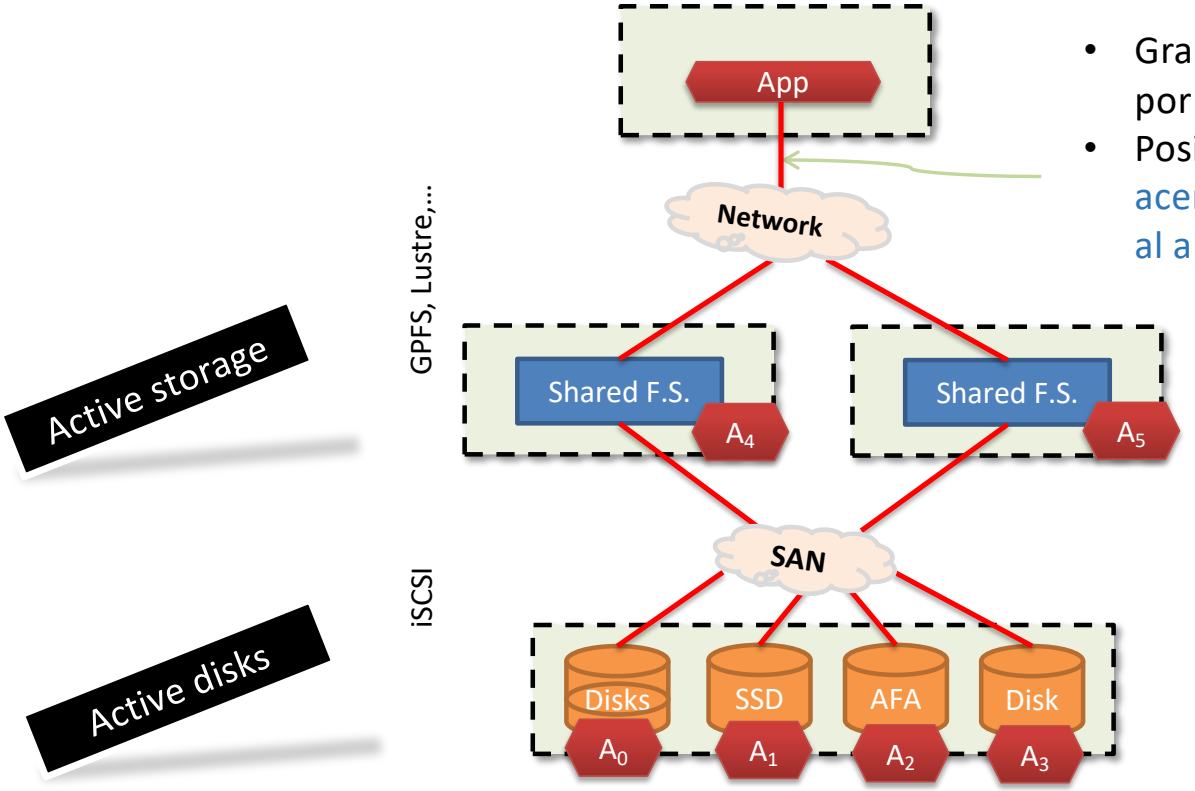
- Gran cantidad de tráfico por movimiento de datos.

Opciones para almacenamiento…



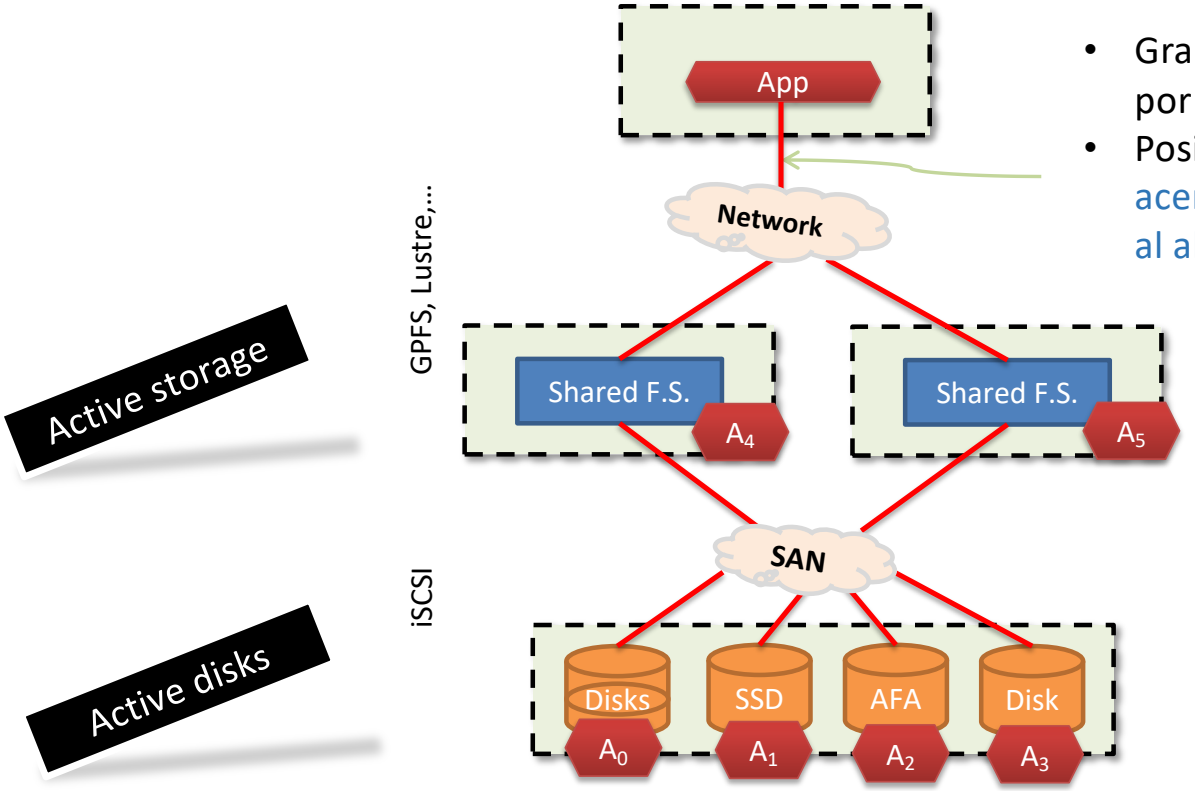
- Gran cantidad de tráfico por movimiento de datos.
- Posible disminuir si se acerca parte del cómputo al almacenamiento.

Opciones para almacenamiento…



- Gran cantidad de tráfico por movimiento de datos.
- Posible disminuir si se acerca parte del cómputo al almacenamiento.

Opciones para almacenamiento…



- Gran cantidad de tráfico por movimiento de datos.
- Posible disminuir si se acerca parte del cómputo al almacenamiento.

Imagen "billetes" generada con dall-e con la siguiente petición: "Ilustración 3D con fondo blanco que muestra cuatro fajos de billetes apilados y entrelazados entre sí, con aspecto realista y detalles de bandas alrededor de los fajos"

Buscar/crear la herramienta adecuada…

Imagen generada con dall-e con la siguiente petición: “Fotografía realista de una caja de herramientas metálica color rojo, abierta con compartimentos desplegados hacia los lados. Dentro se ven varias herramientas organizadas: un serrucho, un destornillador, una llave inglesa, un martillo y una segueta. Fondo blanco, estilo realista como una foto de producto.”

Contenidos

Big
Big
Big
Big
Big

- Inicio
- Transición
- (re)Evolución
- (re)Retos

- Inicio
- **Hadoop**
- Ecosistema
- Evolución

The Google File System

- Google presenta MapReduce y Google File System (GFS)
  - MapReduce es una propuesta para aplicar la misma función a particiones de datos (map) y luego se tiene el resultado procesando los resultados parciales (reduce)
  - GFS es una propuesta para almacenar petabytes de datos en muchas máquinas comunes, tratando con fallos, distribución, etc.

