

Gestión dinámica de infraestructuras de servicios de información y comunicaciones para la optimización de su eficiencia energética

Miguel Gómez, David Perales, Fernando de la Iglesia y Emilio Javier Torres

Telefónica Investigación y Desarrollo
C/ Emilio Vargas, 6. 28043 Madrid (España)
Teléfono: +34 91 337 40 00
E-mail: {miguelg, perales, fim, ejtm}@tid.es

Abstract — La mejora de la eficiencia energética en la provisión de servicios de información y comunicaciones presenta un gran número de ventajas, tanto desde el punto de vista de la responsabilidad con el medio ambiente como de la mejora de la competitividad empresarial. En este sentido, la reducción del consumo eléctrico de los centros de proceso de datos se presenta como una de las principales tareas a abordar, ya que éstos concentran gran parte del gasto energético de un operador de telecomunicaciones en un reducido número de ubicaciones. La adopción de soluciones comerciales de ahorro energético, basadas en asignaciones estáticas de recursos, permite introducir notables mejoras, pero existe aún un considerable nivel de infrautilización de las infraestructuras de provisión de servicios. Con objeto de abordar esta problemática, en este artículo se describe un entorno de gestión de infraestructuras que permite adecuar dinámicamente a la demanda las prestaciones del entorno bajo gestión, optimizando así su consumo energético. Adicionalmente, se exponen las primeras experiencias de validación de dicha propuesta en el ámbito del entorno de gestión de infraestructuras de un operador de telecomunicaciones.

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un tema de gran actualidad y relevancia, ya que cada vez es mayor la evidencia científica y el consenso internacional que acredita su existencia y vincula su evolución al impacto de las actividades industriales sobre el medio ambiente [1]. En concreto, se identifica a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) derivadas del consumo de combustibles fósiles, y especialmente al CO₂, como la principal causa del calentamiento global. Ante la imposibilidad de suplir la demanda energética actual mediante fuentes de energía renovables, se impone una reducción drástica del consumo energético global que permita disminuir las emisiones de GEI hasta los niveles necesarios para estabilizar sus efectos adversos sobre el clima. Consecuentemente, las iniciativas destinadas a la mejora de la eficiencia energética han pasado a constituir una de las principales líneas de actuación en los planes de responsabilidad social corporativa de la industria, ya que sólo un mejor aprovechamiento del consumo energético permite compatibilizar la reducción de las emisiones con el crecimiento económico y el incremento de la producción.

En este contexto, la industria de las telecomunicaciones cuenta con una posición contradictoria. Por un lado, las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) se perciben como una eficaz herramienta en la lucha contra el cambio climático, ya que disponen de un enorme potencial para disminuir las emisiones de los restantes sectores industriales mediante la optimización de los procesos de producción y logística y la reducción del transporte de personas y mercancías. Sin embargo, las TIC constituyen también una importante fuente de demanda energética, estimándose que son responsables de aproximadamente el 2% de las emisiones totales de CO₂ a nivel mundial [2].

Las actividades de protección del medio ambiente desarrolladas por los operadores de telecomunicaciones suelen tomar en consideración esta doble vertiente, centrándose por un lado en potenciar la contribución de las TIC a la reducción de emisiones de GEI de otros sectores y optimizando al mismo tiempo el consumo energético para proveer estos servicios de la forma más eficiente posible. Dentro de estas iniciativas de ahorro energético cobra especial relevancia la mejora de la eficiencia de los Centros de Proceso de Datos (CPDs), ya que éstos concentran en un reducido número de emplazamientos el 23% de las emisiones de CO₂ vinculadas a las TIC [3].

No obstante, esta preocupación de los operadores de telecomunicaciones por mejorar la eficiencia energética de sus CPDs no obedece únicamente a criterios de responsabilidad social y compromiso con el medio ambiente, sino que existen también importantes motivaciones desde la perspectiva de negocio, entre las que cabe destacar:

- **Mejora de los márgenes de beneficio.** Debido al auge del coste de las materias primas energéticas, el incremento de la demanda y el aumento de la cuota de energías renovables (más caras de producir), el coste de la energía no sólo ha experimentado un notable ascenso en los últimos años, sino que se prevé que esta tendencia al alza continúe en el futuro [4]. Ya con los costes energéticos de 2005, existen estudios [5] que atribuyen al consumo eléctrico un 20% del coste total de adquisición y mantenimiento (TCO) de un CPD, llegando esta cifra a alcanzar el 44% si se añade el coste asociado al equipamiento de alimentación y refrigeración. Por tanto, puede verse que el consumo energético es un componente muy relevante de los costes de operación (OPEX) de los operadores de telecomunicaciones y que, consecuentemente, la mejora de la eficiencia energética redundará en una mayor competitividad y margen de beneficio en la provisión de servicios.

