



**UNIVERSIDAD  
DE BURGOS**

# CLUSTER DE COMPUTACIÓN PARA DOCENCIA

---

MS HPC PACK 2012 R2

José M. Cámara Nebreda  
José A. González García  
2016

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>SITUACIÓN DE PARTIDA .....</b>	<b>4</b>
<b>INSTALACIÓN DEL SERVIDOR .....</b>	<b>5</b>
Instalación de los servicios de active domain.....	5
Instalación del hpc pack.....	7
Configuración del nodo de cabecera.....	7
<b>ADICIÓN DE NODOS AL CLUSTER.....</b>	<b>12</b>
Inclusión de las estaciones de trabajo en el dominio .....	12
Instalación del HPC Pack 2012 R2 en las estaciones de trabajo .....	15
Inclusión de la estación de trabajo en el cluster.....	15
Configuración de las comunicaciones .....	18
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>20</b>

## INTRODUCCIÓN

---

El motivo para dotar a nuestras instalaciones de un cluster de computación es doble: por un lado se trata de disponer de una plataforma que permita la realización de prácticas de programación paralela en las asignaturas de Grado y Máster en Ingeniería Informática y por otro lado presentar a los alumnos un caso real de computador MIMD para apoyo de la docencia teórica en esas mismas asignaturas.

Anteriormente a la puesta en marcha de este pequeño cluster, las prácticas de programación se venían realizando en computadores convencionales que habitualmente trabajaban de forma aislada y ocasionalmente se configuraban para trabajar conjuntamente dando servicio a prácticas de computación paralela. Esto obligaba a los alumnos a interferir con sus compañeros para realizar las pruebas de ejecución de sus prácticas y a gestionar su trabajo de una forma totalmente manual. Lo que sucedía en la mayoría de los casos es que las pruebas más costosas en tiempo tenían que ser realizadas por el profesor fuera del horario de prácticas.

Además de los inconvenientes lógicos de estas prácticas que podríamos calificar de artesanales, no era posible trabajar de manera real conceptos tan relevantes como la planificación de trabajos.

En este manual se pretende reflejar el proceso de puesta en marcha del cluster de computación a partir de las máquinas de laboratorio que ya se venían utilizando. Se explicarán los pasos realizados para la instalación del servidor y la inclusión de los ordenadores ya existentes. El entorno en el que se trabajará es Microsoft HPC.

Es posible obtener una información más completa sobre todos los aspectos relativos a la instalación y gestión del cluster de computación consultando la documentación técnica de [Microsoft en línea](#).

## SITUACIÓN DE PARTIDA

---

Como ya se ha explicado en la introducción, se va a transformar un conjunto de computadores de laboratorio en un cluster de computación. Estos computadores son PCs convencionales dotados de sistemas operativos de Microsoft. Concretamente, las máquinas se encuentran configuradas con un arranque doble, en Windows XP y Windows 7 Enterprise Edition. Esto es así para garantizar la compatibilidad con las aplicaciones que necesitan las distintas materias que se imparten en el laboratorio.

Estas máquinas, 8 en total, se encuentran conectadas a dos redes Ethernet: una red interna aislada con direcciones IP fijas y una red externa corporativa con direcciones IP dinámicas.

El objetivo es que los ordenadores sigan funcionando de forma individual como hasta el momento, para no interferir con el desarrollo de otras materias y que puedan trabajar como nodos del cluster en las prácticas de computación paralela.

La única máquina dedicada a su trabajo como miembro del cluster va a ser el servidor, adquirido expresamente para realizar esta misión. Como característica más relevante del mismo, el hecho de que también dispone de dos adaptadores de red que le van a permitir su conexión a la red corporativa y a la red interna. Junto con el hardware, se ha adquirido una licencia de MS Server 2012 R2.

En cuanto a la cuestión de los sistemas operativos a utilizar merece la pena destacar dos aspectos relevantes:

- ⚠ El sistema operativo del servidor debe instalarse en su versión original en inglés. La instalación en castellano va a dar serios problemas de compatibilidad con el HPC Pack de Microsoft que es el software que nos va a permitir configurar y gestionar el cluster.
- ⚠ El resto de máquinas podrá entrar a formar parte del cluster cuando ejecuten Windows 7, ya que Windows XP no se encuentra soportado. No obstante, aquí nos vamos a encontrar con la dificultad del idioma del sistema de nuevo, lo que nos va a obligar a elegir entre reinstalar Windows 7 en inglés o instalar Windows 8 en inglés directamente.

## INSTALACIÓN DEL SERVIDOR

---

Nuestro servidor es una máquina con unas prestaciones relativamente modestas:

- Placa Intel Server Board S1200.
- CPU Intel Xeon Quad E3-1220V2
- 8 GB RAM DDR3
- 1 TB HD.
- Dos adaptadores Ethernet.

Su carga de trabajo no va a ser en principio relevante por lo que, aparte del doble adaptador de red, el resto de sus prestaciones no son relevantes más allá de lo que recomienda Microsoft para soportar el sistema operativo.

Las primeras pruebas realizadas nos hacen descartar la posibilidad de trabajar con la instalación en castellano. Sin entrar en demasiados detalles, la instalación del HPC Pack nos dio varios errores que no fuimos capaces de resolver. De hecho, [Microsoft](#) ya avisa de estos problemas de compatibilidad.

La instalación del sistema operativo no presenta otros detalles de importancia adicionales a la cuestión del idioma por lo que no vamos a detallar este proceso. Lo que sí es importante, una vez instalado el sistema operativo es la realización de algunas tareas previas a la instalación del HPC Pack.

- ✓ Instalación de los servicios de Active Domain.
- ✓ Promoción del servidor a controlador de dominio.

## INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ACTIVE DOMAIN

---

Desde el Gestor del Servidor (Server Manager), se debe dar de alta una nueva característica (Add Roles and Features) como se muestra en la Figura 1.

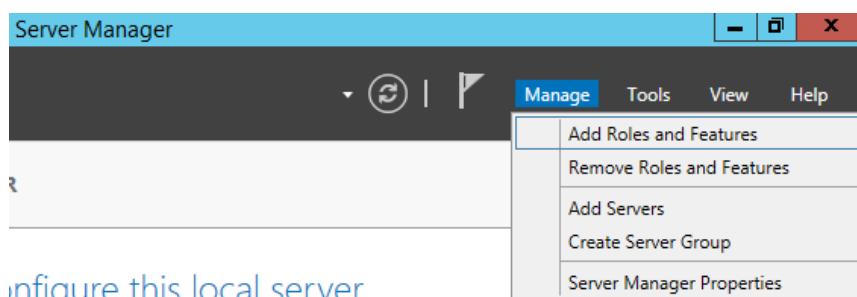


FIGURA 1

La característica que queremos dar de alta son los Servicios de Dominio Activo (Active Domain Services). Para ello previamente hay que seleccionar la opción de instalación basada en roles que se muestra en la Figura 2. Esto nos dará paso a la selección del servidor, para el caso de que hubiera más de uno y finalmente la lista de roles y características disponibles entre las que se encuentra la que buscamos.

