

***Las Fronteras de la Computación:
Desde el GRID hasta la Computación Cuántica***
Curso de Verano 2006
Centro Universitario de Mérida
4 de julio de 2006

Introducción a la Tecnología Grid

Ignacio Martín Llorente
asds.dacya.ucm.es/nacho



Grupo de Arquitectura de Sistemas Distribuidos
Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática
Universidad Complutense de Madrid



Laboratorio de Computación Avanzada, Simulación y
Aplicaciones Telemáticas
Centro de Astrobiología CSIC/INTA
Asociado al NASA Astrobiology Institute

Objetivos de la Presentación

- Describir la tecnología existente para **gestionar recursos distribuidos** dentro de una organización
- Definir **infraestructura grid**
- Describir las **componentes mínimas** para desplegar infraestructuras grid
- Mostrar **ejemplos** de infraestructuras grid y aplicaciones
- Describir las **etapas en la evolución** de la computación grid
- Mostrar **utility computing** como un nuevo modelo de provisión de recursos basado en la tecnología grid
- Proporcionar **referencias** sobre el estado de la tecnología

Contenidos

1. Plataformas de Computación Paralela y Distribuida
2. Infraestructuras Grid
3. Evolución de la Computación Grid

1. Plataformas de Computación Paralela y Distribuida

Contenidos

1. Plataformas de Computación Paralela y Distribuida

1.1. Entornos de Computación

1.2. Sistemas de Gestión de Recursos Distribuidos

2. Infraestructuras Grid

3. Evolución de la Computación Grid

1. Plataformas de Computación Paralela y Distribuida

1.1. Entornos de Computación

Plataformas de Computación Paralela y Distribuida

- **Ejecución eficiente** de aplicaciones intensivas en datos o computación

Tipos de Entornos de Computación

Entornos HPC (*High Performance Computing*)

- Su objetivo es reducir el tiempo de ejecución de una única aplicación paralela de memoria compartida o distribuida
- Su rendimiento se mide en número de operaciones en punto flotante por segundo
- Áreas de aplicación: CFD, meteorología...

Entornos HTC (*High Throughput Computing*)

- Su objetivo es aumentar el número de ejecuciones por unidad de tiempo
- Su rendimiento se mide en número de trabajos ejecutados por segundo
- Áreas de aplicación: HEP, bioinformática, finanzas

1. Plataformas de Computación Paralela y Distribuida

1.1. Entornos de Computación

Tipos de Plataformas de Computación

Alternativas Centralizadas



Servidores SMP

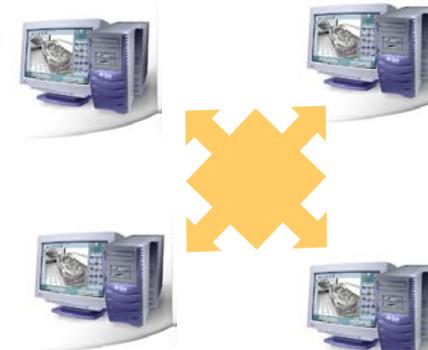


Servidores MPP

Alternativas Distribuidas



Clusters dedicados



Clusters no dedicados

Servidores HPC (*High Performance Computing Servers*)

- Arquitecturas de memoria compartida (SMP) o distribuida (MPP)

Perfil de Aplicación

- Ejecución eficiente de aplicaciones HPC y HTC

Ventajas

- Interconexión con ancho de banda alto y latencia baja
- Acceso uniforme al sistema gracias a una única copia del sistema operativo

Inconvenientes

- Baja escalabilidad (para SMPs)
- Modelos complejos de programación (para HPC en MPPs)
- Precio alto



Sistema de Colas Batch
NQE



Clusters Dedicados

- Cluster dedicado y homogéneo de PCs o estaciones interconectados por medio de una red de área de sistema (Giganet, Myrinet...)

Perfil de Aplicación

- Ejecución eficiente de aplicaciones HTC y HPC de grano grueso

Ventajas

- Mejor relación coste/rendimiento para aplicaciones HTC
- Mayor escalabilidad

Inconvenientes

- Requieren modelos de programación de memoria distribuida (librerías de paso de mensajes como MPI) para aplicaciones HPC



Sistema de Gestión de Recursos
PBS



1. Plataformas de Computación Paralela y Distribuida

1.1. Entornos de Computación

Clusters no Dedicados

- Cluster no dedicado y heterogéneo de PCs o estaciones interconectados por medio de una red de área local (Fast ethernet...)

Perfil de Aplicación

- Únicamente ejecuta aplicaciones HTC

Ventajas

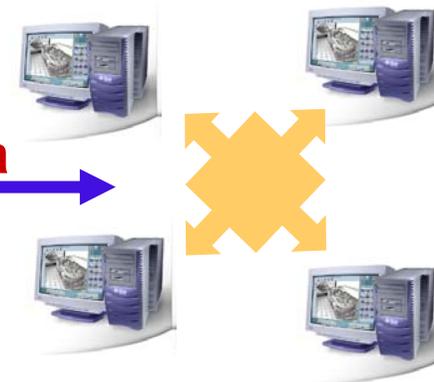
- Mínima relación coste/rendimiento para aplicaciones HTC
- Mayor escalabilidad

Inconvenientes

- Interconexión con ancho de banda bajo y latencia alta
- Requiere capacidades de gestión adaptativa para usar los tiempos ociosos de los recursos dinámicos



Sistema de Gestión de Carga
Condor



1. Plataformas de Computación Paralela y Distribuida

1.2. Sistemas de Gestión de Recursos Distribuidos

Gestión de Plataformas de Computación

Las plataformas de computación se gestionan por medio de diferentes sistemas de gestión de recursos distribuidos (**DRM systems**):

- Sistemas de Colas Batch para servidores HPC
- Sistemas de Gestión de Recursos para clusters dedicados
- Sistemas de Gestión de Carga para clusters no dedicados

Capacidades de los Sistemas DRM

Los sistemas DRM comparten **muchas capacidades**:

- Colas batch
- Planificación de trabajos
- Gestión de recursos

Beneficios de los Sistemas DRM

Sus beneficios en **minimización de costes** y **maximización de rendimiento** se deben fundamentalmente a la mayor utilización de los recursos

1. Plataformas de Computación Paralela y Distribuida

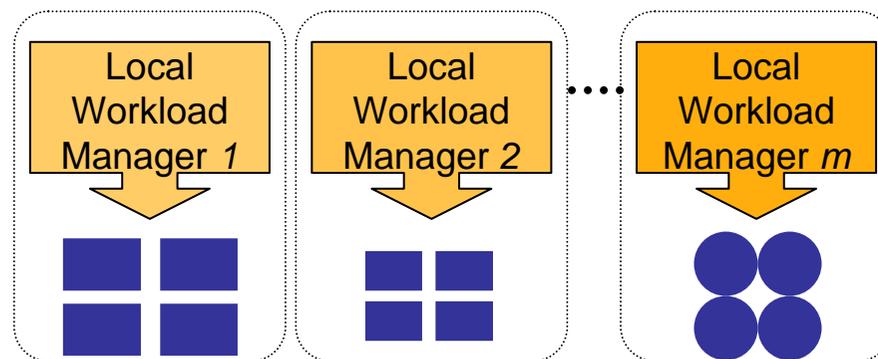
1.2. Sistemas de Gestión de Recursos Distribuidos

Sistemas DRM

| <i>Independent Suppliers</i> | <i>Open Source</i> | <i>OEM Proprietary</i> |
|---|---|-----------------------------------|
| <i>Platform Computing</i> LSF | <i>Altair</i> Open PBS | <i>IBM</i> Load Leveler |
| <i>Altair</i> PBS Pro | <i>University of Wisconsin</i> Condor | <i>Cray</i> NQE |
| | <i>Sun Microsystems</i> SGE | |

Silos Verticales de Computación dentro de la Organización

- Los sistemas DRM no proporcionan un interfaz y marco de seguridad comunes y, por tanto, **su integración no es posible**
- La falta de interoperatividad implica la existencia dentro de la misma organización, de **plataformas independientes de computación** (silos verticales) responsables de funciones distintas que:
 - Requieren **habilidades específicas de administración**
 - **Incrementan los costes operacionales**
 - Generan **sobre-provisionamiento** y **desbalanceo global de carga**

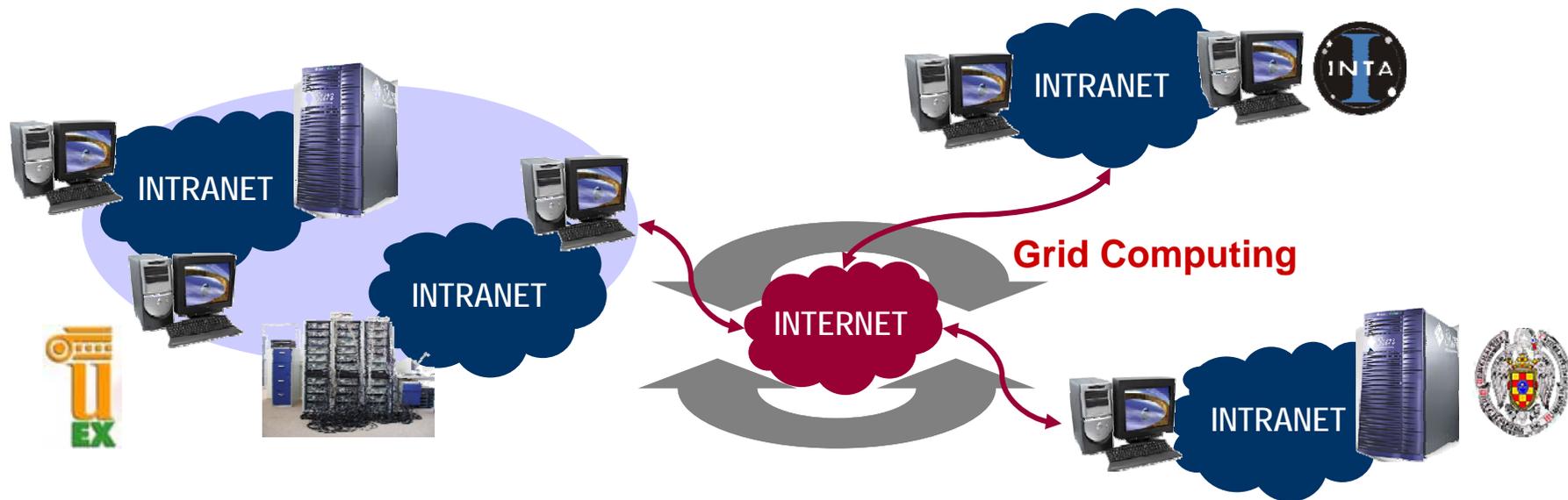


1. Plataformas de Computación Paralela y Distribuida

1.2. Sistemas de Gestión de Recursos Distribuidos

Incapaces de Interconectar Recursos de Diferentes Organizaciones

- Estas tecnologías no son indicadas para el despliegue de infraestructuras computacionales donde los recursos están repartidos diferentes dominios de administración, **cada uno con su propia política de seguridad y sistema DRM**



