

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación



TESINA DE SEMINARIO

“ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS SERVICIOS EN
LA NUBE”

Previa a la obtención del Título de:

LICENCIADO EN REDES Y SISTEMAS OPERATIVOS

Presentado por

JULIO ENRIQUE ESPINOZA VEGA

CARLOS JAVIER VALAREZO TINOCO

Guayaquil - Ecuador

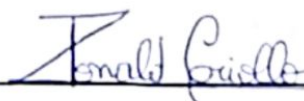
2014

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Giuseppe Blacio Abad

PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN



Ing. Ronald Criollo

PROFESOR DELEGADO POR EL DECANO DE LA FACULTAD

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta tesina, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral"

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Julio Enrique Espinoza Vega", written over a horizontal line.

JULIO ENRIQUE ESPINOZA VEGA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Carlos Javier Valarezo Tinoco", written over a horizontal line.

CARLOS JAVIER VALAREZO TINOCO

RESUMEN

La presente investigación, consiste en el estudio de la eficiencia energética de los servicios en la nube, para esto nos hemos basado en reportes e investigaciones sustentadas por empresas, fundaciones, investigadores, docentes y empresas auditoras del tema. Dentro de la investigación se especifican los montos de consumo de energía de los servicios en la nube y cuan eficiente son. También podemos encontrar cuales son las nuevas soluciones para una computación en la nube más eficiente de cara a la necesidad de reducir las emisiones de carbono a la atmosfera, y de cómo muchas empresas han tomado conciencia en este asunto. Hemos podido demostrar que es posible la administración y monitoreo de un sistema de centro de datos y plataforma de servidores, mediante el uso de varias herramientas de monitoreo, las cuales nos permitirán generar indicadores de rendimiento con los cuales analizaremos el consumo energético de las plataformas en la nube.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	1
MARCO REFERENCIAL	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
1.3.1. Objetivo General	6
1.3.2. Objetivos Específicos	6
1.4. ALCANCE Y METODOLOGÍA.....	7
CAPÍTULO 2.....	8
COMPUTACIÓN EN LA NUBE.....	8
2.1. MODELOS DE SERVICIOS	9
2.1.1. Software como Servicio.....	9
2.1.2. Plataforma como Servicio.....	12
2.1.3. Infraestructura como Servicio	14
2.2 MODELOS DE DESPLIEGUE.....	15
2.2.1. Nube Privada.....	15

2.2.2. Nube Pública	17
2.2.3. Nube Híbrida	18
2.3. VIRTUALIZACIÓN	20
2.3.1. Hypervisor	20
2.3.2. Tipos de Virtualización	21
CAPÍTULO 3.....	22
ESTUDIO DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS DE LOS SERVIDORES EN LA NUBE	22
3.1. EFICIENCIA DE LA NUBE EN COMPARACIÓN CON LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN.....	23
3.2. CONCIENCIA DE AHORRO DE ENERGÍA	27
3.2.1. Huella de Carbono.....	28
3.3. LEYES BÁSICAS DE LA ENERGÍA	31
3.3.1. Ley de la Potencia Eléctrica	31
3.3.2. Ley de Ohm.....	32
3.3.3. Energía.....	33
3.4. SALIDAS DE CALOR	35
3.4.1 Acondicionador de Aire	36

3.4.2. Eficiencia del Acondicionador de Aire	37
3.5. REQUERIMIENTOS DE ALIMENTACIÓN	39
CAPÍTULO 4	40
PROPUESTAS DE AHORRO DE ENERGÍA EN LA NUBE	40
4.1. SOLUCIONES DE HARDWARE MÁS EFICIENTE	42
4.2. PLANIFICACIÓN EN SISTEMAS MULTIPROCESO Y GRID.	45
4.2.1. Planificación Eficiente para Sistemas Operativos Multiproceso en Tiempo Real y con Tiempo de Ejecución Incierto.	45
4.2.2. Planificación para Ahorro de Memoria en Procesadores Multinúcleo. 46	
4.2.3. Programación Distribuida Eficientemente Energética para Data Grids. 48	
4.2.4. Ahorro de Energía por Medio de Virtualización	49
4.3. REDUCCIÓN AL MÍNIMO DE ENERGÍA EN CLUSTERS DE SERVIDORES	50
4.4. REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA EN LAS REDES INALÁMBRICAS Y CABLEADAS.	52
4.5. CENTRO DE DATOS EFICIENTES:	53

4.5.1. La Edificación	55
4.5.2. Sistemas de Enfriamiento	56
4.5.3. Fuentes de Alimentación.....	57
4.5.4. Limitación de Energía en Servidores.....	58
4.6. EFECTO DE LAS APLICACIONES DE INTERNET	59
4.7. HERRAMIENTAS PARA EL CONSUMO DE ENERGÍA EN CENTRO DE DATOS	61
4.8. CONSUMO DE ENERGÍA EN EQUIPOS DE REDES	65
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES.....	69
ANEXO A.....	72
TUTORIAL DESIGNBUILDER.....	72
ANEXO B.....	77
TUTORIAL CALCULADOR DEL COSTE PUE	77
BIBLIOGRAFÍA.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Computación en la Nube.	2
Figura 2.1 Flujo de los Servicios que ofrece la computación en la Nube	15
Figura 2.2 Ilustración de nube privada.....	17
Figura 2.3 Ilustración de nube pública.	18
Figura 2.4 Gráfico de Modelo de Servicios.	19
Figura 3.1 Flujo de la Energía en los Servicios en la Nube	23
Figura 3.2 Comparación de las necesidades de energía por usuario entre Gmail y otros modelos de negocio	24
Figura 3.3 Ahorro de consumo de energía migrando a nube pública	26
Figura 3.4 Como está repartido el consumo energético en un servidor común .	27
Figura 4.1 Certificaciones Energy Star y TCO.	43
Figura 4.2 Servidor tipo Blade de Chasis.....	59
Figura 4.3 Software en Línea Estimador de Eficiencia del Uso de Energía de The Green Gred.....	62
Figura 4.4 Herramienta de 42U que calcula el PUE y DCiE	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Matriz de conceptos cruzados para las tres clasificaciones de la computación en nube.....	10
Tabla 3.1 Comparación de las necesidades de energía por usuario entre Gmail y otros modelos de negocio.....	24
Tabla 3.2 Comparación hecha por Greenpeace de como manejan la energía empresas líderes en el área de los centro de datos	30
Tabla 4.1 Tabla de Estados ACPI.....	44
Tabla 4.2 Ejemplos de dispositivos de medición de la energía.....	64

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1 – Potencia Eléctrica.....	32.
Ecuación 3.2 – Ley de Ohm.....	33.
Ecuación 3.3 –Resultado de combinar Ley de Potencia y Ley de Ohm.....	34.
Ecuación 3.4 – Energía.....	34.
Ecuación 3.5 – Eficiencia en Términos de BTU	38.
Ecuación 3.6 – Eficiencia de un servidor en términos de vatios	39.
Ecuación 3.7 – Potencia necesaria para que un Servidor funcione.	39.
Ecuación 3.8 – Requerimientos de energía para un Centro de Datos	40.

GLOSARIO

ACPI: Advanced Configuration and Power Interface.

BIOS: Basic Input-Output System.

BTU: British thermal unit.

CPU: Central Processing Unit.

CRM: Customer relationship management.

DaaS: Data as a Service.

DCiE: Data center infrastructure efficiency.

DVS: Dynamic Voltage Scaling.

EDF: Earliest Deadline First.

EDP: Energy x Delay Product.

ERP: *Enterprise Resource Planning*.

I/O: In / Out

IaaS: Infrastructure as a Service.

LAN: Local Area Network.

PaaS: Platform as a Service.

PUE: Power Usage Effectiveness.

QoS: Quality of service.

RAM: Random-access memory.

SaaS: Software as a Service.

SLA: Service Level Agreement.

TI: *Information Technology*.

INTRODUCCIÓN

La computación en la nube (del inglés: *Cloud Computing*) es una nueva tendencia tecnológica que cada vez más va cobrando mayor auge no solo a nivel personal en el caso de correo electrónico, almacenamiento de datos y muchas otras utilidades más, sino, a nivel empresarial, sobre todo en el caso de las Pymes que pueden ver traducidos en ahorro monetario su preferencia por un servicio en la nube. Sin embargo uno de los ahorros más significativos que los servicios en la nube proporcionan no son solo el monetario sino más bien el ahorro energético, el cual tiene una mayor trascendencia no solo ahora sino a largo plazo y no solo para un individuo sino para el mundo entero.

En vista de la creciente demanda y predisposición al crecimiento de este tipo de esquema de computación en la nube, al día miles de datos se almacenan y procesan, junto con miles de peticiones que los clientes realizan, lo cual demanda tremendos montos de energía para que estos datos sean procesados. Algo que preocupa a muchos es que la mayoría de las fuentes de energía de las cuales se abastecen estos centros de datos en la nube nos son de lo más limpio, sino que proceden de la combustión de combustibles fósiles o nucleares, esto se traduce en daño al medio ambiente, por esta razón es urgente que se

mejore la eficiencia de estos centros para que la energía que se consuma sea la que realmente se necesita.

Existen muchos estudios con respecto a la eficiencia energética en la nube, que al ser aplicados en conjunto o en casos especiales, se pueden obtener ahorros significantes de energía. Por eso, en base a éstos precedentes y tendencias mundiales se da paso a esta investigación para por medio del estudio de estos procedimientos poder ir hacia una computación en la nube más eficiente en términos energéticos.

CAPÍTULO 1

MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

En la actualidad existe una gran tendencia a utilizar los servicios en la nube, no solo de parte de usuarios finales sino de empresas que ven a este tipo de servicios como una alternativa a su infraestructura de la tecnología de la información o IT (del inglés: *Information Technology*).

Al crecer esta tendencia, también crece su demanda de energía, por lo tanto es necesario estar informando de cuan grande es el consumo de estos equipos, si es eficiente y cuan amigable con el planeta resulta su consumo.

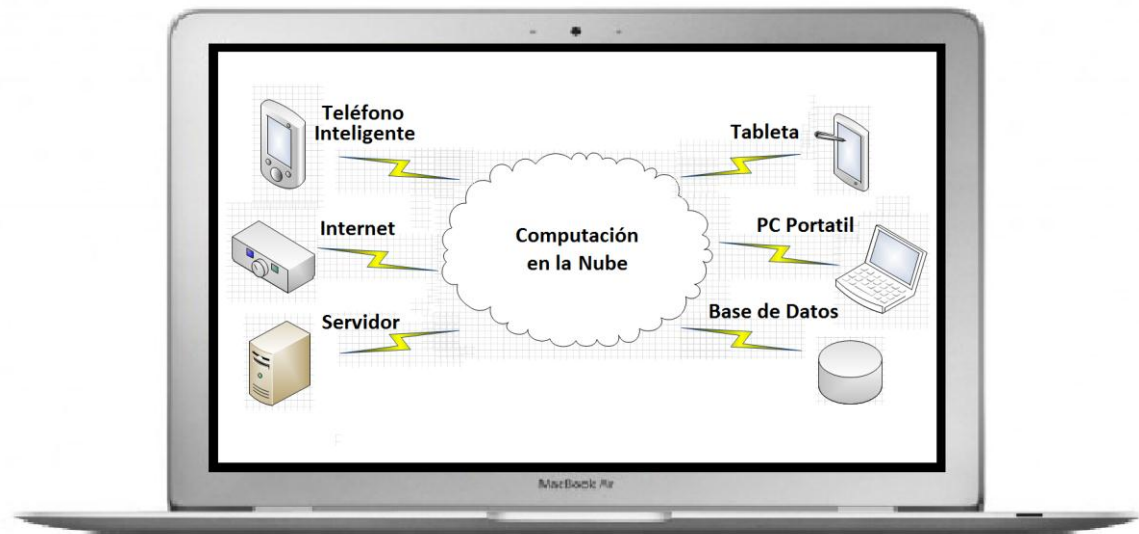


Figura 1.1 Computación en la Nube.

La eficiencia energética es de gran importancia, ya que al reducir las pérdidas en el consumo de energía también se reducen los costos y los beneficios se reflejan no solo hacia la parte que presta los servicios en la nube, sino también del consumidor. Normalmente la eficiencia total de un servidor se mide desde la entrada de corriente alterna hasta los mismos procesadores y en muchos de los servidores en la nube que se ofrecen en el mercado sus cifras de eficiencia no

son tan halagadoras. En muchos de los casos se debe a que los beneficios económicos superan en gran medida a estas pérdidas asumiéndolas como gastos operativos. Sin embargo, es necesario tomar medidas para obtener una computación en la nube con conciencia energética debido a que si se suman las pérdidas energéticas de todos los centros de datos en el mundo se disparan cifras alarmantes de emisiones de carbono, lo cual incurre en el deterioro de nuestro medio ambiente, además es lamentable que últimamente se vean menguados los esfuerzos por hacer más eficientes a los centros de datos por falta de incentivos gubernamentales [1]. Esta industria emergente tiene una gran tendencia a crecer, esto significa que si no se toman medidas para paulatinamente ir optimizando la eficiencia de los servidores en la nube es muy seguro que genere entre otras cosas un importante foco de contaminación ambiental debido a que muchas de las veces las fuentes de energía a las que se conectan centros de datos no son de las más limpias como la energía solar o eólica sino más bien nuclear o de algún combustible fósil. [2]

1.2. JUSTIFICACIÓN

Computación en la nube es la nueva postura que va ganando más fuerza entre las empresas que brindan servicios a través de la web y usuarios que acceden a ella a través de enlace de datos para sus múltiples beneficios como: presencia a nivel mundial, prescindir de instalar cualquier hardware, rápida implementación con riesgos bajos.

Uno de sus principales beneficios es el de reducir notablemente el consumo de energía eléctrica y por lo tanto las emisiones de carbono al ambiente sin contar los beneficios económicos adicionales. Por ejemplo, según un estudio del Carbon Disclosure Project patrocinado por At&T y producido por Verdantix, para el 2020, las grandes empresas norteamericanas que usan servicios en la nube alcanzarán un ahorro de energía de US\$12.300 millones anuales, esto significaría una reducción acumulada de emisiones de CO₂ de 85.7 millones de toneladas cada año, el equivalente de casi 200 millones de barriles de petróleo [3].