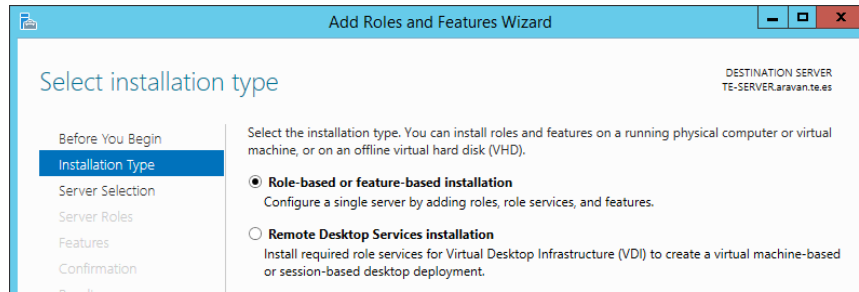


FIGURA 2

Una vez instalados estos servicios, el propio gestor del servidor nos sugerirá la promoción a **controlador de dominio** de nuestra máquina, cosa que debemos hacer.

Entre las opciones que se nos van planteando, deberemos seleccionar la creación de un bosque (forest) y darle un nombre de dominio raíz. Debe ser un nombre inequívoco. En nuestro caso le hemos dado el nombre: aravan.te.es, creado a partir del nombre de una asignatura y del área de conocimiento.

Nos solicita una cuenta de restauración. Podemos proporcionarle la cuenta del administrador.

Como nombre de dominio NETBIOS se nos sugiere: ARAVAN como aparece en la Figura 3. Lo aceptamos sin modificación.

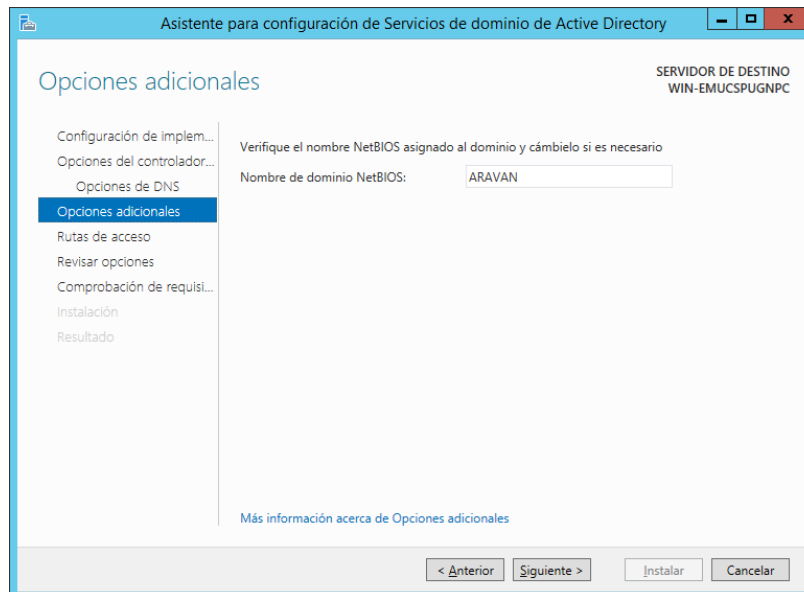


FIGURA 3

Puede ser también un buen momento para darle un nombre a nuestro servidor que sea más significativo que el nombre por defecto, pero no es obligatorio para nada modificarlo. Nosotros hemos decidido llamarlo TE-SERVER.

Estas sencillas y relativamente rápidas operaciones dejan a nuestro servidor en condiciones ideales para la instalación del HPC Pack, el paquete de computación avanzada que nos proporciona Microsoft.

---

## INSTALACIÓN DEL HPC PACK

---

El pack de computación avanzada nos va a permitir instalar y configurar un cluster de computación. Para ello, el primer paso es convertir a nuestro servidor en el nodo de cabecera del cluster. Esto exige descargar el Pack, que es gratuito e instalarlo localmente.

Se trata de un paquete que ha ido evolucionando en el tiempo a medida que lo hacían las herramientas de computación de Microsoft. La versión que corresponde con nuestro sistema operativo lleva en este caso la misma referencia que él: HPC Pack 2012 R2 y se puede descargar de [Microsoft](#).

Una vez descargado, simplemente se ha de descomprimir e iniciar la aplicación “Setup”.

Podemos aceptar las opciones por defecto que nos van a ir apareciendo, observando que el tipo de nodo que vamos a configurar es un nodo de cabecera (Head Node). Se instalarán un buen número de herramientas: Power Shell (aunque normalmente ya está instalada), SQL Server, MS-MPI, herramientas de servidor, herramientas de cliente, etc. Se trata de un proceso relativamente largo, pero que debería completarse con éxito sin intervención del administrador.

Finalizado el proceso, dispondremos de una nueva aplicación para la gestión del cluster (Cluster Manager).

---

## CONFIGURACIÓN DEL NODO DE CABECERA

---

La conversión de nuestro servidor en nodo de cabecera del cluster requiere de una serie de tareas que se clasifican en obligatorias y opcionales. Pasamos a detallar las obligatorias.

---

### *Definición de la topología*

---

Es importante notar que en este contexto, la palabra “topología” no toma su significado por defecto. No se refiere al grafo que subyace en nuestra red de interconexión sino más bien al acceso que los diferentes nodos del cluster tienen a las redes privadas y públicas. Esta cuestión se encuentra ampliamente documentada por parte de Microsoft por lo que recomendamos su lectura [aquí](#).

Para nuestro tipo de cluster, formado por estaciones de trabajo conectadas a una red interna y con acceso también a la red corporativa, Microsoft recomienda seleccionar la topología 5. Nosotros nos vamos a decantar sin embargo por la topología 1, ya que pretendemos que las comunicaciones relacionadas con computación se lleven a cabo exclusivamente a través de la red interna. La red externa quedaría para el trabajo de los usuarios de las propias estaciones cuando éstas no estén trabajando en computación. Podemos ver las alternativas y nuestra selección en la Figura 4.

