

Tecnologías verdes

Reducción de huella de carbono en los centros de datos mediante el uso de diferentes métodos de refrigeración

(Julio 2017)

Michael Andrés tapias Cáceres
2111750-Pregrado presencial
Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática
Universidad Industrial de Santander
Michael.atc@outlook.com

Margarita Juliana Garcia Nuñez
2130061- Pregrado presencial
Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática
Universidad Industrial de Santander
Margaritagarcia0196@gmail.com

Abstract - Today, organizations are continually seeking to incorporate diverse ways of achieving savings both for the business itself and for the environment. Thus, one of the sectors in which measures can be implemented to achieve greater energy efficiency are the Data Center, for which different measures for the control and cooling of such establishments as: cold and heat corridors, adequate temperatures and free -cooling among others. The importance of the concept of green technologies for the operation and structure of IT will be shown in the course.

Keywords – free cooling, carbon footprint, Green ICT, data center

Resumen - En la actualidad, las organizaciones buscan continuamente incorporar diferentes maneras de lograr ahorros tanto para el propio negocio como para el medio ambiente. Así, uno de los sectores en los que se pueden implementar medidas para lograr mayor eficacia energética son los Data Center, para lo cual se utilizaran diferentes medidas para el control y enfriamiento de dichos establecimientos como: pasillos de frio y calor, temperaturas adecuadas y free-cooling entre otros. Se mostrará en el transcurso la importancia del concepto de tecnologías verdes para el funcionamiento y estructura de las TI.

Palabras claves – free cooling, huella de carbón, Green TIC, centros de datos

INTRODUCCIÓN

El consumo de energía por el uso de las TIC (Tecnologías de la Información y de la Comunicación) está avanzando de forma exponencial a nivel mundial, sus emisiones de CO₂ se aproximan a las del sector de la aviación. Prácticas como olvidar los cargadores de batería enchufados a la red eléctrica, no cerrar las aplicaciones, mantener los salvapantallas activos o dejar activado permanentemente el Wi-Fi o el Bluetooth contribuyen a disminuir la vida útil de la batería de nuestros equipos y a consumir energía innecesariamente. Las TIC, en el otro lado de la balanza, contribuyen a reducir la huella ecológica en muchos sectores de la actividad humana. Estas también reducen la huella de carbono que genera nuestro sistema social o laboral porque permiten cambios en nuestras pautas de comportamiento y trabajo: el teletrabajo, las videoconferencias, el comercio electrónico, la mejora de los centros de datos, etc. Los centros de proceso de datos y las redes que los interconectan son la columna vertebral de nuestra tecnología de la información (TI) actual. Cada vez más servicios son trasladados a la nube. Esto comporta la ventaja de que los terminales de los usuarios pueden ser más pequeños y utilizarse durante más tiempo, gracias a la derivación del trabajo de computación y del espacio de memoria. Sin embargo, esta tendencia repercute también en un mayor grado de utilización de las redes y en unas exigencias crecientes a los centros de proceso de datos. A pesar de que el hardware es cada vez más eficiente en términos energéticos, la demanda energética de los centros de proceso de datos aumenta, ya sólo por el creciente número de sistemas de servidores y de almacenamiento. Cada vatio-hora de energía

consumido por la TI debe ser evacuado a su vez del CPD en forma de calor, lo cual incrementa adicionalmente la demanda energética. Actualmente, estos representan el 2% del consumo de la energía mundial, siendo además el segmento que más rápido crece. Por este motivo, el consumo de energía y la eficiencia energética son una de las grandes prioridades a nivel mundial para los operadores, diseñadores y constructores de Centro de Datos. Una de las tendencias centrales para mejorar el rendimiento es mejorar el diseño de la infraestructura la cual nos permite adecuar los diferentes aspectos y partes de un DC, el cambio de equipos obsoletos, el reacondicionamiento de las diferentes entradas de refrigeración mediante sistemas de aire que tiene un 30% aproximado de consumo, la actualización del sistema de alumbrado mediante luces automatizadas de led's, el free-cooling y la refrigeración líquida.

I. MARCO TEORICO

¿Qué es la huella de carbono?

