

**Modelo de auditoría energética para centros
de datos:
El caso INFOTEC**

Dr. Carlos E. Maroto Pérez del Río

Número 2

Enero 2013

Los cuadernos de trabajo presentan resultados de investigaciones preliminares, que ofrecen algún tipo de información o interpretación relevante dentro de una problemática específica y permiten que los autores reciban comentarios sobre el texto. Su propósito es contribuir al debate informando sobre diversos temas relacionados con las tecnologías de información y comunicación, campo de atención del INFOTEC.

Las opiniones vertidas en el documento, el estilo y la redacción son de exclusiva responsabilidad de su autor. Los comentarios sobre el contenido deberán hacerse llegar directamente al mismo.

® D.R. Fondo de Información y Documentación para la Industria INFOTEC
Av. San Fernando 37, Col. Toriello Guerra, Delegación Tlalpan
CP 14050, México, DF
Tel. (55) 5624 2800
www.infotec.com.mx

Contenido

Resumen	4
Introducción	4
1. Consumo energético en el Centro de datos INFOTEC	5
2. Metodología para la auditoría energética	7
3. Resultados obtenidos en la auditoría energética	9
4. Recomendaciones para el ahorro energético	15
5. Las 10 mejores prácticas para lograr un consumo energético inteligente en el mediano y largo plazo	22
Anexos:	
1. Indicadores de los recibos por consumo eléctrico, 2011 – 2012	25
2. Cuestionario aplicado a los responsables de operar el centro de datos	27
3. Tabla de concentrado de métricas e indicadores	40

Modelo de auditoría energética para centros de datos:

El caso INFOTEC

Resumen

Las auditorías energéticas se efectúan en la organizaciones para conocer la manera en que consume (y desperdicia) la energía, también, permiten detectar patrones de consumo, establecer las áreas de oportunidad de mejora y generar un plan de acciones que debe conducir a una reducción en el consumo de energía, a una mejor eficiencia en la operación y a lograr ahorros inmediatos y paulatinos. Para los centros de datos, que son unidades de misión crítica, es apremiante implementar acciones de este tipo. En este cuaderno de trabajo se describe la metodología para realizar una auditoría energética en el centro de datos del INFOTEC, en la que se obtendrá información del consumo, para generar y analizar métricas o indicadores energéticos que permitan realizar las acciones de mejora para llegar a un “consumo inteligente”.

Palabras clave: Auditorías energéticas, consumo energético en centros de datos, eficiencia energética, indicadores energéticos.

Introducción

Las auditorías energéticas se efectúan en la industria en general para conocer la manera en que se consume (y se desperdicia) la energía en una unidad productiva, detectar patrones de consumo, establecer las áreas de oportunidad de mejora y generar un plan de acciones con metas claras que deben conducir a una reducción de la energía consumida y en consecuencia, a una mejor eficiencia en la operación y en ahorros inmediatos y paulatinos, dichas acciones deberán confirmarse con una subsecuente auditoría periódica, para el caso de los centros de datos se recomienda realizarla de manera semestral. La Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) define así la auditoría energética: “Una auditoría energética consiste en una serie de acciones, enfocadas a descomponer en cada una de sus partes el uso de energía en un sitio, analizando la aplicabilidad, el costo y el valor de las medidas para reducir el consumo de energía, y recomendar qué medidas tomar. Se han usado una variedad de auditorías, para diferentes propósitos, con diferente complejidad y diferentes enfoques. Una auditoría energética deberá emprenderse para tomar una serie de acciones enfocadas a evaluar el potencial de ahorros energéticos de un inmueble y para identificar y evaluar las oportunidades de conservar energía”.¹

Para los centros de datos que son entidades de misión crítica, sujetos a infinidad de transformaciones derivadas de altas, bajas y cambios, tanto administrativos como tecnológicos, con una fuerte densidad de componentes electrónicos en un ambiente

¹A partir de: *International Energy Agency (IEA por sus siglas en inglés), Source Book for Energy Auditors, Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, Annex XI, Energy Auditing, Volume 1, Edited by M. D. Lyberg, April 1987, p. 5.*

confinado, con una altísima densidad de cargas que se transforman en trabajo, y este en calor que hay que gestionar, que dependen de un medio ambiente artificial óptimo que debe estar en equilibrio con la arquitectura, las cargas y la estrategia de negocio, es más acuciante conocer el comportamiento energético y detectar las áreas de oportunidad, para realizar acciones de mejora que se reflejen en el consumo energético.

En general, los centros de datos se construyen a partir de diseños en los que participan especialistas en tecnologías de información, electricistas, y especialistas en dinámica de fluidos, cuya misión es producir un diseño funcional y operativo en el espacio designado, que minimice la inversión y los costos operativos, y optimice el espacio, el desempeño del equipo, las cargas eléctricas y el mantenimiento del ambiente dentro de los rangos de temperatura y humedad recomendados por los fabricantes para la durabilidad de los componentes eléctricos y electrónicos contenidos en él, y para garantizar los fines del negocio, empresa que resulta en un fenomenal reto.

1. Consumo energético en el Centro de datos INFOTEC²

La vocación del centro de datos del INFOTEC es de servicio, por lo que la mayoría de su infraestructura está destinada a proporcionar un medio ambiente térmico adecuado, poder y comunicaciones a los servidores de los clientes, internos y externos, alojados en sus instalaciones, y en mucha menor proporción, a aplicaciones propias de la institución.

En las instalaciones del centro de datos existe actividad durante las 24 horas del día, intensificándose esta de las 9:00 horas a las 19:00 horas, en que termina la jornada laboral, y de una parte de la estructura humana de servicio para los clientes. Un pequeño número tiene asignadas funciones de soporte en horario nocturno.

Para conocer el comportamiento energético del centro de datos, iniciamos nuestra investigación analizando el comportamiento del consumo de energía que tiene la Institución, toda vez que el centro de datos no cuenta con un sub medidor que lleve a cabo el registro del consumo. Partimos del análisis de los recibos de electricidad de todo el año 2011 y para los meses de enero a agosto de 2012.