- **Adecuación a la legislación actual y posicionamiento ante legislación futura.** Tanto España como la Unión Europea en su conjunto cuentan con planes de acción contra el cambio climático que pretenden potenciar la utilización de energías renovables y reducir significativamente el consumo energético a lo largo de los próximos años [6][7]. Las medidas contempladas en estos planes de cara a la industria, salvo para ciertos sectores que realizan un uso intensivo de la energía, son de carácter voluntario e incentivador. Aunque la industria de las telecomunicaciones no se encuentra actualmente en una posición comprometida en lo que a regulación se refiere, la representatividad de su consumo energético la hace particularmente vulnerable frente a cambios en la legislación y el endurecimiento de las medidas en vigor. Por tanto, la implantación de planes de mejora de la eficiencia energética permite a los operadores beneficiarse de los incentivos actuales y anticiparse a entornos regulatorios más restrictivos.
- **Limitaciones en las capacidades de suministro energético y refrigeración de los CPDs.** Los sistemas de cómputo han experimentado una notable evolución hacia factores de forma más reducidos, mayores índices de densidad y mayor consumo energético, lo que ha motivado que la demanda de potencia por m² en los CPDs se haya incrementado muy significativamente a lo largo de los últimos años. Lógicamente, los sistemas de refrigeración y suministro eléctrico de los CPDs no habían sido diseñados para hacer frente a tal aumento de la demanda, y estas tecnologías no han mejorado sus prestaciones e índices de densidad al mismo ritmo que lo ha hecho el equipamiento TIC. Por consiguiente, en muchos casos no es posible acomodar en las instalaciones actuales el volumen de sistemas auxiliares necesario para asistir a las nuevas generaciones de sistemas de cómputo y, en los casos en los que esto sí resulta posible, es a veces la infraestructura de la compañía eléctrica proveedora la que impide suministrar más potencia al CPD. Esto lleva a que, según los analistas del sector [8], el 50% de los CPDs vaya a experimentar problemas de suministro eléctrico y refrigeración a lo largo de 2008. En consecuencia, es necesario adoptar políticas de optimización que posibiliten un crecimiento sostenible de los CPDs, ampliando su capacidad sin incrementar su consumo energético.
- **Diferenciación y captación de clientes.** Recientes estudios [9] revelan que un 53% de la población adulta de EE.UU. tiene en cuenta criterios de ecología y eficiencia energética a la hora de adquirir bienes o servicios relacionados con las TIC, de la cual un 12% está además dispuesta a pagar un precio superior por este tipo de productos. Por tanto, los proveedores de servicios TIC deben adaptarse para satisfacer las demandas de sus clientes y aprovechar estas nuevas oportunidades de negocio.

Aunque existen soluciones comerciales que permiten mejorar la eficiencia energética de los CPDs, como las que describiremos a continuación en la sección II, los entornos de ejecución resultantes siguen presentando aún bajos índices de aprovechamiento debido a la configuración estática de la infraestructura. En este contexto, la contribución descrita en el presente artículo pretende abordar esta limitación, proporcionando un entorno de gestión dinámica de infraestructura orientado a optimizar el consumo energético. La sección III detalla la arquitectura de dicho entorno, mientras que la sección IV presenta las experiencias de validación acometidas. Finalmente, la sección V resume las principales conclusiones obtenidas y los trabajos futuros en el marco de esta línea de investigación.

II. ESTADO DE LA TÉCNICA

A la hora de abordar la reducción del consumo energético de las infraestructuras de provisión de servicios de información y comunicaciones, podemos clasificar las soluciones actualmente disponibles en dos grandes grupos: las basadas en la renovación de equipamiento y las destinadas a optimizar la utilización del equipamiento disponible. Merece la pena destacar que ambos tipos de soluciones son compatibles, pudiendo combinarse para lograr mayores índices de eficiencia.