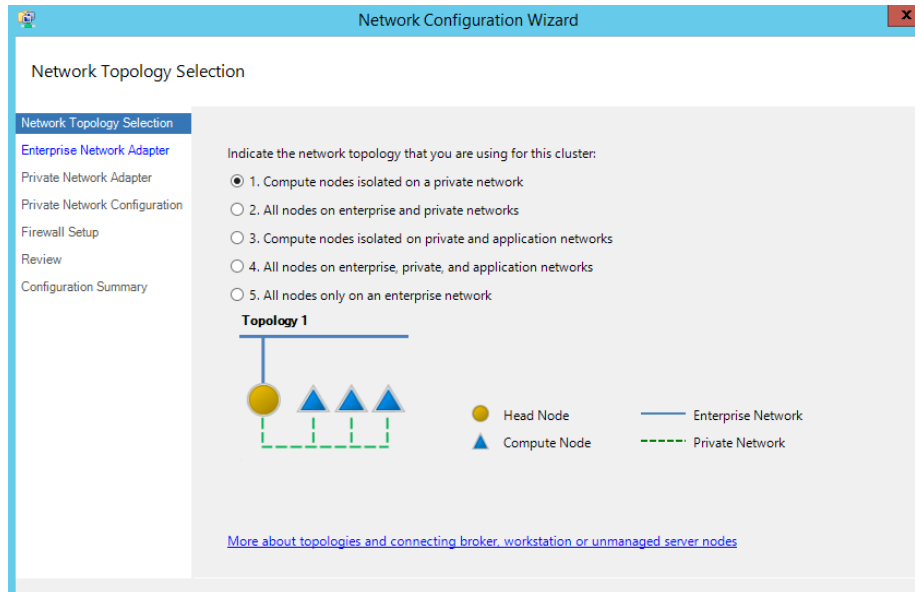


FIGURA 4

Es importante para nosotros esta distinción por dos motivos:

- Para aislar nuestro trabajo del tráfico existente en la red corporativa y poder así valorar el rendimiento del cluster en la ejecución de aplicaciones, de una manera controlada.
- Para permitir que otras asignaturas puedan seguir realizando sus prácticas sin verse afectadas por el nuevo rol que han adquirido los ordenadores como miembros de un cluster de computación.

---

### *Configuración de las comunicaciones*

---

Si no lo habíamos hecho antes, éste es el momento de realizar la configuración de todo lo que tiene que ver con las comunicaciones en el servidor: adaptadores de red, firewall, etc.

En nuestro caso trabajamos con una red interna en la que se configuran direcciones IP fijas y ficticias. Al nodo de cabecera (servidor) le hemos dado la dirección: 192.168.100.1.

En la red corporativa por el momento las direcciones se asignan de forma dinámica, por lo que nuestro servidor no va a tener inicialmente IP fija.

En cuanto al Firewall, lo configuramos como activo en la red corporativa e inactivo en la interna como se muestra en la Figura 5.



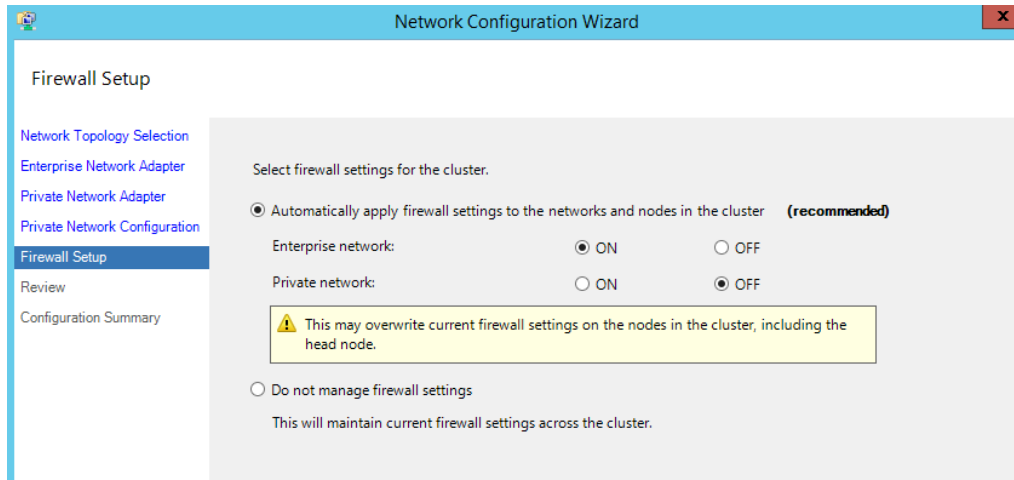


FIGURA 5

---

### Otras tareas

---

Las anteriores son sin duda las labores más relevantes en esta fase, pero aún quedan algunos ajustes adicionales antes de darla por terminada.

1. Credenciales para instalación de nodos: proponemos las del administrador.
- ⚠️ Notar que el login hay que precederlo del nombre del dominio: aravan.te.es/Administrator.
2. Configurar la política de nombres, que establece la forma en que se van a nombrar los nodos de computación (estaciones de trabajo en nuestro caso) a medida que se vayan añadiendo al cluster. Mantenemos la política que se nos sugiere por defecto: TE-SERVER%1000%. No va a ser una cuestión relevante ya que cuando integremos nodos preconfigurados de forma manual podremos asignarles nombres individualmente o mantener el que tenían.
3. Creación de plantillas de nodo. Estas plantillas van a ser utilizadas posteriormente para la instalación de los nodos. En primer lugar se nos plantea el tipo de nodo. En nuestro caso solamente vamos a instalar estaciones de trabajo para mantener la compatibilidad con su uso como computadores fuera del cluster. Será ésta por tanto nuestra única plantilla. En este tipo de máquinas es necesario decidir la forma de entrada y salida del cluster: manual o automática. En el caso de ser automática se debería proporcionar un calendario para ello. Nosotros lo vamos a configurar como manual dado el uso esporádico que va a tener el cluster en tareas de computación. En la Figura 6 se muestran las diferentes opciones que hemos ido seleccionando. Una vez realizados los ajustes se crea (Create) la plantilla.