Contenidos

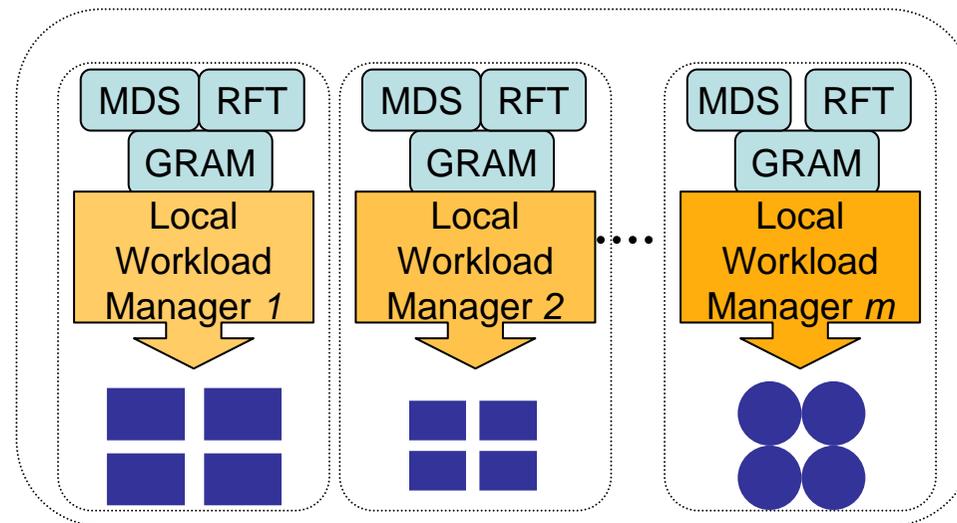
1. Plataformas de Computación Paralela y Distribuida
- 2. Infraestructuras Grid**
 - 2.1. Definición y Filosofía
 - 2.2. Viabilidad Tecnológica
 - 2.3. El Globus Toolkit
 - 2.4. Ejemplos de Infraestructuras
 - 2.5. Ejemplos de Aplicaciones
 - 2.6. Otras Iniciativas
3. Evolución de la Computación Grid

2. Infraestructuras Grid

2.1. Definición y Filosofía

Definición de Infraestructura Grid

- Una infraestructura grid ofrece una capa común para poder **integrar estas plataformas computacionales no compatibles** (silos verticales) por medio de la definición de un conjunto consistente de interfaces para acceder y gestionar recursos compartidos
- Los **servicios grid** incluyen, entre otros, descubrimiento y monitorización de recursos, asignación y gestión de recursos, infraestructura de seguridad y transferencia de ficheros



2. Infraestructuras Grid

2.1. Definición y Filosofía

La Filosofía Grid

Un Grid es un sistema que...

- 1) ...coordina **recursos que no están sujetos a un control centralizado...**
- 2) ...usando protocolos e **interfaces estándar**, abiertos y de propósito general...
- 3) ...para proporcionar **calidades de servicio no triviales.**

Ian Foster

What is the Grid? A Three Point Checklist (2002)

La Tecnología Grid es Complementaria a las Anteriores

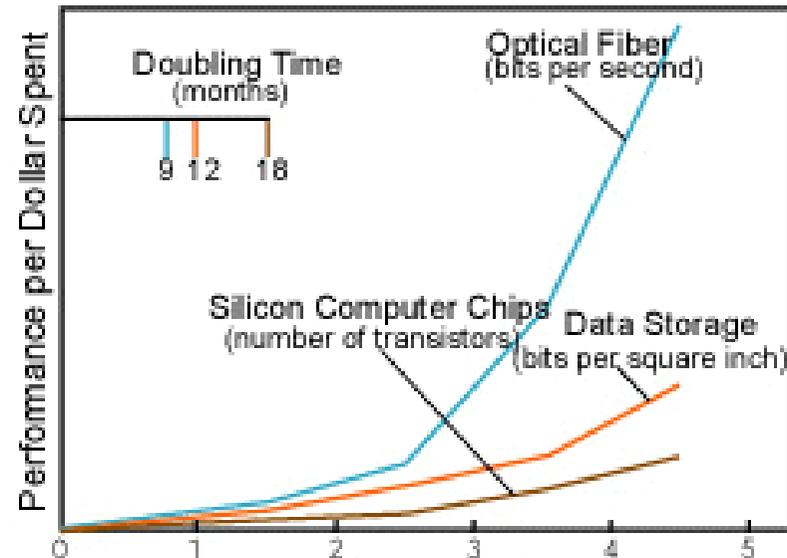
- Interconecta recursos en **diferentes dominios de administración** respetando sus políticas internas de seguridad y su software de gestión de recursos en la Intranet
- Una nueva tecnología dentro del área global de Computación de Altas Prestaciones, para satisfacer las demandas de **determinados perfiles de aplicación**

2. Infraestructuras Grid

2.2. Viabilidad Tecnológica

*La capacidad de almacenamiento se dobla cada 12 meses
El ancho de banda de red se dobla cada 9 meses
El rendimiento de un procesador se dobla cada 18 meses*

- 1986 to 2000
 - Computers: x 500
 - Networks: x 340,000
- 2001 to 2010
 - Computers: x 60
 - Networks: x 4000



Moore's Law vs. storage improvements vs. optical improvements. Graph from **Scientific American** (Jan-2001) by Cleo Vilett, source Vined Khoslan, Kleiner, Caufield and Perkins.

Conclusiones:

*Un único sistema no será capaz de analizar los datos que almacenen sus discos
Un único centro no podrá analizar el volumen de información generado
La red permitirá de forma eficiente usar recursos distribuidos*

El Globus Toolkit, un Estándar de Hecho en Computación Grid

Permite **compartir recursos localizados en diferentes dominios** de administración, con diferentes políticas de seguridad y gestión de recursos

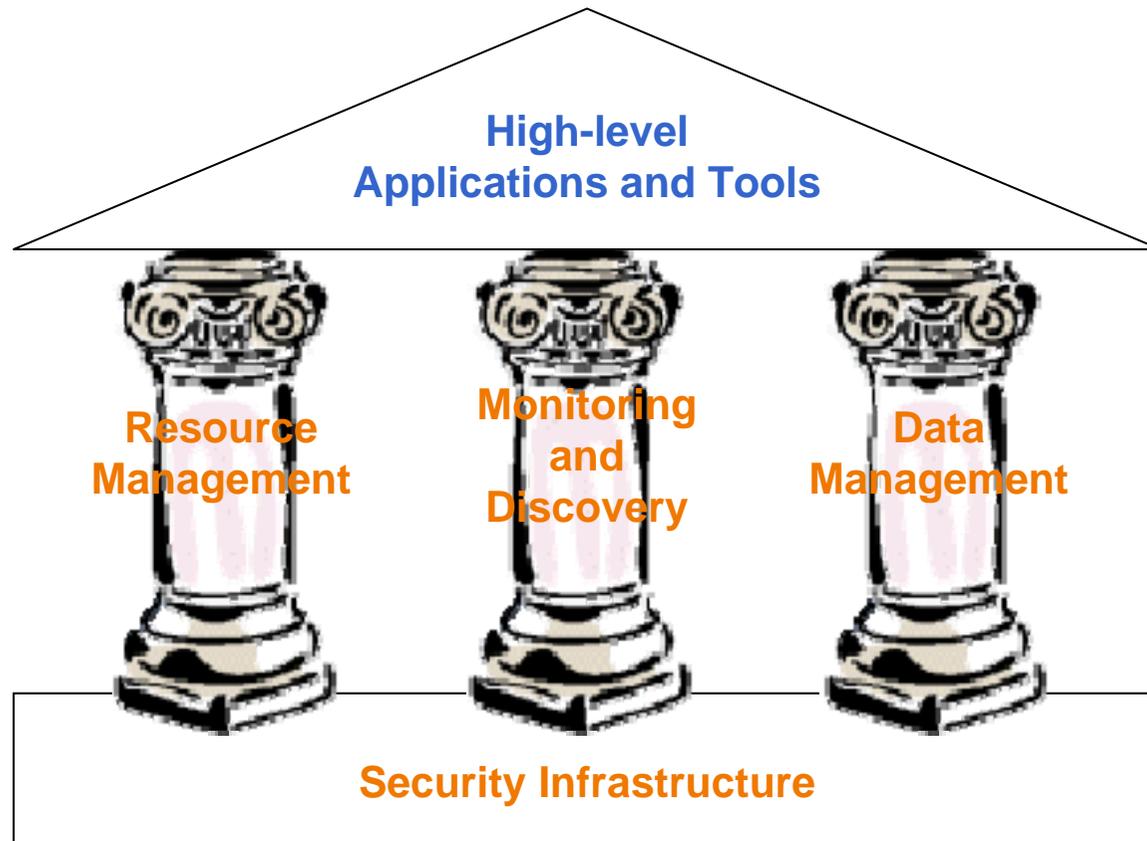
Globus es...

- un middleware software
- un conjunto de librerías, servicios y APIs

Globus no es...

- una herramienta de usuario o planificador
- una aplicación

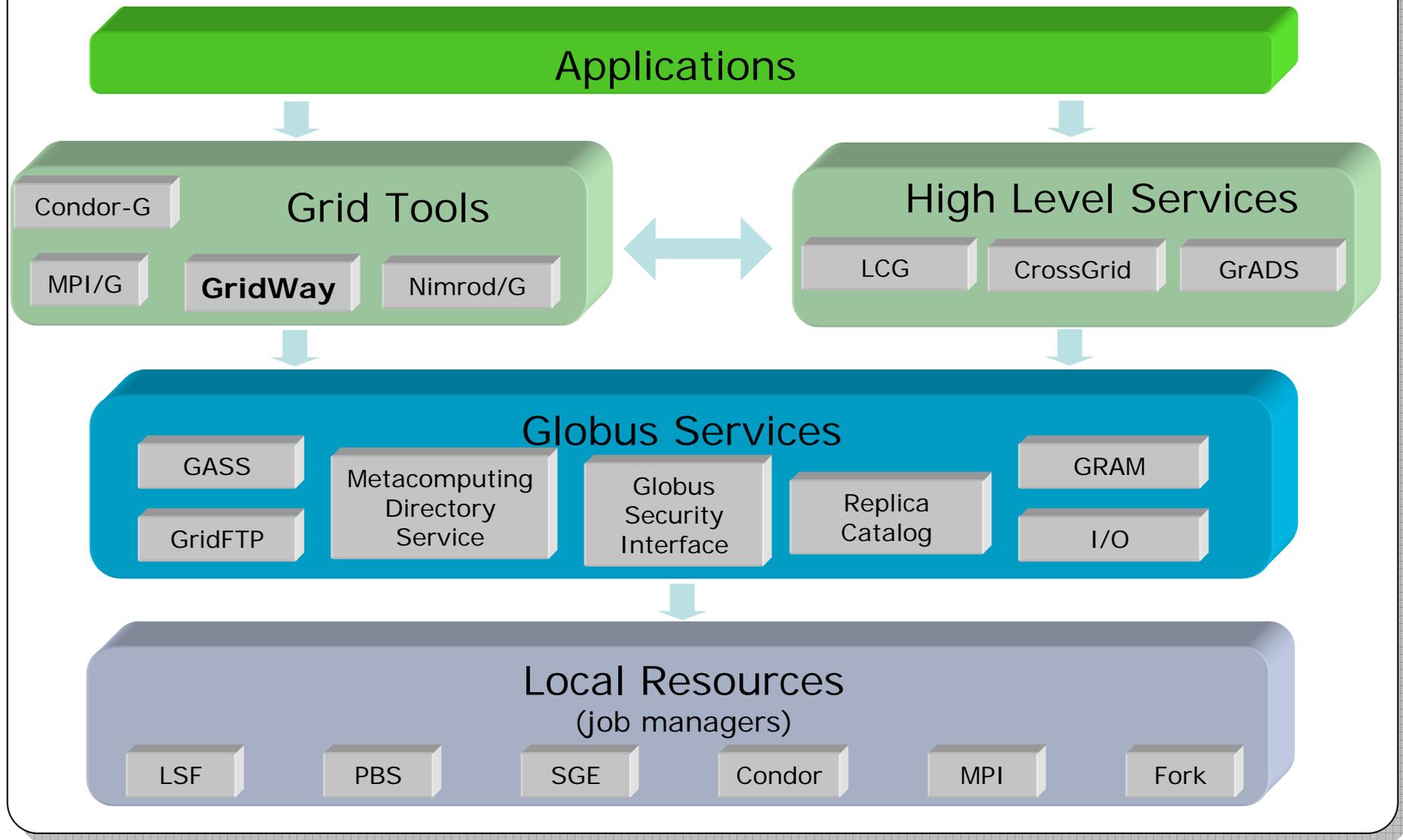
Componentes Principales del Globus Toolkit