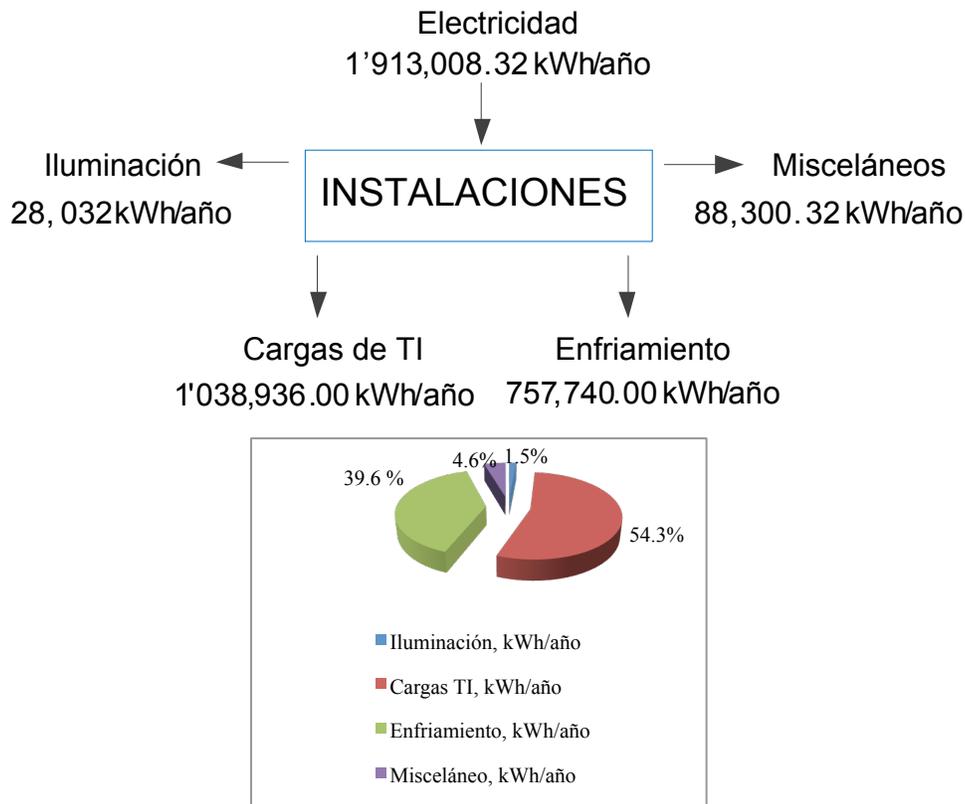
A partir de los recibos, elaboramos una tabla de 38 indicadores energéticos, que se recomienda se alimente mensualmente, para su puntual seguimiento, con una sugerencia de su periodicidad, Anexo 1.

Elaboramos un cuestionario extenso, adecuado a partir de los datos que requiere la aplicación del Departamento de Energía de los EE. UU., DCProBeta V.2.0³, que utilizamos para obtener un estimado de los ahorros energéticos potenciales y algunas de las

²El Centro de datos se encuentra ubicado en la Planta baja del edificio del INFOTEC sita en Av. San Fernando 37, Col. Toriello Guerra, Delegación Tlalpan, CP 14050, México, D.F.

³ Department Of Energy, DCProBeta, V.2.0, <https://save-energy-now.org/EM/tools/Pages/DCProSharepoint.aspx> y/o www.eere.energy.gov/datacenters

recomendaciones de mejora. A partir de los datos de este cuestionario, Anexo 2, elaboramos el balance energético del centro de datos, que se muestra a continuación:



Conforme a la respuesta de los administradores del centro de datos respecto al nivel o Tier y a la clasificación de la organización Uptime Institute⁴: misma que se describe a continuación, su nivel es Tier II, toda vez que los componentes de capacidad de la infraestructura del sitio son redundantes, con una disponibilidad esperada de 99.671%.

Nivel o Tier	Requerimientos
I	Una sola ruta de distribución, no redundante, para alimentar el equipo de TI. Componentes de capacidad no redundantes. Infraestructura básica del sitio con una disponibilidad esperada de 99.671%.
II	Cumple o excede todos los requerimientos del Nivel 1. Componentes de capacidad de la infraestructura del sitio redundantes, con una disponibilidad esperada de 99.741%.

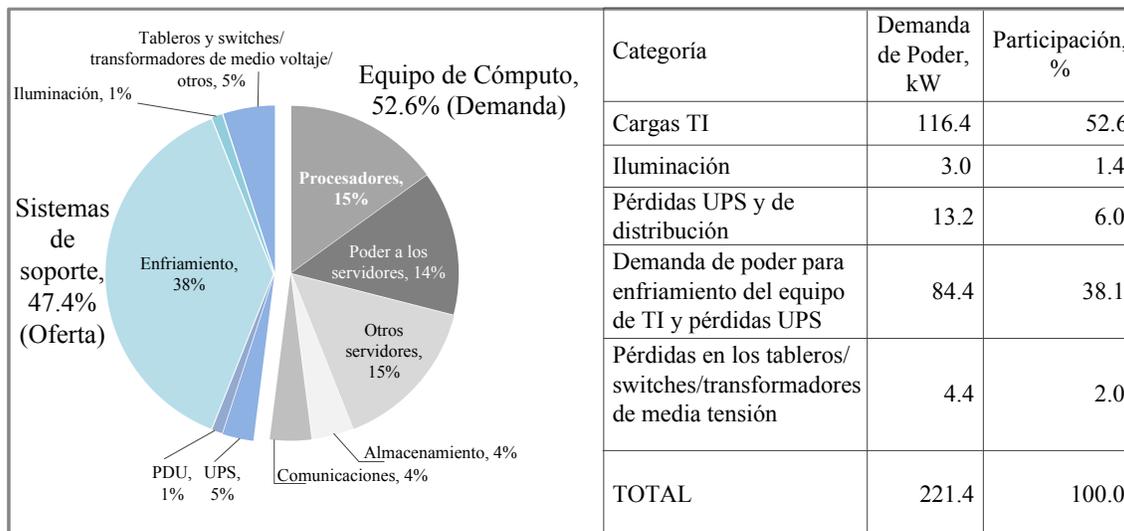
⁴ <http://uptimeinstitute.com/>

III	Cumple o excede todos los requerimientos de los Niveles 1 y 2.
	Rutas múltiples e independientes de distribución sirviendo el equipo de TI.
	Todo el equipo de TI debe contar con doble alimentación y ser totalmente compatible con la topología de la arquitectura del sitio.
	Infraestructura del sitio sostenible de manera concurrente con una disponibilidad esperada de 99.982%.
IV	Cumple o excede todos los requerimientos de los Niveles 1, 2 y 3.
	Todo el equipo de enfriamiento cuenta con doble alimentación independiente, incluyendo los sistemas de enfriamiento y calefacción, ventiladores y aire acondicionado (sistemas HVAC)
	Infraestructura tolerante a fallos con instalaciones de almacenamiento y distribución de electricidad, con disponibilidad esperada de 99.995%.