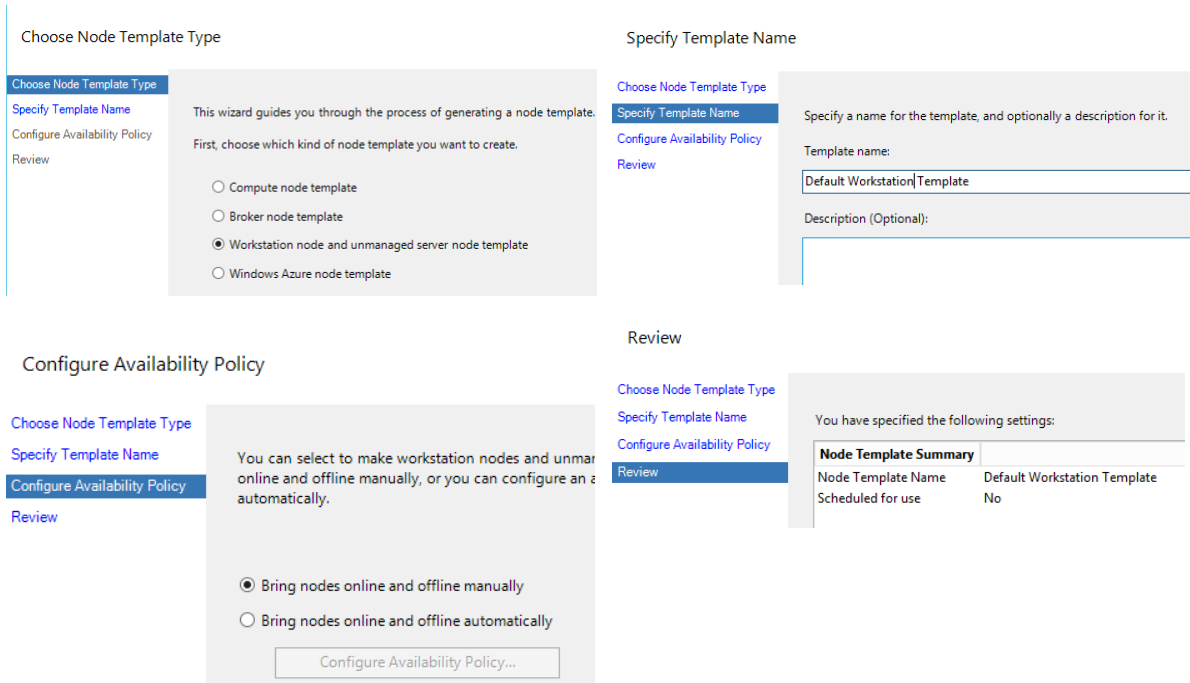


FIGURA 6

---

*Tareas opcionales.*

---

Entre las tareas opcionales que se proponen hemos decidido realizar la validación del entorno, para lo cual se nos pide una credencial que en este caso se proporciona sin ser precedida por el nombre de dominio.

La creación de una imagen del sistema operativo para añadir a la plantilla no la llevamos a cabo ya que nuestros nodos ya disponen de sistema operativo.

Sí es interesante en este momento la creación de usuarios del dominio. Para ello recurriremos en primer lugar a las Herramientas Administrativas (Administrative Tools) del servidor para añadir un grupo de usuarios como se muestra en la Figura 7 .

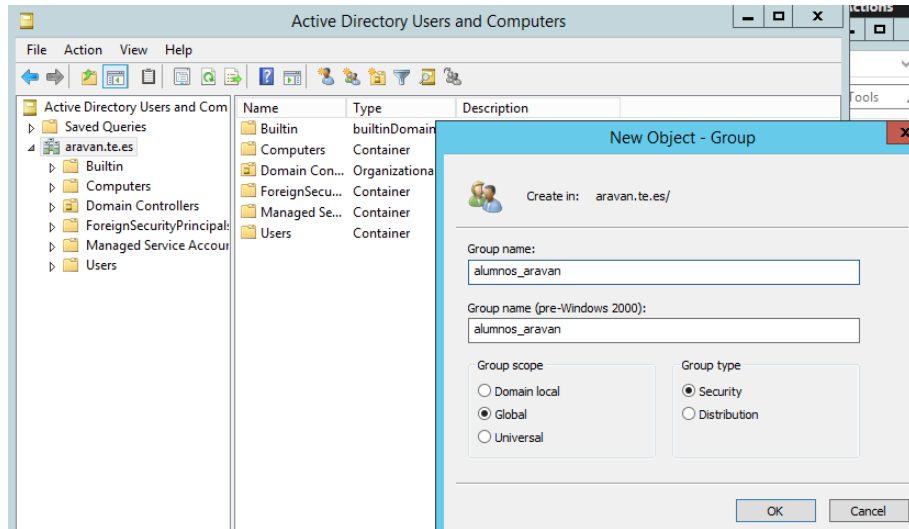


FIGURA 7

Una vez creado, lo puedo añadir al cluster mediante el Gestor del Cluster como aparece en la Figura 8.

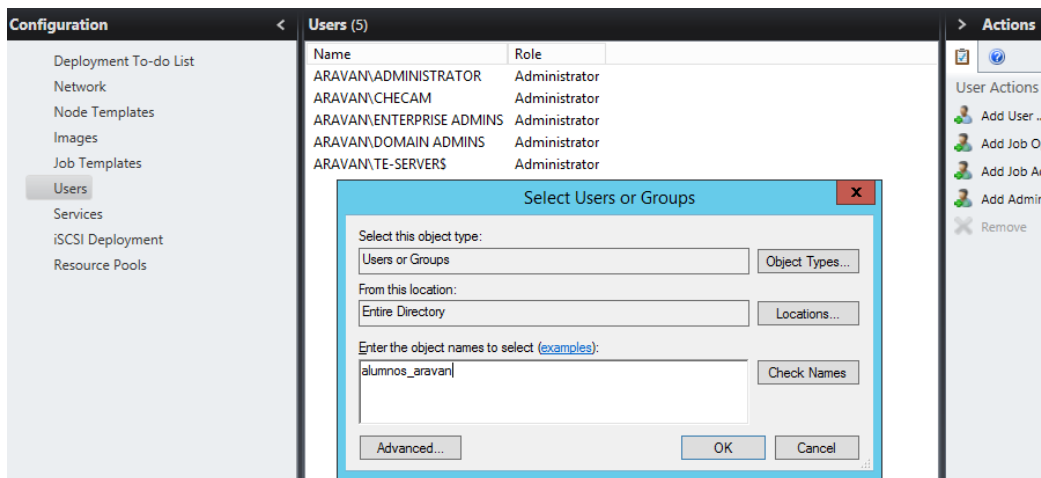


FIGURA 8

Posteriormente se pueden ir incluyendo usuarios en el grupo.

## ADICIÓN DE NODOS AL CLUSTER

---

El trabajo en el servidor ha finalizado. La tarea que resta es ir incorporando el resto de máquinas al cluster que se acaba de configurar. Como ya se ha señalado al principio del documento, se va a tratar de PCs corriendo el sistema operativo Windows 7 Enterprise Edition que, según [Microsoft](#) es uno de los compatibles con nuestro paquete de computación avanzada. Como también se señaló, el sistema operativo en castellano no es soportado por el HPC PACK, por lo que vamos a habilitar una nueva partición con Windows 8.1 Professional Edition en inglés.