Esto se debe a que en los centros de datos tradicionales, los equipos tienden a requerir para su funcionamiento mucha energía de la que en realidad necesitan.

Por el contrario, en la nube, la energía consumida es la que realmente se necesita, de esa manera se reduce en gran cantidad el desperdicio.

Se debe considerar que al momento de trasladar todos nuestros servicios a la nube se está haciendo un gran aporte a la reducción del consumo energético, aunque aún les falta un largo camino por recorrer para llegar a ser altamente eficientes. Es por eso necesario un estudio de las alternativas que se pueden utilizar para mejorar la eficiencia energética de los servidores en la nube con el objetivo de poder reducir la emisiones de carbono al medio ambiente y de esa manera pensar a largo plazo en un planeta más limpio y una computación más consiente y amigable con su entorno.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.3.1. Objetivo General

Investigar estudios realizados de los consumos de energía en servicios en la nube y revisar su eficiencia mediante estadísticas con respecto a otras soluciones.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis comparativo de los niveles de consumo de energía de la industria con la de las tecnologías de la Información.
- Plantear una propuesta para reducir las emisiones de CO₂ en las implementaciones de computación en la nube.
- Investigar y exponer cuales son las tendencias en la relación velocidad – consumo de energía.
- Buscar la factibilidad de las propuestas que existen para ahorrar energía.

1.4. ALCANCE Y METODOLOGÍA

Debido a la naturaleza investigativa de nuestro proyecto, nos basaremos en material de consulta existente, de varias fuentes tales como: cuadros estadísticos e investigación sustentada en la web, instituciones confiables y demás. Nos centraremos en investigar el monto de energía que consumen los servidores en la nube actuales y de cómo esto afecta como sociedad y medio ambiente, también las tendencias que tienen esta nueva tecnología a futuro en el tema energético. Además revisar las investigaciones más recientes en la eficiencia energética del hardware de los servidores, los sistemas de climatización, las redes de computadoras y todo lo que incurra en gasto energético en los servicios en la nube. Luego revisar el trabajo que tiene en cuenta el consumo de energía como parte de las funciones de coste que se utilizan para programar en varios procesadores y arquitecturas de red como las de un gran *cluster*.

Una vez recopilada toda la información necesaria la clasificaremos y la resumiremos para de esa manera llegar a nuestras propias conclusiones basados en los objetivos investigativos que nos hemos planteado.

CAPÍTULO 2

COMPUTACIÓN EN LA NUBE

La computación en la nube es un nuevo esquema, el cual basa todo su funcionamiento en ofrecer servicios a los clientes por medio de la red de Internet. Esto involucra el tener una gran cantidad de servidores conectados entre sí en tiempo real sobre una red, como es el caso de Internet y que cualquier aplicación o programa pueda ejecutarse en todas estas computadoras al mismo tiempo.

2.1. MODELOS DE SERVICIOS

2.1.1. Software como Servicio

SaaS (del inglés: *Software as a Service*) es un modelo de distribución de software en el cual el proveedor de servicios da alojamiento al mismo y se lo pone a disposición del cliente por medio de una red que por lo general es Internet. Al trabajar de esta forma el cliente ya no se preocupa por los costos operacionales, ni de dar mantenimiento ni soporte. Al distribuirse las aplicaciones por medio de este modelo ya no importan la ubicación ni el tamaño del cliente que solicita los servicios. De esta manera se brinda a todo tipo de empresa sea esta de gran tamaño o una Pyme (*pequeña o mediana empresa*), una solución por medio de la cual puede optimizar sus gastos y recursos.

	Cambio de Paradigma	Características	Términos Clave	Ventajas	Desventajas y Riesgos	Cuando No usarla
IaaS	Infraestructura como un activo	Normalmente independiente de la plataforma; los costos de la infraestructura se comparten y por lo tanto se reducen; SLAs; pago por uso; auto-escalamiento	Computación en cuadrícula, computación de herramientas, instancia de computación, hypervisor, cloudbursting, computación multi-tenencia, agrupación de recursos	Evita los gastos de capital en hardware y recursos humanos; riesgo de ROI reducido; bajas barreras a la entrada; escalamiento optimizado y automatizado	La eficiencia y productividad de los negocios dependen ampliamente de las capacidades de proveedor; costo a largo plazo potencialmente mayor; la centralización requiere nuevas/diferentes medidas de seguridad	Cuando el presupuesto de capital es mayor que el presupuesto operacional
PaaS	Compra de licencias	Consume infraestructura de nube; se encarga de métodos ágiles para gestión de proyectos	Pila de solución	Implementación de versión optimizada	La centralización requiere nuevas/diferentes medidas de seguridad	N/A
SaaS	Software como un activo (negocios y consumidor)	SLAs; IU potenciada por aplicaciones de cliente ligero; componentes de nube; comunicación vía APIs; sin estado; acople ligero; modular; interoperabilidad semántica	Cliente ligero; aplicaciones de cliente-servidor	Evita los gastos de capital en software y recursos de desarrollo, riesgo de ROI reducido, actualizaciones optimizadas e iterativas	La centralización de datos requiere nuevas/diferentes medidas de seguridad	N/A

Tabla 2.1 Matriz de conceptos cruzados para las tres clasificaciones de la computación en la nube [4]

Características

Debido a la modalidad de este servicio el cual se paga por usarlo, el cliente ya no se preocuparía por la compra de licencias de software. Este se distribuye a través de la red y no por medio de servidores propios que operan dentro de la red de área local o LAN (del inglés: *Local Area Network*) de la empresa. La aplicación se encontrará en la nube o en servidores externos, de manera que da servicio a muchos clientes, es por eso que no podemos decir que es una infraestructura privada sino más bien pública, esto implica que muchos clientes de varias empresas tengan acceso al mismo servicio. Algo muy notable es que el servicio tiene tendencia a ser altamente escalable. [5]

Beneficios

1. Menor coste e inversión inicial.
2. Menor riesgo.
3. Alta escalabilidad asegurada.
4. El cliente se centra en el negocio.
5. Aumenta la seguridad.
6. La respuesta ante los cambios es muy rápida.

Ejemplos

Se agrupan las soluciones SaaS en 4 categorías (*que dejan fuera soluciones de otro tipo*):

- Soluciones de Back Office, que incluyen aplicaciones de sistemas de planificación de recursos empresariales, o ERP (del inglés: *Enterprise Resource Planning*), de compra, de RRHH, etc.
- Soluciones de mensajería, es decir, de gestión de correos electrónicos, tratamiento de SPAM, protección frente a virus, etc.
- Aplicaciones de administración basada en la relación con los clientes o CRM (del inglés: *Customer Relationship Management*)
- Soluciones de integración. [5]

2.1.2. Plataforma como Servicio

PaaS (del inglés: *Platform as a Service*) es el producto de aplicar el modelo SaaS. Incluye todo el ciclo completo para desarrollar e implantar aplicaciones desde Internet.

Por medio de PaaS se obtiene todas las facilidades para desplegar aplicaciones sin las gestiones de pago que debía realizar el programador, ni tampoco todo el hardware que se necesitaría, pudiendo de esta manera concentrarse solo en la parte de analizar, desarrollar, testear, documentar y poner en marcha aplicaciones sin realizar tantos procesos. Todos estos

servicios son ofrecidos e integrados en una sola solución PaaS a través de Internet.

Características

- Cuando la aplicación desarrollada comience a tener crecimiento no habrá que preocuparse por comprar más hardware, debido a que la escalabilidad de este servicio prácticamente no tiene límites.
- Al momento de querer administrar la aplicación no será necesario estar en los centros de datos, sino que por medio de una aplicación web se podrá, modificar y monitorear la aplicación.
- Arquitectura multi-usuario: Existe un número ilimitado de usuarios que se pueden mantener.
- Se puede tener desarrolladores en cualquier parte del planeta y de esa manera compartir los códigos y mejorarlos.

Ventajas

- Bajo riesgo y poca inversión inicial, debido a que ya no se comprará hardware ni software que con el tiempo se puede deteriorar, tampoco se realizará pagos mensuales por mantenimiento.

- Las actualizaciones y nuevas funcionalidades serán inmediatas, debido a que estas se realizarán automáticamente en la nube, incluso si se requirieran de un nuevo modelo de software al que se esté trabajando actualmente.
- Los soportes serán con un tiempo de respuesta más bajo y sin costos adicionales.
- Mayor disponibilidad y seguridad de los datos, el mantener una aplicación segura dentro la infraestructura de una empresa de por si es un reto y demanda altos costos, pero en el caso del software como servicio se podrá disponer de muchas seguridades y disposición de los datos incluso dependiendo del acuerdo de nivel de servicio o SLA (del inglés: *Service Level Agreement*) los beneficios de seguridad será mayores.

2.1.3. Infraestructura como Servicio

IaaS (del inglés: *Infrastructure as a Service*) es un modelo en donde se entrega al usuario una infraestructura de recursos físicos tales como CPU, RAM, disco, red, firewall, etc en un entorno virtualizado, en el cual se puede instalar y administrar todo un sistema operativo y un sinfín de aplicaciones.

El usuario elige la configuración que desea y paga una cuota en función de los recursos utilizados durante un tiempo determinado.

Es el tipo de modelo utilizado por Amazon Web Services o vCloud Express de VMware. [6]

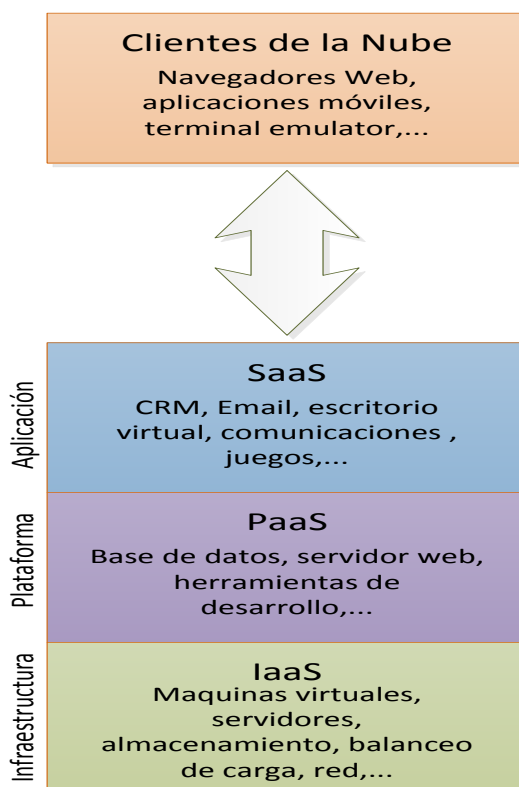


Figura 2.1 Flujo de los Servicios que ofrece la computación en la Nube

2.2 MODELOS DE DESPLIEGUE

2.2.1. Nube Privada

Una nube privada es una infraestructura que ofrece los mismos beneficios de una nube pública, pero dedicada exclusivamente a una sola empresa. Esta implementación puede ser administrada de forma interna o por medio de un proveedor externo, se requiere de un mayor nivel de responsabilidad por parte de los departamentos de IT como de sus directivos para virtualizar el entorno empresarial.

La nube privada permite implementar soluciones de seguridad dedicadas a nuestro modelo de negocio con alta disponibilidad y tolerancia a fallos. No obstante, debido a que este modelo de despliegue es privado, requiere de una inversión inicial muy alta.

Este modelo nos brinda normativas estrictas de seguridad como para el sector bancario puesto que su información o base de datos es delicada. De igual manera se puede balancear la carga de trabajo entre los servidores cuando estos reporten picos de demanda.

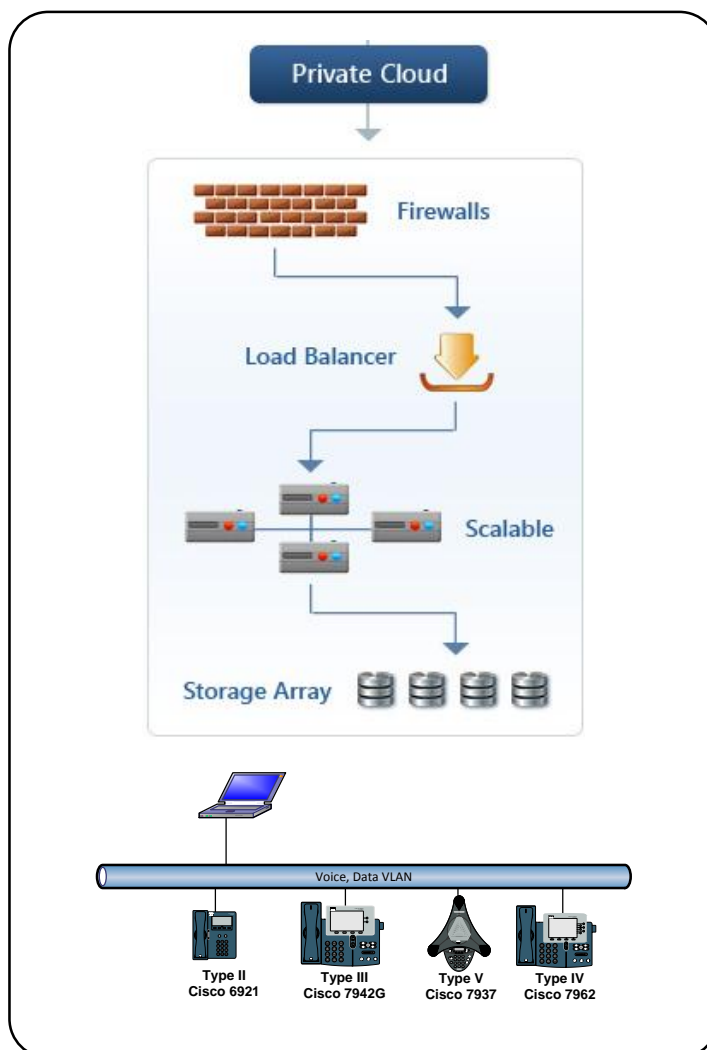


Figura 2.2 Ilustración de nube privada. [7]

2.2.2. Nube Pública

La nube pública se basa en el modelo estándar de la computación en la nube, en donde el proveedor de servicios pone a disposición su infraestructura a las empresas por medio del internet como servicio, por lo general es un servicio de pago por consumo o gratuito con ciertas limitaciones.