El primer grupo de soluciones parte de la disponibilidad de una nueva generación de sistemas, diseñados según criterios de eficiencia energética. Estos equipos proporcionan una relación prestaciones/consumo más ventajosa, permitiendo así alcanzar la misma capacidad de cómputo y/o almacenamiento lograda con equipamiento tradicional con un gasto energético mucho menor. Adicionalmente, estos equipos pueden ser configurados para adaptar sus prestaciones (y, por tanto, su consumo energético) a la demanda de los servicios en ellos alojados [10], empleando técnicas como la reducción del voltaje y la frecuencia de reloj del microprocesador ante niveles bajos de carga, el apagado de los discos duros ante periodos de inactividad, etc. Además de renovar el equipamiento de servicio en sí, también es posible acometer mejoras en el diseño y distribución de los CPDs, mejorando el aislamiento térmico y optimizando la refrigeración. Llevando estas medidas al extremo, existen compañías que han trasladado sus CPDs a regiones que favorecen la eficiencia energética [11], bien sea por la climatología (capacidad de refrigerar los equipos a temperatura ambiente), por el precio de la energía, o la combinación de ambos factores [12].

El segundo grupo de soluciones se basa en optimizar la utilización del equipamiento disponible, logrando consolidar en un menor número de equipos los servicios inicialmente desplegados sobre una planta de sistemas mucho mayor. Las técnicas de consolidación de equipamiento se basan en la adopción de soluciones de virtualización [13], entre las que cabe destacar dos tipos: la virtualización de sistemas y la virtualización de almacenamiento.

La virtualización de sistemas permite desplegar varios sistemas lógicos, compuestos por un sistema operativo y un conjunto de aplicaciones, sobre un mismo equipo físico. Debido a políticas de dimensionamiento conservadoras, el grado de utilización de los sistemas de cómputo en los CPDs suele encontrarse actualmente en torno al 15 - 20% de la capacidad total

disponible, no resultando infrecuentes índices de utilización entre el 5% y el 12% [13]. A la vista de estos datos es posible apreciar el enorme potencial de ahorro energético que proporciona la virtualización de sistemas, ya que permite consolidar la cartera de servicios del CPD sobre una cantidad de infraestructura de cómputo mucho menor o incrementar la cartera de servicios sin necesidad de ampliar la planta de sistemas asociada [14].

Las soluciones de virtualización de almacenamiento permiten romper la correspondencia directa entre volúmenes lógicos de información y elementos de almacenamiento físicos. Esto posibilita adoptar un variado rango de soportes de almacenamiento (ej.: discos de estado sólido, discos mecánicos de alta y baja velocidad, cintas, etc.) e implementar soluciones de gestión del ciclo de vida de la información (ILM, por *Information Lifecycle Management*) que ubiquen en sistemas de alto consumo sólo aquellos datos en cuyo acceso se requieran las prestaciones asociadas a tales soportes. Adicionalmente, la virtualización de almacenamiento permite consolidar varias unidades lógicas infrutilizadas en un espacio de disco mucho menor, empleando la técnica conocida como *thin provisioning* o subasignación de espacio. Al emplear esta solución, los volúmenes de información virtualizados no reciben realmente el espacio físico correspondiente en el soporte, sino que se les adjudica un submúltiplo de éste o se les asigna solamente el espacio ocupado por los datos conforme estos van siendo escritos. Por último, la disponibilidad de un nivel de abstracción entre el almacenamiento físico y los sistemas que hacen uso de él permite adoptar soluciones de procesamiento de información para mejorar los niveles de aprovechamiento de los soportes (ej.: algoritmos de compresión, deduplicación, etc.).

Tanto las soluciones basadas en renovación de equipamiento como las destinadas a su optimización presentan importantes ventajas frente a las configuraciones tradicionales, pero cuentan con diversas limitaciones que restringen su adopción y reducen su impacto. En lo que respecta a la sustitución de equipamiento y reconfiguración de CPDs, resulta imposible justificar estas medidas mediante criterios económicos si no es en línea con los planes de amortización y renovación de equipamiento de los operadores de telecomunicaciones, por lo que su aplicación tendrá lugar a largo plazo y de forma gradual.