La plantilla para la configuración de los nodos se empleará más adelante. En este momento lo que procede es la instalación del HPC Pack 2012 R2 en las estaciones de trabajo. El paquete software es el mismo que se ha instalado en el servidor, pero lógicamente las opciones son distintas.

## INCLUSIÓN DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO EN EL DOMINIO

---

Antes de comenzar con la instalación del Pack va a ser necesario realizar la operación análoga a la que se realizó de forma previa también en el servidor: la configuración de **pertenencia al dominio**. Para más información sobre usuarios y dominios se recomienda visitar este [enlace](#).

Antes de gestionar la pertenencia a un dominio, conviene preparar la configuración de red para facilitarlos. Se trata de realizar dos sencillas operaciones:

- Configurar la dirección IP estática de la red interna dentro de la misma subred que el servidor. Por ejemplo 192.168.100.25
- Configurar la IP del servidor como DNS.

A continuación nos vamos al menú de Inicio de cada ordenador y seleccionaremos la opción Equipo -> Propiedades. Dentro de "Configuración de nombre, dominio y grupo de trabajo" optaremos por cambiar la configuración. Lo podemos ver en la Figura 9. Ahí configuraremos la pertenencia al dominio que en este caso es *aravan.te.es*. La pertenencia al dominio garantiza a los usuarios el acceso a todas las máquinas del cluster, necesario para poder remitir trabajos.

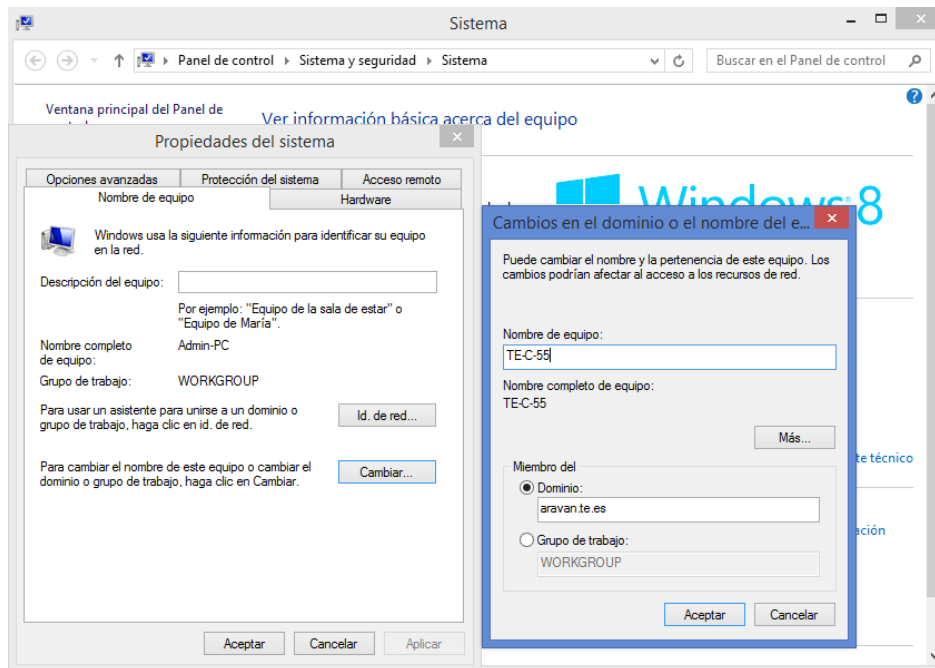


FIGURA 9

Nos pedirá credenciales y le proporcionaremos las del administrador del dominio. Si todo va bien nos indicará que la inclusión en el dominio se ha realizado con éxito y nos pedirá un reinicio del sistema.

A pesar de estar todo correcto, nos encontramos con dos cuestiones que comprometen la calidad del resultado:

- Los inicios y cierres de sesión son extremadamente lentos a partir de ahora.
- La sesión se inicia por defecto en el dominio. Si queremos iniciar sesión en la máquina local debemos preceder su nombre al nombre de usuario: `TE-C-25\usuario` o bien un punto: `.\usuario`.

Para resolver la primera cuestión nos vamos al servidor y entramos en el Centro de Administración del Directorio Activo (Active Directory Administrative Center). Seleccionamos el nuevo computador y en Extensiones (Extensions), en la pestaña de Conexión (Dial-in) activamos la asignación de una IP estática como se ve en la Figura 10. Obviamente insertamos la misma IP que habíamos configurado en la máquina local, en este caso: 192.168.100.25.