De esta opción…

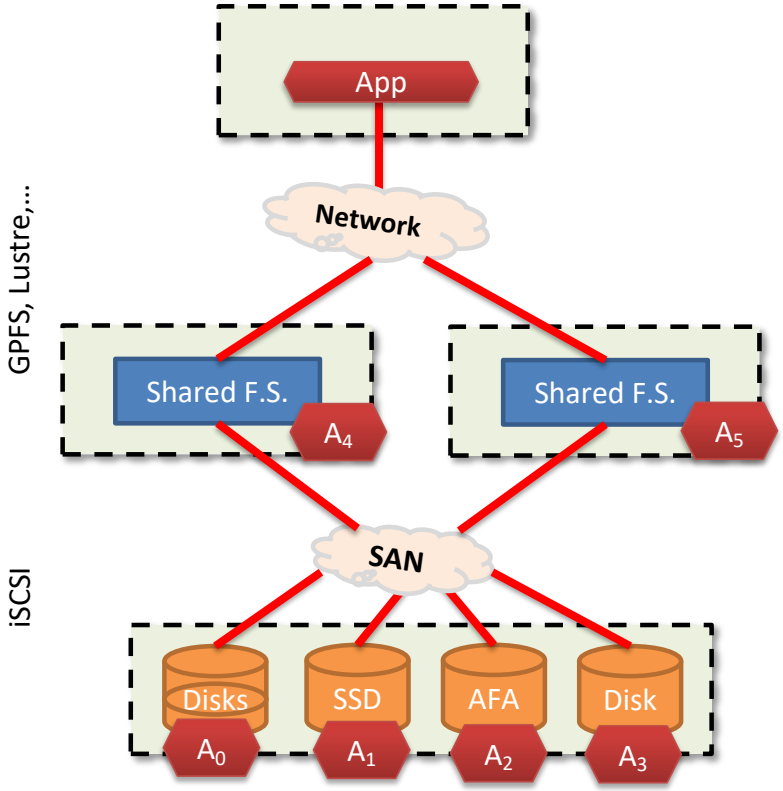


Imagen "billetes" generada con dall-e con la siguiente petición: "Ilustración 3D con fondo blanco que muestra cuatro fajos de billetes apilados y entrelazados entre sí, con aspecto realista y detalles de bandas alrededor de los fajos"

…a esta opción

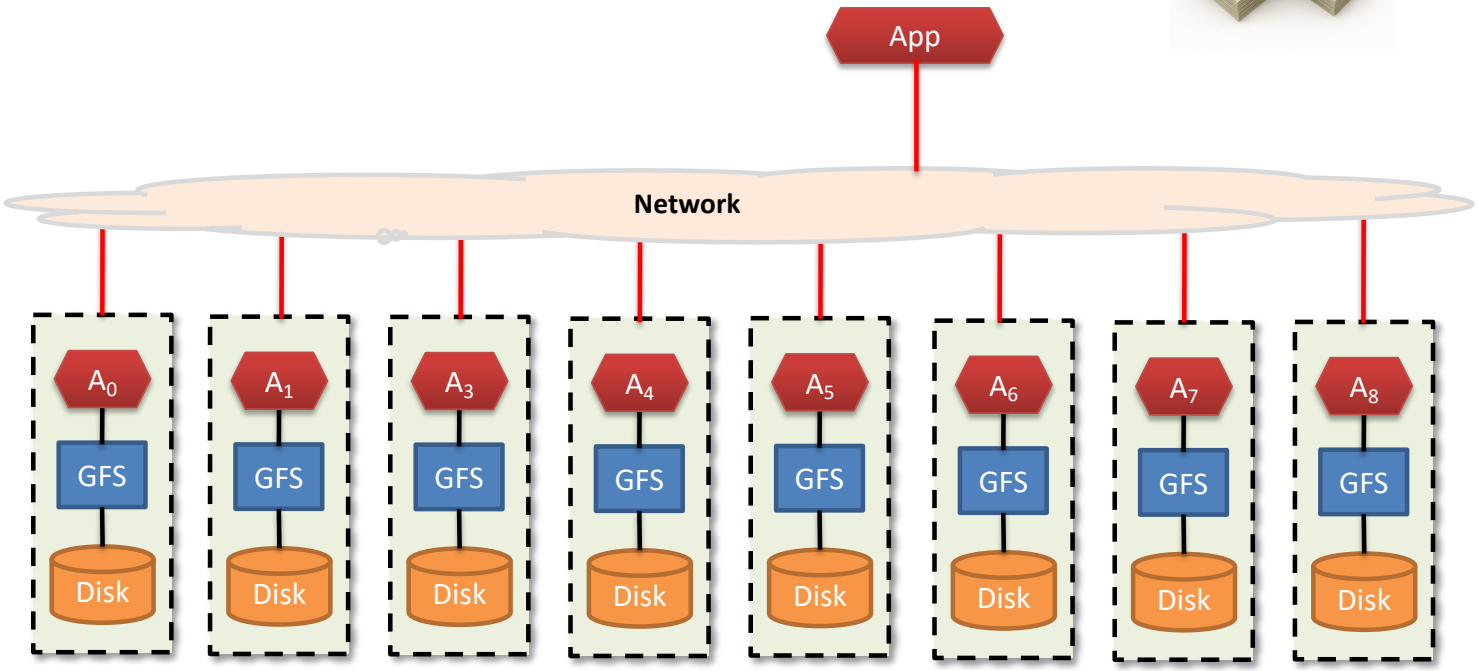
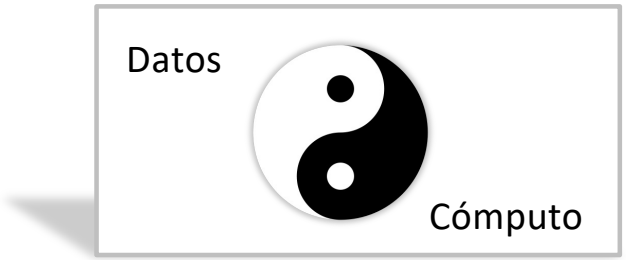


Imagen "billetes" generada con dall-e con petición: "Ilustración 3D con fondo blanco que muestra cuatro fajos de billetes apilados y entrelazados entre sí, con aspecto realista y detalles de bandas alrededor de los fajos"

...a esta opción



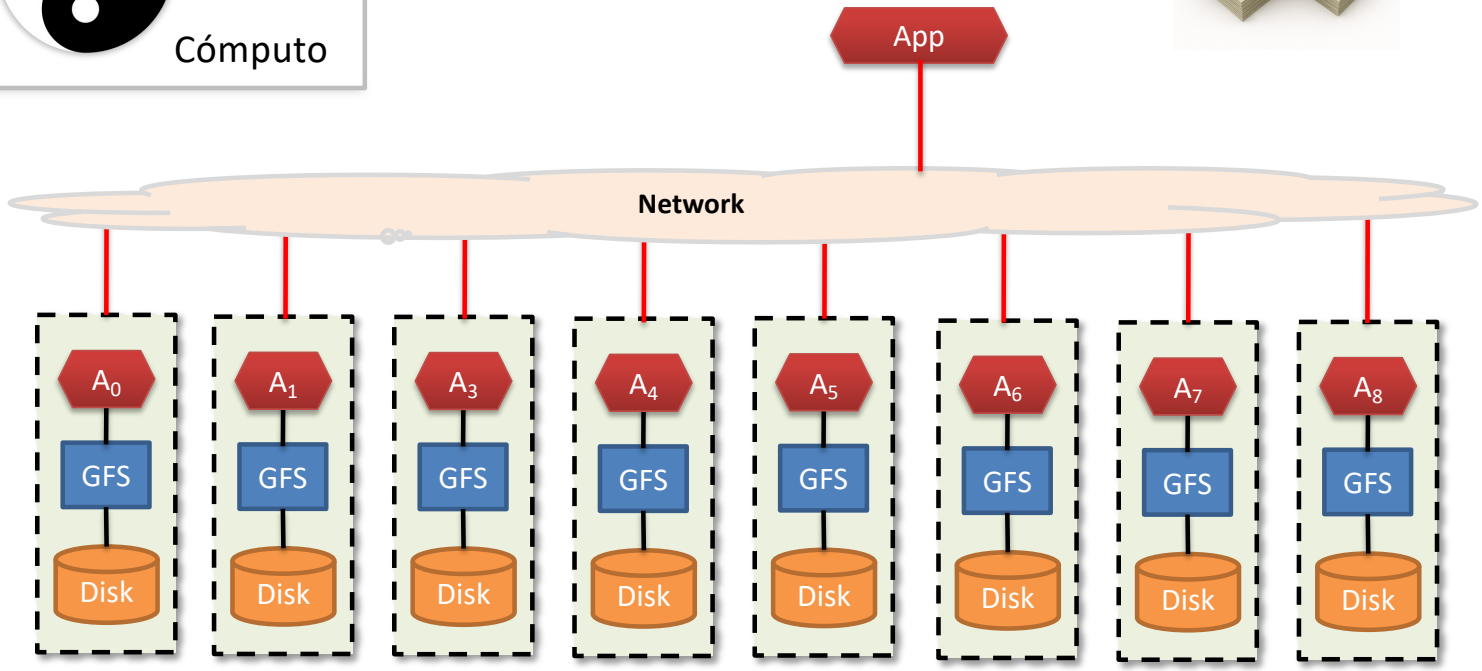


Imagen "billetes" generada con dall-e con petición: "Ilustración 3D con fondo blanco que muestra cuatro fajos de billetes apilados y entrelazados entre sí, con aspecto realista y detalles de bandas alrededor de los fajos"
Figura "Yin Yang" public domain de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3c/Yin_and_Yang_symbol.svg/375px-Yin_and_Yang_symbol.svg.png?20210820135346

Hadoop: breve historia…

- Doug Cutting trabajando en Yahoo!
  e inspirado por estas tecnologías,
  inicia el desarrollo de **Hadoop**.
  - El proyecto usa Java, implanta las ideas detrás de GFS y MapReduce.
  - El logotipo se basa en el elefante amarillo que era el juguete favorito de su hijo.
  - Doug Cutting pasó a trabajar a Cloudera.