Las soluciones de consolidación basadas en virtualización realizan una asignación estática de recursos físicos a cada uno de los sistemas virtuales, lo que obliga a acometer complejos estudios de dimensionamiento de las capacidades requeridas por cada servicio a la hora de planificar el despliegue de las máquinas y espacios de almacenamiento virtuales sobre los dispositivos físicos disponibles. En el caso de contar con servicios ofertados a usuarios finales, es necesario adoptar planificaciones altamente conservadoras, ya que éstos suelen presentar niveles de carga fuertemente variables (ej.: franjas de uso a lo largo del día o el año, campañas, promociones, etc.). Algunos estudios del sector [13] estiman que la adopción de soluciones de consolidación permite reducir la planta de sistemas entre un 30 y un 50%, pero el nivel promedio de utilización de recursos continúa situándose en torno al 70% en entornos de carga controlada y al 40% en entornos de carga variable. Esta problemática se repite ante la activación de las capacidades de ahorro de energía de los equipos, puesto que éstas se basan también en una serie de reglas de configuración estáticas (ej.: reducir la frecuencia de reloj de la CPU ante niveles de carga inferiores al $\alpha\%$, apagar los discos tras β minutos de inactividad, etc.). Ante el impacto de las medidas de ahorro sobre los niveles de servicio, es necesario asimismo realizar actividades de evaluación previas y acogerse a planificaciones conservadoras, disminuyendo así la efectividad de las soluciones de ahorro energético implantadas.

III. ENTORNO DE GESTIÓN DINÁMICA DE INFRAESTRUCTURAS ORIENTADO A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Con objeto de permitir a los operadores de telecomunicaciones aprovechar el margen de mejora disponible en las herramientas descritas en la sección II, nuestra propuesta se centra en la incorporación, a una infraestructura de provisión de servicios de información y comunicaciones ya virtualizada, de un entorno de gestión dinámica destinado a ajustar en tiempo real las prestaciones de la plataforma a la demanda, logrando así optimizar su consumo energético.

La figura 1 presenta la arquitectura lógica del entorno propuesto. Como muestra la ilustración, el núcleo del sistema lo compone un **Motor de Reglas**, encargado de implementar la política de ahorro energético. Dicha política se define como parte de la **Política de Negocio** [15], mediante la especificación de las reglas a aplicar y la asignación de valores a los parámetros que condicionan el comportamiento de las mismas. Un ejemplo de regla sería “*SI el tiempo de respuesta del servicio es un $\alpha\%$ menor que el valor mínimo requerido Y el nivel de ocupación de la CPU es menor del $\beta\%$ Y el procesador está funcionando por encima de su frecuencia mínima de operación, ENTONCES reducir un nivel la frecuencia de reloj del procesador*”, donde α y β son los parámetros a especificar para controlar el comportamiento de la regla.

Dado que la implantación de medidas de ahorro energético reduce las prestaciones de los sistemas y, por tanto, impacta en el nivel de calidad de los servicios desplegados sobre la plataforma, la aplicación de las acciones que conforman la política de ahorro energético ha de estar supeditada al cumplimiento de una serie de condiciones, como muestra la regla de ejemplo presentada anteriormente. Dado que dichas condiciones han de formularse en función del valor de ciertos indicadores de estado de la plataforma, el entorno de gestión dinámica cuenta con una **Lógica de Monitorización** encargada de la toma de datos, la agregación de información, y su entrega al Motor de Reglas para la permitir la toma de decisiones. Como muestra la figura, se identifican tres niveles de abstracción diferentes sobre los que realizar tareas de monitorización:

- **Hardware**. Monitorización del estado de la infraestructura física (ej.: consumo energético, nivel de voltaje/frecuencia de reloj de la CPU, velocidad de los discos, etc.).

- **Sistemas Virtuales.** Adquisición de información sobre el nivel actual de consumo de recursos en los sistemas lógicos (ej.: porcentajes de utilización de CPU, memoria, almacenamiento, etc.).
- **Servicios.** Monitorización de indicadores de calidad de servicio (ej.: tiempo de respuesta, *throughput*, retardo, pérdidas, etc.).