La huella de carbono se conoce como «la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto». Este impacto ambiental se mide por medio de un inventario de emisiones de GEI o realizando un análisis de ciclo de vida dependiendo de la tipología de huella, basándose en normativas internacionales reconocidas, como lo son la, ISO 14064, la PAS 2050 o el GHG Protocol, entre otras. La huella de carbono es medida en masa de CO₂. Cuando se tiene esta información (la huella y la cantidad de CO₂), se puede implementar una forma de reducción o compensación de estas emisiones, por medio de campañas, actividades, programas, ya sean públicos o privados.



Las normativas internacionales se agrupan dependiendo si la certificación es para una organización o a un producto:

- Huella de carbono de una organización: Se analizan las emisiones de GEI de la organización a lo largo de un año o periodo determinado, se genera un inventario de las mismas. Los estándares más utilizados son: GHG Protocol e ISO 14064-1
- Huella de carbono de productos o servicios: Se analizan todas las emisiones de GEI realizadas durante el Ciclo de Vida del producto o servicio analizado. Los estándares más utilizados son: PAS 2050:2011, ISO/TS 14067:2013, con el apoyo de ISO 14040 e ISO 14044 para la elaboración del Análisis de Ciclo de Vida [10].

Una vez se tiene claro el concepto de huella se carbono podemos comprender el porqué surge el concepto de Green IT, que de gran importancia para la vida.



Silicon Week – Green computing también conocido como Green IT o traducido al español como Tecnologías Verdes trata sobre el uso eficiente de los recursos computacionales minimizando el impacto ambiental, maximizando su viabilidad económica y asegurando deberes sociales. Tiene distintas “funciones”, entre las cuales esta identificar a las principales tecnologías consumidoras de energía y productores de desperdicios ambientales, ofrecer el desarrollo de productos informáticos ecológicos y promover el reciclaje computacional. Algunas de las tecnologías clasificadas como verdes debido a que contribuyen a la reducción en el consumo de energía o emisión de dióxido de carbono son computación en nube, computación grid, virtualización en centros de datos y teletrabajo [11].

El término de “green computing” se empezó a utilizar después de que la Agencia de Protección Ambiental

(EPA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos desarrollara el programa de Estrella de Energía en el año de 1992, este fue diseñado para promover y reconocer la eficiencia energética de diversas tecnologías como computadoras, monitores y aires acondicionados. La EPA cuenta con una herramienta que funciona en internet con la que se puede realizar una Evaluación Ambiental de Productos Electrónicos (EPEAT) y que sirve para seleccionar y evaluar computadoras de escritorio, laptops y monitores sobre la base de sus características ambientales. Los productos EPEAT están diseñados para reducir el consumo de energía, disminuir las actividades de mantenimiento y permitir el reciclaje de materiales incrementando su eficiencia y tiempo de vida de los productos computacionales.

El término en Latinoamérica está comenzando a tomar fuerza, un ejemplo, las dependencias ambientales mexicanas tales como la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) son los encargados de promover la reducción de problemas ambientales en México y son los propulsores de adoptar tecnologías verdes en las dependencias gubernamentales y privadas.

Tecnologías verdes

Es muy importante un adecuado diseño del centro de datos, ya que es en éste es donde se aloja toda la infraestructura de soporte a los diversos servicios computacionales, y una estructura adecuada permitirá buenos ahorros de energía, de espacio y de costos a mediano y/o largo plazo; cada compañía debe elegir el diseño que sea adecuado para su propia empresa, no se trata de un procedimiento estricto, sino de buenas prácticas en el diseño de los centros de datos. La cantidad de datos se incrementa conforme la sociedad crece y aumenta su dependencia tecnológica, por lo que continuamente se obliga a los data centers a mejorar sus capacidades de almacenamiento, procesamiento y transmisión. Por ejemplo, el data center de Facebook almacena más de 240 billones de fotos, y esta cifra se sigue incrementando a razón de 350 millones por día [7], por lo que su infraestructura se ve obligada a aumentar constantemente. De igual manera, un data center de una empresa pequeña puede tener un crecimiento muy rápido.

La Ley de Moore del consumo energético mundial de los data centers indica que este se duplica cada 5 años.