Hadoop: breve historia…

- Actualmente es un proyecto de código abierto bajo licencia Apache.
  - Su licencia ha facilitado que sea adoptado por un importante número de empresas.
- El apoyo de IBM, Oracle, EMC, etc. ha acelerado su implantación y su mejora en prestaciones.
  - Gran uso en proyectos tipo *big data*.
  - JPMorgan Chase: “We’re hiring, and we’re paying 10% more than the other guys.”

http://hadoop.apache.org

- Apache Hadoop es un proyecto software *open source* para computación distribuida escalable y de confianza (*reliable*).
- Ofrece un *framework* que permite la computación distribuida de grandes conjuntos de datos mediante clusters de ordenadores usando modelos de programación simples.
  - Diseñado para poder pasar de un solo servidor a miles de máquinas (scale-up), donde cada una ofrece tanto computación como almacenamiento.
  - El *framework* está diseñado para detectar y tratar fallos a nivel de aplicación. Esto permite ofrecer servicios con alta disponibilidad sobre un cluster de ordenadores (aunque estos tengan fallos).

Arquitectura…

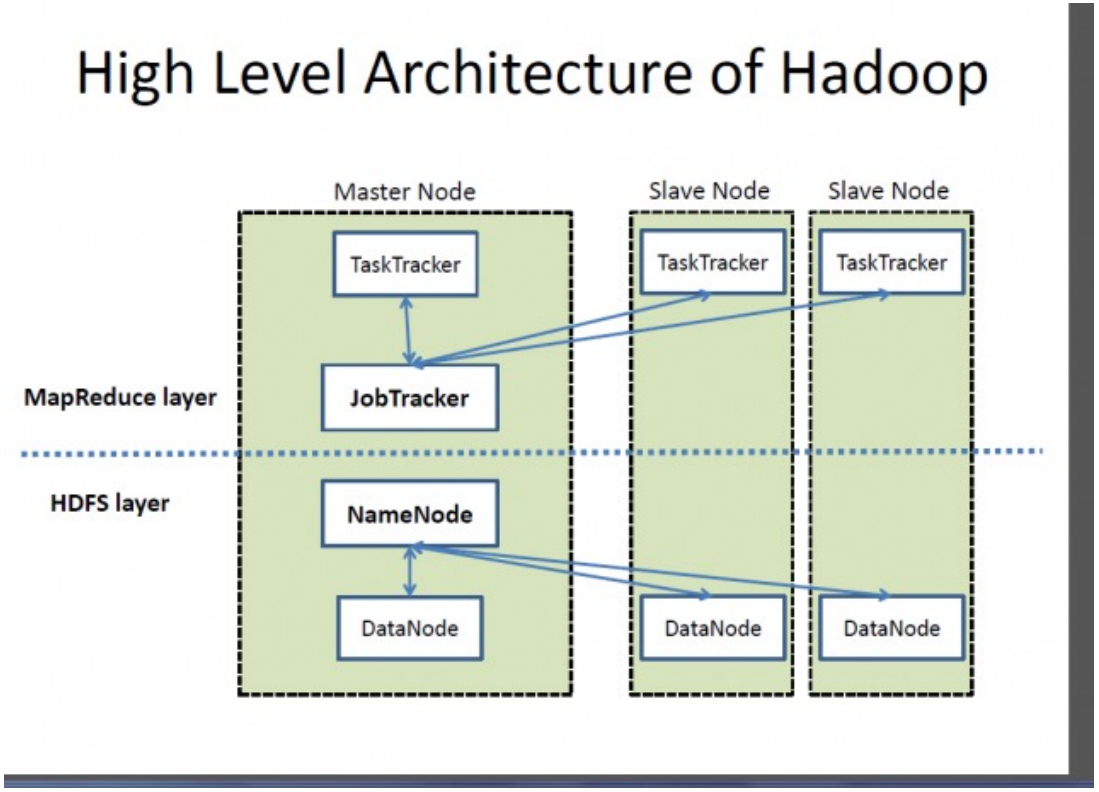


Figura CC BY-SA 4.0 de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hadoop-HighLevel_hadoop_architecture-640x460.png

Arquitectura (datos)…

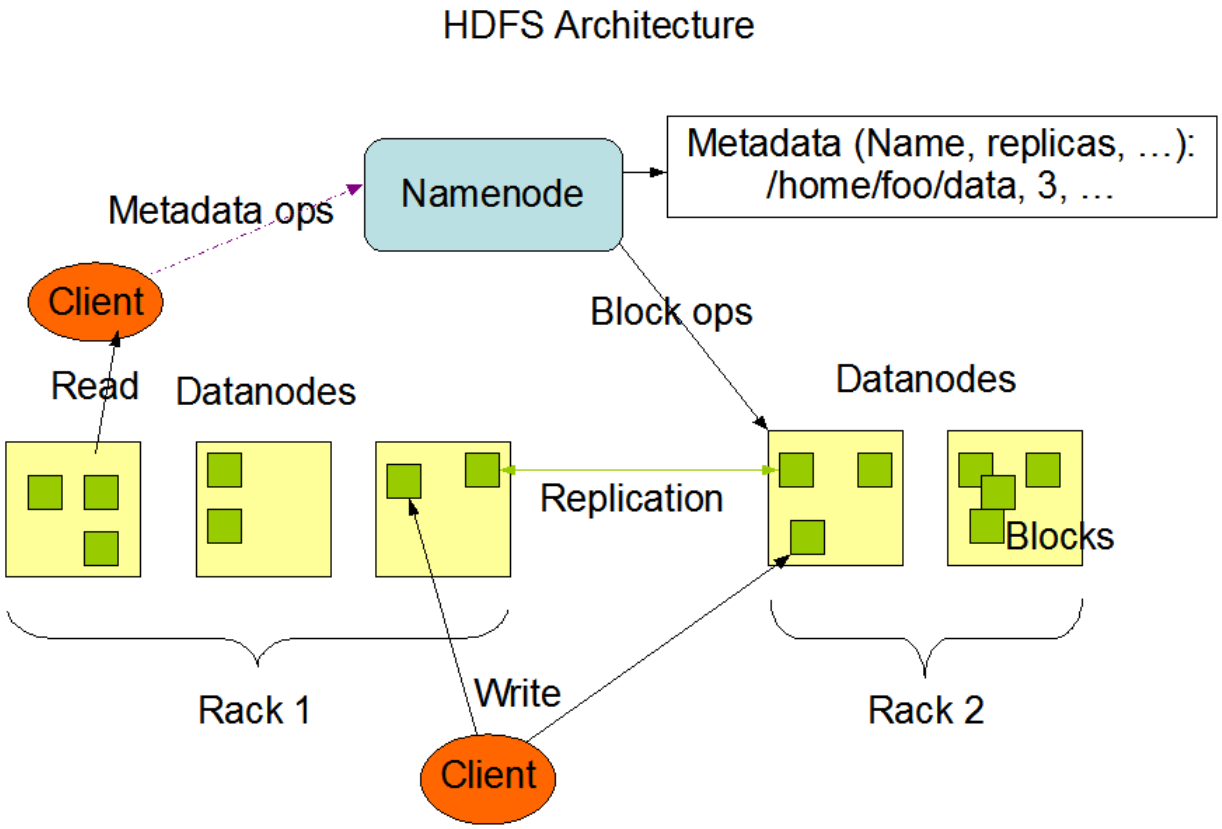


Figura CC BY-SA 4.0 de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hdfsarchitecture.gif