2. Infraestructuras Grid

2.3. El Globus Toolkit

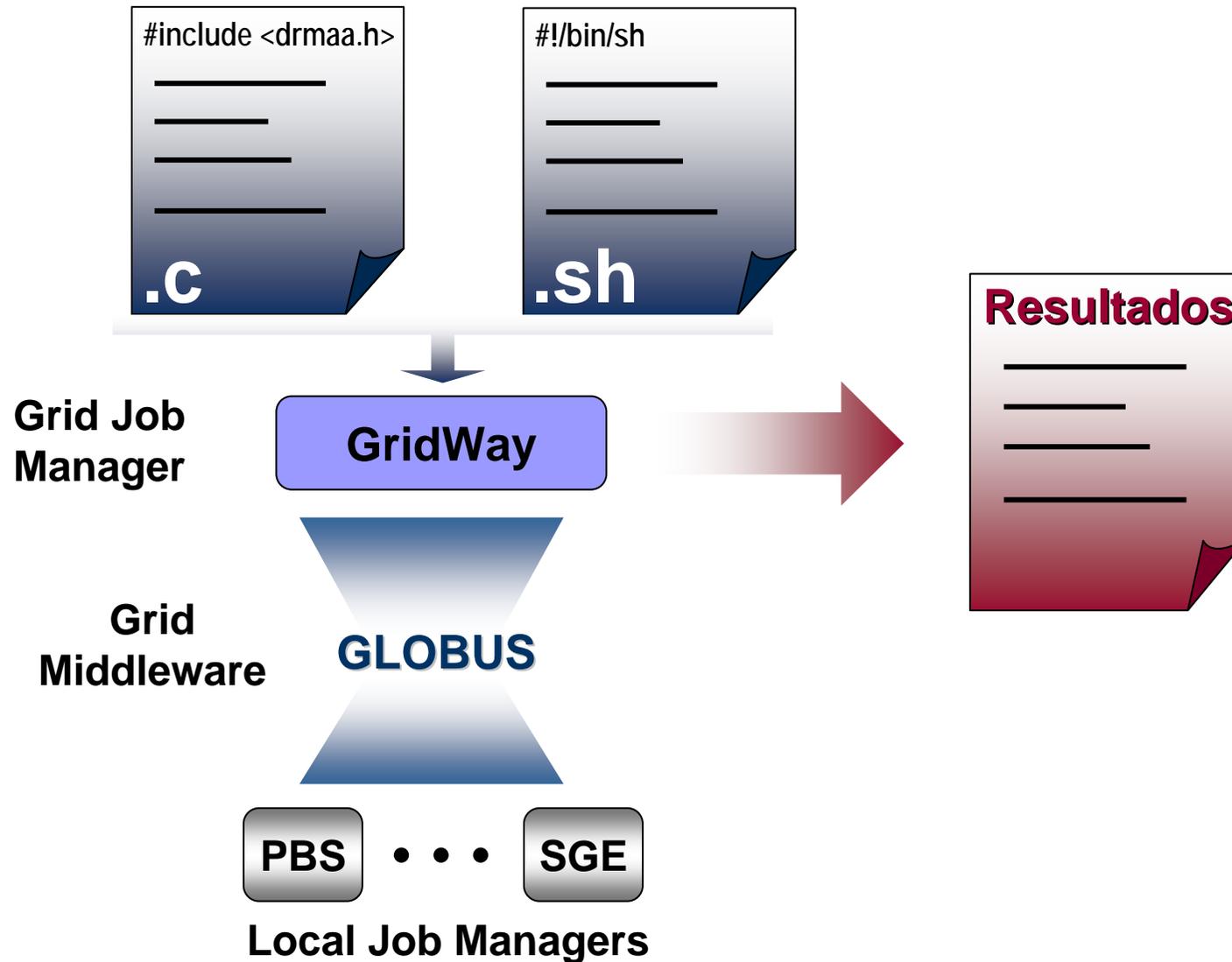
Estructura en Capas de una Infraestructura Grid Basada en Globus



2. Infraestructuras Grid

2.3. El Globus Toolkit

Modelo de Gestión de Recursos en un Grid



2. Infraestructuras Grid

2.3. El Globus Toolkit

1.- Pasos en la Planificación de un Trabajo



| | |
|------------------------------|----------------------|
| • ¿Dónde ejecuto mi trabajo? | Resource selection |
| • ¿Qué necesito? | Resource preparation |
| • ¿Cómo envío mi trabajo? | Job submission |
| • ¿Cómo va la ejecución? | Job monitoring |
| • ¿Existe un recurso mejor? | Job migration |
| • ¿Cómo recupero la salida? | Job termination |

2.- Características de un Grid

- Múltiples dominios de administración y autonomía
- Heterogeneidad
- Escalabilidad
- Variabilidad

3.- Variabilidad en un Grid

Disponibilidad Dinámica

- Adición y exclusión de recursos
- Cancelación de trabajos

Precio Dinámico

- Hora del día
- Carga del recurso

Grid

Carga Dinámica

- Recursos compartidos
- Recursos ociosos pueden saturarse

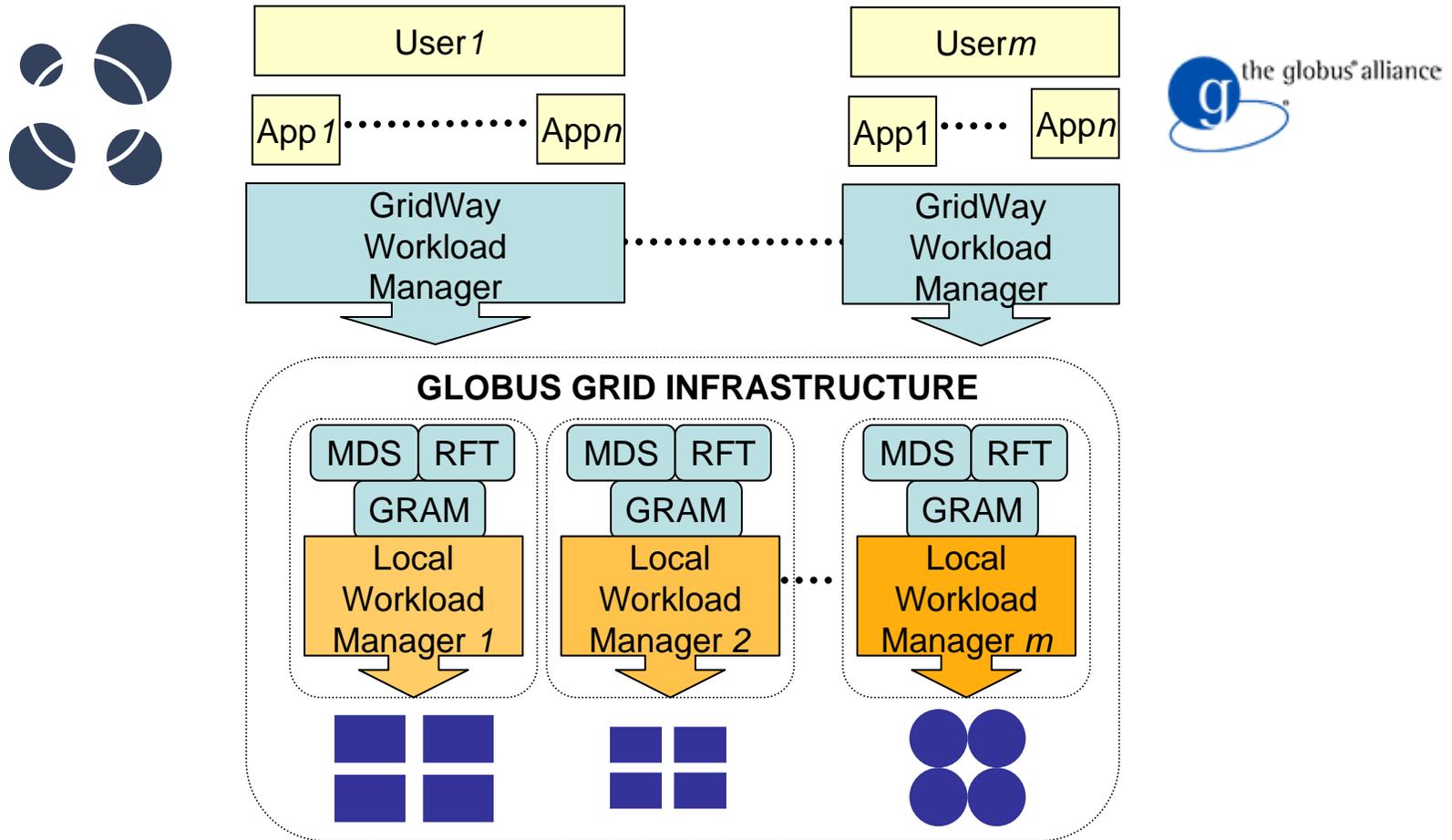
Alta Tasa de Fallos

- Red
- Recurso

2. Infraestructuras Grid

2.3. El Globus Toolkit

GridWay Proporciona Desacoplamiento entre las Aplicaciones y las Plataformas Computacionales Subyacentes



2. Infraestructuras Grid

2.4. Ejemplos de Infraestructuras

Tipos de Infraestructura Grid

- **Entornos Grid desacoplados**

- ✓ Recursos heterogéneos, dinámicos y autónomos interconectados por medio de redes públicas



- **Entornos Grid acoplados**

- ✓ Recursos homogéneos, dedicados y control centralizado interconectados por medio de redes dedicadas