En la visita al centro de datos se identificó:

- Los servidores se ubican de uno y otro lado de pasillos “fríos”, que no están confinados, y cuenta con un piso falso de 35 cm.
- Los equipos de enfriamiento se encuentran al interior del centro de datos, y no se dispone con ductería hacia el exterior.
- Existen tres equipos de enfriamiento, con motores de velocidad constante (consumo aproximado mensual de 62,280 kWh).
- No tiene sistemas economizadores del lado del aire ni del lado del agua; tampoco torre de enfriamiento.
- Cuenta con tres sistemas UPS que proporcionan una alimentación mensual a las cargas de TI de 85,392 kWh.

En cuanto al poder de alimentación se pueden contemplar dos enfoques, el de Oferta – el poder para alimentar los sistemas de soporte para las cargas de TI, y el de Demanda – poder para alimentar los procesadores, los servidores, el equipo de almacenamiento y el equipo de comunicaciones, con la siguiente estructura:



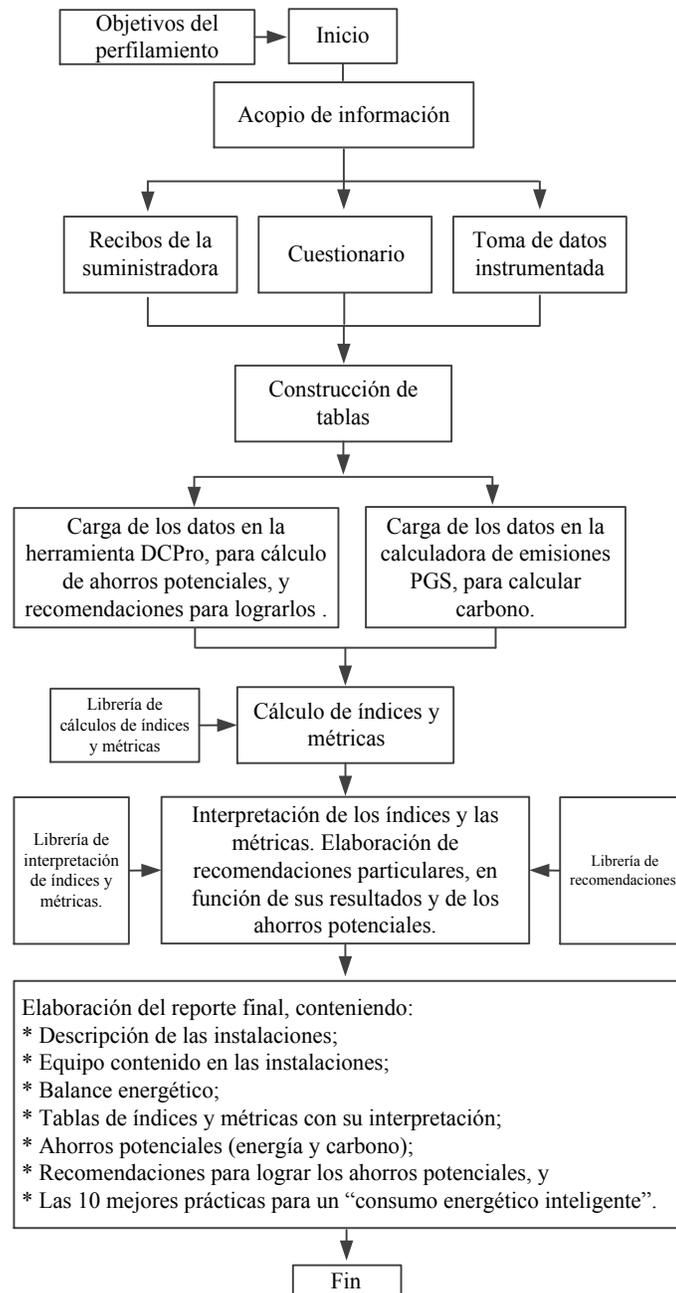
2. Metodología para la auditoría energética

La metodología que seguimos se describe en los siguientes pasos:

1. Definimos los objetivos de la auditoría:
 - Establecer la línea base de consumo energético.
 - Identificar acciones de eficiencia energética inmediata.
 - Detectar oportunidades de ahorro en el corto y mediano plazo.
2. Priorizamos las métricas:
 - Establecimos las prioridades a partir de objetivos y recursos disponibles.
 - A este respecto, de entre todas las métricas posibles, trabajamos únicamente las relacionadas con la infraestructura de poder.
3. Identificamos los datos requeridos y desarrollamos un plan para la recolección de los mismos:
 - Elaboramos un cuestionario que se desprende de la herramienta de perfilamiento que seleccionamos, DCProBeta, V.2.0, el periodo de medición, y el responsable de proporcionar los datos.
 - Para esta investigación nos apoyamos en los responsables de la operación del centro de datos, y de la coordinación de Servicios Generales.
4. Obtener e instalar el equipo de monitoreo:
 - Medidores de factor de potencia portátiles.
 - Sondas de humedad.
 - Sondas de temperatura.
 - En este caso, se utilizó el equipo de monitoreo existente en el centro de datos, que no se reportó.

5. Recopilamos la información:
 - Establecimos varias retroalimentaciones con los responsables de operar el centro de datos, para el acopio de los datos, conforme al instrumental disponible.
6. Analizamos y computamos los datos:
 - Utilizamos hojas de cálculo y formatos para los datos y las métricas para convertir datos crudos en métricas.
 - Cargamos los datos en la herramienta referida, para obtener un referente respecto al consumo óptimo, los ahorros potenciales y algunas recomendaciones de eficiencia.
7. Comparamos las métricas obtenidas con las de centros de datos de alto desempeño para identificar acciones de mejora potencial:
 - Comparamos los valores de las métricas obtenidas con los de centros de datos de alto desempeño.
 - Identificamos acciones potenciales basadas en los resultados de la comparación.
8. Elaboramos las recomendaciones a partir de las áreas de oportunidad detectadas, tanto a partir de las visitas físicas al centro de datos, al cuestionario y las métricas e índices, como a partir de la herramienta mencionada:
 - Agrupamos las recomendaciones por subsistema.
9. Por último, incluimos las 10 mejores prácticas para tener un consumo energético inteligente, que permite generar una estrategia en el corto y mediano plazo:
 - Efectuamos el cálculo de los ahorros potenciales que se obtendrían si los procesadores del centro de datos del INFOTEC utilizaran la función de reposo en periodos de inactividad.