Map-Reduce…

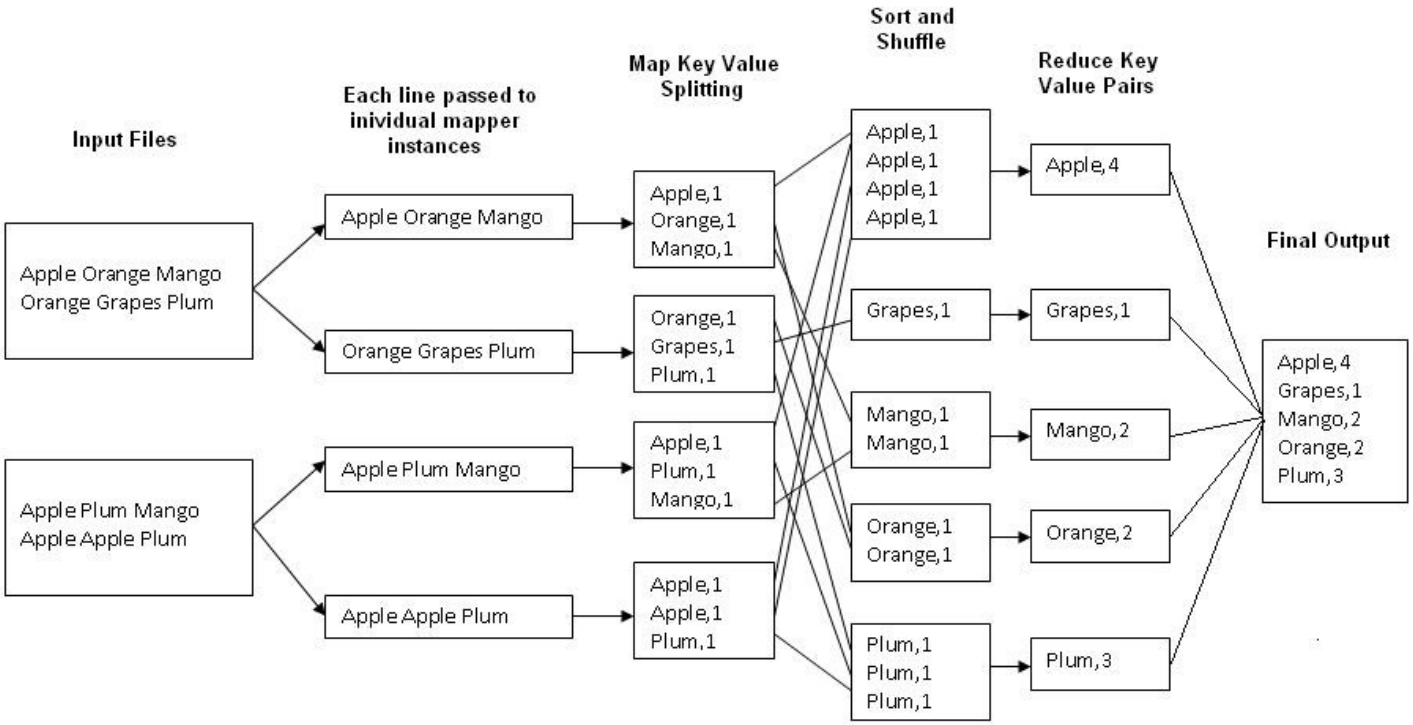


Figura CC BY-SA 4.0 de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WordCountFlow.JPG

Arquitectura (uso)…

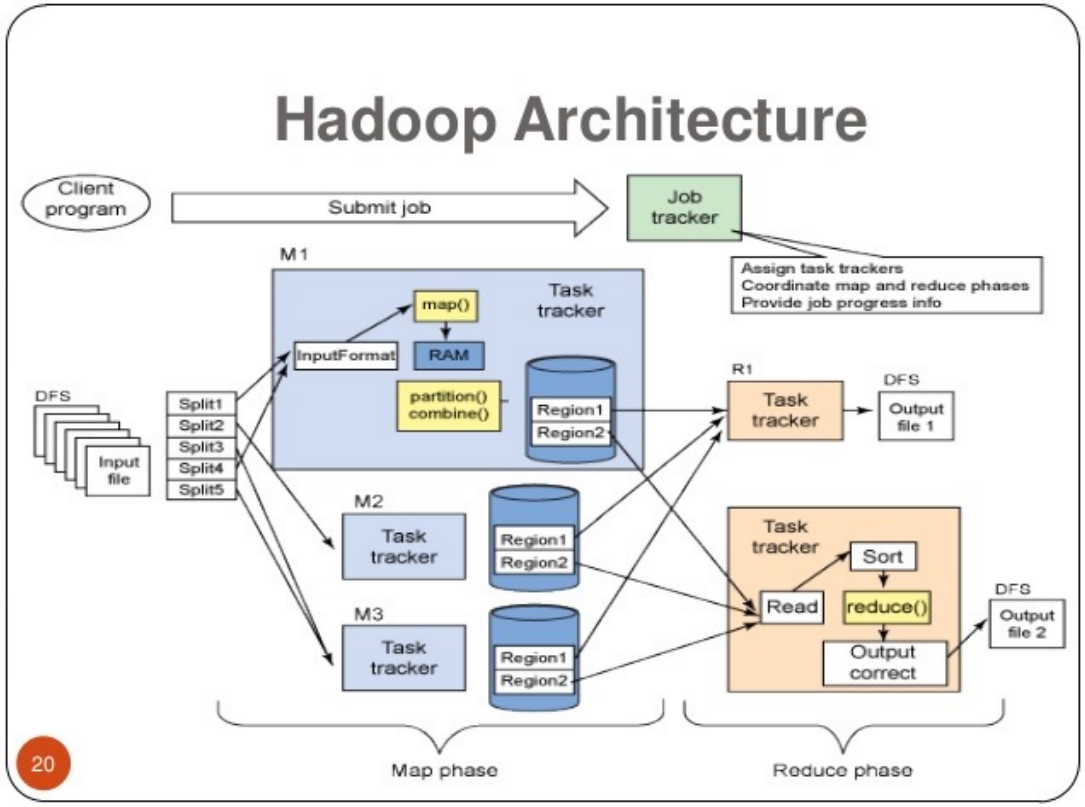


Figura CC BY-SA 4.0 de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Big-data-concepts-20-638.jpg