El consumo de un data center no es pequeño, puede requerir de 100 a 200 veces por metro cuadrado, la energía que consume una oficina común. Por esta razón, los data centers han llegado a ser blanco de nuevas regulaciones gubernamentales. Frente a este panorama, se ha mostrado gran preocupación, por lo que se ha mejorado la eficiencia de los equipos y desarrollado software y métricas con tales propósitos. A pesar de que estas modificaciones son buenas, no son suficientes: se necesitan estrategias integrales para optimizar la eficiencia en los data centers. Pero por ser los data centers sistemas muy diversos y dinámicos, no existe una estrategia de eficiencia general, lo que implica que, para lograr eficiencia energética, cada data center debe emplear una estrategia adecuada a sus características, que le facilite disminuir el monto del recibo eléctrico, tener un menor impacto ambiental y proyectar una mejor imagen corporativa. Contar con un data center eficiente es simplemente una elección, pero pronto será una obligación.

La eficiencia energética en data centers se relaciona con una disminución de la energía total consumida y un aumento de la eficiencia en el uso de esta. Hace unos años, el concepto de eficiencia energética en data centers era muy subjetivo, ya que con frecuencia no se tenía claro cómo se debía medir la energía, dónde se debía medir, o qué unidades usar. Por esta razón, se desarrolló la métrica de eficiencia llamada PUE, la cual es el estándar de eficiencia energética en data centers más aceptado internacionalmente [8].

El PUE (Power Usage Effectiveness) es una métrica creada por la organización The Green Grid, que mide la efectividad en el uso de la energía de un data center, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$PUE = \frac{\text{Potencia total de todo el equipo del data center (Watts)}}{\text{Potencia total del equipo de TI (Watts)}}$$

[9]Esta fórmula emplea los siguientes conceptos:

Equipo del data center: comprendido por el equipo de TI y por todo el equipo que soporta y hace posible que la carga de TI opere correctamente, el cual se divide en: equipo de potencia, equipo de enfriamiento y “otros equipos”.

Equipo de TI: maneja, procesa, almacena y direcciona información dentro del data center, como: computadoras, elementos de red, dispositivos de almacenamiento e impresoras.

Equipo de potencia: provee la energía eléctrica al equipo de TI, como: generadores, cables, transformadores, tableros de distribución, UPS y PDU.

Equipo de enfriamiento: mantiene la temperatura y humedad deseadas en el data center.

Otros equipos: de iluminación, seguridad, supresión de incendios y cualquier otro que consuma energía eléctrica.

Actualmente, los data centers más eficientes del mundo tienen valores de PUE de aproximadamente 1.1, y los data centers promedio tienen valores de 1.9.

PUE	Niveles de Eficiencia
3	Muy ineficiente
2.5	Ineficiente
2	Promedio
1.5	Eficiente
1.2	Muy Eficiente

La precisión de estas medidas depende de cómo se efectúen las mediciones. Estas se pueden hacer básicamente de 3 maneras:

	Nivel 1: Básico	Nivel 2: Intermedio	Nivel 3: avanzado
Potencia del equipo de TI medida en:	UPS	PDU	Servidor
Intervalo mínimo de medición:	1 mes / 1 semana	Diario	Tiempo continuo

El nivel 3 es el más confiable, ya que se obtiene más cantidad de datos. Lo recomendado es medir el PUE a lo largo de un periodo extenso, para que se puedan analizar los resultados globales y específicos del intervalo, y así llegar a conclusiones más certeras acerca de la eficiencia. Un buen estudio de eficiencia comprende un periodo recomendado de 1 año, ya que se consigue visualizar el comportamiento del data center en las diferentes estaciones climáticas y en los distintos meses, así como también en los días y las horas del día.

El 99% de la energía eléctrica consumida en un data center se transfiere en forma de calor al espacio. A menos que este calor sea removido, la temperatura del data center se incrementa hasta el punto en que el equipo de TI se sobrecalienta y falla. El equipo de TI está diseñado para trabajar a ciertos rangos de temperatura, por lo que debe existir un sistema de refrigeración que mantenga una temperatura óptima mediante la extracción del calor generado. El calor es simplemente una forma de energía, y para extraerla se necesita de otras energías. Por cada unidad de energía eléctrica consumida, se genera casi una unidad de energía en forma de calor, la cual hace que el equipo

de refrigeración necesite más o menos una unidad de energía para extraerla. Así, se deduce que un gran gasto en energía eléctrica implica un gran gasto en energía dedicada al enfriamiento, y que por esta razón, la eficiencia del equipo de refrigeración es de gran importancia. Mejorar la eficiencia tiene varios retos, ya que la dinámica del calor en los data centers es muy compleja.