Como puede verse en la regla de ejemplo, algunas de las condiciones que gobiernan la política de ahorro energético hacen referencia a indicadores genéricos (ej.: nivel de carga de la CPU), mientras que otras las constituyen parámetros particulares de cada servicio (ej.: tiempo de respuesta). Es por ello que el Motor de Reglas toma también como información de entrada la especificación formal (ej.: [16], [17]) de los Acuerdos de Nivel de Servicio (**SLAs**, por *Service Level Agreements*) suscritos por el operador para cada uno de los servicios alojados en el CPD, permitiendo así conocer los indicadores clave de prestaciones (KPIs, por *Key Performance Indicators*) relevantes para cada servicio y el rango de valores en el que éstos deben situarse. Merece la pena destacar que, en función de tipo de servicio y SLA suscrito, los KPIs podrán hallarse definidos a nivel de hardware (ej.: el servicio se ejecutará sobre máquinas que cuenten con 32 GBs de RAM), sistema (ej.: la CPU nunca superará un nivel de carga del 80%), servicio (ej.: el tiempo de respuesta será inferior a 150 ms) o mediante una combinación de los anteriores.

Cotejando la información proveniente de la Lógica de Monitorización con los niveles de calidad de servicio acordados en los SLAs, el Motor de Reglas será capaz de implementar la política de ahorro energético especificada en la política de negocio. Para ello, instruirá a la **Lógica de Control** sobre las acciones concretas a realizar sobre la infraestructura, posibilitando así adecuar su configuración a la demanda con objeto de maximizar la eficiencia energética. Los niveles de actuación contemplados coinciden con los ya enunciados a nivel de monitorización:

- **Hardware.** Configuración dinámica de las opciones de ahorro de energía de los equipos, incluyendo el apagado y encendido de equipos, con objeto de adecuar sus prestaciones a la demanda instantánea.
- **Sistemas Virtuales.** Gestión dinámica del despliegue de los sistemas lógicos sobre la infraestructura subyacente, incluyendo la migración de sistemas, así como el control de asignación de recursos físicos a los sistemas lógicos.
- **Servicios.** Gestión dinámica del despliegue de los servicios sobre el conjunto de sistemas virtualizados disponible, incluyendo la migración de servicios, así como el control del rendimiento de las aplicaciones (ej.: máximo número de transacciones/segundo, máximo número de conexiones simultáneas a bases de datos, etc.).

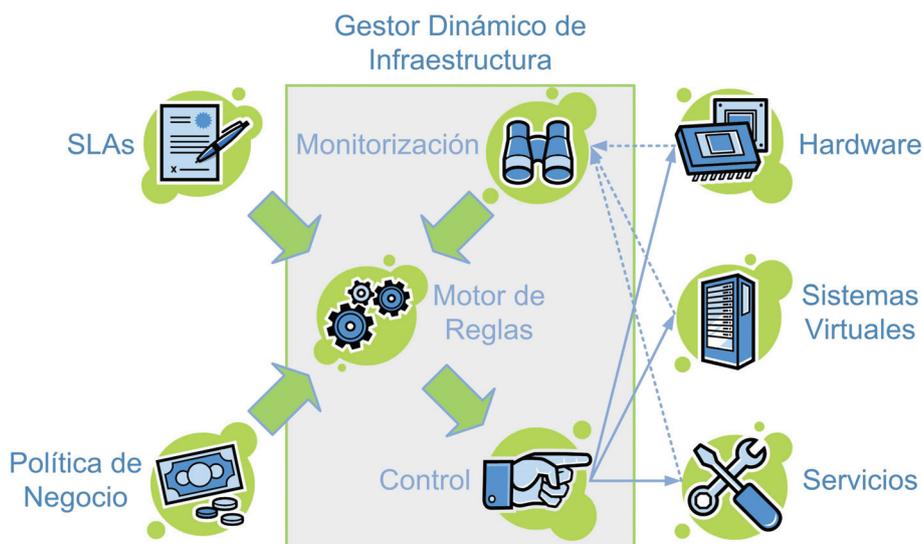


Fig. 1. Arquitectura del entorno de gestión de dinámica de infraestructura.