Podemos mostrar la metodología en el siguiente esquema:



3. Resultados obtenidos en la auditoría energética

Para el modelo de auditoría energética se pueden considerar 10 subsistemas que proporcionan la información que utiliza la herramienta del Departamento de Energía de los EE. UU., mencionada anteriormente, los cuales se relacionan a continuación:

- 1.- Subsistema de datos generales;
- 2.- Subsistema de equipo de TI;
- 3.- Subsistema de condiciones medioambientales;

- 4.- Subsistema de administración del aire y de enfriamiento;
- 5.- Subsistema de la cadena de poder del equipo de TI;
- 6.- Subsistema de iluminación;
- 7.- Subsistema de datos de la cadena de suministro eléctrico.
- 8.- Subsistema de monitoreo;
- 9.- Subsistema de servicio;
- 10.- Subsistema de seguridad.

Para el caso INFOTEC se obtuvo la información requerida aplicando el cuestionario adecuado para el análisis de los siete subsistemas principales.

La Gerencia de Servicios Generales proporciona el dato del consumo de la Institución y del centro de datos, tomado directamente de la acometida de la Comisión Federal de Electricidad. Indican que de todo el suministro eléctrico al INFOTEC, que se ubica en un promedio de 900 Amperes mensuales, el centro de datos consume 700 Amperes (77%) y el resto de la Institución 200 Amperes (23%).

Para el mes de agosto 2012, la factura de la Comisión Federal de Electricidad ascendió a 201,000 kWh. El 77% de este consumo, correspondiente al consumo del centro de datos, equivale a 154,770 kWh/mes. Los responsables de la operación del centro de datos indican que el consumo para ese mes fue de 159,417.36 kWh, con lo que la participación del centro de datos respecto al consumo mensual total de todo INFOTEC rondaría del 77% al 79%, tomando en cuenta las variaciones estacionales y los cambios en su configuración.

Con los datos aportados por el cuestionario referido, elaboramos las 18 principales métricas de desempeño energético, Anexo 3, descartando los indicadores de productividad (transacciones efectuadas por kWh de energía), toda vez que la mayoría de equipos en el centro de datos, a decir de los responsables de su operación, son “cajas negras” de clientes, a los que no se tiene acceso, y porque las métricas de productividad tienen sentido en ambientes corporativos, en que los operadores tienen control de los equipos y no de servicio, en que no lo tienen.

Los valores que se desprenden del cálculo de las métricas pueden considerarse como línea base, a partir de los cuales efectuar comparaciones con lecturas futuras. Los valores de una de las métricas resultaron inconsistentes, debido a que no se especificó el número de mediciones efectuadas. Se detallan los resultados por métrica:

La métrica 1, Índice de Uso de Energía, IUE, es un indicador de la cantidad de MJ (Mega Joules: 1 kWh de energía eléctrica es igual a 3.6 MJ) de energía usados anualmente por metro cuadrado de espacio acondicionado. Unidades: MJ/m²/año. Se puede también interpretar como un índice de intensidad energética, y su cálculo arrojó un valor de 33,777.2MJ/m²/año. Este es un valor único para el centro de datos del INFOTEC, y está en

línea con el alto consumo energético por metro cuadrado de un centro de datos. Para tener una idea comparativa del orden de magnitud, el valor de IUE para un edificio residencial promedio de los EE. UU., es de 850MJ/m²/año; para un edificio promedio de oficinas del mismo país, el valor de IUE es de 905MJ/m²/año. El centro de datos del INFOTEC consumiría, en consecuencia, 37 veces más que un edificio de oficinas promedio de los EE. UU.

De acuerdo con esta misma fuente (*Energy Consumption Administration, Commercial Buildings Energy Consumption Survey (CBECS)*)⁵ para el año 1999, el tipo de instalación con el valor IUE más alto (2,410 MJ/m²/año) correspondió a los servicios de alimentos; le siguen las instalaciones de salud, con 1,750 MJ/m²/año.

La métrica 2, Índice del Costo de Energía, ICE, suma todos los costos de la energía y divide el resultado entre los metros cuadrados de espacio acondicionado: 15,575\$/m²/año. El Índice de Costo de Energía en ocasiones es utilizado como una medida más sencilla y significativa de la eficiencia energética, pese a que puede ser algo engañoso porque no todos los MJ son realmente iguales. La energía eléctrica tiene mucha mayor calidad de energía que el aceite o gas, y cuesta alrededor de tres veces más por cada MJ usado. Adicionalmente, con la energía del sitio, 1kWh es valuado como 3.6MJ, pero en la planta de energía térmica tomó alrededor de 11 a 12MJ de energía primaria para producir el valor de 3.6MJ de ese 1kWh, con lo que solo se observa la energía del sitio y se ignora la de la fuente. No obstante lo anterior, este índice relaciona el consumo y el costo de la electricidad, con los metros cuadrados acondicionados, con lo que resulta una métrica muy interesante respecto al costo energético directo por metro cuadrado activo.

La métrica 3, Eficiencia del Uso de Energía, PUE, arrojó un valor de 1.87. Lo anterior se puede traducir en que por cada 1.87 Watts de electricidad que se suministran a todo el centro de datos, solamente se suministra 1 Watt al equipo de TI, o formulado a la inversa: por cada 1 Watt que se suministra al equipo de TI, se suministra 1.8 Watts al centro de datos. El PUE es el cociente del uso anual de energía eléctrica, entre el uso anual de energía eléctrica para alimentar las cargas de TI, y es una medida de eficiencia: de toda la energía que se suministra a un centro de datos, ¿cuánta se emplea para alimentar las cargas de TI? Un valor de PUE de 2 se puede considerar como estándar; un valor de 1.5 es un buen valor, y un valor de 1 es excelente. El valor resultante indica oportunidad de eficiencia. Esta métrica provee una medida general de la eficiencia de la infraestructura puesta en operación, pero no debe interpretarse como una medida de la eficiencia de las TI, y resulta importante destacar que aún si el centro de datos presenta un PUE bajo (inferior a 2), aún pueden existir oportunidades mayores para reducir el uso general de energía a través de medidas de eficiencia, tales como la virtualización, la reducción de pérdidas por distribución, el uso de procesadores con menor consumo energético y con función de reposo, etc. La capacidad para reducir el PUE también se ve afectada por consideraciones

⁵ (<http://www.eia.gov/consumption/commercial/index.cfm>)

climáticas: en climas fríos o templados, se puede poner en práctica enfriamiento a temperatura atmosférica, reduciendo el consumo energético general.