II. RESULTADOS

Los centros de datos deben tener el uso de control medioambiental, abaca diferentes factores, uno de sus principales coberturas son la temperatura y humedad garantizando un mejor rendimiento, uso y utilidad. La temperatura es uno de los factores más importantes que se tiene (los equipos de los centros de datos tienen que mantenerse entre los 21° y 24°), la higiene (buscar técnicas para evitar que el aire de escape se fugue hacia el área de admisión) y la eficiencia, siendo una manera óptima como su nombre lo dice para aumentar el rendimiento (se puede lograr reduciendo el flujo de aire de derivación y reciclar el aire caliente expulsado por los equipos de TI).

Cuando se usan equipos de refrigeración para los centros de datos se dispone de distintos componentes que nos permiten garantizar un correcto funcionamiento de los equipos del centro de datos.

Algunas ventajas principales de la utilización de equipos de refrigeración en los centros de datos son:

- Poseen un sistema de control temperatura que funciona preciso y rápido permitiendo mantener los equipos de utilizados por las TI a temperaturas adecuadas.
- Se pueden monitorear remotamente, permitiendo regular las temperaturas en cualquier momento dando la oportunidad para resolver los posibles problemas en los centros de datos.
- Para instalaciones grandes, los sistemas de refrigeración se coordinan entre sí, por lo que se controlan de manera automática y consiguen un enfriamiento eficiente.
- Estos están diseñados para trabajar de manera continua hasta su daño o pérdida de equipo.
- Una gran parte de los equipos de la actualidad disponen de un control preciso de la humedad.

- Consiguen una mejor distribución del aire, lo que permite una menor aglomeración de las partículas que nos generan el calor.

La refrigeración es un factor bastante importante en la gestión de los costos de un Data Center. Si el sistema de refrigeración está instalado de forma inadecuada, la energía eléctrica necesaria para refrigerar un centro de datos puede ser igual o mayor a la potencia consumida por el propio equipo de TI [2].

Es importante destacar que dentro de los equipos de refrigeración se distinguen dos sistemas distintos para disipar el calor: los de aire de precisión, que tienen como una de las características principales el manejo de altos niveles de calor sensible, calor sin humedad y los de aire de confort, que, por el contrario, manejan el calor latente calor con humedad.

Otros tipos de control de una data center es refrigeración líquida, inmersión líquida, optimización en la estructura del Data Center



El aumento de la eficiencia de los ventiladores también es otra buena medida, pues son los mayores consumidores de energía. Los ventiladores de velocidad fija son los que tradicionalmente se han utilizado en las unidades de refrigeración de precisión. Sin embargo, el hecho de contar con una frecuencia variable permite disminuir la velocidad de los ventiladores y el consumo de energía. La implementación de estas buenas prácticas permite optimizar la eficiencia del sistema de refrigeración en más de 5%, además de reducir 1% los costos totales de energía.

¿Cómo podemos ahorrar energía? Una manera es pasar de una refrigeración activa (el cual es todo el flujo de aire que requiere ser movido y refrigerado), a una refrigeración pasiva (el cual es la refrigeración líquida), estamos hablando de aceites minerales, ya

que son compuestos dieléctricos especialmente preparados para diseminar el calor mucho más eficazmente que el aire a la vez que se anula el riesgo de un cortocircuito.

Existen diferentes tipos de refrigeración líquida entre los cuales encontramos:

- Por inmersión total del rack
- Por inmersión parcial de dispositivo
- Por tuberías a los componentes

Inmersión total de rack

Con racks horizontales, dentro de una “piscina” conectada a un armario de bombeo. El servidor, blade o cualquier dispositivo, queda totalmente sumergido en el líquido que tiene varias corrientes en el interior de la “piscina” para aumentar la disipación de calor e intercambiar el líquido más caliente por líquido más frío.

Los costos de mantenimiento no aumentan con respecto a los racks tradicionales, la diferencia está en que aquí los dispositivos están en vertical, en vez de horizontal. En términos de ahorro, al no usar el aire ni flujos de aire, se prescinde totalmente de CRACs, CRAHs, Chillers, doubles suelos, etc. El propio diseño del DC puede simplificarse, ya que no se tienen que controlar los flujos de aire; se estima entre un 90% y un 95% el ahorro en refrigeración y un ahorro del 50% en el consumo de energía en total. También se ahorra en los sistemas de respaldo de energía (UPS y baterías), al disminuir las necesidades de la energía que deba estar almacenada.