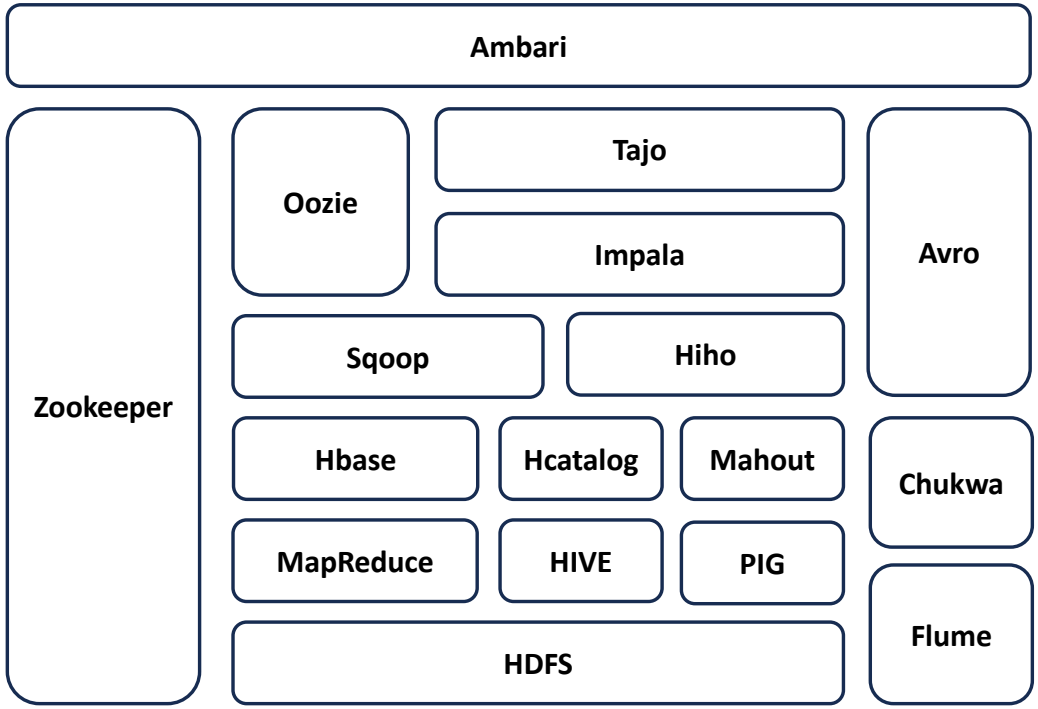
Contenidos

Big
Big
Big
Big
Big

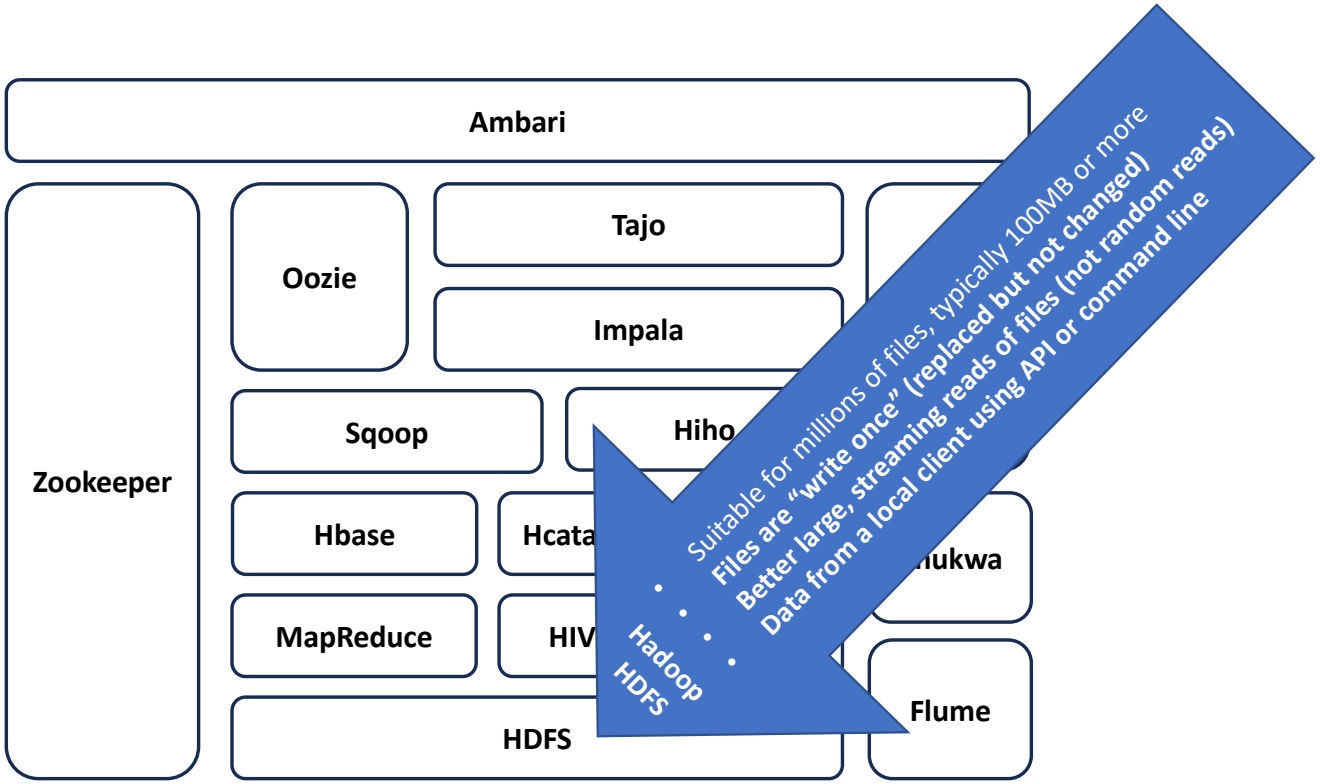
- Inicio
- Transición
- (re)Evolución
- (re)Retos