Este modelo de despliegue resulta muy interesante para muchas organizaciones, ya que el hardware y la administración no se ejecuta por la empresa lo que resulta en ahorros de tiempos y dinero.

Hay varios ejemplos de esta implementación, las más habituales son las de infraestructura como Servicio (*IaaS*), Plataforma como Servicio (*PaaS*) y Software como Servicio (*SaaS*).

Nube Pública

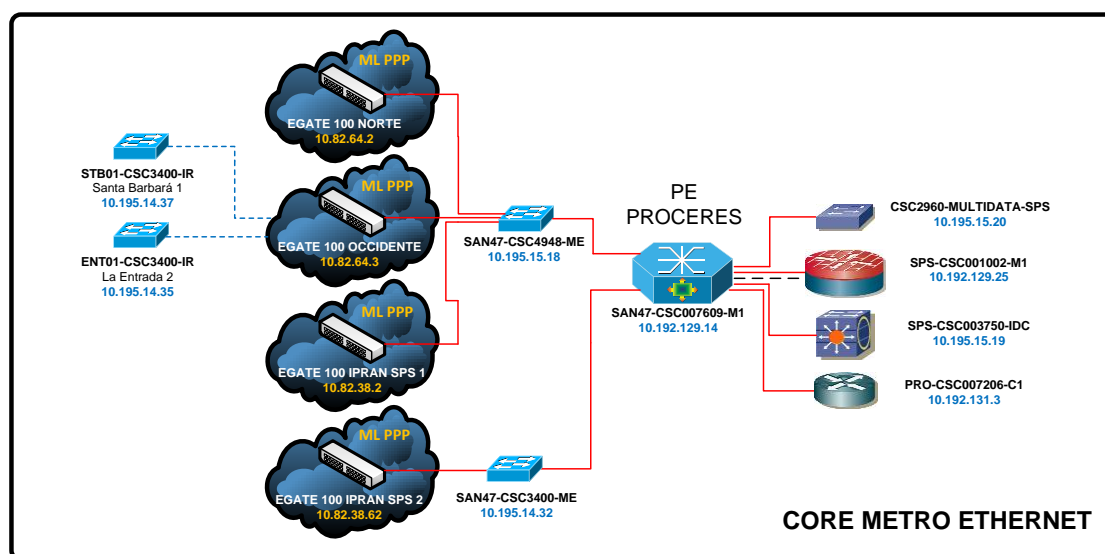


Figura 2.3 Ilustración de nube pública. [8]

2.2.3. Nube Híbrida

La nube híbrida surge de la combinación de los modelos de nube privada y pública, una implementación que es muy común es que las empresas ejecuten la mayor parte de las aplicaciones en la nube privada pero utilizan la nube pública bajo demanda. La seguridad es controlada por reglas estrictas dentro de la nube interna y las tareas son asignadas dependiendo de la necesidad.

Este modelo es muy utilizado dentro del área de comercio electrónico dado a su gran demanda de tráfico. Por otro lado la confidencialidad de los datos de los clientes es manejada por la nube interna cuya seguridad es mayor.

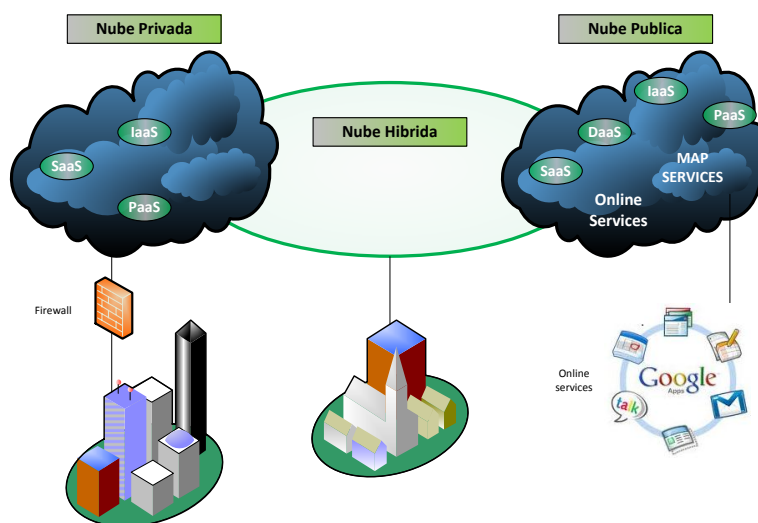


Figura 2.4 Gráfico de Modelo de Servicios.

2.3. VIRTUALIZACIÓN

La virtualización es una técnica aprovechada sobre un hardware que nos permite crear una versión virtual de un dispositivo o recurso, como por ejemplo, servidores, dispositivo de almacenamiento, interface de red, incluso sistema operativo, donde se puede dividir recursos en uno o más entornos de ejecución.

Incluso se puede considerar como virtualización el realizar una partición a un disco duro.

2.3.1. Hypervisor

Un *hypervisor* llamado también monitor de máquina virtual es un programa que permite que múltiples sistemas operativos compartan un único host, este controla el procesador central y los recursos a su vez, también se asegura de que los sistemas operativos invitados (*llamadas máquinas virtuales*) no puedan interrumpir entre sí. [9]

2.3.2. Tipos de Virtualización

La virtualización se puede implementar desde un sistema operativo, el cual puede ser: Windows o Linux, u otra versión que sea compatible con el programa que se utilice.

Virtualización del sistema operativo: Es cuando se ejecuta más de un sistema operativo en el mismo dispositivo.

Virtualización del servidor: Consiste en ejecutar más de un servidor en el mismo servidor físico.

Virtualización de almacenamiento: Consiste en enlazar varias unidades de almacenamiento en un mismo dispositivo. Este tipo de virtualización es el más utilizado en lo que respecta a almacenamiento.

Virtualización de red. Se basa en la combinación de múltiples conexiones de red como Internet y datos en una red visible, de esa manera dividir la conexión. Por ejemplo se puede asignar 2 megas al servidor y 3 a los usuarios finales de 5 Mb de conexión a Internet.

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS DE LOS SERVIDORES EN LA NUBE

Debido al crecimiento exponencial de empresas que dan servicios en la nube tales como Amazon o Google, las cuales dependen básicamente de dar servicios en la nube, se ha producido un consumo desmedido de recursos energéticos sin tomar en cuenta su posible eficiencia a la hora de consumirlos.

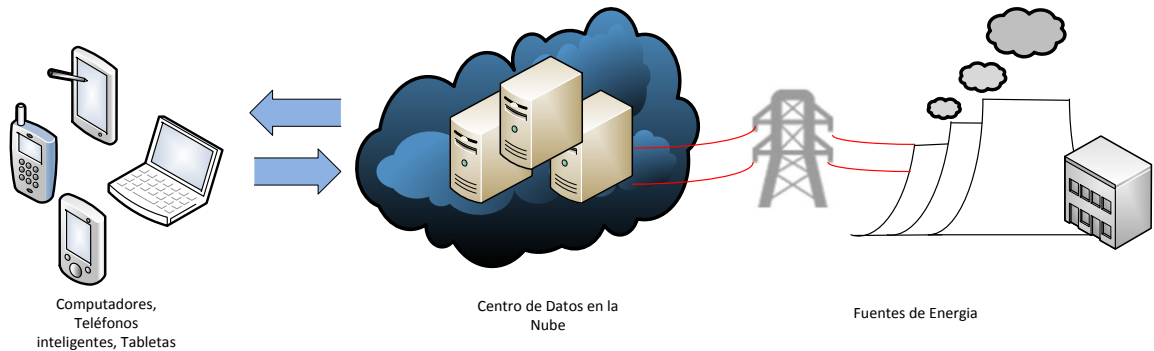


Figura 3.1 Flujo de la Energía en los Servicios en la Nube

Se ha llegado a la conclusión de que los centros de datos son el motor de la nube pero estos se han convertido en herramientas consumidoras de electricidad, llegando en unos casos a consumir el equivalente de 180.000 hogares. [2]

3.1. EFICIENCIA DE LA NUBE EN COMPARACIÓN CON LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN.

Según el análisis que han desarrollado algunos de los expertos, los ahorros de consumo energético per cápita entre los esquemas tradicionales de provisión de servicios TI y los de la nube son de 70% a 80% de ahorro. [10] Podemos tomar como ejemplo el servicio de correo de Google: Gmail, el cual arroja datos de

ahorro energético muy significativos comparados con otros modelos de negocios que no están basados en la nube.

Tipo de Negocio	Energía TI por Usuario	Total de Energía por Usuario	Energía Anual por Usuario
Pequeño	8 W	20W	175kWh
Mediano	1,8W	3,2W	28,4kWh
Grande	0,54W	0,9W	7,6kWh
Gmail	<0,22W	<0,25W	<2,2kWh

Tabla 3.1 Comparación de las necesidades de energía por usuario entre Gmail y otros modelos de negocio. [10]

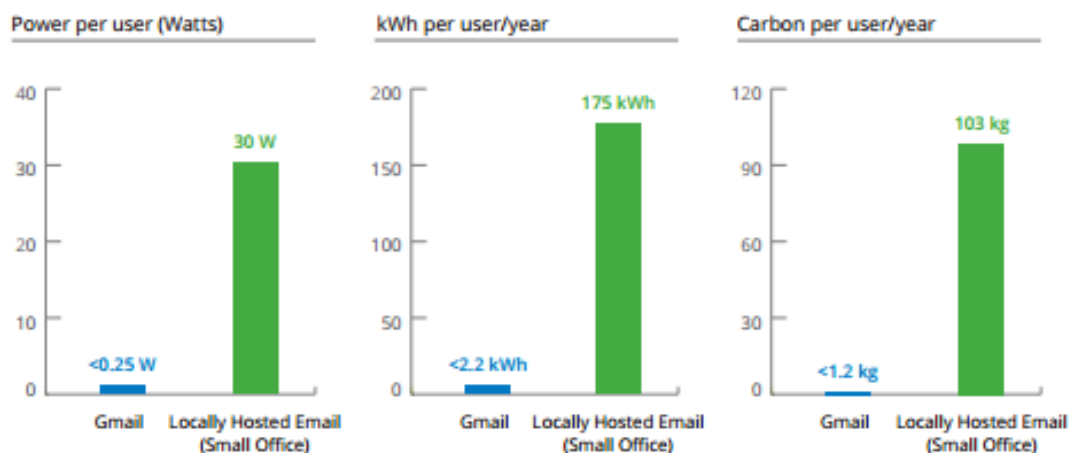


Figura 3.2 Comparación de las necesidades de energía por usuario entre Gmail y otros modelos de negocio. [10]

Según la tabla 3.1, Google nos indica que la nube es una manera energéticamente más óptima de mantener nuestros servicios informáticos. [10]

Al migrar a Google Apps el consumo energético se verá afectado de las siguientes maneras:

- Los servidores, debido a que se optimiza el número requerido, llegando a utilizar menos servidores, lo cual influye en un menor consumo energético.
- Los sistemas de climatización, debido a que en los centros de datos se utilizan sistemas muy sofisticados tales como los Chillers los cuales son máquinas que remueven el calor a partir de un líquido usando compresión de vapor.
- Por ultimo donde no se puede observar una disminución de ahorro de energía sino más bien un aumento, es en el tráfico de red alrededor del 2 al 3%, muy pequeño en comparación del 70 al 90% que ahorran en energía los dos anteriores. [10]

Últimamente se ha producido un gran aumento de consumo energético en los centros de datos tradicionales, llegando a consumir en la parte de servidores, almacenamiento y hardware de red un estimado de 65 billones de Kilowatt-hora

de electricidad al año. [11] Además la energía que se utiliza para climatizar y enfriar estos centros de datos duplica la cantidad anterior a un total de 130 billones de KW/h, equivalente al consumo total de electricidad de Polonia. [11] Pero si se migran los servicios de la tecnología de la información a nube pública se puede obtener un ahorro del 70%, estas comparaciones se pueden ver en la figura 3.3. [11]

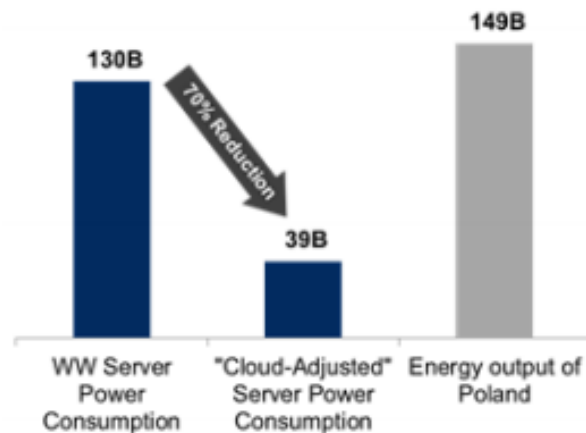


Figura 3.3 Ahorro de consumo de energía migrando a nube pública [11].