IV. EXPERIENCIAS DE VALIDACIÓN

A la hora de validar el modelo de gestión dinámica de infraestructura para la mejora de la eficiencia energética descrito en la sección III, se ha realizado una primera implementación de referencia basada en la adopción de una serie de herramientas de administración de sistemas de propósito general complementadas con lógica específica destinada a permitir su control en base a políticas de gestión orientadas a negocio, entre las que se incluyen los criterios de eficiencia energética.

La figura 2 muestra la arquitectura de dicho entorno. Como puede verse, ésta se basa en un módulo **Orquestador de Infraestructura**, que implementa el rol de la Lógica de Control presentada en la sección III. Este elemento tiene por función actuar sobre la infraestructura subyacente (**Sistemas de Red, Almacenamiento y Cómputo**) a nivel de hardware, sistema y aplicación con objeto de implementar las acciones demandadas por el **Motor de Reglas**. En nuestro demostrador, dicho módulo de orquestación ha sido implementado mediante la herramienta *IBM Tivoli Provisioning Manager*. Tal y como muestra la figura, éste entorno cuenta con un **Repositorio de Software**, en el que se encuentran disponibles los sistemas y aplicaciones a desplegar sobre la infraestructura física con objeto de dar lugar a la infraestructura de servicio virtualizada.

Dos módulos adicionales completan el nivel de gestión de infraestructura: el módulo de **Monitorización** y el módulo de **Accounting**. El primero implementa la función de Lógica de Monitorización definida en la sección III, encargándose de la recopilación de estadísticas de consumo de recursos, tanto físicos como a nivel de sistema, así como de la recolección de indicadores de calidad de servicio. En esta versión del demostrador, esta funcionalidad ha sido provista mediante la herramienta *IBM Tivoli Monitoring*. El módulo de *accounting* tiene por objeto la recopilación de estadísticas de utilización de recursos que permitan tanto optimizar el uso de la plataforma como conocer el coste asociado a la provisión de cada uno de los servicios alojados en el entorno. En esta versión de la maqueta, esta funcionalidad ha sido provista mediante la herramienta *IBM Tivoli Usage and Accounting Manager*.

El núcleo del nivel de gestión de la política lo compone el **Motor de Reglas**, que implementa la funcionalidad del módulo homónimo descrito en la sección III. En nuestra implementación de referencia, dicho módulo se basa en la herramienta *IBM WebSphere Process Server*, empleándose la aplicación *IBM WebSphere Integration Developer* para la **Definición de las Reglas** que compondrán la política de negocio a emplear. Como puede verse en la figura, la evaluación de las reglas que conforman la política de gestión en el Motor de Reglas tiene lugar en base a la información sobre el estado de la plataforma proporcionada por los módulos de monitorización y *accounting*. Merece la pena destacar que, en esta primera implementación, no se ha interconectado aún el motor de reglas con la lógica de gestión de SLAs, por lo que es necesario integrar manualmente esta información introduciendo los indicadores de calidad a monitorizar para cada servicio y los rangos válidos para los mismos como parte de la política de gestión de la infraestructura.

Dentro ya del nivel de gestión del negocio, la interfaz web de *IBM WebSphere Process Server* permite la asignación dinámica de valores de **Parametrización de Reglas**, posibilitando así la realización de actualizaciones o correcciones menores sin necesidad de definir nuevas reglas o modificar las existentes. Por ejemplo, en una regla del tipo “*SI el tiempo de respuesta del servicio es un $\alpha\%$ menor que el valor mínimo requerido, ENTONCES reducir un nivel la frecuencia de reloj del procesador*”, es posible variar el comportamiento de la plataforma asignando diferentes valores al parámetro α , sin necesidad de alterar por ello el conjunto de reglas establecido. El módulo de **Coordinación**, desarrollado en el contexto de esta implementación de referencia, ofrece una interfaz web para componer servicios avanzados a partir de un catálogo de componentes de infraestructura y servicios de valor añadido. Por último, el módulo de **Tarificación**, desarrollado igualmente como parte de esta implementación, permite conocer con exactitud el consumo de recursos (incluyendo recursos energéticos) de cada uno de los servicios definidos en el módulo de coordinación y desplegados sobre la infraestructura subyacente.