Perfil de las Aplicaciones Típicas

- **Alta productividad y aplicaciones complejas**

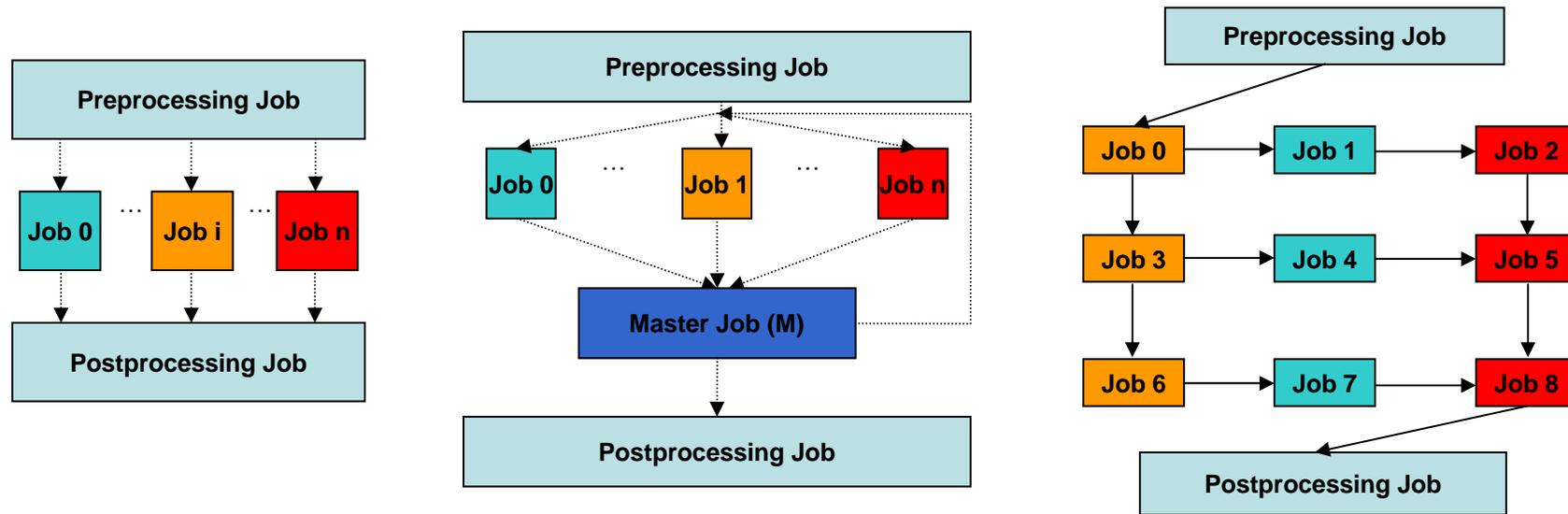
- ✓ No requieren gran cantidad de memoria, pero si transferencia de ficheros

- **Altas prestaciones**

2. Infraestructuras Grid

2.4. Ejemplos de Infraestructuras

Definición de Aplicaciones Complejas



```
#!/bin/sh  
_____  
_____  
_____  
_____  
.sh
```

```
#include <drmaa.h>  
_____  
_____  
_____  
_____  
.C
```

2. Infraestructuras Grid

2.4. Ejemplos de Infraestructuras

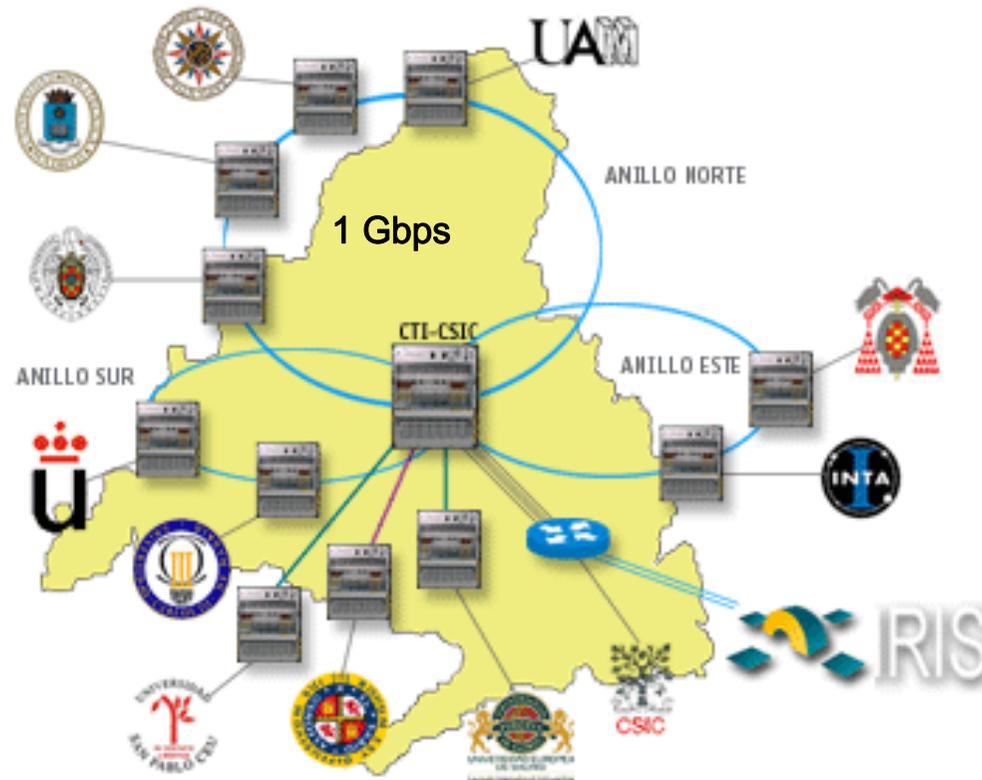
Beneficios

- Acceso puntual a más **recursos**
- Mayor **colaboración y compartición** de recursos entre varios centros
- Creación de **organizaciones virtuales**

2. Infraestructuras Grid

2.4. Ejemplos de Infraestructuras

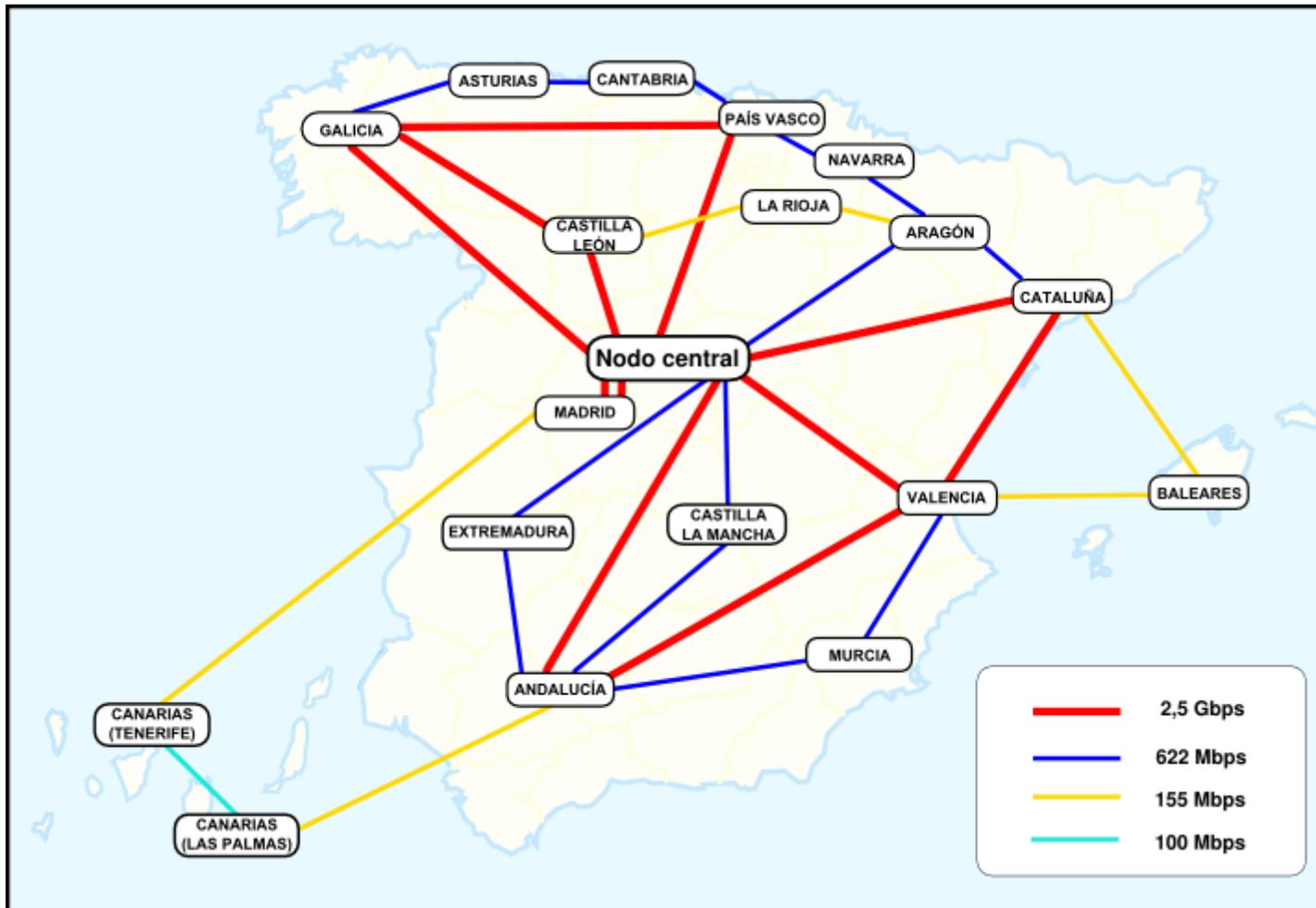
Comunidad de Madrid: **Red Telemática de Investigación**