La métrica 4, Eficiencia de la Infraestructura del Centro de Datos, DCiE, arrojó un valor de 0.54, indicando que el 54% de toda la energía suministrada se emplea para alimentar el objetivo primario, y el 46% para los sistemas de soporte. El valor DCiE expresa la eficiencia eléctrica de un centro de datos como la fracción de la energía eléctrica total suministrada al centro de datos que termina alimentando la carga informática. Expresada de esta forma, la eficiencia se ubica entre el valor cero y el valor uno y suele estar expresada en porcentaje (el 100% es una eficiencia perfecta, en la que toda la energía del centro de datos alimenta las cargas informáticas). El valor DCiE contabiliza sólo la energía que alimenta la carga informática; todo el resto de la energía consumida se considera “consumo indeseable” que puede reducirse. El valor DCiE deberá contemplar un periodo o lapso de tiempo, que puede ser de una semana, un mes, un trimestre, un semestre o un año, toda vez que lo que interesa es la eficiencia promedio durante un determinado periodo. El indicador DCiE representa la energía que está siendo consumida por el objetivo primario del centro de datos, y se puede interpretar como la fracción de la energía total consumida que está siendo útil: cuanto más se acerque a 1, mayor es la eficiencia. El valor resultante del cálculo de esta métrica indica oportunidad de eficiencia.

La métrica 5, Índice de Enfriamiento de los Racks, RCI_{HI} y RCI_{LO}, (alta y baja temperatura) no resulta consistente, toda vez que no se reportó el número de lecturas de temperaturas. Este índice refleja la existencia de sobre o de sub temperaturas. Esta métrica es el promedio ponderado del flujo de aire de la temperatura de suministro de aire en el centro de datos, y se mide en °C. Una temperatura de ingreso de aire frío igual o mayor a 15.5°C se considera estándar; de 16 a 23°C, se considera buena, y muy buena menor o igual a 24°C. La temperatura de suministro de aire reportada es de 16°C, que se considera estándar, existiendo una brecha de 8°C con el mejor valor, que es de 24°C, y en consecuencia, presenta un potencial para acciones de eficiencia, entre otras, utilizando durante las horas de la noche enfriamiento a temperatura ambiente, siempre y cuando ésta sea igual o inferior a 24°C, con lo que se podrá efectuar un importante ahorro de energía en el subsistema de enfriamiento, toda vez que una temperatura de aire de suministro baja indica potencial para mejorar la administración de aire e incrementar la temperatura de suministro.

Las temperaturas de aire de suministro más elevadas permiten a los sistemas de aire acondicionado y ventilación operar más eficientemente. Adicionalmente, temperaturas de aire de suministro más altas proveen más oportunidades de implementar estrategias de enfriamiento con aire a temperatura ambiente, gratuito, y consecuentemente, reducir el costo de la factura de enfriamiento. La Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Enfriamiento y Aire Acondicionado (ASHRAE por sus siglas en inglés), publicó en el año

2008 (ASHRAE 2008), los rangos permitidos y recomendables de temperaturas de aire de suministro y de humedad relativa a la entrada de la toma de aire de los equipos de TI.

En general, el equipo de telecomunicaciones que cumple con el estándar NEBS, puede soportar extremos más amplios que el equipo diseñado para centros de datos tradicionales. Respecto a las temperaturas recomendadas en la especificación de ASHRAE, las temperaturas de ingreso recomendadas están en el rango de 20° - 25°C y el rango permitido es de 15° - 32°C; el estándar NEBS sugiere un rango de 18°C, a 27°C, mientras que los Lineamientos Térmicos de ASHRAE (ASHRAE 2004), recomiendan 20°C a 25°C. (NEBS es el acrónimo de Network Equipment-Building System, y describe las condiciones medioambientales de una típica oficina central RBOC – Compañía Regional Operativa Bell, por sus siglas en inglés-, de los EE. UU. El estándar NEBS⁶ es el conjunto más común de lineamientos de seguridad, espaciales y medioambientales aplicados al equipo de telecomunicaciones en los EE. UU. Es un requerimiento industrial, no un requerimiento legal.

No obstante el potencial de ahorros, debe tomarse en cuenta que operar el centro de datos a temperaturas de ingreso a la toma de aire de los servidores por encima del rango recomendado puede causar que los ventiladores internos de los servidores que operan con velocidades variables trabajen a velocidades más altas y consuman más energía. El efecto de incrementar la temperatura de ingreso de aire a la toma de aire de los servidores, sobre los ventiladores internos, deber estimarse con mucho cuidado respecto al potencial de ahorros en energía del sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) del centro de datos.

La métrica 6, Índice de Temperatura de Retorno, RTI, es una medida del desempeño energético del sistema de manejo de aire. Las desviaciones del 100% son una indicación de una declinación del desempeño, y fue introducida por Herrlin (2007) como una medida del nivel del aire puenteado o del aire recirculado en el cuarto de equipo. Ambos efectos son perjudiciales para el desempeño térmico general y para el desempeño energético del espacio. El aire puenteado - que pasa de largo - no participa en el enfriamiento del equipo electrónico y deprime la temperatura del aire caliente de salida. La recirculación - mezclado de aire frío con aire caliente -, por el otro lado, es una de las principales razones para la formación de puntos o zonas calientes o áreas significativamente más calientes que el promedio de la temperatura del espacio.

El índice RTI provee una medida de la utilización actual del diferencial de temperaturas disponible. En consecuencia, una temperatura de regreso baja no es necesariamente un signo de un manejo pobre de aire. La interpretación del índice es directa: Desviaciones del 100% indican un desempeño declinante. Un número por encima del 100% (sobre utilización) sugiere primordialmente recirculación de aire, que eleva la temperatura del aire de regreso. Desafortunadamente, esto también significa temperaturas elevadas de aire al ingreso de los equipos y valores pobres de RCI. El valor 146% indica la presencia de

⁶ www.telcordia.com/services/testing/nebs/

recirculación (mezcla de aire frío y caliente), fenómeno considerado indeseable y que puede generar puntos calientes dentro del centro de datos.

La métrica 7, Eficiencia del Sistema de Enfriamiento, caracteriza la eficiencia general del sistema de enfriamiento (incluyendo enfriadores, bombas y torres de enfriamiento) en términos de insumos de energía por unidad de salida de enfriamiento, y se expresa en kW/tonelada. El valor 1.33kW/ton expresa un valor estándar con oportunidades de eficiencia, toda vez que un valor superior a 1.0 Kw/tonelada se considera como un valor estándar; de 1.0 a 0.5 Kw/tonelada se considera un buen valor, y un valor menor a 0.5 Kw/tonelada se considera el mejor.

El valor de la métrica 8, Factor de Dimensionamiento del Sistema de Enfriamiento, es la razón de la capacidad instalada de enfriamiento respecto al pico de la carga de enfriamiento, y se expresa en toneladas. El valor resultante, 1, señala pocas oportunidades de mejora, toda vez que un valor de 1.0 a 1.5 se considera un factor con pocas oportunidades potenciales de mejora en su eficiencia; un valor de 1.5 a 2.0, se considera como un factor con oportunidades medianas y; un valor superior a 2.0 se considera como un factor con altas oportunidades potenciales de mejora en su eficiencia.