- Inicio
- Hadoop
- **Ecosistema**
- Evolución

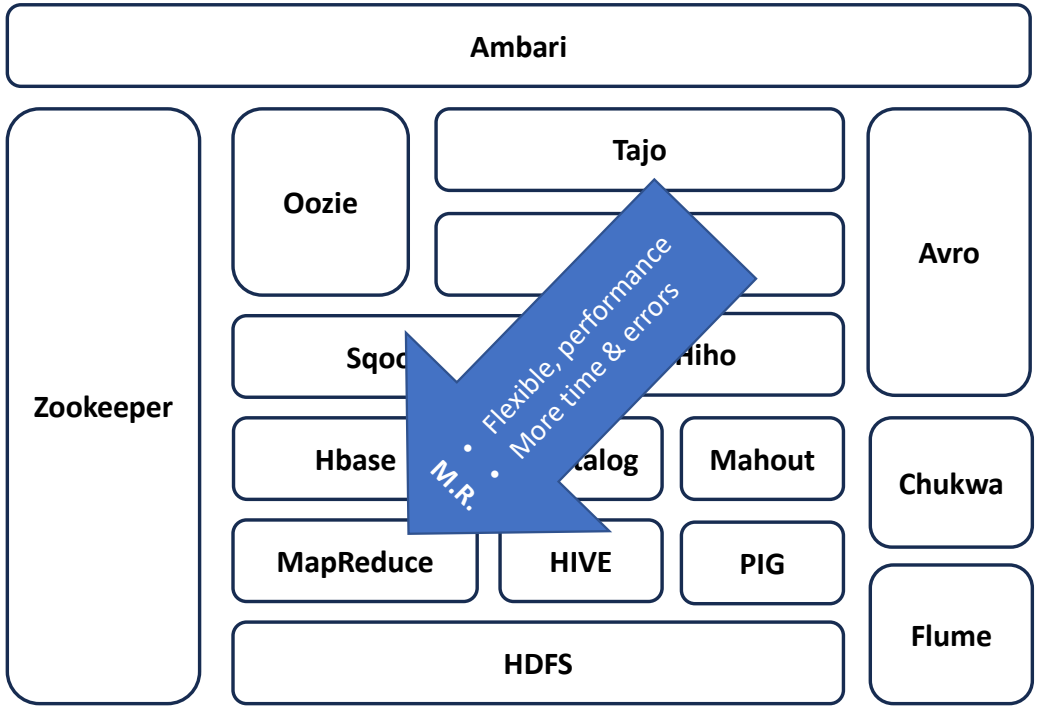
Ecosistema: principales proyectos…



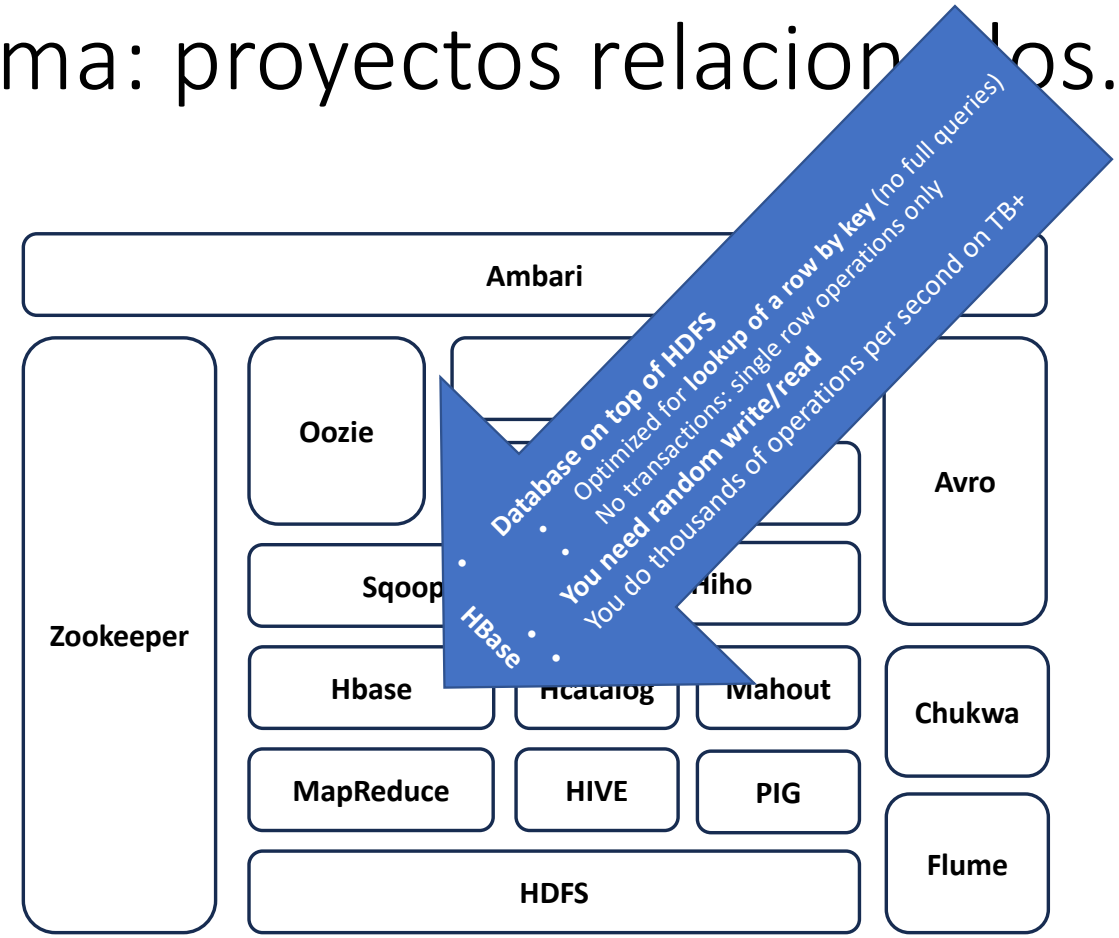
Ecosistema: HDFS + map-reduce…



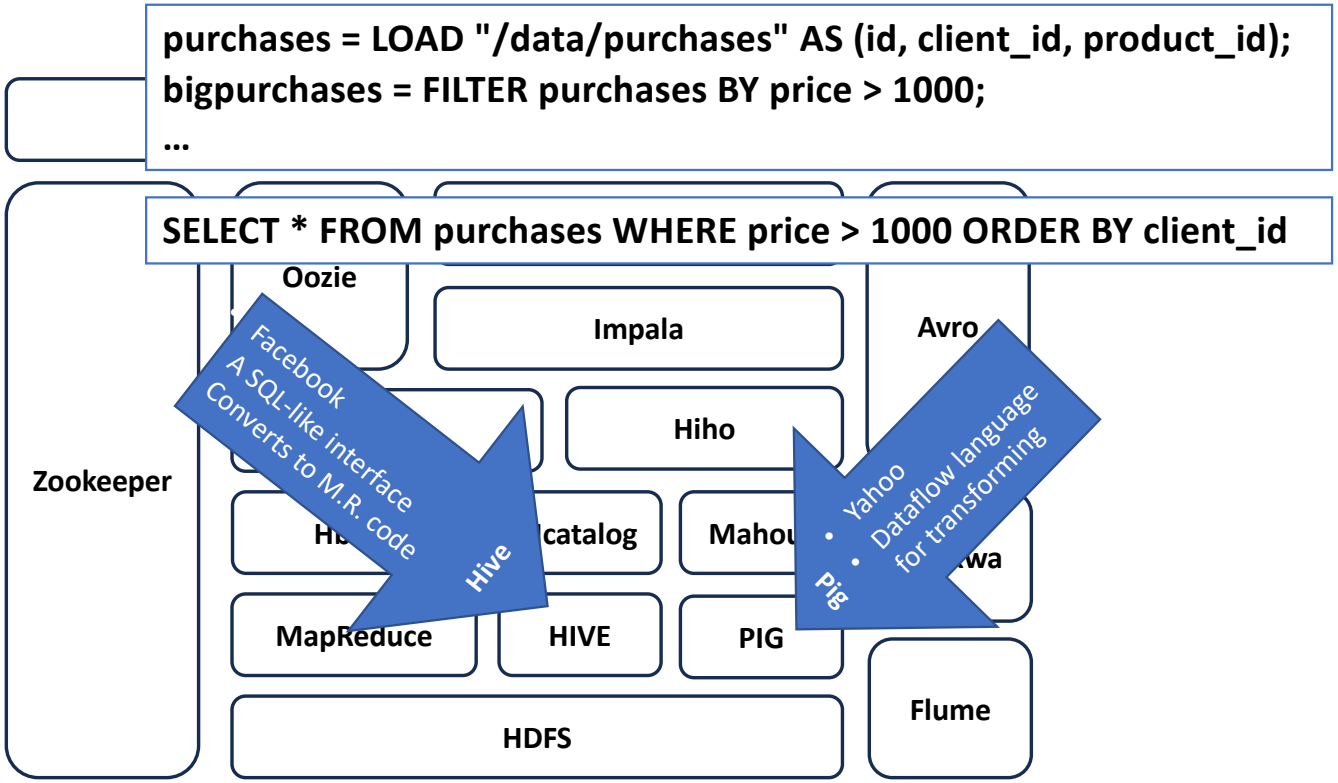
Ecosistema: HDFS + map-reduce…



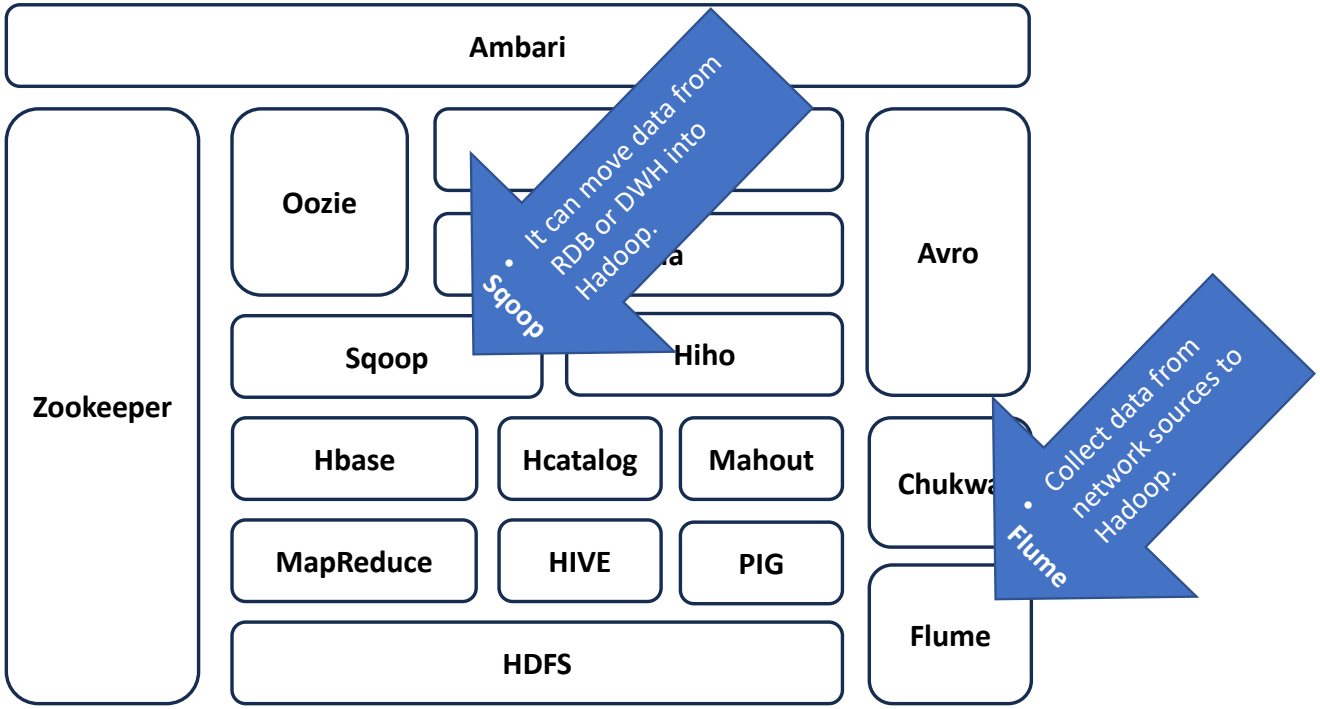
Ecosistema: proyectos relacionados…



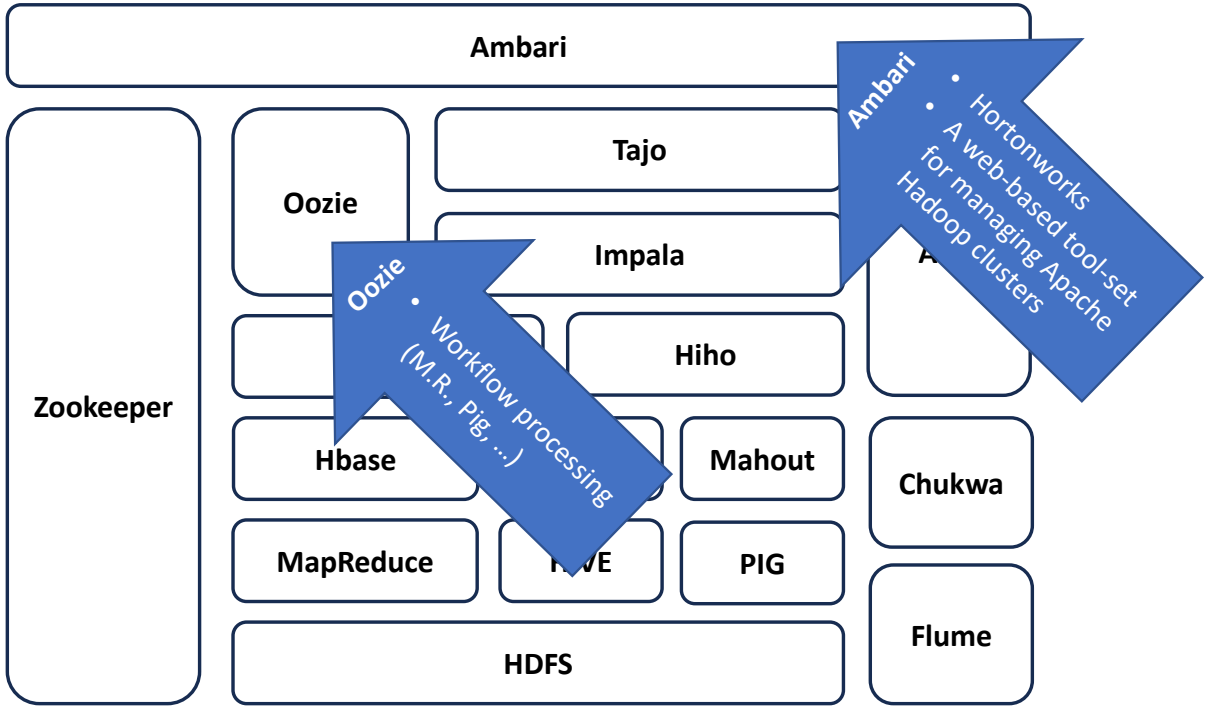
Ecosistema: proyectos relacionados…