2. Infraestructuras Grid

2.4. Ejemplos de Infraestructuras

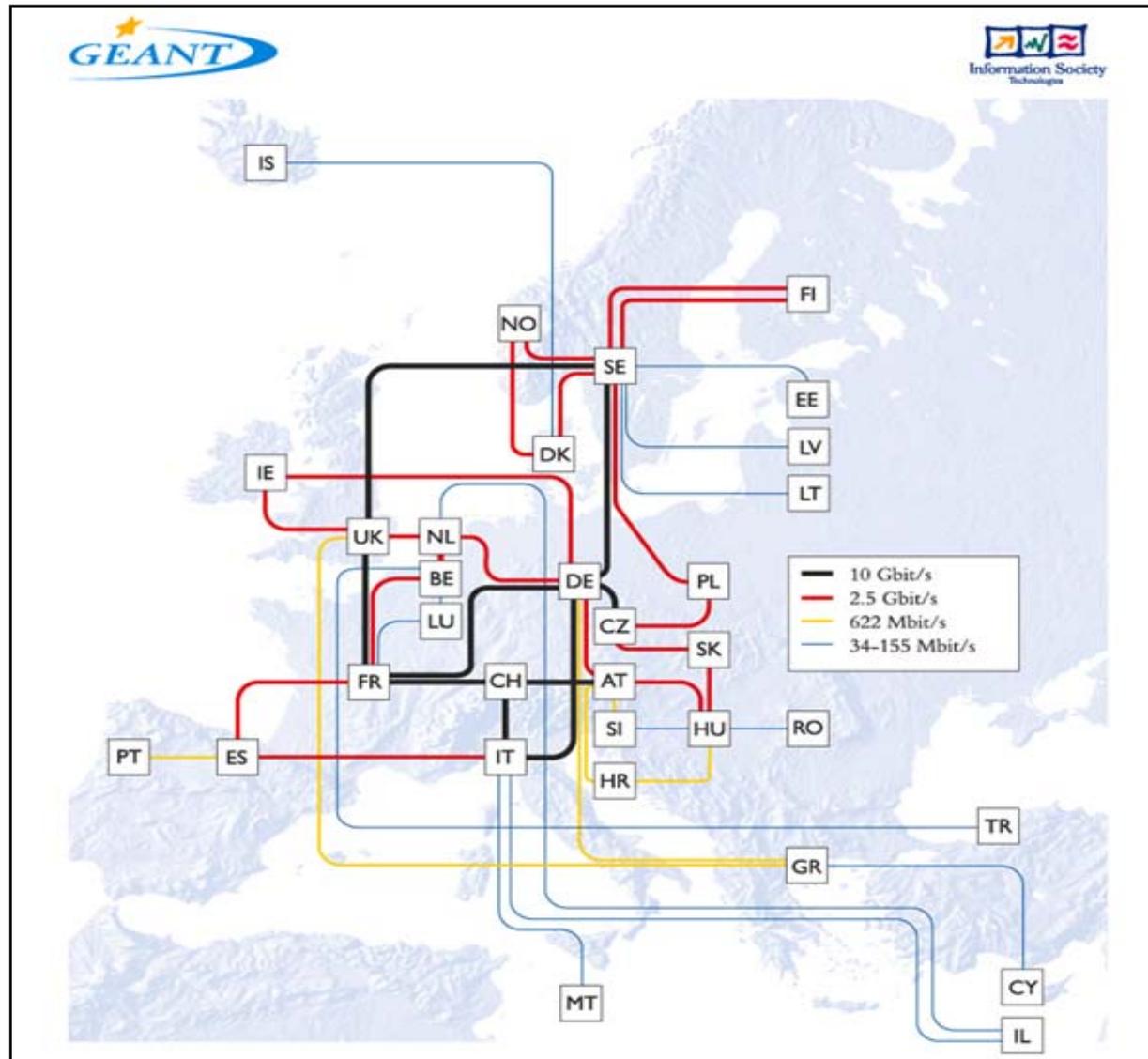
España: RedIris-2



2. Infraestructuras Grid

2.4. Ejemplos de Infraestructuras

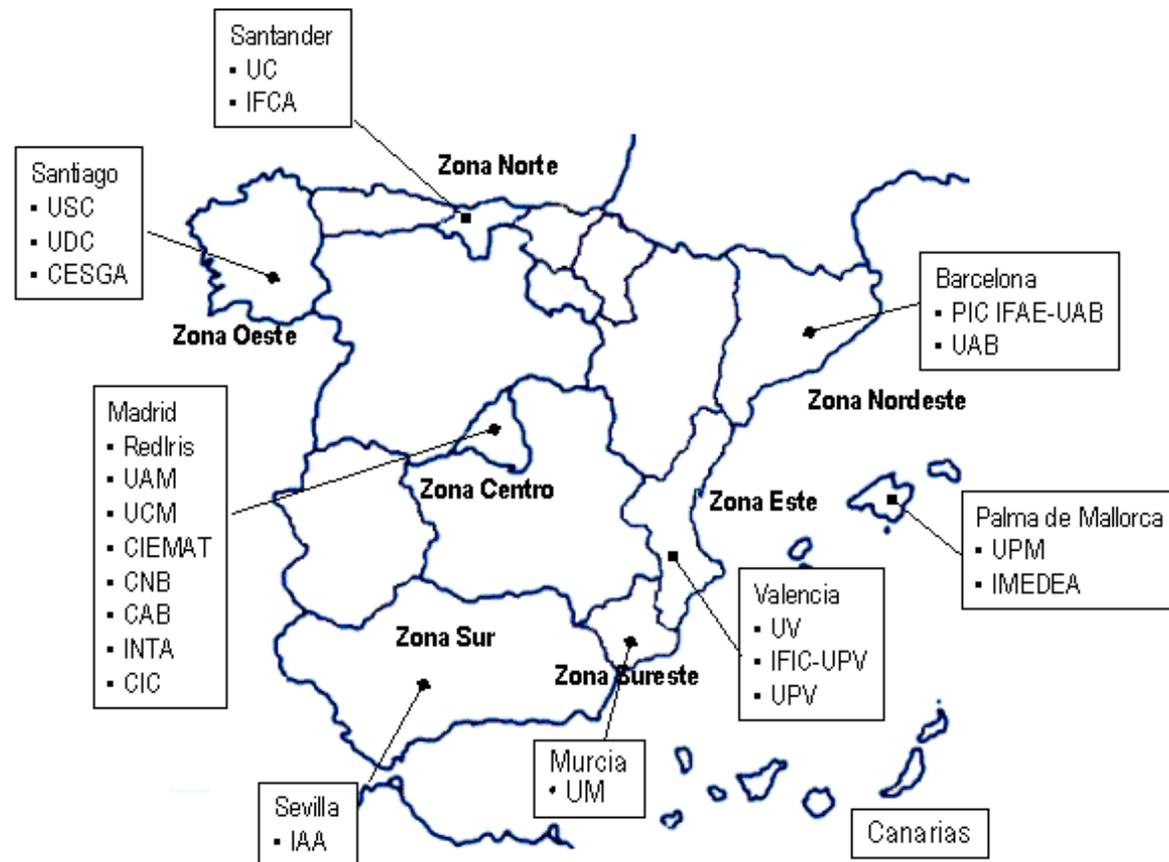
Europa: **Geant**



2. Infraestructuras Grid

2.4. Ejemplos de Infraestructuras

www.Irisgrid.es

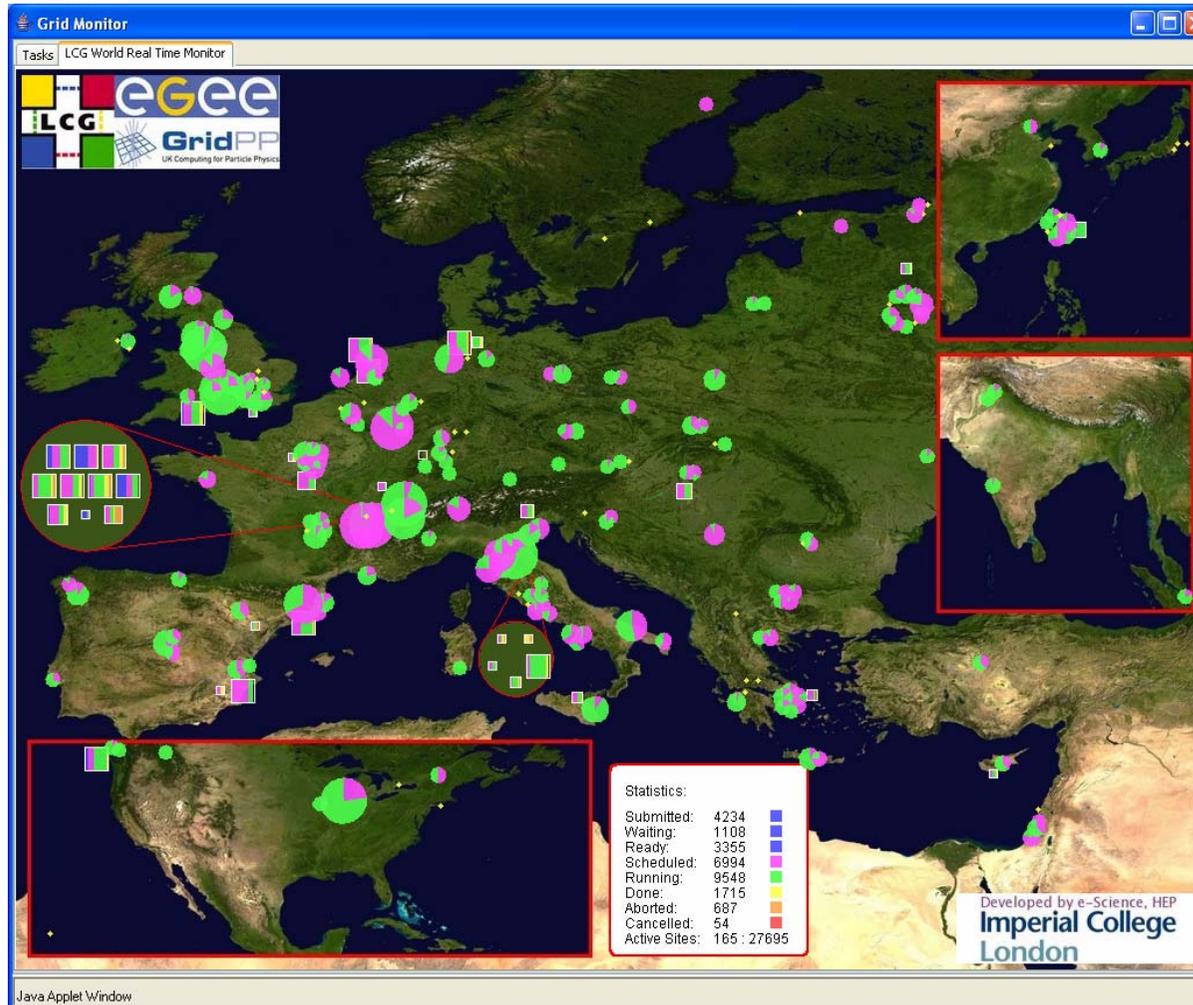


Infraestructura de Investigación

2. Infraestructuras Grid

2.4. Ejemplos de Infraestructuras

www.eu-egee.org

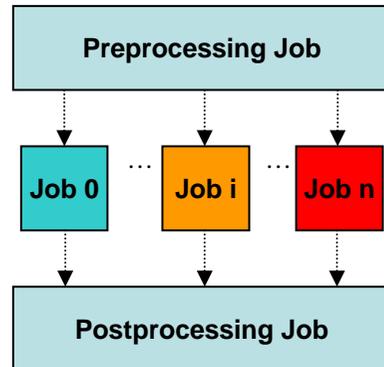


Infraestructura de Producción

2. Infraestructuras Grid

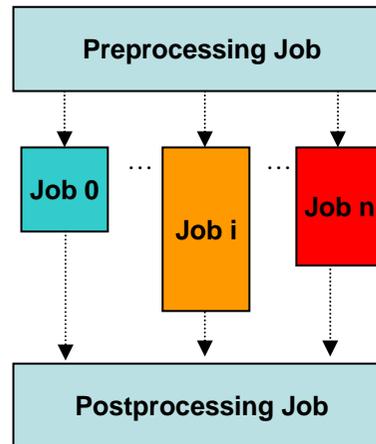
2.5. Ejemplos de Aplicaciones

Perfiles de Ejecución de los Ejemplos



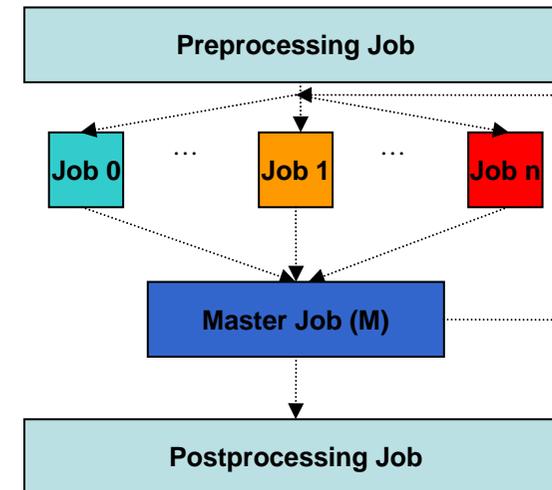
HTC
Síncrono

Proteómica
Computacional



HTC
Asíncrono

Simulación de
Impactos



Master-slave

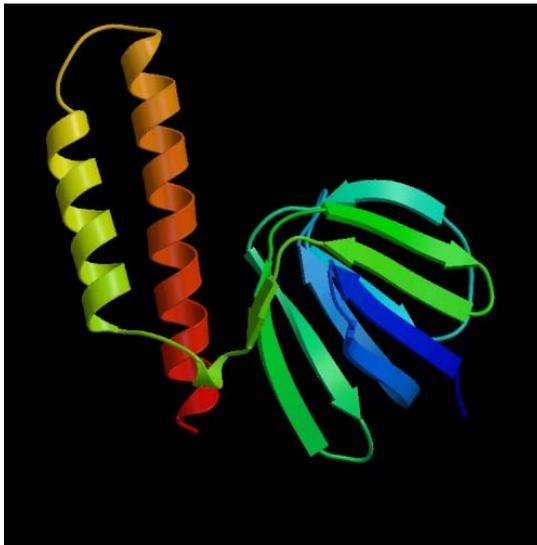
Algoritmos
Genéticos

Proteómica Computacional

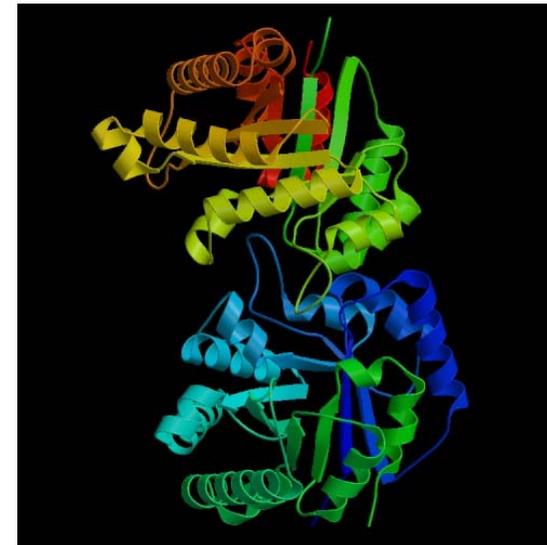
- **Alta Productividad Síncrona con 80 Tareas**
 - Cada tarea realiza la **predicción de estructura y propiedades termodinámicas de proteínas** a partir de su secuencia mediante técnicas de *threading*.
 - Aplicación a familias de **80 proteínas ortólogas**

```
-MTYHLDVVSAEQQMFSGLVEKIQVTGSEGELGIYPGHAPLLTAIKPGMIRIVK  
QHGHEEFIYLSGGILEVQPGNVTVLADTAIRGQDLDEARAMEAKRKAEEHIS  
SHGDVDYAQASAELAKAIAQLRVIELTKK
```

ATP Sintase (ϵ chain)



Triose Phosphate Isomerase



2. Infraestructuras Grid

2.5. Ejemplos de Aplicaciones

Infraestructura Grid : IRISGrid y EGEE

| Testbed | Site | Resource | Processor | Speed | Nodes | RM |
|-------------|------------|----------------|---------------|--------|-------|------|
| IRISGrid | RedIRIS | heraclito | Intel Celeron | 700MHz | 1 | Fork |
| | | platon | 2×Intel PIII | 1.4GHz | 1 | Fork |
| | | descartes | Intel P4 | 2.6GHz | 1 | Fork |
| | | socrates | Intel P4 | 2.6GHz | 1 | Fork |
| | DACYA-UCM | aquila | Intel PIII | 700MHz | 1 | Fork |
| | | cepheus | Intel PIII | 600MHz | 1 | Fork |
| | | cygnus | Intel P4 | 2.5GHz | 1 | Fork |
| | | hydrus | Intel P4 | 2.5GHz | 1 | Fork |
| | LCASAT-CAB | babieca | Alpha EV67 | 450MHz | 30 | PBS |
| | CESGA | bw | Intel P4 | 3.2GHz | 80 | PBS |
| IMEDEA | llucalcari | AMD Athlon | 800MHz | 4 | PBS | |
| DIF-UM | augusto | 4×Intel Xeon** | 2.4GHz | 1 | Fork | |
| | caligula | 4×Intel Xeon** | 2.4GHz | 1 | Fork | |