Inclusive si se aplican artificios como: ubicar el centro de datos de la nube en sectores geográficos donde el KW/h sea más barato se puede tener ahorros significativos. [11]

Según cifras generales el consumo energético de los centros de datos se reparte de la siguiente manera:

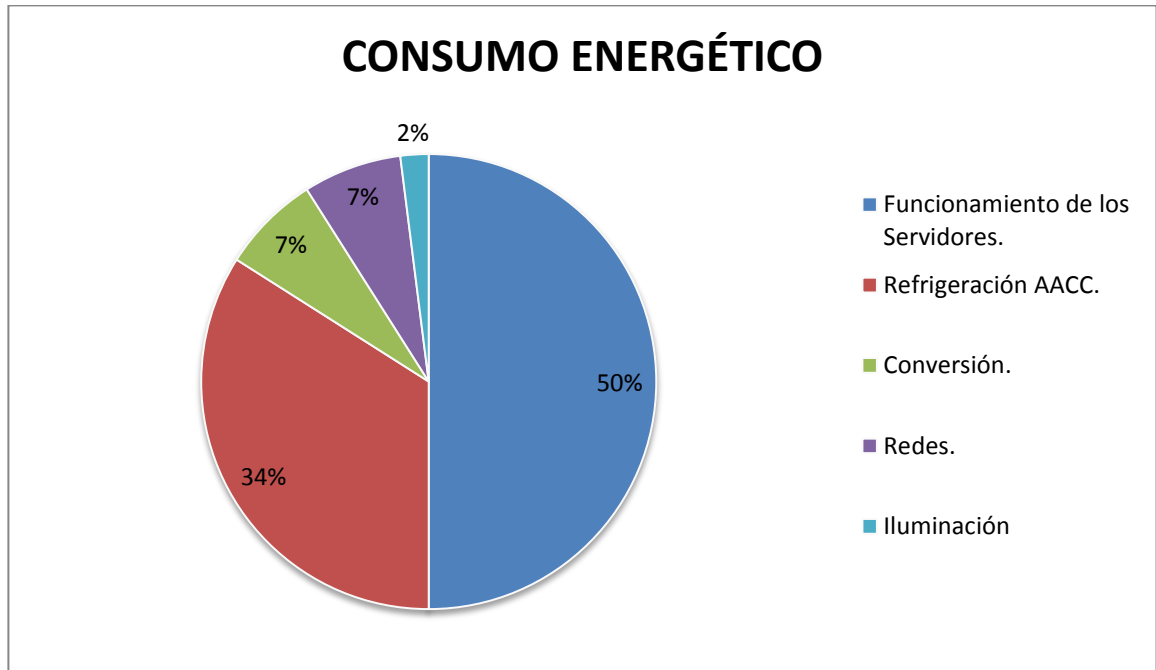


Figura 3.4 Como está repartido el consumo energético en un servidor común. [11]

3.2. CONCIENCIA DE AHORRO DE ENERGÍA

Cuando se habla de la eficiencia energética de servidores en la nube, aparece el concepto de conciencia de ahorro de energía (del inglés: *Power Aware*), en donde cita tener una perspectiva ecológica al momento de construir soluciones tecnológicas.

Debido a la gran demanda de energía que necesita un centro de datos en la nube el "pensar en verde" es primordial, si queremos reducción de la huella de carbono.

Existen muchas soluciones para el ahorro de energía, una de ellas es con la localización de servicios relativamente inactivos o sea en términos más simples apagando las máquinas no utilizadas. También se lo puede lograr midiendo el número de servidores inactivos para predecir la carga.

Pero para llegar a entender estas soluciones primero debemos entender muchos otros conceptos medulares en lo que respecta a la energía misma.

3.2.1. Huella de Carbono

Mucho del consumo eléctrico de los centros de datos llega a ser 70% más alto de lo que se planteó al principio, en 2007 fue de 623 billones de KW/h combinando las telecomunicaciones de redes y la nube y si pensáramos en todo este consumo como si fuera un país, este país sería el quinto con mayor demanda de energía en el mundo. [2]

De lo antes expuesto el consumo eléctrico de los servidores en la nube son muy altos y la parte más crítica es que las fuentes de energía para estos centros de datos no son del todo limpias pues proviene de energía nuclear o de combustibles fósiles. Como muestra la tabla 3.2 se ha calificado a las empresas líderes en servicios en la nube mostrándose el porcentaje de la fuente de energía que se está utilizando. También son calificadas en cuestiones como: donde han ubicado su infraestructura, que tan eficientes son, cuanto hacen por mitigar las emisiones de carbono, etc.















Company	Clean Energy Index	Coal	Nuclear	Energy Transparency	Infrastructure Siting
 Akamai	NA	NA		A	C
 amazon.com	13.5%	33.9%	29.9%	F	F
 Apple	15.3%	55.1%	27.8%	D	F
 DELL	56.3%	20.1%	6.4%	C	C
 facebook	36.4%	39.4%	13.2%	D	B
 Google	39.4%	28.7%	15.3%	B	C
 hp	19.4%	49.7%	14.1%	C	D
 IBM	12.1%	49.5%	11.5%	C	D
 Microsoft	13.9%	39.3%	26%	C	D
 ORACLE	7.1%	48.7%	17.2%	D	D
 rackspace HOSTING	23.6%	31.6%	22.3%	C	C
 Salesforce	4%	33.9%	31%	B	C
 twitter	21.3%	35.6%	12.8%	F	D
 YAHOO!	56.4%	20.3%	14.6%	C	B

Tabla 3.2 Comparación hecha por Greenpeace de como manejan la energía empresas líderes en el área de los centro de datos [2]

Debemos tomar muy en cuenta que en particular, la computación en la nube es en sí una técnica de ahorro de energía que utiliza virtualización [12], en la cual los servicios se ejecutan remotamente desde la nube, proporcionando recursos escalables y virtualizados. De esta manera, los picos de carga se pueden mover a otras partes de la nube y la agregación de los recursos a la nube puede proporcionar una mayor utilización del hardware.

3.3. LEYES BÁSICAS DE LA ENERGÍA

3.3.1. Ley de la Potencia Eléctrica

Se define como la variación de la energía potencial por unidad de tiempo. Es decir:

$$Potencia = Voltaje \times Corriente \quad (3.1)$$

Algo que podemos tomar como referencia es lo siguiente: Una PC que se conecta a un tomacorriente de 120 VAC y que requiere una corriente de 0.23 A consumiría la siguiente potencia:

$$Potencia = Voltaje \times Corriente$$

$$Potencia = 120 \times 0.23$$

$$Potencia = 28 W$$

Es decir, que esta PC consume la misma potencia que consume un foco de 28W.

3.3.2. Ley de Ohm

Para entender la Ley de Ohm debemos tomar en cuenta que la corriente eléctrica representada por la letra I es el número de electrones que fluyen a través de un conductor y se mide en Amperios, mientras que el voltaje V es la diferencia de potencial entre los terminales y se mide en Voltios. En esta ley aparece un nuevo concepto: La resistencia R que es la resistividad al paso de la corriente y se mide en Ohmios (Ω).

$$Voltaje = Corriente \times Resistencia$$

$$V = I \times R \quad (3.2)$$

$$V(\text{voltios}) = I(\text{amperios}) \times R(\Omega)$$

Si combinamos 3.2 con 3.1 tendremos:

Tendremos:

$$Potencia(vatios) = (Corriente(amperios))^2 \times Resistencia(\Omega)$$

$$P = I^2 \times R \quad (3.3)$$

3.3.3. Energía

Dentro de todas estas leyes está implícito algo de mucha importancia y es la energía. Siguiendo nuestro contexto, la energía es la potencia en un instante de tiempo, es decir que la energía es la potencia consumida en un intervalo de tiempo.

$$Energía(Joules) = Potencia(Watts) \times Tiempo(segundos)$$

$$E = P \times t \quad (3.4)$$

Para tener claro la diferencia entre potencia y energía, pensemos en los electrodomésticos que usamos a diario tales como: un foco, un acondicionador de aire o una lavadora, todos ellos consumen energía eléctrica y la transforman en un trabajo útil: iluminar, enfriar o lavar. En los sellos de estos dispositivos podemos encontrar su potencia, que por lo general está en vatios (W), y esto nos indica la velocidad a la que consumen la energía.

Por ejemplo, si tenemos un foco de 15 W , su consumo a lo largo de un día sería 15 W multiplicado por 24 horas, es decir, 360 Wh de energía y teniendo en cuenta que 1 kWh es igual a $3.6 \times 10^6\text{ J}$, el foco consumiría en un día $1296 \times 10^6\text{ J}$.

Tener claro este concepto tiene utilidad práctica, ya que cotidianamente necesitamos saber la diferencia entre estos conceptos. En la factura eléctrica dice: la "potencia contratada", esto es la potencia que es asignada al adquirir el servicio. Por otro lado energía es todo lo que hemos consumido en el mes y que es registrada en el medidor.

3.4. SALIDAS DE CALOR

La eficiencia en términos energéticos es un aspecto determinante en el funcionamiento de cualquier dispositivo o proceso ya que es la relación entre energía útil y la energía invertida, en una máquina perfecta la energía útil es igual a la energía invertida y su eficiencia ha sido de un 100%, pero en la vida real la mayoría de los dispositivos eléctricos y electrónicos no son eficientes al 100%, es decir que la energía que es útil no es igual a la que se invirtió. De alguna manera se ha perdido parte de la energía y la mayoría de los casos las pérdidas suelen ser en calor. En decir, que el computador de 28W podría generar el mismo calor (*sobre un mayor volumen*) que una bombilla de 28W.

Todas estas pérdidas generan una salida de calor, la cual puede ser medida utilizando las unidades térmicas británicas o BTU (del inglés: *British Thermal Unit*). Para entender mejor los BTU analicemos lo siguiente:

- “1 BTU \approx 1060 J equivalente la cantidad de energía necesaria para elevar una libra de agua en un grado Fahrenheit.” [13]
- 1 W = 3,41214 BTU / hora.

- Una persona genera alrededor de 400 BTU / hora = 117W.
- Los acondicionadores de aire se clasifican en BTU / hora (*es decir, en unidades de energía*).

3.4.1 Acondicionador de Aire

Para que una sala de máquinas pueda estar a una temperatura estable, la capacidad del acondicionador de aire (*en BTU de refrigeración*) debe ser mayor que la capacidad nominal del equipo (*en BTU de calefacción*).

HVAC (*Calefacción, Ventilación y Acondicionador de Aire*) se suele utilizar la potencia de entrada a la sala de refrigeración para medir lo que necesita: si tiene 40A que entran, entonces se necesitan al menos $120\text{ V} * 40\text{A} = 4800\text{ W} = 16.378\text{BTU} / \text{hora}$. Esto se debe a que se puede sobrecargar el sistema.

3.4.2. Eficiencia del Acondicionador de Aire

Por desgracia, los acondicionadores de aire no son particularmente eficientes tomando en cuenta lo visto anteriormente. Para calcular la eficiencia de un acondicionador de aire se procede así:

Eficiencia de AACC = capacidad de enfriamiento / potencia consumida

Eficiencia de AACC = (BTU / hora) / (BTU / hora) = porcentaje.

La eficiencia de un aire acondicionado siempre depende de la temperatura dentro y fuera de la habitación, la geometría de la sala (*flujo de aire*), etc. La eficiencia de un acondicionador de aire nunca es del 100%, por lo general llega a un 60% [14], para muchos fabricantes llegar a esta cifra es un logro. Sin embargo es un hecho muy preocupante si pensamos en toda la energía que se desperdicia.

Cuanto consume un Servidor

$$Eficiencia = E = \frac{(BTU \text{ de salida / Hora})}{BTU \text{ de entrada/hora}} \quad (3.5)$$

$$\text{Eficiencia} = E = \frac{\text{vatios de salida(de capacidad)}}{\text{vatios de entrada(del aire acondicionado)}} \quad (3.6)$$

Entonces:

La potencia necesaria para que un servidor funcione es de:

$$\text{Potencia} = \text{vatios del servidor} + \text{vatios del sistema de climatización}$$

$$\text{Potencia} = \text{vatios del servidor} + \frac{1}{E}(\text{vatios del servidor}) \quad (3.7)$$

Donde E es la eficiencia del AACC en porcentaje menor al 100%. En otras palabras, el consumo total de energía para el funcionamiento de un servidor puede ser más del doble de su consumo medio de energía como una unidad.

Una buena regla general es que un servidor realmente ha consumido tres veces su consumo nominal.

3.5. REQUERIMIENTOS DE ALIMENTACIÓN

Los requerimientos de alimentación para un centro de datos se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Requer.} = (\Sigma \text{requerimiento de energía para servidores}) \times \left(1 + \frac{1}{E}\right) \quad (3.8)$$

En vista de que la mayor parte de los sistemas de enfriamiento y de climatización no son del todo eficientes, se debe optimizar su uso. Más adelante se expondrán técnicas para ahorrar energía en estos sistemas.

CAPÍTULO 4

PROPUESTAS DE AHORRO DE ENERGÍA EN LA NUBE

Por si mismos los servicios en la nube son una manera inherente para ahorrar energía, pero sin embargo se pueden obtener mayores beneficios en lo que respecta a la eficiencia en los consumos energéticos.

Pero se puede hacer mucho más con respecto al ahorro de energía. Existen muchas maneras de obtener ahorro energético y estas se basan en soluciones IT integrales tales como: Mejorar los sistemas de enfriamiento y climatización,

mejoramiento del hardware independiente, planificación de las tareas en los diferentes microprocesadores, virtualización y por último redes inalámbricas y cableadas.

Tradicionalmente los diseños de red han buscado minimizar los costos de infraestructura y maximizar la calidad de servicio o QoS (del inglés: *Quality of Service*). Sin embargo, las TIC (*Tecnologías de la Información y la Comunicación*) también juegan un complejo rol en el consumo de energía basándose en el paradigma "comunicarse más y viajar menos" así como mediante el uso de dispositivos inteligentes en hogares y oficinas para optimizar la gestión de energía.

Por lo tanto, las TIC pueden reducir el consumo de energía y las emisiones de carbono, pero esta reducción potencial está parcialmente compensado por la energía utilizada por los centros de datos y redes informáticas, que se ejecuta en miles de millones de dólares. Entonces, una parte de la energía ahorrada en las TIC y las redes podría conducir a un significativo ahorro financiero y de carbono [15].

Entre las soluciones que se detallan en el presente trabajo tenemos las siguientes:

1. Soluciones de hardware más eficiente
2. Planificación en sistemas multiproceso y grid.
3. Reducción al mínimo de energía en clusters de servidores
4. Reducción de consumo de energía en las redes inalámbricas y cableadas.
5. Centro de datos eficientes.
6. Efecto de las aplicaciones de internet.
7. Herramientas para el consumo de energía en centro de datos.
8. Consumo de energía en equipos de redes.

4.1. SOLUCIONES DE HARDWARE MÁS EFICIENTE

Muchas agencias tales como US Energy Star [16] o la Certificación Europea TCO [17] han emprendido esfuerzos para ayudar a las empresas e individuos en general a ahorrar dinero y proteger el medio ambiente por medio de desarrollar hardware mucho más eficiente en el aspecto energético, sobre todo en el campo de los monitores.



Figura 4.1 Certificaciones Energy Star y TCO.