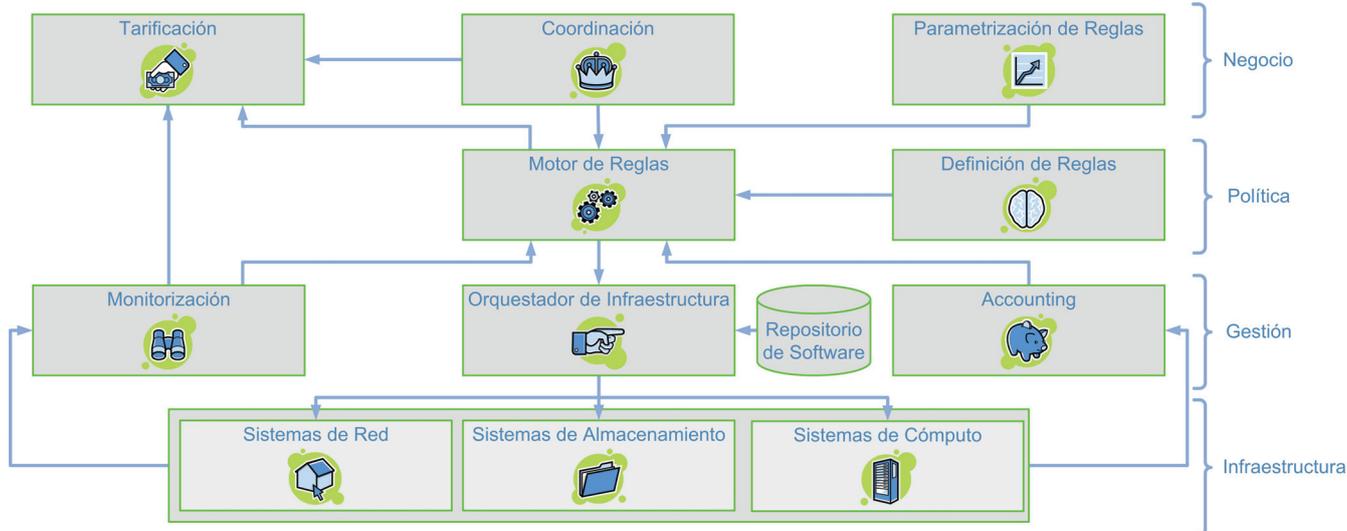


Fig. 2. Implementación de referencia del entorno de gestión dinámica de infraestructura.

V. CONCLUSIÓN

Debido al mayor nivel de concienciación sobre el impacto medioambiental de las actividades industriales, así como a la creciente relevancia del gasto eléctrico en los costes de provisión de servicio, los operadores de telecomunicaciones están adoptando iniciativas de ahorro energético destinadas a mejorar su eficiencia en el uso de los recursos naturales. Como parte de estas iniciativas, cobra especial relevancia la mejora de la eficiencia energética de los CPDs, dado que éstos concentran en un reducido número de ubicaciones una gran parte del consumo energético de estas empresas.

Como se ha presentado en éste artículo, existen diversas soluciones comerciales disponibles a día de hoy que, gracias a la adopción de equipos con una mejor relación prestaciones/consumo y un mejor aprovechamiento de la infraestructura gracias a soluciones de consolidación basadas en técnicas de virtualización, permiten reducir significativamente el consumo energético de los CPDs. No obstante, estas soluciones se basan en la especificación de reglas estáticas, tanto de asignación de recursos físicos a los sistemas virtuales como de activación de las soluciones de ahorro energético de los equipos. En

entornos de carga variable, como a los que se enfrentan habitualmente los operadores de telecomunicaciones, esto obliga a la realización de complejos estudios de dimensionamiento y a la adopción de políticas conservadoras de asignación de recursos, lo que limita la eficacia de estas herramientas.

Con objeto de superar estas limitaciones, en éste artículo se ha propuesto un entorno de gestión de infraestructura que, gracias a la monitorización en tiempo real de los niveles de carga de la plataforma y los indicadores de calidad de servicio, permite aplicar políticas de ahorro energético para adaptar dinámicamente a la demanda las prestaciones y consumo del entorno gestionado. Asimismo, se ha presentado una primera implementación de dicho entorno, realizada complementado diversos productos comerciales de administración con la lógica necesaria para proveer la funcionalidad de gestión de infraestructura en tiempo real mencionada con anterioridad.