| | claudio | 4×Intel Xeon** | 2.4GHz | 1 | Fork | |
| BIFI-UNIZAR | lxsv1 | Intel P4 | 3.2GHz | 50 | SGE | |
| EGEE | LCASAT-CAB | ce00 | Intel P4 | 2.8GHz | 8 | PBS |
| | CNB | mallarme | 2×Intel Xeon | 2.0GHz | 8 | PBS |
| | CIEMAT | lcg02 | Intel P4 | 2.8GHz | 6 | PBS |
| | FT-UAM | grid003 | Intel P4 | 2.6GHz | 49 | PBS |
| | IFCA | gtbcg12 | 2×Intel PIII | 1.3GHz | 34 | PBS |
| | IFIC | lcg2ce | AMD Athlon | 1.2GHz | 117 | PBS |
| | PIC | lcgce02 | Intel P4 | 2.8GHz | 69 | PBS |



7 sitios y 195 CPUs



7 sitios y 333 CPUs

Total: 13 sitios y 528 CPUs. Limitación a 4 tareas por recurso (64 CPUs)

2. Infraestructuras Grid

2.5. Ejemplos de Aplicaciones

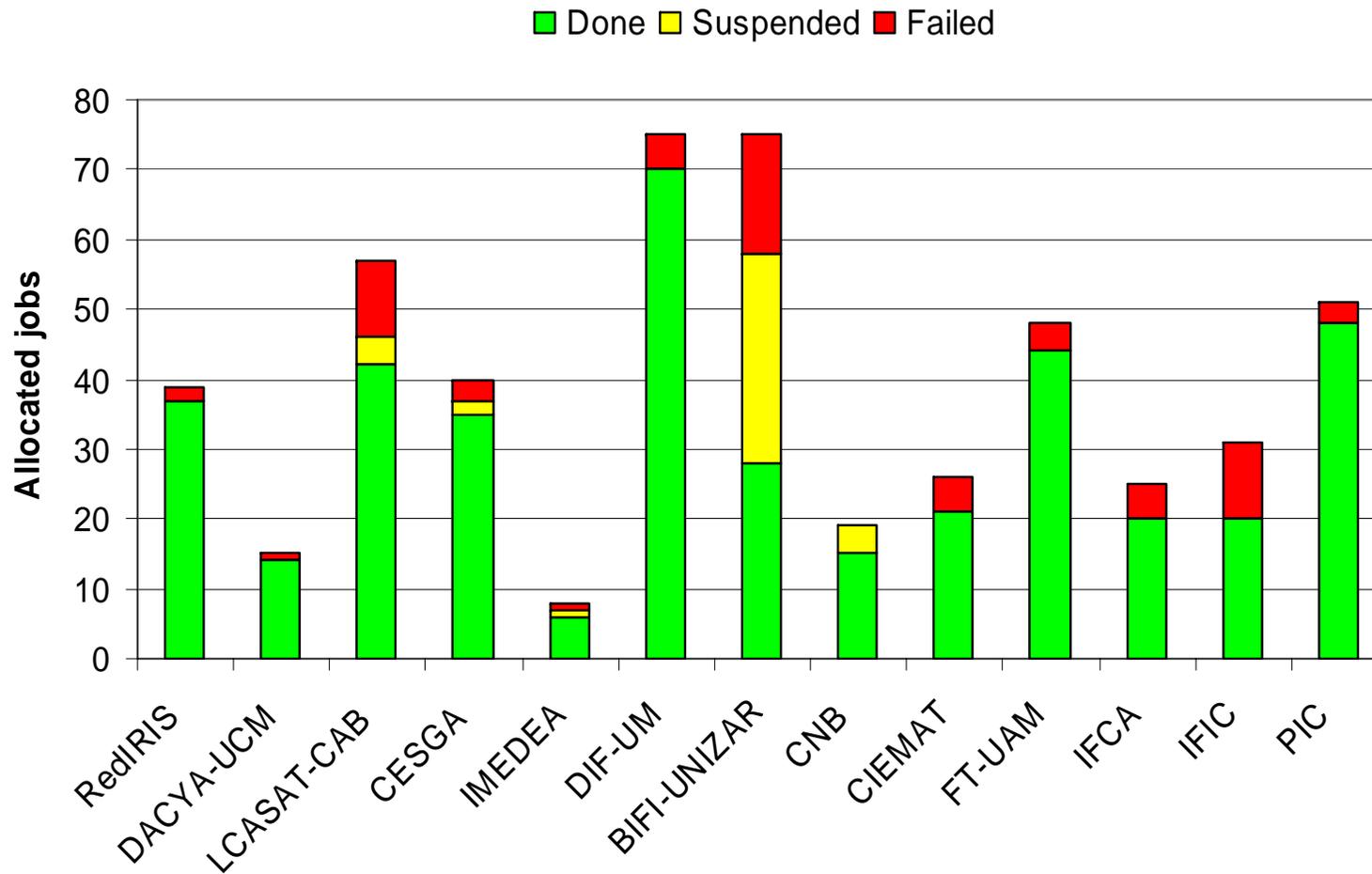
Resultados: Productividad Dinámica



2. Infraestructuras Grid

2.5. Ejemplos de Aplicaciones

Resultados: Planificación



Simulación de Impacto de Meteoritos

- **La generación de cráteres por el impacto de meteoritos** es un proceso geológico de gran interés en Astrobiología
- La simulación de impactos es fundamental en el estudio de la **existencia de mares en la superficie de Marte en el pasado**. La profundidad de la capa de agua afecta a la litografía y morfología del cráter resultante
- **Alta Productividad Asíncorna con 72 Tareas**
 - La aplicación analiza el **mínimo tamaño del meteorito para generar un cráter** en el fondo marino de un hipotético mar marciano
 - El **espacio de búsqueda** incluye 8 casos para el diámetro del proyectil, 3 casos para la profundidad de agua y 3 casos para la velocidad del meteorito

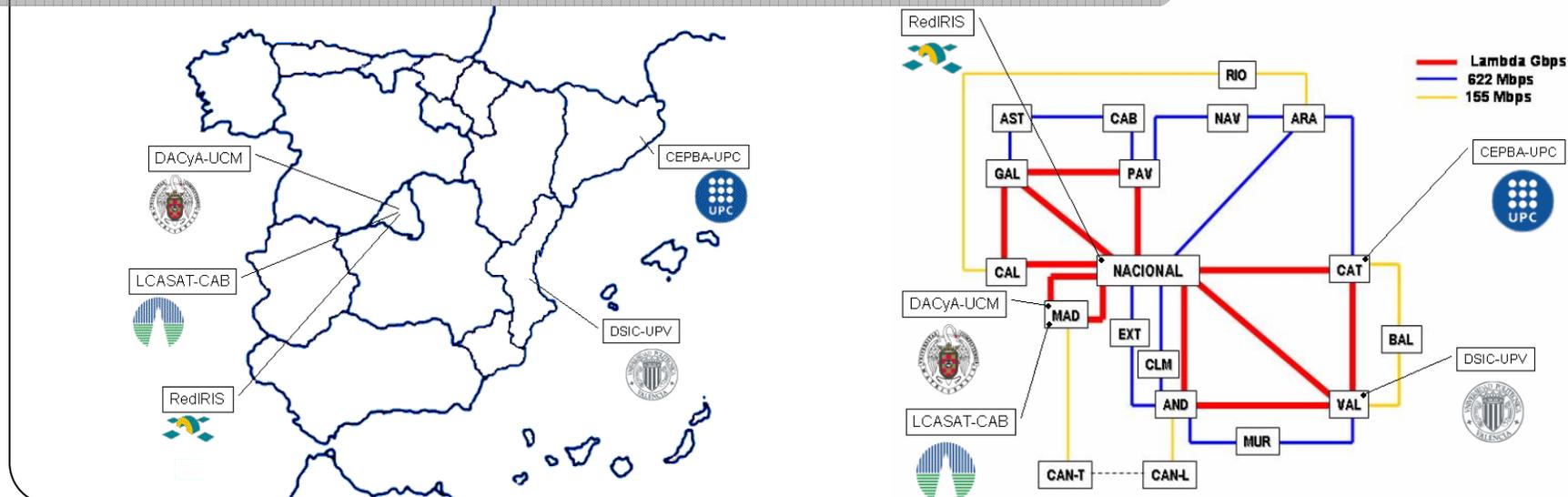
2. Infraestructuras Grid

2.5. Ejemplos de Aplicaciones

Infraestructura Grid

| Name | Site | Nodes | Model | Speed | Mem | OS | Job mgr. |
|-----------|------------|-------|---------------|--------|-------|-----------|----------|
| hydrus | DACyA-UCM | 1 | Intel P4 | 2.5GHz | 512MB | Linux 2.4 | fork |
| cygnus | | 1 | Intel P4 | 2.5GHz | 512MB | Linux 2.4 | fork |
| aquila | | 1 | Intel PIII | 700MHz | 128MB | Linux 2.4 | fork |
| babieca | LCASAT-CAB | 5 | Alpha EV67 | 450MHz | 256MB | Linux 2.2 | PBS |
| platon | RedIRIS | 2 | Intel PIII | 1.4GHz | 512MB | Linux 2.4 | fork |
| heraclito | | 1 | Intel Celeron | 700MHz | 256MB | Linux 2.4 | fork |
| ramses | DSIC-UPV | 5 | Intel PIII | 900MHz | 512MB | Linux 2.4 | PBS |
| khafre | CEPBA-UPC | 4 | Intel PIII | 700MHz | 512MB | Linux 2.4 | fork |