Se reduce también entre un 10% y un 20% el consumo de los servidores. Con todo esto hace que el coste por vatio baje considerablemente.



Por otro lado el enfriamiento por inmersión de líquidos ayuda a los servidores a enfriarse [3].

Inmersión Parcial de dispositivo

consiste en encapsular cada dispositivo por separado y montarlos en racks verticales especiales. Este encapsulamiento tiene una entrada de líquido (frío) y una salida (caliente). Esta formado por armarios que tiene las tuberías necesarias de entrada y salida y está conectado a enfriadores exteriores, estos forman un circuito cerrado junto con las estaciones de bombeo y enfriadores.

Con esta técnica se necesita un espacio mucho más reducido, puesto que se prescindien de CRACs, CRAHs, etc., y cada armario tiene lo necesario para funcionar.

Se estiman en un 80% de ahorro frente a refrigeración tradicional por aire y cerca de un 40% de ahorro en el consumo total de energía.

Refrigeración por tuberías



La refrigeración por tuberías consiste en hacer llegar el líquido refrigerante a las partes calientes del dispositivo (procesador, CPU, memoria...) mediante tuberías y un terminal que intercambie el calor con el elemento a refrigerar.

Para esto es necesaria la instalación de tuberías flexibles en el interior de los dispositivos, que lleguen hasta el elemento a refrigerar mediante el intercambiador. En el propio armario está colocado el dispositivo de enfriamiento del líquido, ocupando una de las posiciones para la PDU, en los laterales interiores del armario. Junto con los cables de energía y comunicaciones estarán las tuberías de todos los

dispositivos conectadas al enfriador y éste a su vez conectado a un enfriador más potente en el exterior.

Se ahorra cerca de un 50% en refrigeración (frente a la tradicional) y puede reducir un 25% el consumo total del DC.

En cualquiera de los 3 casos, cuestiones como el ROI, inversión y costes operativos de puesta en marcha, varían según el entorno al que nos enfrentemos.

Aun así, no podemos obviar cómo estas soluciones mejoran sustancialmente el entorno del DataCenter en:

- *Eficiencia Energética*, se reducen sustancialmente los costes energéticos.
- *Sostenibilidad*, reducción de emisiones de carbono, reducción de métricas como el PUE, nos ayuda a obtener un Green DataCenter.
- Reducción del *CAPEX inicial*, ausencia de equipamiento relacionado con el clima tradicional por aire.
- Reducción del *OPEX*, disponemos de menos máquinas con mantenimientos asociados.
- Mejora del entorno de trabajo, se consigue subir la temperatura ambiental del Data Center [5].

Free-cooling

El free cooling es el método de refrigeración más económicos que permite refrigerar de forma “gratuita” aprovechando la diferencia de temperatura respecto al aire frío del exterior del recinto y la del interior.

¿Cómo funciona? El principio que maneja es sencillo, consiste en hacer circular aire por los servidores en el interior del centro de datos y dicho aire caliente pasarlo hacia un intercambiador de calor con el aire más frío del exterior [6].

Cuando llegamos o alcanzamos este punto se hablará de las posibles variantes del free cooling que hoy en día son las más utilizadas en los centros de datos:

El Direct free cooling también conocido como freshcooling, es en esencia la idea comentada anteriormente de inyectar directamente aire exterior frío hacia el interior, por supuesto previo

filtrado de partículas, regulación de humedad mediante humidificadores y control de temperatura.

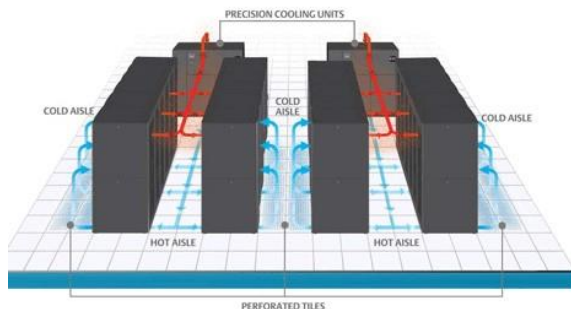


Como se puede apreciar en el esquema, se inyecta aire frío del exterior, se filtra y acondiciona por unos filtros adecuados y se inyecta en las salas de los racks bajo el falso suelo (suelo técnico) por donde es absorbido por los ventiladores de los equipos (servidores) y al atravesarlos absorbe su calor transformándose en aire caliente que sale de los armarios rack y finalmente es liberado a la atmósfera fuera del recinto.