Ecosistema: proyectos relacionados…



Ecosistema: proyectos relacionados…



Ejemplo de uso…

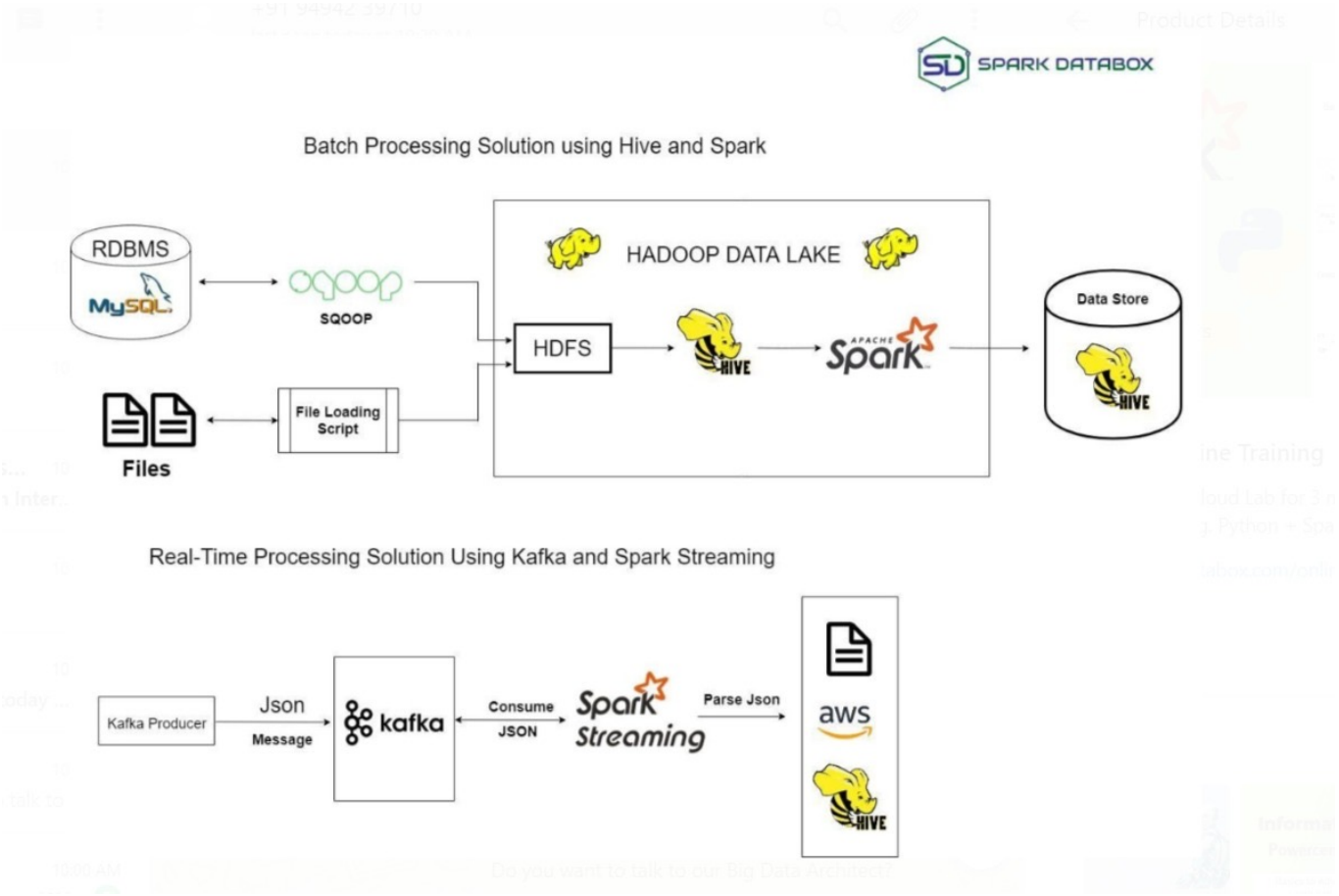


Figura CC BY-SA 4.0 de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kafka_Batch_processing.jpg

Contenidos

Big
Big
Big
Big
Big

- Inicio
- Transición
- (re)Evolución
- (re)Retos

- Inicio
- Hadoop
- Ecosistema
- **Evolución**

Alternativas…

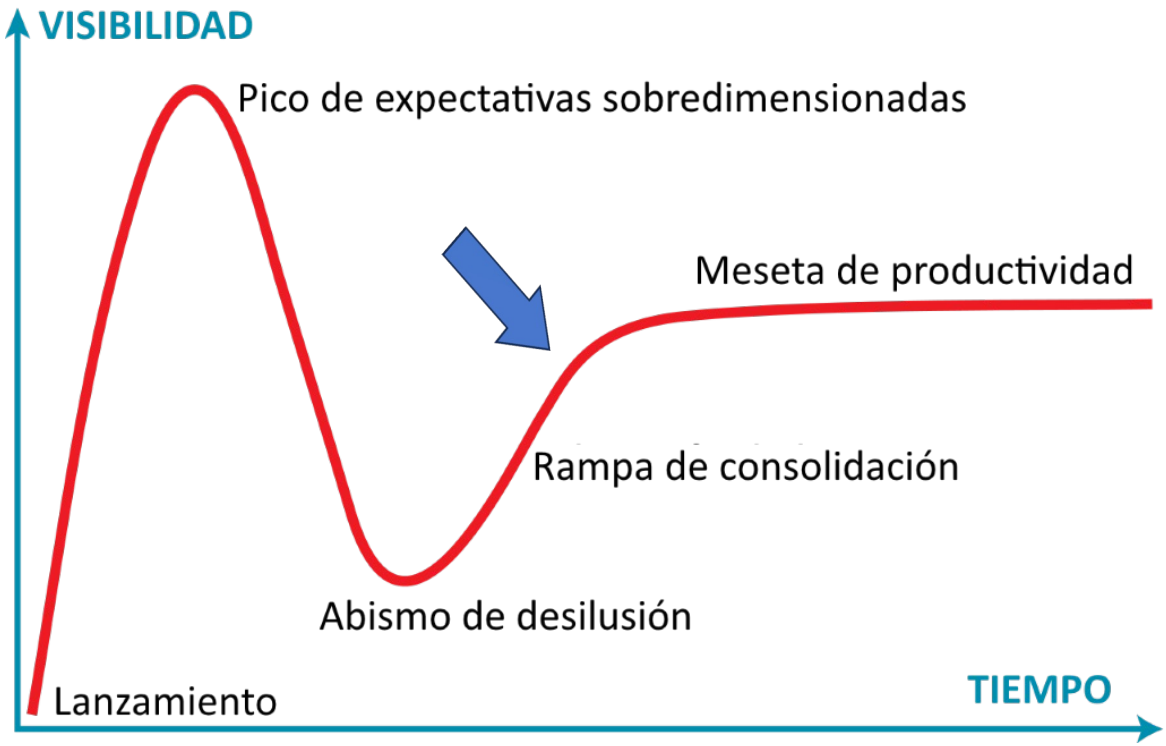
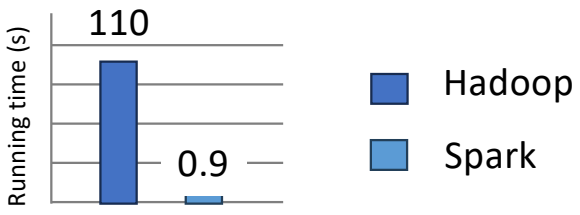