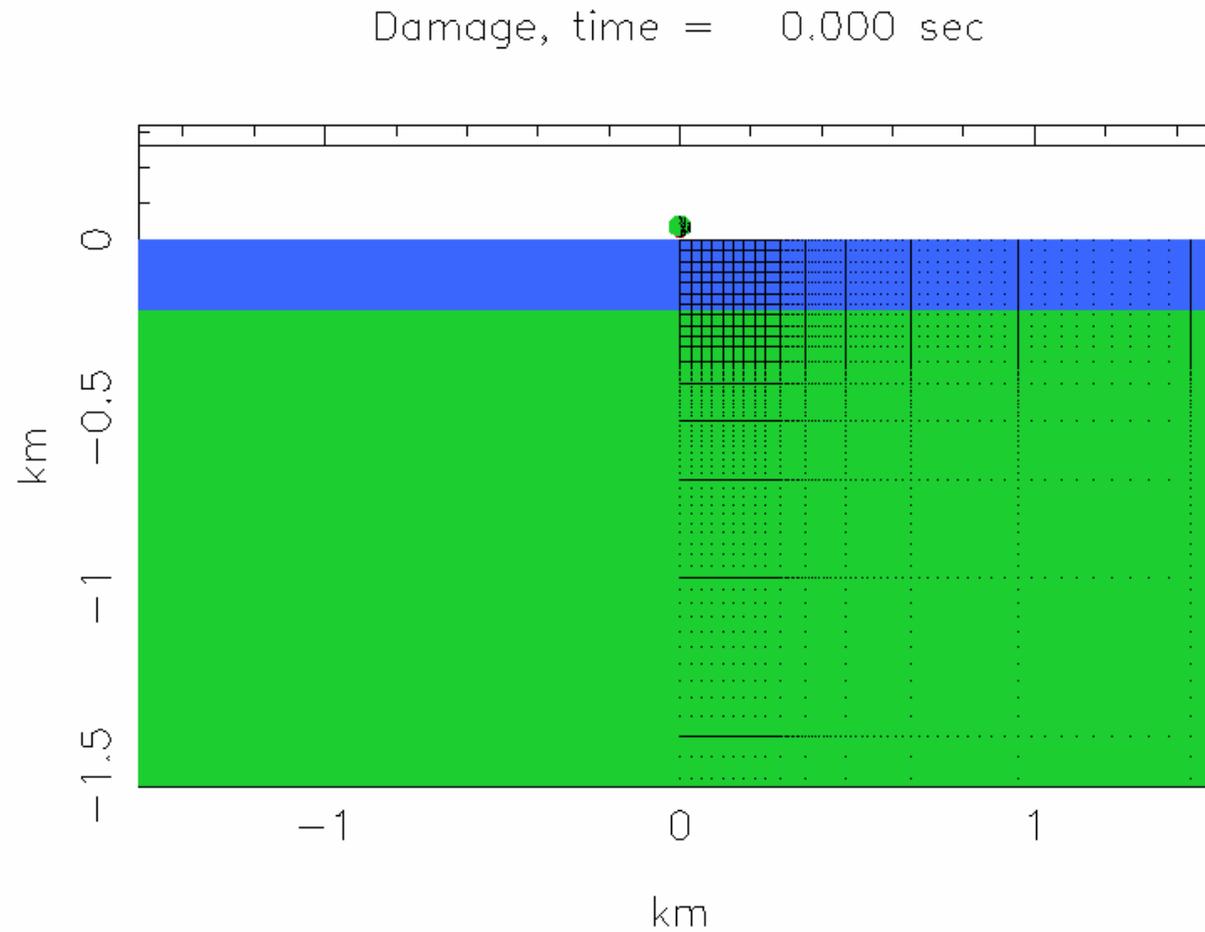
Distribución Geográfica y Red de Interconexión