La métrica 9, Factor de Utilización de Economizador de Aire, caracteriza el grado de utilización de un sistema economizador del lado del aire para proveer enfriamiento “gratuito”. Se define como el porcentaje de horas en un año en que el sistema economizador provee enfriamiento total o parcial (sin ningún enfriamiento provisto por la planta de enfriamiento o con una cantidad de enfriamiento reducida provista por la planta de enfriamiento). Unidades: %

Factor de Utilización de Economizador de Aire = $\frac{\text{Horas de economizador de aire (enfriamiento total)}}{8760} \times 100$, y

Factor de Utilización de Economizador de Aire = $\frac{\text{Horas de economizador de aire (enfriamiento parcial)}}{8760} \times 100$. El INFOTEC no dispone de este sistema.

Un valor bajo para esta métrica indica potencial para ahorros energéticos crecientes al utilizar un sistema economizador de aire. Incrementar las temperaturas del aire de suministro al centro de datos incrementa las horas de uso del economizador. También, se requiere relajar las restricciones de humedad para maximizar su uso. Los economizadores de aire pueden proveer ahorros significativos si se diseñan correctamente y se controlan adecuadamente. Los ahorros energéticos provistos por el uso de economizadores de aire variarán dependiendo del clima.

Las preocupaciones derivadas de la degradación potencial tanto por contaminantes gaseosos como por partículas higroscópicas (del aire externo), y la relajación de los controles de humedad requieren evaluarse con mucho detenimiento a partir del clima

(ubicación) del centro de datos. La contaminación por partículas puede reducirse significativamente utilizando filtros mejorados en las unidades HVAC. La mayor parte del equipo del centro de datos no es sensible a los cambios de humedad, y aquellos que lo sean, pueden ubicarse en un área controlada separada.

La métrica 10, Factor de Utilización de Economizador de Agua, refleja el porcentaje en horas del año en se utiliza un sistema economizador de agua ya sea para proveer enfriamiento completo no basado en compresores o enfriamiento parcial basado en un uso reducido de enfriamiento basado en compresor para el centro de datos.

Unidades: %

Factor de Utilización de Economizadores de Agua = (Horas de uso del economizador de agua (enfriamiento completo) ÷ 8760) x 100, y

Factor de Utilización de Economizadores de Agua = (Horas de uso del economizador de agua (enfriamiento parcial) ÷ 8760) x 100

El número de horas que se utiliza un economizador de agua puede ser comparado al número máximo posible para el clima en el que se encuentra el centro de datos. Esto puede determinarse mediante análisis de simulación. El INFOTEC no dispone de este sistema.

La métrica 11, Eficiencia del Flujo de Aire, caracteriza la eficiencia general del flujo de aire en términos del poder de ventilador requerido por unidad de flujo de aire. Esta métrica provee una medida general de cuán eficientemente es movido el aire a través del centro de datos, desde el suministro al regreso, y toma en cuenta el diseño de caída de presión así como la eficiencia del sistema de ventiladores. De hecho, w/cfm (Watts / pies cúbicos por minuto) es proporcional a la razón de la caída total de presión del sistema (PTS) respecto de la eficiencia del sistema de ventiladores ($\eta_{fan\ syst}$). Esto es, w/cfm es proporcional a $PTS/\eta_{fan\ syst}$. Unidades: w/cfm (pies cúbicos por minuto). El valor obtenido 0.42 W/cfm se puede considerar como un buen valor, toda vez que un valor de 0.6 w/cfm se considera un valor estándar; un valor de 0.3 w/cfm se considera un buen valor; y un valor de 0.1 w/cfm como el mejor.

La métrica de eficiencia del flujo de aire indica la eficiencia del sistema de ventiladores pero no si la tasa de flujo de aire suministrada para enfriamiento es apropiada. Es posible que un sistema de enfriamiento entregue una tasa de flujo volumétrico de aire excesivo (indicado por un valor de RTI bajo) pero que lo haga de una manera eficiente como se determina por la métrica de eficiencia del flujo de aire. Esta métrica se usa de manera óptima cuando se considera la métrica de Índice de Temperatura de Retorno, RTI.

Ante un valor de 0.4 para la métrica de Eficiencia del Flujo de Aire, que se puede considerar un buen valor, y un valor de 146% para la métrica RTI, que sugiere la presencia de recirculación de aire, se puede derivar una acción que limite, reduzca o desaparezca este fenómeno, tal como el confinamiento parcial o total de los pasillos fríos de los calientes; el incremento del flujo de aire dirigido al pasillo frío (a las tomas de aire de los racks); dotar

al sistema de aire acondicionado con motores de velocidad variable, evacuar al exterior el aire caliente, etc.

La métrica 12, Factor de carga del UPS, es la razón de la carga pico de la fuente de poder ininterrumpible (UPS) respecto al valor de diseño de su capacidad. Esto provee una medida del sobre dimensionamiento del sistema UPS y de su redundancia. Unidades: sin dimensiones. El valor obtenido, 0.906, se considera un excelente valor, que habrá que mantener y en lo posible, mejorar, toda vez que un valor de 0.4 se considera un estándar; 0.7 se considera un buen valor; y 0.9 se considera el mejor.

La métrica 13, Eficiencia del sistema UPS, es la razón de la energía de salida del UPS en relación con la energía de alimentación del UPS. La eficiencia del UPS varía dependiendo de su factor de carga. Unidades: %. El valor obtenido, 90%, se considera como un buen valor, que habrá que mantener y en lo posible, mejorar, toda vez que un valor de 85% se tiene como estándar; 90% como un buen valor y el mejor es superior a 95%.

La métrica 14, Densidad del Poder de Iluminación, refleja la razón del consumo de energía para iluminación del centro de datos respecto al área del centro de datos. Unidades: W/pié cuadrado. El valor obtenido, 1.46 W/pié², indica una oportunidad alta de eficiencia, toda vez que se considera que valores de 0.0 a 1.0 w/pié cuadrado, representan una oportunidad baja de potencial de eficiencia; de 1.0 a 1.5 w/pié cuadrado representan una oportunidad mediana; y valores superiores a 1.5 w/pié cuadrado representan oportunidades altas de potencial de eficiencia.