Figura "Curva Gartner" BY-SA 4.0 de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3e/Ciclo_de_sobreespectacion_de_Gartner_-_Basica_1024x665.png?20150817155609

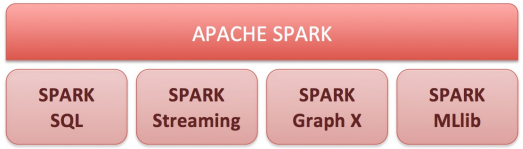
Apache Spark




```
sc = spark.SparkContext()

file = sc.textFile("words.txt")
counts = file.flatMap(lambda line: line.split(" "))
             .map(lambda word: (word, 1))
             .reduceByKey(lambda x, y: x + y)

output = counts.collect()
```



- Velocidad
  - Se evita en lo posible escribir en disco los resultados intermedios
- Facilidad de uso
  - Transformaciones y operaciones
- Polivalente
  - En Scala, Python, Java
  - Combina SQL, *streaming*, analítico…
  - Trabaja con HDFS, HBase, S3, …

Figura "apache spark" BY-SA 4.0 de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/Sch%C3%A9ma_d%C3%A9tail_outils_spark.png?20161114200550

Spark vs Hadoop

	Hadoop	**Spark**
Datos	Resultados intermedios en disco	Mantener en memoria todo lo posible
Tolerancia a fallos en datos	HDF (2+1)	**RDD** *(Resilient Distributed Datasets)*
Procesamiento	Trabajos map/reduce	**DAG** *(directed acyclic graph)*
Programación	Java + Otros con tuberías	Scala, Python, Java, etc.
Escenario	Trabajos lentos en *batch*	*Batch* + Real-time + Iterativo + Interactivo
	(Más) E/S de disco + red que Spark	(Más) memoria RAM que Hadoop
	Marco de trabajo de propósito general	Alternativa más que remplazamiento de Hadoop

Figura "apache spark" BY-SA 4.0 de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/Sch%C3%A9ma_d%C3%A9tail_outils_spark.png?20161114200550

Spark vs Hadoop

HDFS
(HDFS + 3copies)

- Datos leídos en bloques
  - 64MB por defecto
- Usados como en ficheros

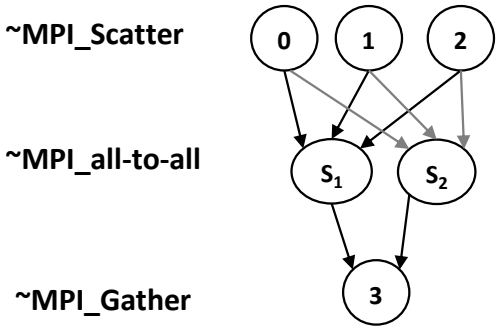
RDD
(*Resilient Distributed Dataset*)

- Datos leídos como RDD
  - Inmutable, regenerable, en memoria
- DataFrame = RDD[fila] + Schema

Figura "apache spark" BY-SA 4.0 de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/Sch%C3%A9ma_d%C3%A9tail_outils_spark.png?20161114200550

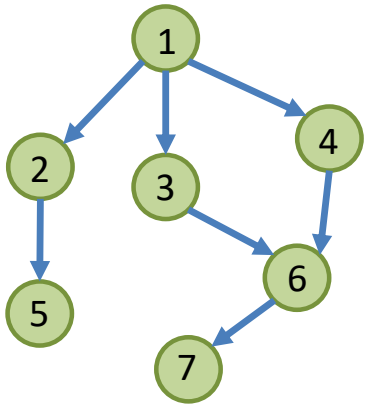
Spark vs Hadoop

M-R
(Map-Reduce)



- DAG con 2 estados
  - Map + Reduce
- Datos intermedios a disco

DAG
(*Directed Acyclic Graph*)

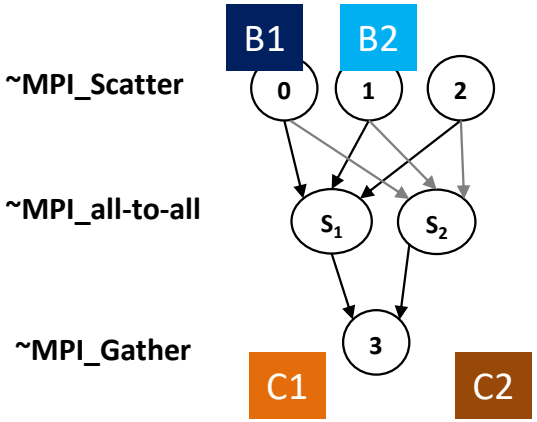


- DAG con N estados
- Datos intermedios en memoria

Figura "apache spark" BY-SA 4.0 de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/Sch%C3%A9ma_d%C3%A9tail_outils_spark.png?20161114200550

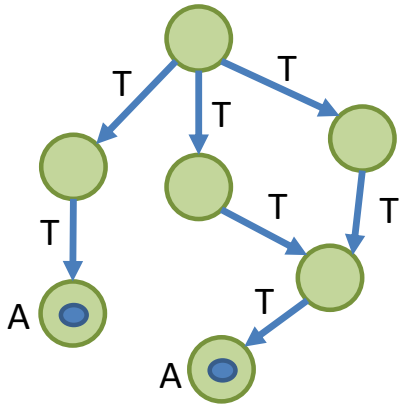
Spark vs Hadoop

HDFS + M-R



- Operaciones sobre bloques:
  - En M se leerán
  - En R se escribirán

RDD + DAG



- Dos tipos operaciones:
  - Transformaciones (RDD[] -> RDD'[])
  - Acciones (RDD[] -> valor)

Figura "apache spark" BY-SA 4.0 de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/Sch%C3%A9ma_d%C3%A9tail_outils_spark.png?20161114200550

Apache Spark

```
1. val conf = new SparkConf().setMaster("local[2]")
2. val sc = new SparkContext(conf)
3. val lines = sc.textFile(path, 2)
4. val words = lines.flatMap(_.split(" "))
5. val pairs = words.map(word => (word, 1))
6. val wordCounts = pairs.reduceByKey(_ + _)
7. val localValues = wordCounts.take(100)
8. localValues.foreach(r => println(r))
```

Figura “apache spark” BY-SA 4.0 de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/Sch%C3%A9ma_d%C3%A9tail_outils_spark.png?20161114200550

Apache Spark… distribuible

```
1. val conf = new SparkConf().setMaster("local[2]")
2. val sc = new SparkContext(conf)
3. val lines = sc.textFile(path, 2)
4. val words = lines.flatMap(_.split(" "))
5. val pairs = words.map(word => (word, 1))
6. val wordCounts = pairs.reduceByKey(_ + _)
7. val localValues = wordCounts.take(100)
8. localValues.foreach(r => println(r))
```

Figura "apache spark" BY-SA 4.0 de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/Sch%C3%A9ma_d%C3%A9tail_outils_spark.png?20161114200550

Apache Spark... transformación + acción

```
1. val conf = new SparkConf().setMaster("local[2]")
2. val sc = new SparkContext(conf)
3. val lines = sc.textFile(path, 2)
4. val words = lines.flatMap(_.split(" "))
5. val pairs = words.map(word => (word, 1))
6. val wordCounts = pairs.reduceByKey(_ + _)
7. val localValues = wordCounts.take(100)
8. localValues.foreach(r => println(r))
```

Figura "apache spark" BY-SA 4.0 de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/Sch%C3%A9ma_d%C3%A9tail_outils_spark.png?20161114200550

Más proyectos…

- Google Dataflow
  - Data pipelines for helping to ingest, transform, and analyze data.
- Amazon Kinesis
  - Recopile, procese y analice secuencias de datos y video en tiempo real.
- Azure Data Factory
- …

Bibliografía

- **Hadoop: The Definitive Guide, 3rd Edition.**
  Tom White
  - Todos los capítulos

- **Distributed Systems: concepts and design (5 ed.)**
  George Coulouris et al
  - Todos los capítulos

- **Distributed Systems: principles and paradigms (2 ed.)**
  Andrew S. Tanenbaum, Maarten Van Steen
  - Todos los capítulos

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

OpenCourseWare

Sistemas Paralelos y Distribuidos

Félix García Carballeira

Alejandro Calderón Mateos

Sistemas escalables en entornos distribuidos

CC BY NC SA