Existen muchos mecanismos de ahorro de energía que vienen embebidas en los microprocesadores y que son diseñados por las mismas empresas que los desarrollan. Estos mecanismos por ejemplo apagan el microprocesador o lo envían a un estado de hibernación cuando no está funcionando también pueden reducir la frecuencia de reloj e inclusive los niveles de voltaje. Speed Step [18], Power Now [19], etc. Son algunas de las soluciones que aplican este tipo de mecanismos.

El estándar abierto de interfaz avanzada de configuración y energía o ACPI (del inglés: *Advanced Configuration and Power Interface*) fue desarrollado por varias corporaciones tales como: HP, INTEL, Microsoft, Toshiba, y Phoenix. Este estándar define la interface común para el reconocimiento del hardware, la configuración de la tarjeta madre y los dispositivos, y la administración de energía. La parte que tomaremos en cuenta de este estándar es la

administración de energía, la cual cuenta con muchas ayudas tales como: el delegar al sistema operativo el control de la administración de energía y no a la BIOS como lo hacía ATM, limitando la intervención al Sistema Operativo [20] El estándar ACPI especifica siete tipos de estado, estos pueden ser: Que el ordenador este Apagado, Durmiendo, etc. En la tabla 4.1 se detallan unos cuantos estados y como estos afectan a la máquina y a su software en muchos aspectos. [21]

Estado Global del Sistema	Software Ejecutándose	Latencia	Consumo de Energía	Requiere iniciar el S. O.	Desmontaje Seguro	Salida de estado Electrónica mente
G0 Trabajando	Si	0	Grande	No	No	Si
G1 Durmiendo	No	0> depende del estado de dormido	Pequeño	No	No	Si
G2/S5 Apagado Blando	No	Larga	Cercana de 0	Si	No	Si
G3 Apagado Mecánico	No	Larga	Batería del Reloj de Sistema	Si	Si	No

Tabla 4.1 Tabla de Estados ACPI [21]

Indudablemente, si apagáramos el equipo nos supondría un mayor ahorro energético, pero al aplicar estos estados en el equipo se podría igual ahorrar sin la necesidad de apagarlo por completo, sino, más bien configurarlo para que

pase de un estado a otro de manera automática: por ejemplo, si el usuario ha dejado de utilizarlo por un cierto periodo.

4.2. PLANIFICACIÓN EN SISTEMAS MULTIPROCESO Y GRID.

Los sistemas operativos multiproceso son aquellos que pueden ejecutar muchas tareas o procesos al mismo tiempo, mientras que un data grid es una arquitectura o un conjunto de servicios que da a los individuos o grupos de usuarios la capacidad de acceder, modificar y transferir enormes cantidades de datos geográficamente distribuidas con fines de investigación [22] y que no están sujetos a un control centralizado

4.2.1. Planificación Eficiente para Sistemas Operativos Multiproceso en Tiempo Real y con Tiempo de Ejecución Incierto.

Otro aspecto muy importante también es el planificador (del inglés: *Scheduler*), el cual es un mecanismo que se utiliza en los sistemas operativos multiproceso, y sobre todo en los sistemas operativos en tiempo real para designar el tiempo que da un microprocesador a todos los procesos que están listos para ser ejecutados.

Muchos de estos sistemas multiproceso en tiempo real soportan escalado dinámico de tensión o DVS (del inglés: *Dynamic Voltage Scaling*), el cual es una técnica de gestión de energía en la arquitectura de una computadora, donde el voltaje utilizado en un componente se aumenta o disminuye, dependiendo de las circunstancias. Teniendo en cuenta todos estos conceptos se puede considerar la distribución probabilística de tiempo de ejecución de las tareas con el fin de dividir la carga de trabajo y reducir el consumo de energía [23].

Pruebas en simulaciones demuestran que se pueden obtener ahorros en el orden del 9 al 19% aplicando este método para programar múltiples tareas en tiempo real en sistemas multiprocesador que soporten DVS [23].

4.2.2. Planificación para Ahorro de Memoria en Procesadores Multinúcleo.

Es común que muchos de los planificadores de sistemas operativos que se ejecutan en procesadores multinúcleo (del inglés: *Multicore*), traten a sus núcleos como a uno individual y no como a un todo. Pero, existen algunas interdependencias entre los núcleos que necesitan ser tomados en cuenta para un mejor rendimiento y eficiencia energética. Una de ellas es que muchos

microprocesadores sólo permiten ajustes en la frecuencia y en el voltaje que afectan a todos los núcleos y no solo a uno.

El hecho de que los núcleos de un chip comparten muchos recursos tales como caches e interfaces de memoria, puede causar conflicto entre los núcleos sobre todo si tareas con similares características están corriendo juntas. El analizar cuál es la manera más óptima de como planificar las tareas de un procesador multinúcleo, teniendo en cuenta los criterios de selección y contención de frecuencia es muy importante, si se quiere obtener ahorros energéticos.

Así que si se quiere optimizar el producto de tiempo de ejecución y energía gastada EDP (del inglés: *Energy x Delay Product*), el objetivo principal debe ser el de evitar la contención (*la contención de recursos es un conflicto por el acceso a un recurso compartido como: memoria de acceso aleatorio, almacenamiento en disco, la memoria caché, etc.*) mediante la combinación de tareas con características diferentes.

Las tareas memory-bound son una situación en la que el tiempo para completar un determinado problema computacional se decide principalmente por la cantidad de memoria requerida para mantener los datos. Entonces, solo si las

tareas memory-bound están disponibles es bueno aplicar el ajuste de frecuencia.

Por medio de varios análisis realizados por expertos [24], se ha propuesto una política de planificación (del inglés: *Scheduling Police*), que ordena las tareas en cola de ejecución de cada núcleo por su intensidad en la memoria con el fin de co-planificar las tareas memory-bound y compute-bound. Adicionalmente, se aplica una heurística que baja la frecuencia cuando sólo las tareas memory-bound están disponibles. Una evaluación con una implementación de Linux de la programación ordenada utilizando SPEC CPU 2006 benchmarks revela como estas políticas de gestión reducen el EDP para muchos escenarios. [25]

4.2.3. Programación Distribuida Eficientemente Energética para Data Grids.

Un data grid es una arquitectura o un conjunto de servicios que da a los individuos o grupos de usuarios la capacidad de acceder, modificar y transferir enormes cantidades de datos geográficamente distribuidas con fines de investigación [22] y que no están sujetos a un control centralizado. La propuesta se basa en un algoritmo para ahorrar energía o DEES (del inglés: *Distributed*

Energy-Efficient Scheduler), que se usará en los requerimientos de accesos a los datos en infraestructuras grid. Si se reducen la cantidad de replicación de datos y transferencia de tareas, el algoritmo propuesto efectiviza el ahorro de energía. El algoritmo es distribuido ya que no necesita conocer el estado completo de la Grid. Simulaciones detalladas demuestran que DEES reduce significativamente el consumo de energía. En el futuro están previstas más investigaciones para probar la fiabilidad de DEES, así como la dirección temporal de tolerancia a fallos. [26]

4.2.4. Ahorro de Energía por Medio de Virtualización

La virtualización gestiona los recursos y permite que se intercambie correctamente el hardware. Muchos de los servicios generalmente no necesitan todos los recursos computacionales disponibles de un servidor de centro de datos sino solo una pequeña fracción [27]. Sin embargo, incluso cuando los servidores se ejecutan en su más baja utilización, estos normalmente necesitan hasta un 70% de su consumo de energía máximo [28]. Pero si todos estos recursos se virtualizan, o sea se los ejecutara dentro de una máquina virtual, se podría tener una gran eficiencia en el consumo de energía en términos globales.

La consolidación del hardware de los servidores mediante la concentración de la carga de trabajo en un menor número de servidores físicos a menudo permite un ahorro energético del 40% al 80% y en ocasiones mucho más, todo depende del caso. [28]

Podemos encontrar varias plataformas de virtualización establecidas como VMWare, Microsoft Hyper-V y Citrix XEN que ofrecen muchas características adicionales, tales como: Alta disponibilidad, recuperación de fallos, programación de los recursos distribuidos, equilibrio de carga, funciones automatizadas de copia de seguridad, gestión de la energía distribuida, VMotion para servidores, almacenamiento y red. [27]

4.3. REDUCCIÓN AL MÍNIMO DE ENERGÍA EN CLUSTERS DE SERVIDORES

Según estudios el consumo de energía depende principalmente de la utilización de la CPU [29], pero los componentes, tales como: Discos, la memoria y los dispositivos de red, también utilizan la energía de modo que un servidor que aunque parezca permanecer inactivo como vimos anteriormente puede todavía utilizar hasta 70% de su potencia máxima.

En los últimos años se ha incrementado notablemente el consumo de energía eléctrica en los centro de datos y sala de servidores. Esto da salida a equipos más potentes y servicios de tecnología informática que ha inducido la demanda de energía. Los costes de energía e infraestructura en las salas de servidores se han convertido en un elemento principal en la gestión e instalación de la tecnología informática, ya que se han perfeccionado tecnologías para aumentar la eficiencia energética. [30]

Recientes estudios demuestran que la eficiencia de estas medidas ha desembocado en una reducción significativa de la demanda. Sin embargo, el potencial de ahorro de energía se mantiene elevado, dado que las nuevas tecnologías permiten un despliegue más eficaz de las opciones de ahorro [30].

Entre las soluciones que existen tenemos a Muse que es una implementación que se basa en el desarrollo de políticas que utilizan criterios económicos y energéticos para controlar la asignación y enrutamiento de recursos para una sala de servidores. [31]

También se han desarrollado algoritmos similares para conexiones TCP de Larga Vida (del inglés: *Long-Lived TCP*) [32] como sucede en el caso de la mensajería instantánea (Windows Live Messenger) y los juegos en línea.

4.4. REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA EN LAS REDES INALÁMBRICAS Y CABLEADAS.

De acuerdo con algunas valoraciones, Internet consume el 1.5% de toda la electricidad mundial, en otros cifras eso quiere decir el equivalente a 30 plantas nucleares, en 2011 la factura consumida por internet llegó a 8.500 millones de dólares [33], pero, estas cifras no se las puede considerar estrictamente ciertas debido a que no se puede tener datos certeros. Tradicionalmente, los operadores de redes fijas no han tenido en cuenta el consumo de energía como un factor de coste importante. Recientemente, sin embargo, las operadoras de internet han involucrado dentro de sus políticas el considerar la sostenibilidad y el ahorro de energía, debido a que se pueden obtener ganancias económicas, leyes de ciertos países e inclusive por la misma conciencia ecológica. De hecho, se ha dado a conocer que la red de acceso consume más energía que el core, es la parte de la infraestructura que más energía consume, y muchas de

las veces los costes equivalen a mucho más de lo que se gasta en pagar gastos operativos [34].

Sin embargo, el ahorro de energía para infraestructura de red no ha sido atendido como se debe, Puesto que muchas de las veces se ha trabajado más en protocolos de enrutamiento para las redes inalámbricas que para redes cableadas [35] [36] , debido a necesidades determinadas de las redes como la alimentación por batería. También las investigaciones en este campo han comprendido el uso de topologías de control que modifican el gráfico de la red para optimizar las la capacidad de la red y la calidad de servicio. [37]

4.5. CENTRO DE DATOS EFICIENTES:

La actual tecnología clave para el funcionamiento energéticamente eficiente de los servidores en los centros de datos es la virtualización. Máquinas virtuales que encapsulan servicios virtualizados se pueden mover, copiar, crear y eliminar según las decisiones de gestión. La consolidación de hardware y la reducción de la redundancia pueden lograr la eficiencia energética. Servidores no utilizados se pueden desactivar (*o modo hibernación*) para ahorrar energía. Algunos dispositivos de hardware tienen una carga más alta, lo que reduce el

número de servidores físicos necesarios. Sin embargo, el grado de autogestión de eficiencia energética en los centros de datos es aún limitado en la actualidad. Los servicios no sólo deben ser virtualizados y se gestionen en un sitio del centro de datos, sino que deben ser trasladados a otros sitios si es necesario. No sólo el aspecto de la carga tiene que ser considerado, también el "calor" generado por un servicio tiene que ser medido.

Cuando un nodo en particular se utiliza en exceso o se encuentra cerca de otros nodos de alta carga, pueden aparecer en un centro de datos determinado punto caliente (del inglés: *Hotspots*). Además, los servicios se pueden mover de sitios con alta carga o alta temperatura a los sitios con cargas más pequeñas y temperaturas más bajas. Generalmente, los servicios deben ser trasladados a esos lugares, donde pueden operar de la manera más eficiente energéticamente. Este tipo de gestión de la energía-eficiente de los recursos tiene que ser realizado por una gestión de la energía autónoma que es tan transparente como sea posible para el usuario de un servicio. Problemas relacionados con la energía tienen que ser resueltos de acuerdo a las políticas definidas sin necesidad de interacción humana. Descripciones de las necesidades y características de los servicios, servidores, redes e incluso sitios

enteros tienen que estar disponibles para permitir la eficiencia energética de los sistemas altamente autónomos y adaptativos del futuro.

4.5.1. La Edificación

En muchos países los edificios son uno de los grandes consumidores de energía y por lo tanto emisores de CO₂. Por ejemplo se estima que los 160 millones de edificios de la Unión Europea utilizan más de 40% de la energía de Europa y en Estados Unidos alrededor del 48% [38]. Tomando en cuenta lo anteriormente citado, es evidente que la mayoría de edificios no son eficientes energéticamente sobre todo en el caso de los edificios en los que funcionan los grandes centros de datos para servidores en la nube. El problema viene desde el diseño del mismo de los centros de datos, pero se pueden aplicar soluciones que ya existen al momento de diseñar.

Una de estas soluciones es DesignBuilder la cual es una solución para diseñar edificios eco eficientes (*por ejemplo, mediante el cambio de la orientación de la construcción, el porcentaje acristalamiento, el espesor del aislamiento, etc*) con el fin de identificar las soluciones óptimas para la reducción de la demanda de energía del edificio (*calefacción, refrigeración y electricidad*). Este software

permite una evaluación de las oportunidades de utilizar las tecnologías de energías renovables en las instalaciones. Se estima que el sistema puede permitir una reducción del 90% en el consumo de gas natural y una reducción del 40% en el consumo de electricidad. [39]

4.5.2. Sistemas de Enfriamiento

Algo que se espera es que las nuevas tecnologías emergentes crezcan a casi el triple de la tasa de previsión del mercado de refrigeración del centro de datos total [40]. Estas tecnologías incluyen economizadores de agua, aire y enfriamiento adiabático que también se los conoce como sistemas híbridos, este tipo de sistema utiliza la pulverización de agua, que cuando se evapora induce la saturación del aire y de esta manera enfría líquidos o condensa gases.