2. Infraestructuras Grid

2.5. Ejemplos de Aplicaciones

D= 60m, H= 200m, V= 10Km/s

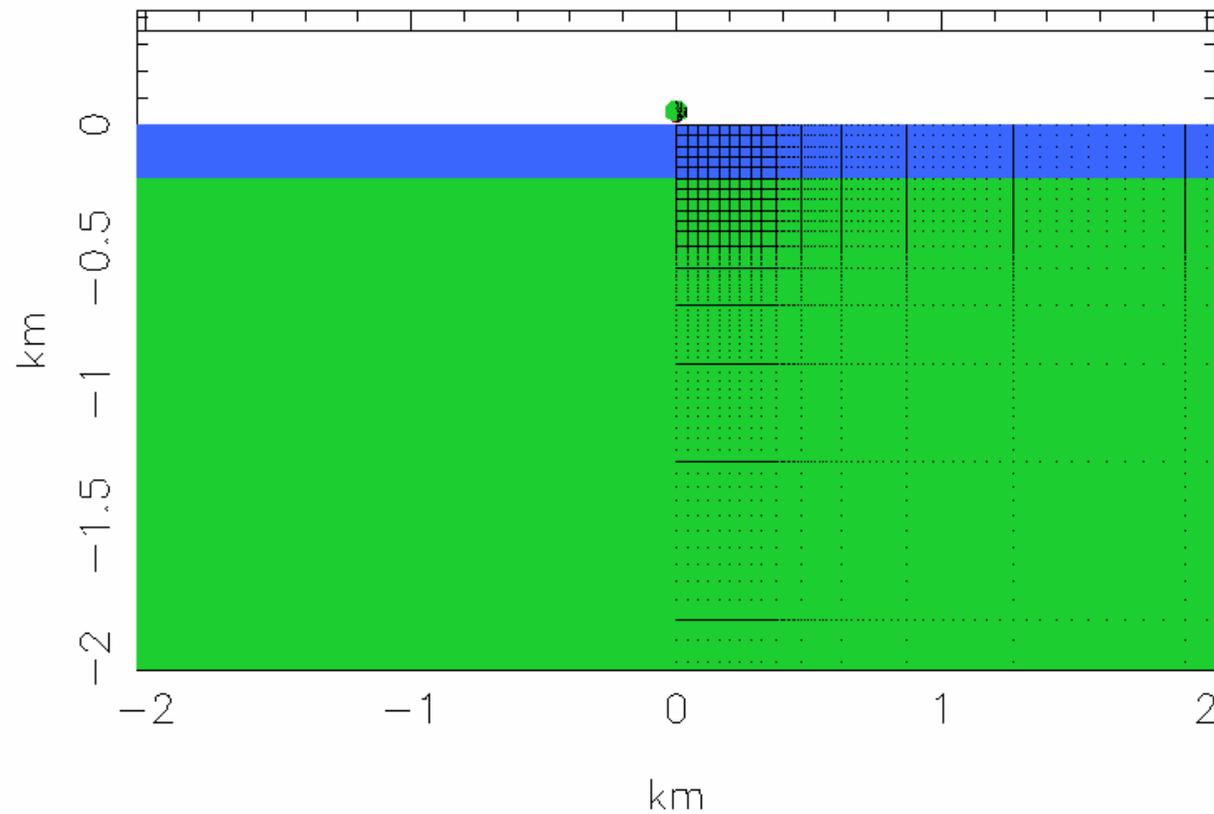


2. Infraestructuras Grid

2.5. Ejemplos de Aplicaciones

D= 80m, H= 200m, V= 10Km/s

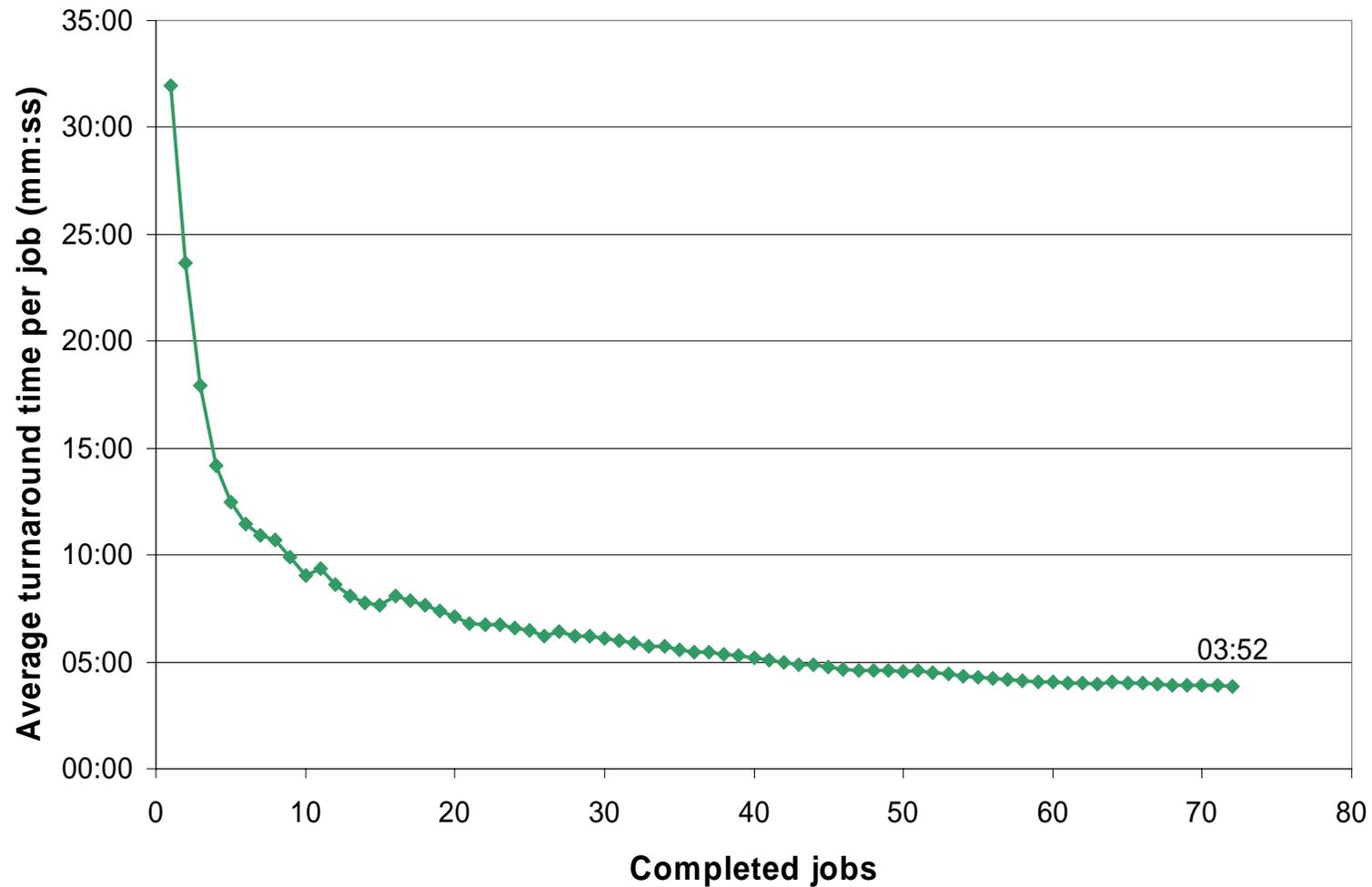
Damage, time = 0.000 sec



2. Infraestructuras Grid

2.5. Ejemplos de Aplicaciones

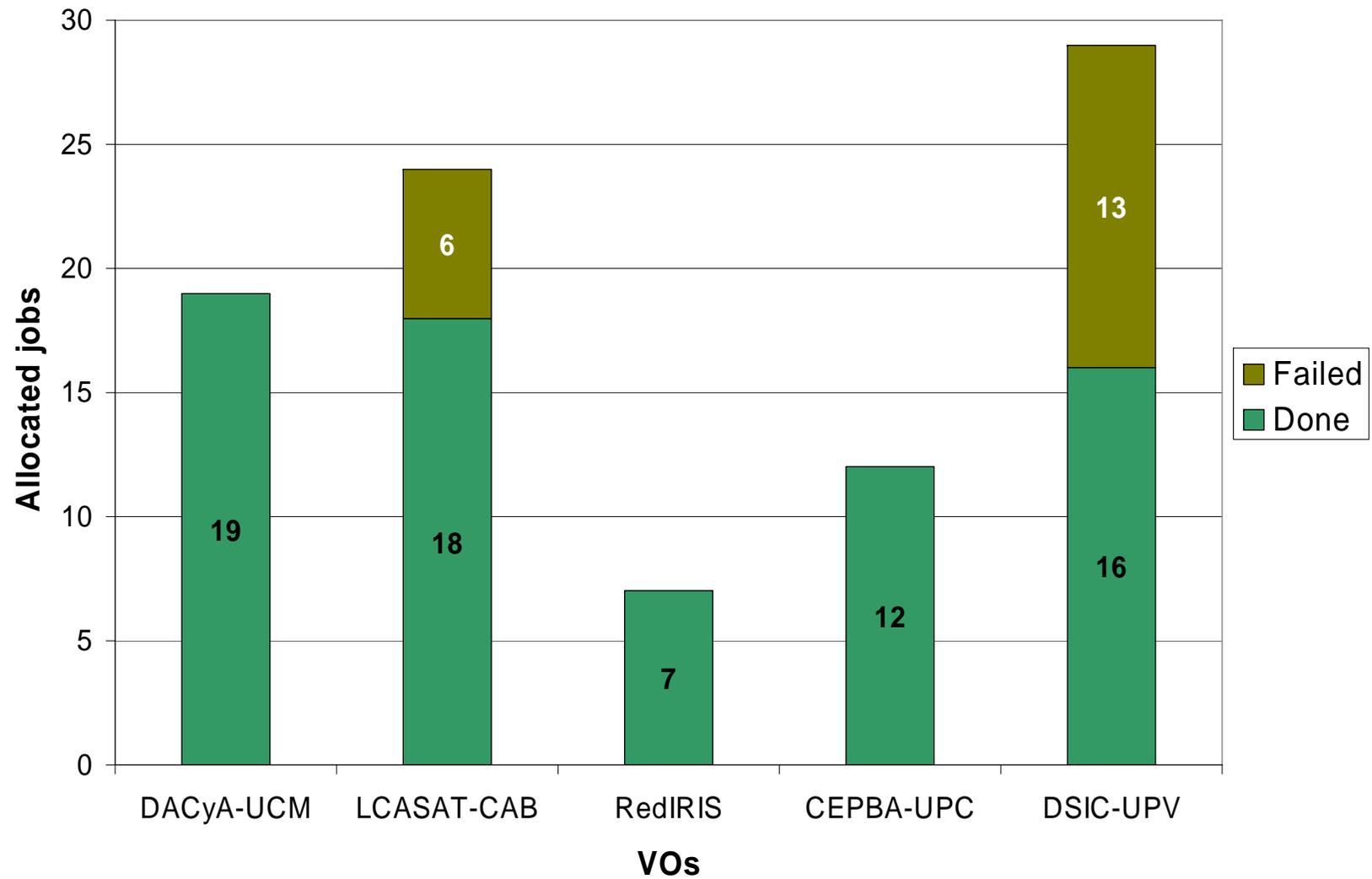
Resultados: Tiempo Medio por Trabajo



2. Infraestructuras Grid

2.5. Ejemplos de Aplicaciones

Resultados: Planificación



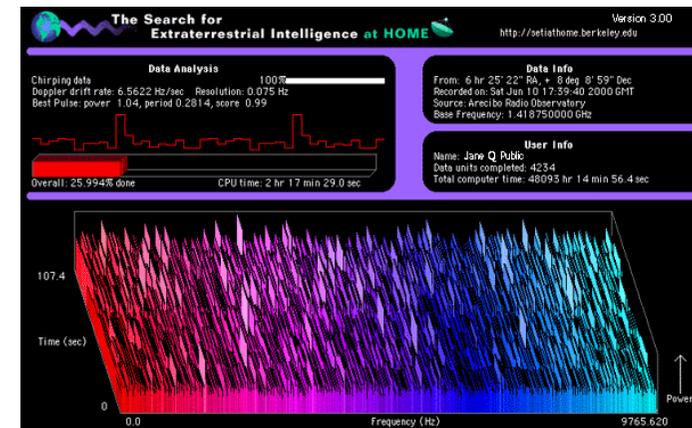
Iniciativas de Computación en Internet

- Plataformas software para usar **recursos cedidos voluntariamente**
- **Tecnología complementaria** a las anteriores que permiten **interconectar recursos individuales** en lugar de servidores y clusters con diferentes DRMs

Objetivo: Análisis de datos de telescopio (Arecibo, Puerto Rico) en búsqueda de señales



`setiathome.ssl.berkeley.edu`



Estadísticas Octubre de 2005

Users: 234.746; Hosts: 498.876; Countries: 216
Average floating point operations per second: 127,491 TeraFLOPS

3. Evolución de la Computación Grid

Contenidos

1. Plataformas de Computación Paralela y Distribuida
2. Infraestructuras Grid
- 3. Evolución de la Computación Grid**
 - 3.1. Etapas
 - 3.2. Modelos de Provisión Tecnologías de Información
 - 3.3. *Utility Computing*

3. Evolución de la Computación Grid

3.1. Etapas

Etapas en la Evolución de la Computación Grid



Fuente: Platform Computing, "The Evolution Of Grid: The Three Stages of Grid Computing".
Available at <http://www.platform.com/grid/evolution.asp>

3. Evolución de la Computación Grid

3.1. Etapas

Descripción de las Etapas

Infraestructuras Grid en la Comunidad Científica

| | Enterprise Grid | Partner Grid | Utility Grid |
|-----------------|---|--|--|
| Infraestructura | Recursos internos gestionados por diferentes sistemas DRM que podrían estar distribuidos geográficamente | Recursos distribuidos en diferentes organizaciones o dominios de administración gestionados por diferentes sistemas DRM | Recursos proporcionados por proveedores de servicios externos |
| Objetivos | Permitir la compartición de diferentes recursos para mejorar la colaboración interna y alcanzar un mayor retorno de la inversión en TIC | Proporcionar compartición fiable y segura de recursos a gran escala entre socios o participantes en la cadena de valor | Proporcionar recursos bajo demanda |
| Beneficios | <ul style="list-style-type: none">• Minimizar costes• Maximizar prestaciones | <ul style="list-style-type: none">• Acceder a más recursos para satisfacer picos de demanda• Proporcionar soporte para hacer frente a proyectos colaborativos | <ul style="list-style-type: none">• Flexibilidad para ajustar la capacidad• Acceder a capacidad ilimitada• Transformar costes TIC fijos en variables |

3. Evolución de la Computación Grid

3.2. Modelos de Provisión de Tecnologías de la Información

Modelos de Provisión de Tecnologías de la Información

| | | | |
|---------------------------------|-----------------|---|--|
| Proveedor TI Departamento IT | Outsourcing IT | <p>Outsourcing</p> <p><u>Funcionamiento</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Todas las necesidades son cubiertas por un proveedor externo • Delega los problemas IT a “expertos” <p><u>Resultado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de control | <p>IT Utility</p> <p><u>Funcionamiento</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • En lugar de tener recursos dedicados a la empresa, se factura por uso de recursos <p><u>Resultado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Los costes son realmente variables <p><u>Desafío</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Son los recursos un “commodity”? |
| | Departamento IT | <p>IT Cost Center</p> <p><u>Funcionamiento</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Presupuesto anual fijo, al cual contribuyen todos los departamentos • Tendencia de la Dirección a reducir el presupuesto, apoyada por los Departamentos para reducir su aportación <p><u>Resultado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de inversión por el Departamento IT bastante reducida. Disminuyendo su competitividad | <p>IT “Partner”</p> <p><u>Funcionamiento</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • La provisión sigue siendo interna, pero se contribuye al presupuesto IT según el uso • El Departamento IT funciona como unidad de negocio <p><u>Resultado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mayor colaboración entre el resto de Departamentos y el de IT • No hay incentivos en reducir costes, y puede ser que no exista economía de escala • Problemas con los picos |
| | | Fijo | Variable (basado en uso) |

Obstáculos de Adopción

- **Tecnológicos**

- Tecnologías demasiado novedosas
- Limitaciones de la tecnología
- Acceso transparente de los usuarios

- **Culturales**

- Escepticismo
- Falta de ejemplos guía
- Resistencia al cambio
- Quién tiene que adoptarlo (Departamento IT) tiene miedo a perder poder

Formas de *Utility Computing* (Fases de Adopción)

- **In-House Private Utility**
 - Enterprise Grid gestionado por el Departamento TI
 - Proporciona servicios bajo demanda
- **Managed Private Utility**
 - Igual que el caso anterior pero los recursos propios son gestionados por un proveedor
- **Public Utility**
 - Igual que el caso anterior por los recursos son compartidos por varias empresas
- **Aproximaciones mixtas**
 - In-House para la media y Public para los picos

| | Gestión | Propiedad | Recursos |
|---------------------------------|----------------|------------------|-----------------|
| In-House Private Utility | Interna | Interna/Externa | Dedicados |
| Managed Private Utility | Externa | Interna/externa | Dedicados |
| Public Utility | Externa | Externa | Compartidos |

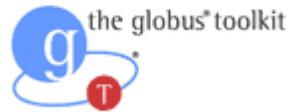
3. Evolución de la Computación Grid

3.3. *Utility Computing*

Estado de los Utility

- **IBM:** Blue Gene “Supercomputing on Demand”, 0,50 centavos/hora
- **Sun:** 1 dólar/hora y 1 dólar/Gbyte-mes
- **Tsunami Technologies**
- ...

Información adicional



www.globus.org



www.ibm.com



www.ggf.org

¡Gracias por su atención!