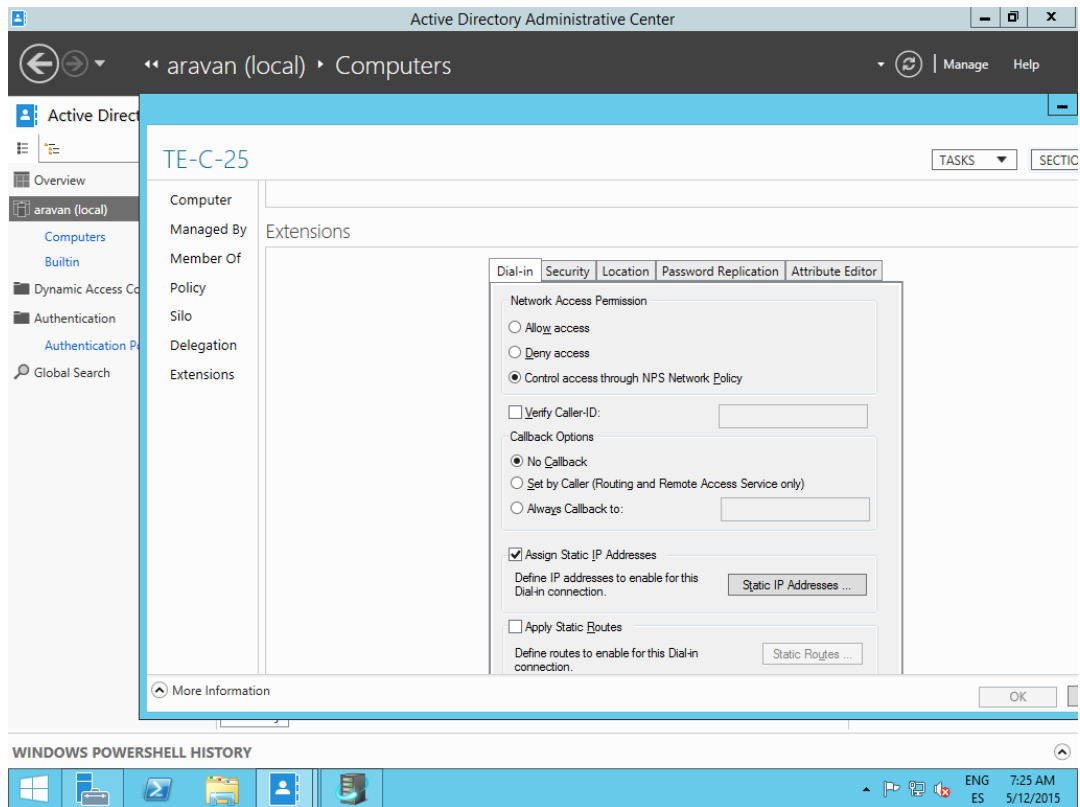


FIGURA 10

La segunda cuestión es algo más compleja. En primer lugar hay que señalar que iniciar sesión en el dominio por defecto puede ser perfectamente válido y, como hemos comentado, se puede seguir iniciando sesión en la máquina local si se especifica en el login. Para nosotros es importante modificar el acceso por defecto a la máquina local para que otros usuarios de la misma no noten diferencias en su uso por haber sido integrada en el cluster.

La modificación del login por defecto se puede realizar ejecutando directamente en Inicio la herramienta “gpedit.msc” (Editor de Directivas de Grupo). En ella seleccionaremos Configuración de Equipo -> Plantillas Administrativas -> Sistema -> Inicio de Sesión -> Asignar un dominio predeterminado para iniciar sesión. Como se ve en la Figura 11 aquí activaremos “Habilitar” y en el casillero de opciones escribiremos simplemente un punto: “.”, el cual corresponde con la máquina local.

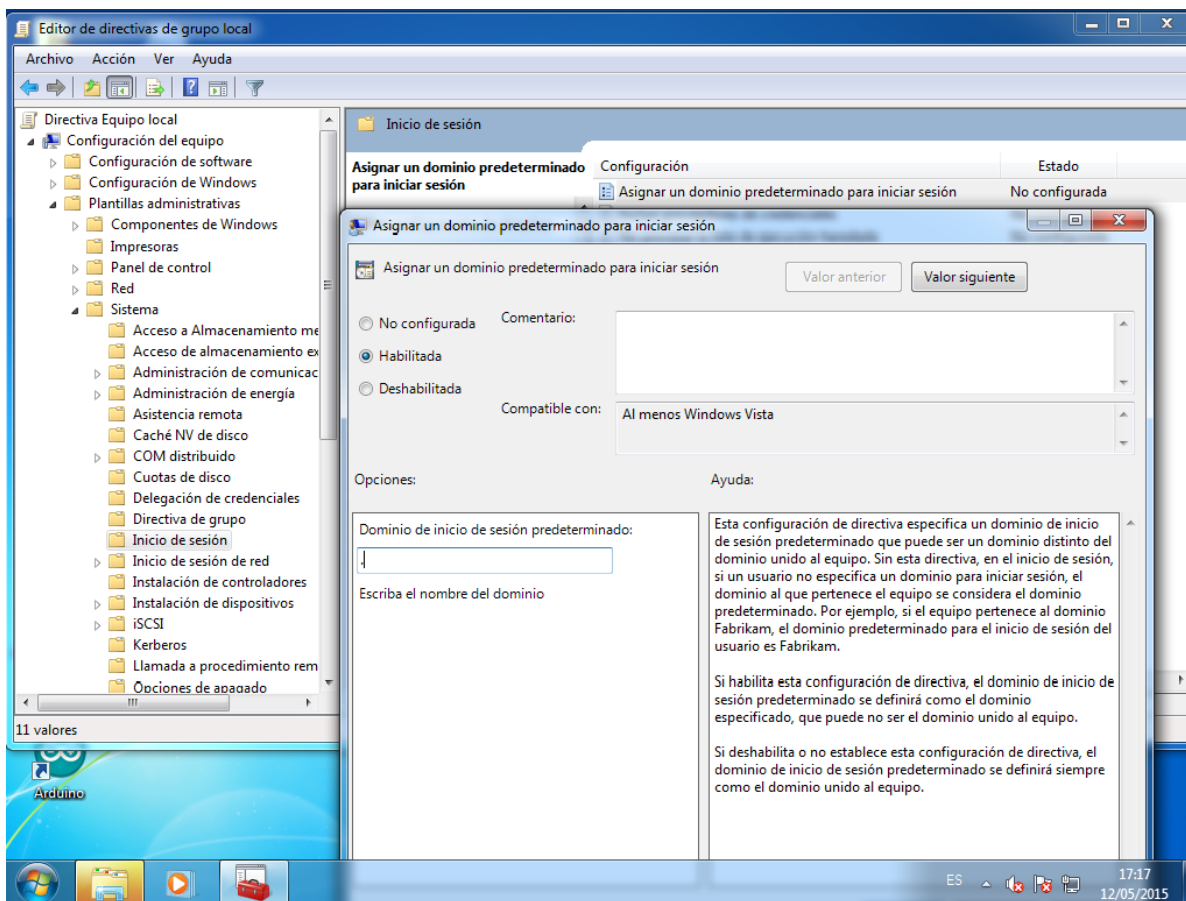


FIGURA 11

Ahora el acceso por defecto es a la máquina local y para acceder al dominio habrá que especificarlo: ARAVAN\usuario.

## INSTALACIÓN DEL HPC PACK 2012 R2 EN LAS ESTACIONES DE TRABAJO

Una vez que una estación de trabajo es miembro del directorio activo, es el momento de instalar el paquete de computación avanzada. Se trata del mismo paquete que instalamos en el servidor pero con diferentes opciones de instalación.

En esta ocasión no vamos a configurar obviamente un nodo de cabecera sino una estación de trabajo por lo que seleccionaremos la opción correspondiente.

## INCLUSIÓN DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO EN EL CLUSTER

La instalación del HPC Pack pone a nuestra disposición las herramientas de cliente del cluster, por lo que el nodo local dispone ya del software necesario para incluirse en el cluster, pero necesita de una serie de operaciones para lograrlo:

1. En el servidor (nodo de cabecera), el “HPC Cluster Manager” nos permite dar de alta un nuevo nodo “Add node” como se ve en la Figura 12. La opción a seleccionar es lógicamente la que lo da de alta como estación de trabajo.