La métrica 15, Efectividad del Uso de Carbón – CUE, refleja la relación entre el Factor de Emisión de Dióxido de Carbono (kgCO₂eq/kWh) del sitio, con su PUE. Las unidades de la métrica CUE son kilogramos de dióxido de carbono de emisiones equivalentes (kgCO₂eq) por kilowatt-hora (kWh) de energía consumida por el equipo de TI. La métrica CUE tiene un valor ideal de 0.0, indicando que no existe uso de carbón asociado con la operación del centro de datos. El valor obtenido, 1.10 kgCO₂eq/kWh, indica una alta oportunidad de eficiencia del sistema general.

La métrica 16, Eficiencia de cómputo de los Servidores, ScE, mide la eficiencia de cómputo de los servidores, a partir de la proporción de muestras de que el servidor está brindando servicios primarios a lo largo de un periodo - como porcentaje. Cualquier servidor que presenta un ScE de 0% durante un periodo prolongado, es una clara indicación de que no está siendo utilizado y puede ser reasignado o retirado. Cualquier servidor con un ScE bajo debe ser investigado - puede ser candidato a virtualización.

La métrica 17, Eficiencia de cómputo del Centro de Datos, DCcE, agrega el ScE de todos los servidores en el centro de datos, y provee una marca (benchmark) contra la que uno puede mejorar (como el PUE). El DCcE NO es una métrica de productividad – no mide cuánto trabajo se ejecuta, solo la proporción de trabajo que es útil. El DCcE no debe y no puede compararse entre centros de datos debido a la determinación subjetiva de los procesos secundarios y terciarios. Esta métrica se refiere a los servidores que están siendo alimentados pero no están en uso. El retiro de servidores sin uso incrementa la eficiencia del centro de datos, al reducir la energía que se suministra a los servidores físicos, y al reducir el uso de recursos en servidores virtuales. En efecto, los servidores se instalan y operan para que provean un servicio primario. Si ya no proveen este servicio, ya no son necesarios y deben ser reasignados o retirados. Trabajo útil < > Uso de CPU. Los servicios secundarios y terciarios pueden causar utilización del CPU: escaneo de virus; indexación de discos y desfragmentación; respaldos, etc.

Rastrear el uso de recursos por servicios primarios, no resulta práctico, toda vez que hay demasiadas aplicaciones relacionadas con servicios primarios. Rastrear y detectar los servicios secundarios y terciarios es más fácil - típicamente, se limitan a un número reducido de aplicaciones bien conocidas. Para determinar el trabajo de los servicios primarios, se descuenta de todo el trabajo realizado, el trabajo de los servicios secundarios y terciarios. Algunas aplicaciones no permiten aplicar este tipo de métricas, p. ej., los servicios terminales, para lo que habrá que rastrear los procesos “útiles” en las sesiones de red entrantes, y los logons interactivos – asumidos siempre como útiles.

La métrica 18, Productividad energética del Centro de Datos, DCeP, refleja la relación entre el trabajo útil producido con la energía total consumida por el centro de datos para producir el trabajo.

No nos fue posible calcular los indicadores de productividad (transacciones efectuadas por 1kWh de energía), métricas 16 a 18, toda vez que la mayoría de equipos en el centro de datos, a decir de los responsables de su operación, son “cajas negras” de clientes, a los que no se tiene acceso, y porque las métricas de productividad tienen sentido en ambientes corporativos, en que los operadores tienen control de los equipos y no de servicio, en que no lo tienen.

4. Recomendaciones para el ahorro energético

Utilizamos la herramienta DCProBeta V2.0 para calcular algunos de los ahorros energéticos potenciales, arrojando los siguientes respecto al consumo actual, en tres áreas de oportunidad:

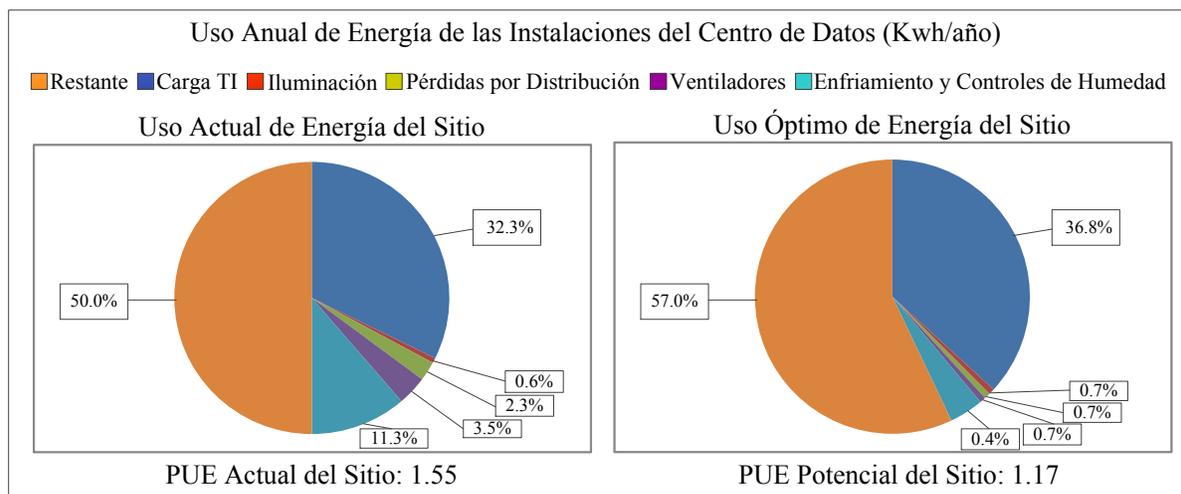
- Reduciendo las Pérdidas por Distribución, se podría ahorrar aproximadamente 30,608 kWh/año, el 1.6%.
- Eficientando los Ventiladores, se podría ahorrar aproximadamente 55,477 kWh/año, el 2.9%.

- Mejorando el sistema de Enfriamiento y los Controles de Humedad, se podría ahorrar aproximadamente 147,302 kWh/año, el 7.7%.

La suma de los ahorros potenciales estimados asciende a 233,387 kWh/año, y representa el 12.2% respecto al consumo total del centro de datos en 2011 (algo así como el ahorro de un mes de facturación).

Adicionalmente, algunos procesadores tienen características de administración de energía integradas que pueden reducir el consumo de energía cuando el procesador está inactivo. Con demasiada frecuencia, estas características se inhabilitan debido a preocupaciones con respecto al tiempo de respuesta, sin embargo, esta decisión debería ser reconsiderada a la luz del importante ahorro que esta tecnología puede permitir.