Estos sistemas no necesitan tratamiento para el agua ni consumen mucha de ella, son los sistemas más eficientes, muy fáciles de instalar y con un mantenimiento muy bajo; todo esto se traduce en ahorro energético y monetario, incluso su eficiencia llega a ser del doble que sistemas convencionales [41].

Debemos emplear los conceptos adecuados de alimentación y refrigeración para satisfacer la demanda de los entornos virtualizados y para evitar la existencia de puntos calientes.

Esto reduce la carga de enfriamiento en un centro de datos a niveles muy bajos, lo cual puede causar efectos negativos. Para esto debemos contar con el tamaño adecuado de energía y de enfriamiento para la explotación de las posibilidades de ahorro de energía.

4.5.3. Fuentes de Alimentación

Los equipos o servidores rack estándar, normalmente operaban con baja carga, estos están equipados con fuentes de alimentación redundantes y excesivamente provisionadas. Lo cual da lugar a una importante pérdida de energía por la existencia de un punto de operación muy bajo del equipo. Por tanto, se debe contar con una fuente de alimentación del tamaño adecuado.

Por ejemplo, con herramientas de configuración online ofrecidas por los fabricantes y con herramientas para realizar una evaluación del ahorro de energía.

Varios fabricantes (*por ejemplo, las series de servidores HP ProLiant G6 y G7*) ofrecen características de hardware específicas que superan las pérdidas innecesarias en las fuentes de alimentación redundantes. [42] Este hardware ofrece un modo de operación el cual soporta el uso de una sola fuente de alimentación hasta que la carga sobrepase cierto umbral. La fuente secundaria de alimentación permanece inactiva, manteniendo la redundancia. Este modo nos da una redundancia a plena potencia en caso de producirse un fallo en la fuente de alimentación o en un circuito.

4.5.4. Limitación de Energía en Servidores

Los servidores blade han sido el segmento de más rápido crecimiento en los últimos años y por ello es importante su eficiencia. Los chasis en blade suelen incluir 7, 14 o más módulos de servidor en blade, uno o más módulos de gestión, así como interfaces de KVM. Estos soportan módulos de servidor, almacenamiento y de red también pueden ser optimizados para tipos de usuarios y aplicaciones específicas. Si se compara con los servidores en rack estándar, la tecnología blade permite la reducción de algunos componentes de hardware, entre estos fuentes de alimentación, redes I/O y cableados que son compartidos por varios servidores en el compartimento común.

Las ventajas de los sistemas blade son:

- Alta densidad y poca demanda de espacio.
- Reducción en tiempo de mantenimiento y actualización del sistema.
- Eficiencia energética superior en comparación con los servidores en rack.



Figura 4.2 Servidor tipo Blade de Chasis.

4.6. EFECTO DE LAS APLICACIONES DE INTERNET

Hasta el momento, se han considerado las oportunidades que ofrece la computación en la nube como una posible base para las infraestructuras TIC

con bajo consumo energético pero no hemos discutido la naturaleza de las aplicaciones. Un área grande de aplicaciones para Internet es la difusión de información. Desde cámaras digitales integradas en los teléfonos móviles a los sensores ambientales a la Web 2.0, los usuarios finales están generando e interconectando una cantidad sin precedentes de información y se espera que esta tendencia se mantenga ilesa. Sin embargo, la distribución profesional, expedita y confiable de contenido requiere aumentar las inversiones en infraestructura. En la práctica, las redes de difusión funcionan con métodos y paradigmas basados en acceso remoto, funcionalidad de replicación en varias partes de la pila de protocolos, y no pueden beneficiarse de los últimos avances en las comunicaciones alámbricas e inalámbricas, tecnologías de almacenamiento y la ley de Moore. Si la computación en la nube se convierte en una importante plataforma para la producción y el acceso a la información, la cantidad de datos que se transfieren a través de Internet se incrementará significativamente, la replicación de contenido y algoritmos de difusión continua, tendrán que considerar la energía como un parámetro clave del funcionamiento óptimo, por lo que la computación en la nube exige un nuevo examen a fondo de los fundamentos de los principales microprocesadores, comunicaciones, almacenamiento, energía y rendimiento.

4.7. HERRAMIENTAS PARA EL CONSUMO DE ENERGÍA EN CENTRO DE DATOS

Estas herramientas recopilan el procesamiento y la evaluación de datos, este es un proceso que está soportado por herramientas de software. Por ejemplo, el programa Save Energy Now del Departamento de Energía de los Estados Unidos el cual ha desarrollado una suite de herramientas llamado (*DC Pro*) [43]. Esta suite de herramientas proporciona un proceso de evaluación, varias herramientas para realizar mediciones comparativas y rastrear el rendimiento de los centros de datos.

Existen también otras herramientas de software útiles para la medición del consumo energético de un centro de datos. Una de ellas, es la herramienta para el consumo de energía de The Green Grid [44] el cual también es en línea y nos arroja una medida llamada Eficiencia de la Energía Usada o PUE (del inglés: *Power Usage Effectiveness*):

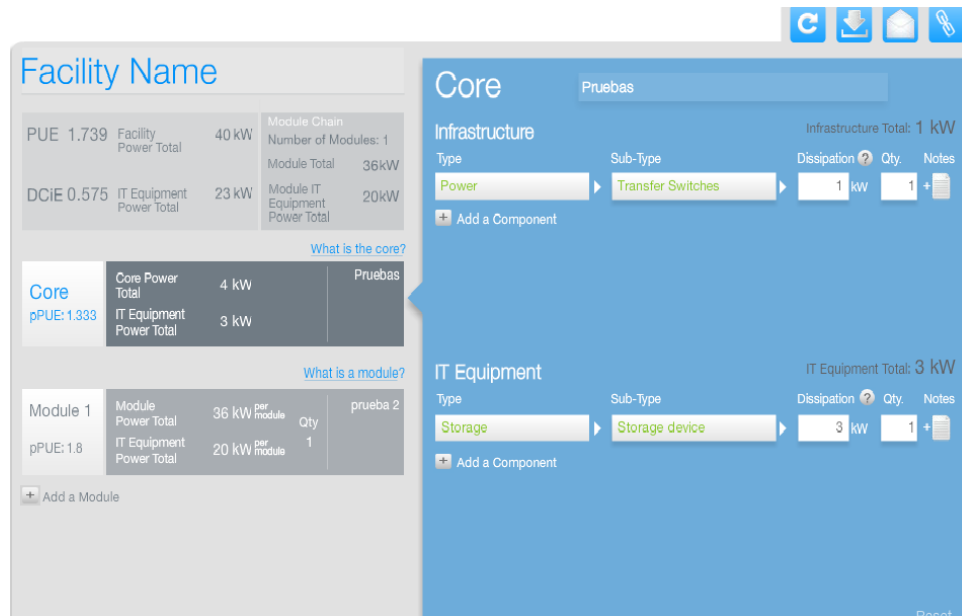


Figura 4.3 Software en Línea Estimator de Eficiencia del Uso de Energía de The Green Grid

Dentro de la misma página tenemos otra utilidad donde se pueden registrar y certificar por la entidad los resultados que nos arroje la herramienta de The Green Grid [45] y además mucha información para poder contrastar los datos tales como hojas de cálculo sobre estadísticas y escalabilidad métrica del PUE [44].

42U igualmente tiene su herramienta de medición de eficiencia de los centros de datos donde mide la Eficiencia de la Infraestructura de los Centros de Datos o DCiE (del inglés: *Data Center Infrastructure Efficiency*) y el PUE. Este software nos muestra el PUE y el DCiE los cuales son normas de referencia indicadas

por The Green Grid para ayudar a los profesionales de TI a determinar cómo son los centros de datos energéticamente eficientes y para monitorear el impacto de sus esfuerzos de eficiencia.

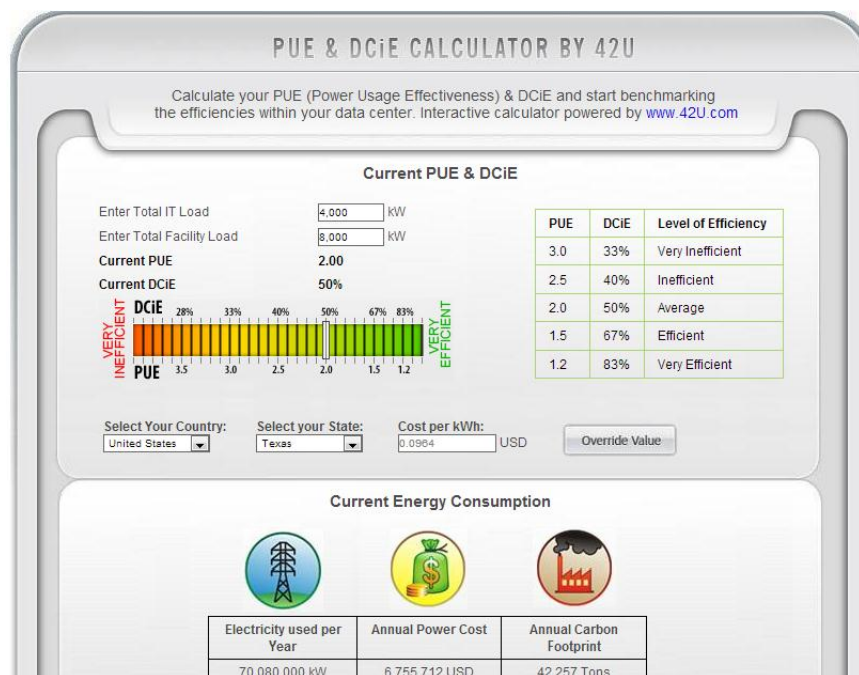


Figura 4.4 Herramienta de 42U que calcula el PUE y DCiE

PUE / DCiE son los puntos de referencia de eficiencia comparando la infraestructura de su centro de datos de TI de carga existente. De igual forma existen muchos dispositivos de medición de energía útiles para el consumo energético en centro de datos los cuales se detallan en la tabla 4.2.






Dispositivos de medición de energía		
Nombre	Ejemplo	Descripción
Medidor Portátil		Entre los dispositivos portátiles de corriente tenemos los medidores múltiples manuales de una fase hasta los sofisticados analizadores de corriente trifásicos con capacidad para registrar y activar.
Medidor de Panel		Entre los dispositivos de panel normalmente se encuentran instalados de manera permanente en los sistemas UPS de medición del conmutador, en los generadores o en otros dispositivos. Estos medidores contienen una pantalla que muestra las mediciones instantáneas y las variables acumulativas, como el consumo total de energía.
Medidor de Facturación		Estos equipos de facturación son utilizados por compañías eléctricas o los propietarios y otras personas que facturan a sus clientes. Casi nunca se utilizan en sistemas de monitorización de los centros de datos, pero pueden proporcionar datos acerca del consumo general de energía de la instalación.
Unidades inteligentes de distribución de corriente		Las unidades de distribución de alimentación (PDUs) inteligentes o en rack proporcionan una medición activa que permite una optimización de la energía y una protección del circuito. Las PDU en rack proporcionan datos de consumo de energía. Los PDU pueden estar equipados con sistemas de control remoto en tiempo real a nivel de unidad y con sistemas individuales de salida que monitorizan la alimentación de corriente, la tensión, el factor de potencia de energía y el consumo de energía (kWh) con un grado de precisión en la facturación de ISO / IEC + / - 1%.
Transductor de corriente		Normalmente llamamos transductor de corriente a un equipo sin pantalla que está conectado de forma permanente a un equipo de conmutación, como los medidores de panel. Estos dispositivos a menudo los utilizan los sistemas de supervisión para conseguir mediciones de corriente procedentes de varios puntos del centro de datos.

Tabla 4.2 Ejemplos de dispositivos de medición de la energía [30]

4.8. CONSUMO DE ENERGÍA EN EQUIPOS DE REDES

El consumo de la energía en equipos de red como enrutadores, conmutadores, y otros equipos es de aproximadamente del 8% al 12% del consumo energético total de los centros de datos. Esta relación es bastante baja respecto a la demanda total de energía, los dispositivos de red no han sido objeto de medidas de mejora. Pero este escenario está cambiando, especialmente en los centros de datos medianos y grandes. Se están tomando seriamente el diseño y el funcionamiento de los centros de datos. [30]

Debido a los requisitos que se refieren a la calidad del servicio (QoS), junto a un retardo crítico de las aplicaciones, cada vez se hace mayor la importancia funcional de los equipos de red en los centros de datos. Para esto el consumo de energía varía en función de la tecnología seleccionada y de la arquitectura, incluyendo el cableado, la fuente de alimentación y la refrigeración. [30]

CONCLUSIONES

1. Dentro de la investigación podemos notar que existen muchas soluciones emergentes para ahorrar energía en los Servidores en la Nube y estas se encuentran en todos los niveles de los mismos, es decir, que se pueden implementar soluciones tanto en software, hardware que se utiliza para almacenar o calcular datos, también en la manera en cómo se enfría, o se construyen.

2. La tendencia de las Tecnologías de la Información es “subirse” a la Nube, esto quiere decir que el consumo energético de las mismas se está volviendo parte de la Nube. Esta tendencia es beneficiosa debido a que las Tecnologías de la Información no son eficientes consumiendo energía mientras que la Nube

aunque gaste montos enormes (relativamente hablando) es inherentemente una manera de ahorrar energía.

3. La demanda de energía de la computación en la nube ha llegado a compararse con el de países enteros y por consiguiente su huella de carbono, esta tendencia apunta a un crecimiento exponencial y para agravar la situación las fuentes de energía nos son de las más limpias (*combustión de hidrocarburos, nuclear, etc.*). Es por eso que aparte de usar soluciones para que los Centros de Datos de la Nube sean más eficientes también se debe tratar de usar fuentes de energía más limpias como la eólica, solar o la fuerza del mar.

4. Existen software de evaluación de consumo energético para los centros de datos y fórmulas para evaluar el enfriamiento de las salas de servidores.