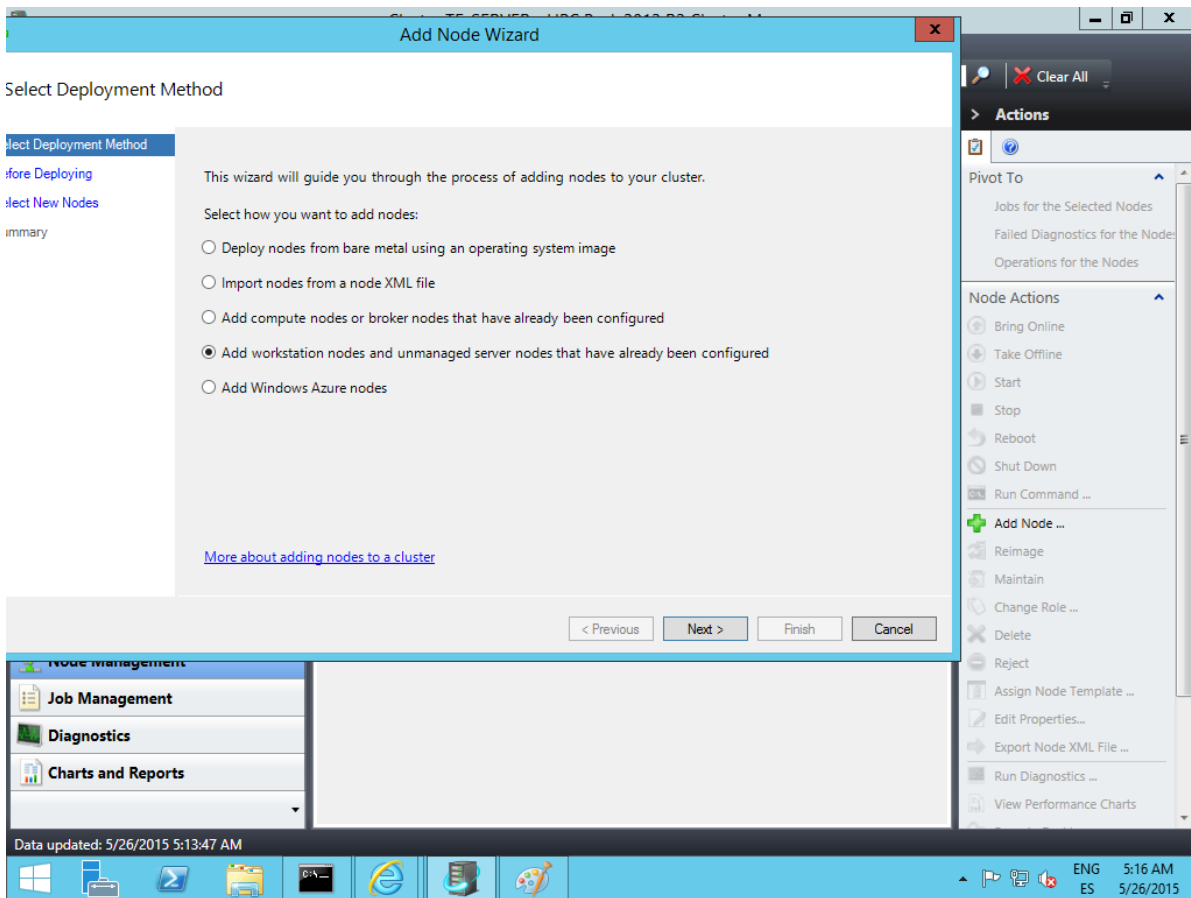


FIGURA 12

2. Tras una pantalla de comprobación, se accede a la selección del nodo que se puede ver en la Figura 13. Si todo está correcto, el nuevo nodo debe aparecer como seleccionable. Se pulsa añadir “Add” para finalizar el proceso.



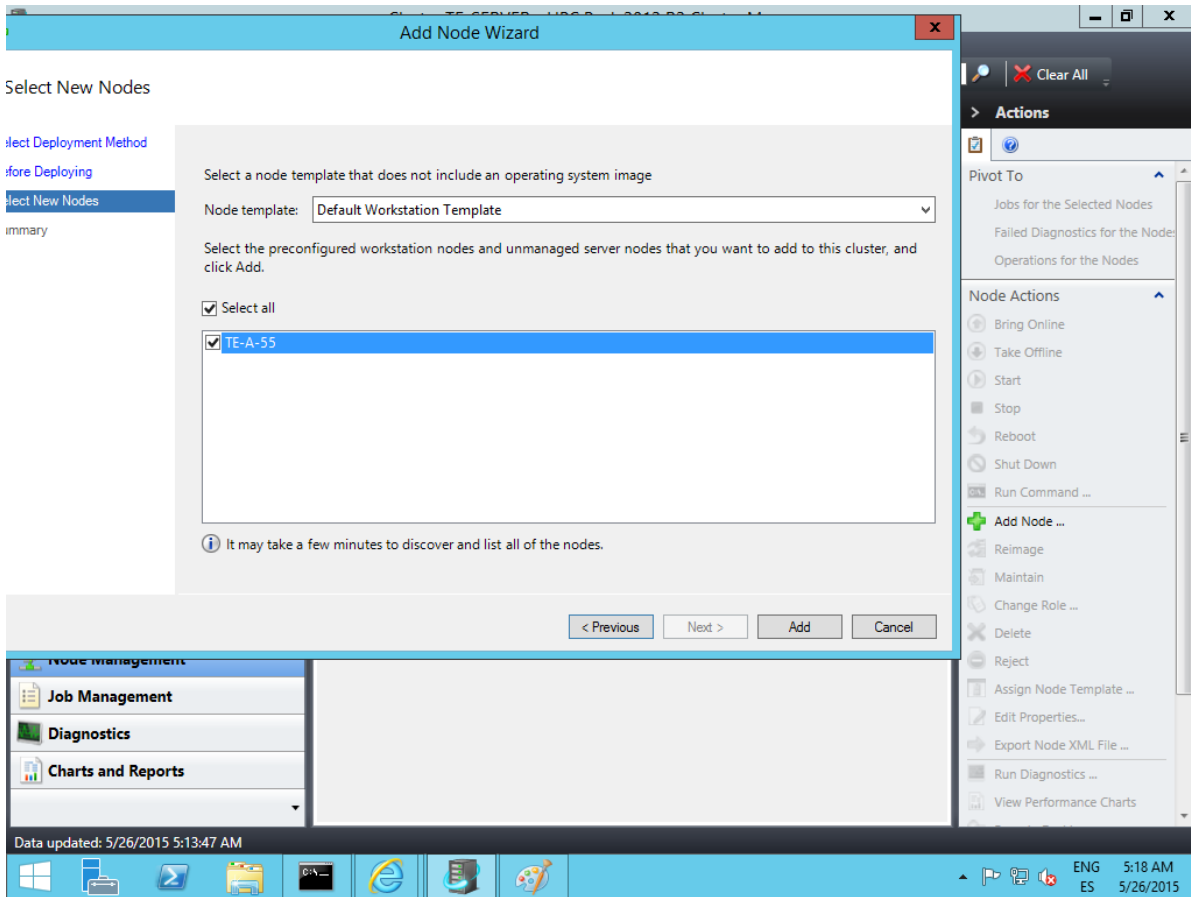


FIGURA 13

3. A continuación podremos ver cómo el nodo se ha añadido correctamente: Figura 14. Utilizaremos la opción “Bring online” en el gestor del cluster para ponerlo en línea.