Isla Fría – Caliente.



La idea consiste en agrupar y aislar el flujo de aire frío del flujo caliente. Esto normalmente se consigue mediante lo que se conoce como pasillos fríos y pasillos calientes.



Como se ve en la imagen la idea es aislar los flujos de modo que el aire frío entra por el frontal y por la base del armario rack a lo largo de los pasillos fríos,

mientras que el aire caliente es recolectado a través de los pasillos calientes y conducido hacia unidades refrigeradoras que bien podrían ser simplemente extractores hacia el exterior.

III. CONCLUSIONES

- Algunas ideas que se tiene que tener en cuenta son los problemas menores de energía pueden dañar servidores y estaciones de trabajo ya que traen como consecuencia tiempos de reparaciones e inactividad.
- Si se tiene un seguimiento más minucioso de los diversos componentes de hardware obtendremos un aumento en el beneficio de la eficiencia energética teniendo como prioridad la temperatura del centro de datos.
- Tener buenas practicas garantiza un menor consumo de energía reduciendo el CAPEX (inversiones en bienes de capitales) [4].
- Algunas prácticas para reducir el consumo en los centros de datos son: reducir la mezcla de aire caliente y frío, sellar las brechas en los pisos y ubicar el sistema de refrigeración del Data Center dentro del rack para eliminar el calor directamente en la fuente que lo genera.
- Cuando se mejora o se implementa en un centro de datos la capacidad de refrigeración y el flujo de aire de enfriamiento mediante refrigeraciones inteligentes que comprenden, analizan, prevén y ajustan la capacidad de refrigeración y el flujo de aire consecuentemente posibilita una mayor reducción de costos y consumo energía.
- El direct-free-cooling no es la forma más eficiente ya que una vez el aire caliente sale del armario rack, es liberado directamente a la sala de los racks donde posteriormente será extraído hacia la atmosfera lo cual genera el problema, el conjunto de la sala de racks se calienta bastante.

IV. AGRADECIMIENTOS

Al profesor Jaime Barrios por el curso de Arquitectura de computadores y a ayudantes que hicieron la materia amena e interesante.

REFERENCIAS

Formato básico para fuentes web y libros:

[1] La importancia de la refrigeración en los centros
<https://danim.com/refrigeracion-en-datacenters-free-cooling/>

de datos.

<http://rittaldatcenter.es/importancia-refrigeración-centros-datos/>

[2] Canal Comstor - El blog de Comstor México.

<http://blogmexico.comstor.com/5-manerasde-disminuir-la-temperatura-de-los-datacenters>

[3] Enfriamiento por inmersión de líquidos

<http://searchdatacenter.techtarget.com/es/foto-articulo/224022229/Diez-formas-deahorrar-dinero-y-disminuir-el-consumo-deenergia-en-el-centro-dedatos/3/Enfriamiento-por-inmersion-deliquidos-ayuda-a-los-servidores-a>

[4] 5 maneras de disminuir la temperatura de los Data Centers

<http://blogmexico.comstor.com/5-manerasde-disminuir-la-temperatura-de-los-datacenters>

[5] BJumper

<http://bjumper.com/2014/11/17/refrigeracion-liquida-en-el-datacenter/>

[6] Danims (Refrigeración en Data Centers: Freecooling)

[7] rumbos

<http://www.rumbosdigital.com/tecno/elextrano-lugar-donde-facebook-guarda-tusfotos>

[8] ¿Qué es la eficiencia energética en data centers?

http://www.grupoelectrotecnica.com/sites/default/files/private/whitepapers/whitepaper_4_0.pdf

[9] Data Center Hoy

<http://www.datacentershoy.com/2013/01/ca>

enfriarse minimo-al-data-center-ecologico.html

[10] Wikipedia

https://es.wikipedia.org/wiki/Huella_de_carbono

[11] Wikipedia

https://es.wikipedia.org/wiki/Green_computing