5. Otro modelo de ahorro de energía sería el sistema de enfriamiento dentro de los centro de datos, el cual es un punto importante en el ahorro de energía.

6. Se puede verificar por medio de software especializados la reducción al mínimo del consumo de energía en clusters de servidores, blade, así como en

redes inalámbricas y cableadas teniendo clara la demanda instantánea de energía por parte de los equipos clave de la instalación.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que posteriormente basándonos en toda esta información recopilada, realizar un estudio en el cual se pueda demostrar cada una de las formas de ahorrar energía dependiendo de cada caso.
2. Se recomienda también desarrollar un punto de vista que englobe todos los aspectos de un centro de datos, como es el hardware, software, protocolos de comunicación, incluso los mismos servicios, es decir que todas las medidas de ahorro que se deban aplicar deben ser de manera general para llegar a una verdadera computación verde.

3. Muchas de las veces pensamos que el ahorro principalmente se deben hacerlo en el hardware pero, sin embargo, si se aúnan esfuerzos se puede adaptar las aplicaciones para que estas ahorren más energía y se acoplen a cada uno de los componentes de hardware.

4. Se debe incentivar en el Ecuador al ahorro de energía, como por ejemplo que los gobiernos paguen a los centros de datos por la energía ahorrada, sería preferible pagar por todo este ahorro que seguir construyendo centrales de generación eléctrica tal como se lo realiza en otros países como EEUU.

5. Normalización de los datos procedentes de diversos dispositivos (*microprocesadores*), interfaces y protocolos para lograr así una mayor eficiencia.

6. Se recomienda analizar y visualizar los datos de ahorro de energía en forma de tablas y gráficos que se adapten a la arquitectura de la expansión de los centros de datos para de esa manera llegar a la conclusión de la eficiencia del centro de datos.

7. Debemos tener en cuenta los aspectos más importantes cuando se elijan los dispositivos del sistema de supervisión lo cuales son, entre otros, el alcance, la resolución y la precisión de los instrumentos.

ANEXO A

TUTORIAL DESIGNBUILDER

Es un programa de simulación energética, con capacidad de trabajar en obtención de cargas térmicas. Este software se lo puede descargar en la siguiente página web <http://www.designbuilder.co.uk/> debemos crear una cuenta para acceder a la descarga de una versión beta. Es una interfaz agradable con introducción de datos mediante dibujo 3D, buen manejo, relativamente flexible y variado, importación de plantillas de un modelo a otro.

Para realizar la descarga del software DesignBuilder se debe realizar los siguientes pasos:

1. Downloads → Software → Beta Software



Ilustración 1. Menú para la descarga de DesignBuilder.

2. Debemos registrarnos para descargar el software como se muestra a continuación.

Registration

To register fill in the form and click "Send Registration".

- Your registration is important as it allows us to provide you with higher quality customer support. We also email important information to you, like license key numbers if you decide to buy the product. So please check you enter your email address correctly.

Fields marked with an asterisk (*) are required.

Full Name: * - please use Firstname Lastname
for example: [John Smith]

E-mail: * - we send you important info by email

Email check: * - please enter it again and check it's correct.

Username (login): * - used when you log in to the site

Password: * - for use when logging in

Verify Password: * - enter again to check it's typed correctly

Country: * - select your country

Add to email list: - join the DesignBuilder News list for product announcements.
Please opt in to the news list it will help you keep up to date with developments.
We don't email often and every email we send has an unsubscribe option.

Enter code shown below: * - just to check you are human


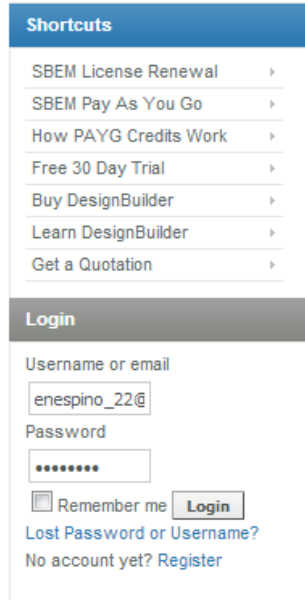
confirmation code: 

Ilustración 2. Tabla de Registro para poder descargar DesignBuilder.

3. Luego realizamos el proceso de autenticación.



Shortcuts

- SBEM License Renewal >
- SBEM Pay As You Go >
- How PAYG Credits Work >
- Free 30 Day Trial >
- Buy DesignBuilder >
- Learn DesignBuilder >
- Get a Quotation >

Login

Username or email
enespino_22@

Password

Remember me

[Lost Password or Username?](#)

No account yet? [Register](#)

Ilustración 3. Inicio de sesión en la página de DesignBuilder.

4. Realizamos la descarga del software DesingBuilder.



 DesignBuilder v3.3.0.043 BETA 

Message for UK SBEM users: This version is *
If you do not have a login and password, [click here](#)

- The free version of DesignBuilder will run
- If you have a previous version of DesignBuilder programs before running this download to
- [View details of the latest changes and pro](#)

This is a BETA test software release intended for testing. Test software does carry a risk and should not be used for production.

Ilustración 4. Link de descarga para DesignBuilder.

Software DesignBuilder versión Beta listo para ser usado.



Ilustración 5. Acceso directo de DesignBuilder en el escritorio de la PC.

Se muestra interface de software DesignBuilder donde se listan las diferentes plantillas que se pueden utilizar.

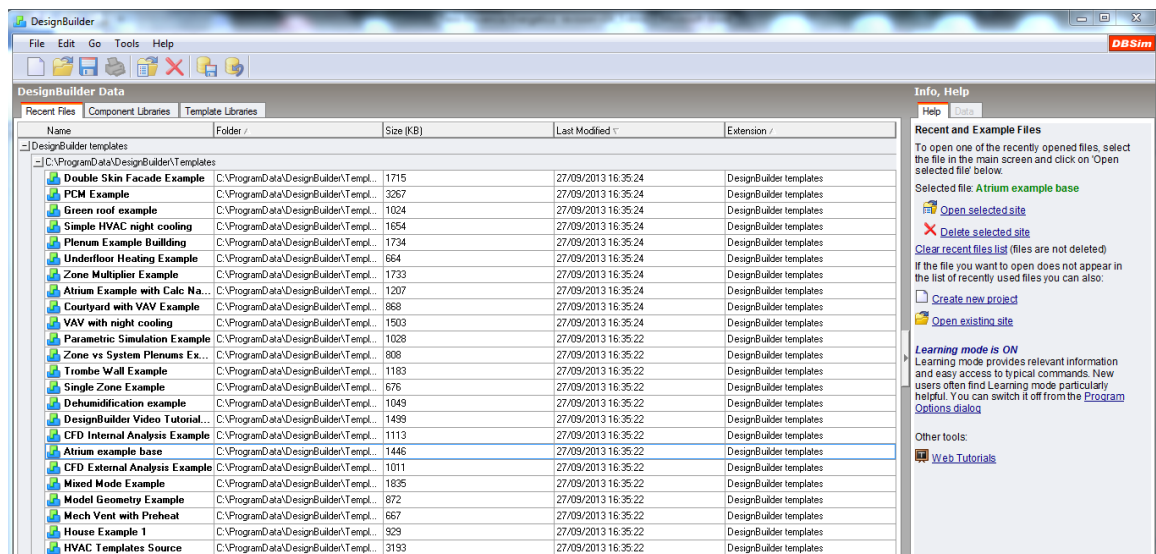


Ilustración 6. Plantillas de DesignBuilder.

Podemos notar un ejemplo de una edificación la cual muestra diferentes pestañas donde se muestra los diseños de calefacción, refrigeración, arquitectura de un edificio. Se pueden simular diferentes situaciones ambientales ingresando datos en ella hasta lograr la eficiencia deseada para nuestro diseño.

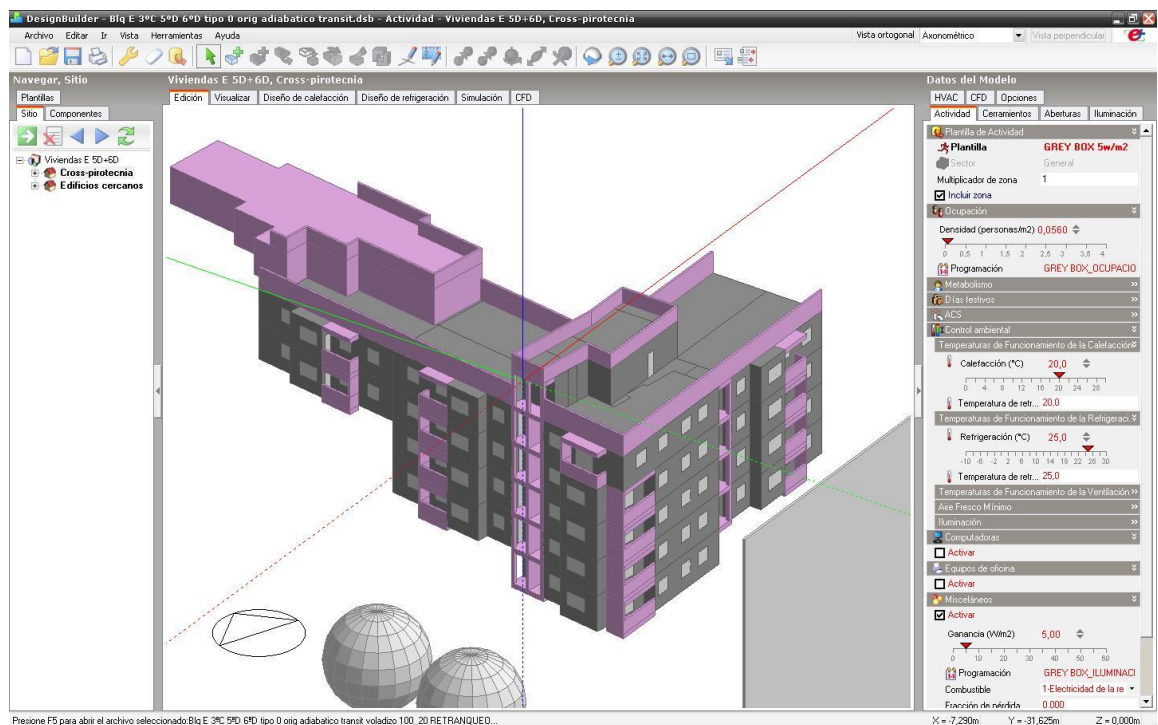


Ilustración 7. Entorno completo del Programa DesignBuilder.

ANEXO B

TUTORIAL CALCULADOR DEL COSTE PUE

Herramienta de medición para el consumo de energía, se trata de un software en línea para la medición del consumo de energía o PUE el cual podemos encontrar en el sitio web <http://estimator.thegreengrid.org/puee> Este aplicación permite introducir los datos en el uso de energía estimada de los componentes de una instalación de centro de datos con el fin de estimar adecuadamente el PUE de la instalación, incluye también el concepto de límites físicos dentro de un centro de datos y también informa parcial el PUE para estos límites. Estos resultados de la estimación PUE se pueden guardar como archivos PDF o CSV, en una URL para su posterior consulta, o enviar por correo electrónico.



Ilustración 8. Logo del programa para medir la eficiencia energética de The Green Grid.

Areas del software, como podemos apreciar existen varias areas en donde podemos realizar muchas tareas y estas son:

1. Botones de Funcion.
2. Panel de Edicion.
3. Nucleo y Modulos.
4. Area de Resumen.

Screenshot

the green gridSM
get connected to efficient IT

PUE Estimator

Version 3.6.1

Summary Area

Function Buttons

Example 3

PUE: 1.409	Facility Power Total: 2959 kW	Module Chain Number of Modules: 2	Module Total: 2430 kW
DCIE: 0.709	IT Equipment Power Total: 2100 kW	Module IT Equipment Power Total: 2100 kW	

What is the core?

Core

Site Power Total: 529 kW	IT Equipment Power Total: 0 kW
--------------------------	--------------------------------

What is a module?

Module	Module Power Total	IT Equipment Power Total	Qty.	Zone
Module 1	2300 kW per module	2000 kW per module	1	Zone 1
Module 2	130 kW per module	100 kW per module	1	Zone 2

Add a Module

Core & Module

Module 2 Zone 2 Qty. 1

Infrastructure Infrastructure Total: 30 kW

Type	Sub-Type	Dissipation	Qty.	Notes
HVAC	Chillers	30 kW	1	

Add a Component

IT Equipment IT Equipment Total: 100 kW

Type	Sub-Type	Dissipation	Qty.	Notes
Compute Devices	Servers	1 kW	100	

Add a Component

Edit Pane

Remove Module Reset

5 Copyright © 2010, The Green Grid

Ilustración 9. Entorno completo del programa de medición de eficiencia energética.

Botones de función, por medio de este menú de funciones podemos realizar las siguientes tareas:

1. Reiniciar datos ingresados.
2. Descargar resultados a nuestro computador en archivo pdf o csv.
3. Enviar por email resultados.
4. Crear una URL donde estén guardados los datos en la web.

The diagram, titled "Function Buttons", features a central horizontal bar with four blue icons: a circular arrow (refresh), a download arrow, an envelope (email), and a link symbol. Four callout boxes with arrows point to these icons, each containing a list of features:

- Refresh icon:**
 - Reset all data and start fresh
 - Prompts "Are you sure?"
- Download icon:**
 - Save results locally
 - PDF or CSV
- Email icon:**
 - Email Results
 - Multiple recipients
 - Message and Subject Area
 - Can attach PDF or CSV or both
- Link icon:**
 - Create URL
 - Randomized URL created and current state saved anonymously so that you can return later

The top right corner of the slide contains the logo for "the green grid™ SM" with the tagline "get connected to efficient IT". The bottom left corner has the number "9" and the bottom center has the copyright notice "Copyright © 2010, The Green Grid".

Ilustración 10. Botones de Función.