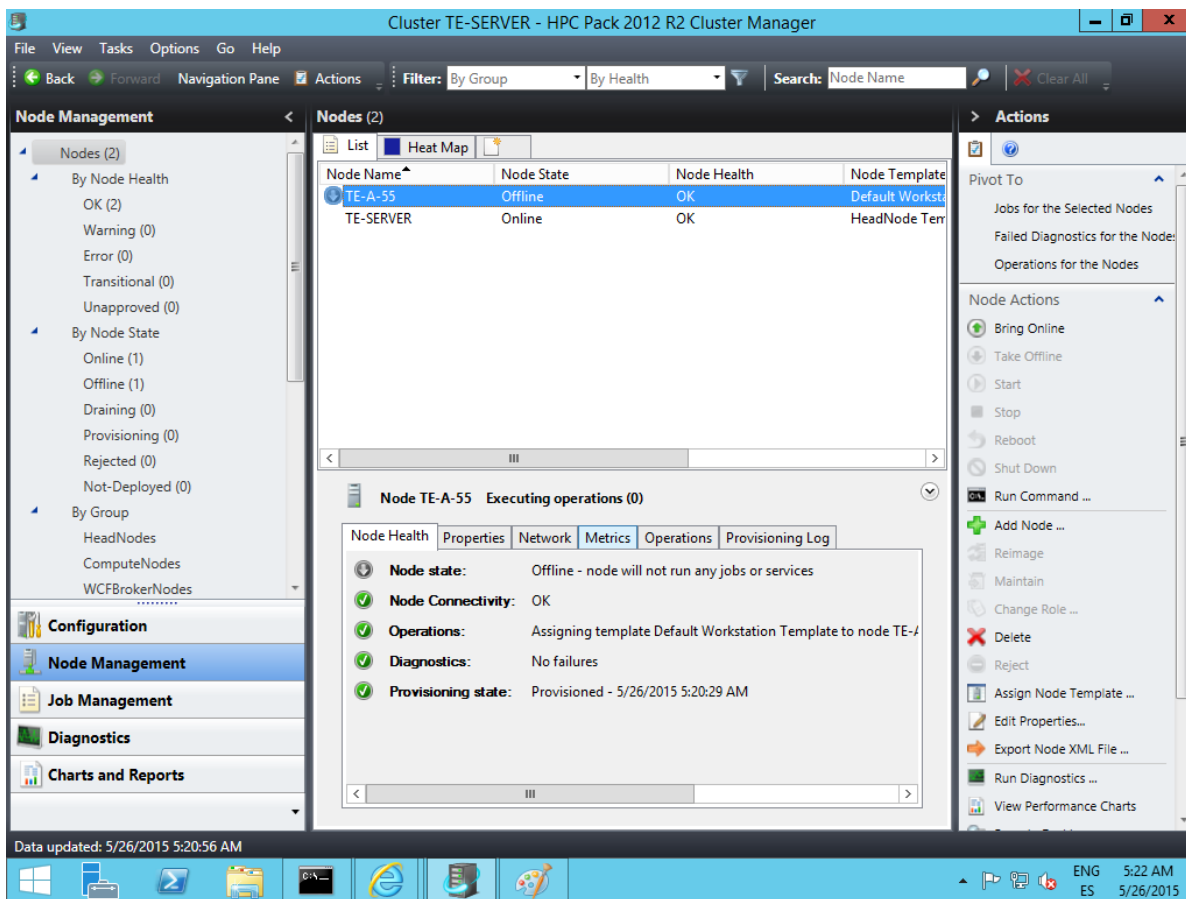


FIGURA 14

4. Finalmente, sin abandonar el gestor del cluster, le asignaremos una plantilla de nodo, la que creamos en una etapa anterior con el nombre “Default Workstation Template”, mediante la opción “Assign node template”.

## CONFIGURACIÓN DE LAS COMUNICACIONES

Para que los procesos MPI puedan intercambiar mensajes entre sí, éstos deben poder atravesar el Firewall de las máquinas implicadas en la tarea común. La configuración por defecto del Firewall lo impide por lo que caben dos opciones:

- Permitir el paso a través del Firewall de las aplicaciones que se vayan generando, lo cual es tedioso de realizar.
- Deshabilitar el Firewall en la red interna. A priori ésta es una operación poco aconsejable en términos de seguridad.

Para poder trabajar de una manera más eficiente se ha optado por la segunda alternativa. La red interna no tiene acceso al exterior, por lo que esta solución no va a poner en riesgo a las máquinas.

Finalmente se ha optado por deshabilitar la red externa en los nodos. Esto permite restringir el tráfico a la red interna de manera que se tiene un control total sobre los aspectos que pueden afectar a la influencia de las comunicaciones en el tiempo de ejecución de las aplicaciones. Se mantiene la posibilidad del acceso a Internet de las máquinas a través del servidor. Para ello, en la configuración de TCP/IP de la tarjeta de red se establece la dirección de red interna del servidor: 192.168.100.1 como puerta de enlace predeterminada. La seguridad está garantizada ya que el servidor mantiene activo el Firewall en la red externa.

## REFERENCIAS

---

La mayor parte de las operaciones documentadas se han realizado en base a las guías y documentación técnica de Microsoft, cuyo enlace de partida sería: <https://technet.microsoft.com/en-us/library/jj899572.aspx>

También resulta de interés la lectura del documento titulado “Introducing Windows HPC Server – Running Parallel Applications on Clusters” de David Chappel publicado en 2011 y disponible en:

[http://www.davidchappell.com/writing/white\\_papers/Introducing\\_Windows\\_HPC\\_Server\\_v1.1--Chappell.pdf](http://www.davidchappell.com/writing/white_papers/Introducing_Windows_HPC_Server_v1.1--Chappell.pdf)

Aunque está basado en Windows HPC Server 2008, incluye consideraciones de carácter general que no han perdido vigencia.

El punto de partida para conocer cómo es el envío remoto de trabajos es:

<https://technet.microsoft.com/es-es/library/Gg315415%28v=WS.10%29.aspx>