Como parte de los trabajos futuros en el ámbito de esta línea de investigación, nos planteamos fundamentalmente dos líneas de evolución. En primer lugar, integrar de forma efectiva la implementación realizada con la lógica de gestión de SLAs, de tal forma que no sea necesario integrar manualmente el contenido de los SLAs en la política de gestión de infraestructura, sino que las propias reglas de dicha política puedan hacer referencia a la información especificada en los SLAs. La segunda línea de evolución se centra en extender las interfaces de monitorización y control de sistemas (ej.: la interfaz *Hardware Platform Interface* [18] propuesta por el *Service Availability Forum*) con métodos que permitan la gestión del consumo energético a más alto nivel, y extender el modelo de política [15] para permitir la especificación de reglas conforme a estos nuevos métodos de actuación.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo descrito en este artículo forma parte de la línea de investigación sobre gestión dinámica de entornos de ejecución por criterios de negocio (*Business Oriented Infrastructures* – BOI), desarrollada en el ámbito de la dirección de Sistemas de Apoyo al Negocio (BSS) de Telefónica Investigación y Desarrollo.

REFERENCIAS

- [1] R. K. Pachauri, A. Reisinger et al., “Summary for Policymakers. Climate Change 2007: Synthesis Report”, Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), Ginebra (Suiza), 2007.
- [2] Gartner Inc., “Gartner Estimates ICT Industry Accounts for 2 Percent of Global CO2 Emissions” (Nota de prensa), <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=503867>, Abr. 2007.
- [3] Gartner Inc., “Gartner Says Data Centres Account for 23 Per Cent of Global ICT CO2 Emissions” (Nota de prensa), <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=530912>, Oct. 2007.
- [4] Operador del Mercado Ibérico de Energía (OMEL), “Mercado de Electricidad 07”, <http://www.omel.es/es/pdfs/Memoria2007.pdf>, 2008.
- [5] American Power Conversion, “Determining Total Cost of Ownership for Data Center and Network Room Infrastructure”, Whitepaper 6 Rev. 3, Mar. 2005.
- [6] Comisión de las Comunidades Europeas, “Dos veces 20 para el 2020: El cambio climático, una oportunidad para Europa”, COM(2008) 30 final, Ene. 2008.
- [7] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Estrategia de ahorro y Eficiencia Energética en España (E4) 2004 – 2012: Plan de Acción 2008 - 2012”, Jul. 2007.
- [8] Gartner Inc., “Gartner Says 50 Percent of Data Centers Will Have Insufficient Power and Cooling Capacity by 2008” (Nota de prensa), <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=499090>, Nov. 2006.
- [9] C. Mines et al., “In Search Of Green Technology Consumers”, Forrester Research Inc., Nov. 2007.
- [10] M. Garrett, “Powering down”, ACM Queue, vol. 5, nº 7, pp. 16 – 21, Nov. 2007.
- [11] J. Markoff y S. Hansell, “Hiding in Plain Sight, Google Seeks More Power”, The New York Times, <http://www.nytimes.com/2006/06/14/technology/14search.html>, Jun. 2006.
- [12] Invest in Iceland Agency, “Iceland: The ultimate location for data centers”, <http://www.invest.is/Key-Sectors/Data-Centers-in-Iceland>, May. 2007.
- [13] W. Vogels, “Beyond server consolidation”, ACM Queue, vol. 6, nº 1, pp. 20 – 26, Ene. 2008.
- [14] A. Reichman et al., “Measuring The Cost Of IT Consolidation”, Forrester Research Inc., Nov. 2007.
- [15] Distributed Management Task Force, “Policy Profile”, DSP1003 v1.0.0a, Feb. 2007.
- [16] A. Andrieux et al., “Web Services Agreement Specification (WS-Agreement)”, GFD-R-P.107, Open Grid Forum, Mar. 2007.
- [17] H. Ludwig et al., “Web Service Level Agreement (WSLA) Language Specification”, WSLA-2003/01/28, IBM Corporation, Ene. 2008.
- [18] Service Availability Forum, “Hardware Platform Interface”, SAI-HPI-B.02.01, Dic. 2006.