Ejemplo de un reporte que muestra la herramienta.



the green grid™

Courtesy of the Green Grid



Power Usage Effectiveness Estimator

<http://estimator.thegreengrid.org/puee#dy9xnd>

Facility Name

PUE	3
DCIE	0.333

Total Facility Power	60 kW
Total IT Power	20 kW

PRUEBA (Core)

pPUE	3
------	---

PRUEBA Infrastructure Total	60 kW
PRUEBA IT Equipment Total	20 kW

PRUEBA (Core) Infrastructure Components


Qty	Type	Details	Power per Component	Total Power
1	HVAC	Chillers	40 kW	40 kW
PRUEBA Infrastructure Power Total				40 kW

PRUEBA (Core) IT Equipment Components

Qty	Type	Details	Power per Component	Total Power
1	Network Devices	Routers	20 kW	20 kW
PRUEBA IT Equipment Power Total				20 kW

Ilustración 11. Ejemplo de un Reporte de la herramienta.

Panel de Edición, aquí se ingresan los datos que se desean simular tales como chiller, UPS, servidores, computadores, routers, etc.



the green grid™ SM
get connected to efficient IT

Edit Pane

Module 2
Zone 2
Qty. 1

Infrastructure Infrastructure Total: 30 kW

Type	Sub-Type	Dissipation	Qty.	Notes
HVAC	Chillers	30 kW	1	

+ Add a Component

IT Equipment IT Equipment Total: 100 kW

Type	Sub-Type	Dissipation	Qty.	Notes
Compute Devices	Servers	1 kW	100	

+ Add a Component

Remove Module Reset


- Editable Name and Qty
- Separate areas for entering Infrastructure and IT power
- Components have Type & Subtype
- Infrastructure examples:
 - HVAC/Chiller
 - Power/UPS, etc.
- IT component examples:
 - Compute/Server
 - Network/Router, etc.
- All Subtypes have help prompts
- "Dissipation" has a help prompt
- Running totals for power
- Can add Notes to each element such as "UPS #3" or "Vendor X"
- Can Remove Module, Reset entries

8
Copyright © 2010, The Green Grid

Ilustración 12. Panel de edición de The Green Grid.

Resumen de área de núcleo y módulos, aquí se detallan los resultados finales para en núcleo (total del centro de datos) y los módulos si hemos dividido nuestro centro de datos en más áreas.

Core & Module Summary Area



the green grid™ SM
get connected to efficient IT

What is the core?

Core	Site Power Total	529 kW	
pPUE: Infinity	IT Equipment Power Total	0 kW	

What is a module?

Module 1	Module Power Total	2300 kW per module	Qty	Zone 1
pPUE: 1.15	IT Equipment Power Total	2000 kW per module	1	

Module 2	Module Power Total	130 kW per module	Qty	Zone 2
pPUE: 1.3	IT Equipment Power Total	100 kW per module	1	

+ Add a Module

- Total Power and IT Power summaries for each box
- Help prompts
- Partial PUE calculated for each module
- Each Module has an editable name and a Qty

Click to add more modules
Scroll arrows will appear if not enough room on screen for all modules

7
Copyright © 2010, The Green Grid

Ilustración 13. Área de Sumario de Núcleo y Módulos.

Area de resumen, se pueden detallar los datos ingresados para calculo de PUE y DCiE. Podemos editar el nombre del trabajo que se este realizando, para mostrar los resultados de la simulacion.

Summary Area

the green gridSM
get connected to efficient IT

Example 3

PUE 1.409	Facility Power Total	2959 kW
-----------	----------------------	---------

DCiE 0.709	IT Equipment Power Total	2100 kW
------------	--------------------------	---------

Module Chain	Number of Modules:	2
Module Total		2430 kW
Module IT Equipment	Power Total	2100 kW

What is the core?

Editable Facility Name

Summary of all Modules

- Qty
- Total Power in Modules
- Total IT Equipment Power in Modules

This section DOES NOT include Core components

PUE and DciE Estimation and Power Totals for the entire Facility

- Sums up all IT equipment power from all sources
- Sums up all power from all sources

6 Copyright © 2010, The Green Grid

Ilustración 14. Área de Sumario Final.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Techweek,» [En línea]. Available: <http://www.techweek.es/centros-datos/noticias/1012899002201/falta-incentivos-parte-gobierno.1.html>.
[Último acceso: agosto 2013].
- [2] Greenpeace, «Greenpeace,» Abril 2012. [En línea]. Available: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2012/iCoal/HowCleanisYourCloud.pdf>. [Último acceso: Agosto 2013].
- [3] Infobae America, «La computación en la nube un ahorro de energía de 12.300 millones de dólares,» <http://america.infobae.com/notas/30164-La-computacin-en-la-nube-un-ahorro-de-energa-de-12300-millones-de-dlares>, junio 2013.
- [4] «IBM,» [En línea]. Available: <http://www.ibm.com/developerworks/ssa/cloud/library/cloudservices1iaas/>. [Último acceso: Agosto 2013].
- [5] L. Erlanger, «Infoworld,» [En línea]. Available: <http://www.infoworld.com/d/developer-world/field-guide-software-service-686>. [Último acceso: Agosto 2013].
- [6] «Amazon Web Service,» [En línea]. Available: <http://aws.amazon.com/es/>.

[Último acceso: Agosto 2013].

[7] «tatvasoft,» [En línea]. Available: <http://www.tatvasoft.com/blog/>. [Último acceso: Agosto 2013].

[8] «Fashionpcs,» [En línea]. Available: <http://blog.fashionpcs.com/2012/11/06/nube-publica-vs-nube-privada/>. [Último acceso: Agosto 2013].

[9] searchservirtualization, «Hipervisor,» [En línea]. Available: <http://searchservirtualization.techtarget.com/definition/hypervisor>. [Último acceso: Agosto 2013].

[10] Google, «Google_Green_Computing-_Efficiency_at_Scale,» 2011.

[11] Microsoft, «THE ECONOMICS OF THE CLOUD FOR THE US PUBLIC SECTOR,» 2010.

[12] C. Hewitt, «ORGs for scalable, robust, privacy-friendly client cloud computing,» *IEEE Internet Comput*, Septiembre 99.

[13] «Termodinamica,» [En línea]. Available: <http://dspace.unav.es/dspace/bitstream/10171/5185/4/Termodinamica-UnivNavarra.pdf>. [Último acceso: Agosto 2013].

[14] E. IZQUIERDO, «Consumer,» [En línea]. Available: www.consumer.es/web/es/economia_domestica/servicios-y-

hogar/2012/07/25/211114.php. [Último acceso: junio 2013].

- [15] M. di Girolamo, A. Berl, . E. Gelenbe, G. Giuliani, H. de Meer, M. Q. Dang y K. Pentikousis, «Energy-Efficient Cloud Computing,» de *Oxford University Press on behalf of The British Computer Society*, Agosto 19, 2009.
- [16] E. STAR, «ENERGY STAR,» [En línea]. Available: http://www.energystar.gov/index.cfm?c=about.ab_index. [Último acceso: Agosto 2013].
- [17] TCO, «TCO development,» [En línea]. Available: <http://tcodevelopment.com/about-us/#>. [Último acceso: Agosto 2013].
- [18] I. W. Paper, *Wireless Intel SpeedStep Power Manager: optimizing power consumption for the Intel PXA27x processor family*, 2004.
- [19] AMD, *AMD PowerNow! Technology*, 2000.
- [20] Hewlett-Packard Corporation, Intel Corporation, Microsoft Corporation, Phoenix Technologies Ltd., Toshiba Corporation, *Advanced Configuration and Power Interface Specification*, Hewlett-Packard/Intel/Microsoft/Phoenix/Toshiba, 2004.
- [21] Todo HTCP, «TODO HTCP,» [En línea]. Available: <http://www.todohtpc.com/>. [Último acceso: 05 2013].
- [22] B. Allcock, A. Chervenak y I. Foster, «Data Grid tools: enabling science on

big distributed data».

- [23] C. Xian, Y. Lu y Z. Li, «EnergyAware Scheduling for RealTime Multiprocessor».
- [24] A. Markel y F. Bellosa, «Memory-aware Scheduling for Energy Efficiency on Multicore Processors,» 2008.
- [25] A. Merkel y F. Bellosa, «Memory-aware Scheduling for Energy Efficiency on Multicore Processors,» 2007.
- [26] C. Liu, X. Qin, S. Kulkarni, C. Wang, S. Li y A. Manzanares, «Distributed Energy-Efficient Scheduling for Data-Intensive Applications with,» de *Proc. 27th IEEE International Performance Computing and Communications Conference (IPCCC)*, 2008.
- [27] IBM, «Server Virtualization.,» [En línea]. Available: <http://www-03.ibm.com/systems/virtualization/infrastructure/server/>. [Último acceso: 12 agosto 2013].
- [28] B. Informationswirtschaft, «Telekommunikation und neue Medien e.V.,» *Energieeffizienz im Rechenzentrum.*, pp. 2,10..
- [29] D. Economou, S. Rivoire, C. Kozyrakis y P. Ranganathan, «Full-System Power Analysis and Modeling for Server Environments,» de *Workshop on Modeling, Benchmarking, and Simulation*, Boston, USA, 2006.

- [30] PrimeEnergyIT, «IT e Infraestructura energéticamente eficiente para centros de datos y salas de servidores,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.efficient-datacenters.eu/>. [Último acceso: Agosto 2013].
- [31] J. S. Chase, D. C. Anderson, P. N. Thakar, A. M. Vahdat y R. P. Doyle, «Managing Energy and Server Resources in Hosting Centers,» de *8th ACM Symp. Operating System Principles*, Banff, Canada, 2001.
- [32] G. Chen, W. He, J. Liu, S. Nath, L. Rigas, L. Xiao y F. Zhao, «Energy-Aware Server Provisioning and Load Dispatching for Connection-Intensive Internet Services,» de *5th USENIX Symp. Networked Systems Design and Implementation*, San Francisco, CA, USA, 2008.
- [33] wirelessatelliteinternet.org, «Mashable,» 2012. [En línea]. Available: <http://mashable.com/2012/11/16/internet-data-cost/>. [Último acceso: Agosto 2013].
- [34] D. Sarokin, «Uclue,» 2007. [En línea]. Available: <http://uclue.com/?xq=724>. [Último acceso: Agosto 2013].
- [35] H. Liu, D. Li y a. X. Jia, «QoS Topology Control in Ad hoc Wireless Networks,» de *IEEE INFOCOM'04*, Hong Kong, China, March, IEEE, 2004.
- [36] A. BOUKERCHE, X. CHENG y J. LINUS, «A Performance Evaluation of a Novel Energy-Aware Data-Centric Routing Algorithm in Wireless Sensor

Networks,» de *Wireless Networks 11*, 2005, pp. 619-635.

- [37] R. Rajaraman, «Topology Control and Routing in Ad hoc Networks: A Survey,» 2000. [En línea]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_ad_hoc_network. [Último acceso: Agosto 2013].
- [38] D. Pamlin, The potential global CO2 reductions from ICT use, Sweden: WWF Sweden, 2008.
- [39] DesignBuilder, «DesignBuilder.es Software,» [En línea]. Available: <http://www.designbuilder.es/productos/caracteristicas-de-designbuilder>. [Último acceso: Agosto 2013].
- [40] Conectronica, «Conectronica,» [En línea]. Available: <http://www.conectronica.com/Centros-de-Datos/Nuevas-tecnolog%C3%ADas-de-refrigeraci%C3%B3n-reducen-los-costes-del-centro-de-datos.html>. [Último acceso: Agosto 2013].
- [41] Icogen, «Icogen,» [En línea]. Available: <http://www.icogen-sa.com/index.php/eficiencia-energetica/condensador-adiabatico.html>. [Último acceso: Agosto 2013].
- [42] Hewlett-Packard, «Proliant Server,» [En línea]. Available: <http://www8.hp.com/es/es/products/proliant-servers/product->

detail.html?oid=4194641#!tab=features. [Último acceso: Agosto 2013].

- [43] U. D. o. Energy, «U.S Department of Energy,» [En línea]. Available: <https://ecenter.ee.doe.gov/EM/tools/Pages/DCProSharepoint.aspx>. [Último acceso: Agosto 2013].
- [44] T. G. Greed, «The Green Greed,» [En línea]. Available: <http://estimator.thegreengrid.org/puee>. [Último acceso: Agosto 2013].
- [45] T. G. Gred, «The Green Gred,» [En línea]. Available: <http://www.thegreengrid.org/en/Global/Content/Tools/PUEReporting>. [Último acceso: Agosto 2013].
- [46] C. Sierra, «CLOUD COMPUTING, tendencia al alcance de un click,» *Roca Sistemas*, junio 2013.
- [47] X. Changju, «Energy-Aware Scheduling for Real-Time Multiprocessor Systems with Uncertain Task Execution Time. Proc.,» de *44th Annual Conf. Design Automation*, San Diego, CA, USA, 2007.
- [48] «Conectónica,» [En línea]. Available: <http://www.conectronica.com/>. [Último acceso: junio 2013].
- [49] W. Forrest y C. Barthhold, «Cloudmagazine,» [En línea]. Available: www.cloudmagazine.fr/dotclear/public/clearing_the_air_on_cloud_computing.pdf. [Último acceso: junio 2013].

- [50] «ROCA Sistemas,» [En línea]. Available: http://rocasistemas.blogspot.com/2011_05_01_archive.html. [Último acceso: junio 2013].
- [51] T. A. AlEnawy y A. Hakan, «Energy-Aware Task Allocation for Rate Monotonic Scheduling».
- [52] S. Rivoire, M. A. Shah, P. Ranganathan y C. Kozyrakis, «JouleSort: A Balanced Energy-Efficiency Benchmark,» de *ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, Beijing, China, 365–376, 2007, ACM New York, NY, USA., 2007.
- [53] A. Berl y A. Fisher, «Using System Virtualization to Create Virtualized Networks,» de *Workshops der Wissenschaftlichen Konferenz Kommunikation in Verteilten Systemen (WowKiVS2009)*, Kassel, Germany, 2009.
- [54] I. Pratt, «XEN—Computer Laboratory Architecture, University of Cambridge,» julio 2013. [En línea]. Available: <http://www.cl.cam.ac.uk/netos/papers/2005-xen-ols.ppt..>
- [55] «Linux-VServer,» [En línea]. Available: <http://linux-vserver.org>. [Último acceso: Julio 2013].
- [56] 42U, «42U,» [En línea]. Available: <http://www.42u.com/measurement/pue->

dcie.htm. [Último acceso: Agosto 2013].