Para el centro de datos del INFOTEC, si asumimos que el consumo en reposo es de 80% del pico de consumo de energía sin características de administración de energía, entonces se podrían lograr reducciones de hasta el 45% aproximadamente del pico de potencia drenado con respecto a una condición donde la característica de administración fue habilitada. Con este escenario de gestión de energía, se podría ahorrar un adicional 8% (17.7kW), de la carga del centro de datos sin optimizar. Gráficamente, tenemos:



En cuanto a la generación de gases de efecto de invernadero equivalentes a CO₂⁷, por el consumo anual actual de 1'913,008.32kWh de energía, se generan 1,322 Toneladas métricas anuales de CO₂, equivalentes a la quema de 3,040 barriles de petróleo. El ahorro

⁷ El CO₂ corresponde al 98% de los gases de efecto de invernadero que se generan por la combustión de combustibles fósiles.

potencial anual de 233,387kWh en la operación, permitiría dejar de emitir 163 Toneladas métricas anuales de CO₂, equivalentes a la quema de 371 barriles de petróleo⁸.

A partir del análisis de los indicadores y métricas presentadas, y de las recomendaciones derivadas de la herramienta DCProBeta V.2.0, elaboramos recomendaciones para cada uno de los subsistemas del centro de datos, por categoría y detalle general.

Manejo de Aire

- Considere incorporar un sistema economizador de agua y/o de aire a los equipos de aire acondicionado actuales.

Si el centro de datos es servido por unidades de enfriamiento que puedan abastecerse de manera práctica con aire exterior, considere implementar un sistema economizador de aire. Cuando opere en el modo de economizar, 100% de aire externo es empujado al centro de datos y regresado al exterior después de una pasada. Este esquema equipara o incluso elimina la energía del compresor de enfriamiento siempre que el contenido energético del aire exterior sea menor que el contenido energético del aire de regreso. Cuanta más alta sea la temperatura nominal del aire de regreso, más horas viables de economizador habrá. Para garantizar que el pico de demanda eléctrica del verano no se incremente por la energía de los ventiladores, diseñe vías para la toma de ingreso y de evacuación de aire con caída de baja presión. Existen modelos prefabricados de manejadores de aire y de unidades de aire acondicionado que pueden ordenarse con una opción economizadora directamente del fabricante.

Enfriamiento

- Convierta su sistema actual DX (de expansión directa) enfriado por aire, en un DX enfriado por agua o en unidades condensadoras de pre enfriado evaporativo.

Las unidades de condensadores DX CRAC enfriadas por aire transfieren el calor colectado en el centro de datos directamente al aire externo. Este es un proceso relativamente simple, pero ineficiente a temperaturas externas altas. Las torres de enfriamiento pueden producir temperaturas de agua consistentemente inferiores que la temperatura de aire exterior. Utilizando esta agua como medio de condensación permite al CRAC DX operar más eficientemente. Los fabricantes de unidades CRAC pueden proveer las partes necesarias para esta adecuación.

Condiciones del medio ambiente

- Modifique los ajustes de la unidad de enfriamiento en base a la demanda térmica de los servidores.

⁸ Estos valores fueron calculados utilizando la herramienta PGS:
<http://www.profitablegreensolutions.com/?q=resources/pgs-emissions-calculator>

El equipo de TI está diseñado para operar de la manera más confiable dentro de un cierto rango de temperaturas de aire de suministro, y es previsible un cierto incremento de la temperatura del aire antes de su desecho. Programar el sistema de enfriamiento para empatar estas temperaturas evita el desperdicio de energía de enfriamiento por el sobre enfriamiento del aire de suministro, y garantiza la operación confiable del equipo de TI.

- Considere incrementar la temperatura del aire de suministro.

Una temperatura de suministro baja hace que el equipo de enfriamiento trabaje menos eficientemente y limita la utilización de economizadores. Las arquitecturas “cerradas” permiten las temperaturas de suministro más altas (cercasas al límite superior del rango de temperatura de suministro recomendada) toda vez que se minimiza el mezclado de aire caliente con el frío. En contraste, la temperatura de suministro en arquitecturas abiertas a menudo es dictada por la temperatura de suministro más caliente.

- Modifique el sistema para permitir temperaturas de suministro más calientes. Siga las directrices térmicas de ASHRAE.

Especificar una temperatura de suministro de aire baja hace que el sistema de enfriamiento trabaje menos eficientemente y limita la utilización de economizadores. Fije como meta la temperatura máxima de suministro de las directrices propuestas por ASHRAE⁹ 77F (25°C) y NEBS 80F (26°C) dependiendo del tipo de equipo electrónico en el centro de datos y/o de telecomunicaciones. Si el sistema de distribución de aire puede ser modificado para entregar aire más efectivamente al equipo, puede que resulte posible incrementar la temperatura media del aire de suministro. Esto, a su vez, permitirá elevar la temperatura del aire de suministro, lo que resulta en la mayoría de los casos en una operación más eficiente del sistema de enfriamiento.

- Considere desconectar o eliminar los controles de humidificación o reducir el punto de humidificación.

El control estricto de la humedad puede ser muy costoso en los centros de datos, puesto que involucran la humidificación y la des humidificación. Un rango de humedad más amplio permite altos niveles de utilización de enfriamiento gratuito en la mayoría de zonas climáticas, utilizando economizadores efectivos de aire. Adicionalmente, los sistemas abiertos de agua requieren de mucho mantenimiento.

- Considere desconectar o eliminar los controles de des humidificación o incrementar el punto de des humidificación.

⁹ <https://www.ashrae.org/standards-research--technology/standards--guidelines>

La mayoría del equipo de TI moderno está diseñado para operar confiablemente dentro de un rango de Humedad Relativa de 20% a 80%. Sin embargo, en la mayoría de los centros de datos se fija en 55% de Humedad Relativa como límite superior. Mantener este límite superior relativamente bajo conlleva un costo energético.

Elevar el límite puede ahorrar energía, particularmente si el sistema de enfriamiento está dotado de un economizador de aire. En algunos climas, es posible mantener un límite superior aceptable sin necesitar nunca deshumidificar activamente. En este caso, considere desconectar o remover los controles completamente.

- Considere equipar a los técnicos del centro de datos con sistemas personales de puesta a tierra para permitir niveles de humedad más bajos en las tomas de aire del equipo de TI.

El límite inferior de humedad en los centros de datos se fija a menudo relativamente alto (resulta común un límite de 40% de Humedad Relativa en la toma de aire del equipo de TI) para prevenir daño en el equipo debido a descargas electrostáticas. Mantener este nivel de humedad es intensivo en energía si los humidificadores usan electricidad para producir vapor (este es el tipo más común). Se puede ahorrar energía si el límite inferior de humedad puede reducirse, particularmente si el sistema de enfriamiento cuenta con un economizador de aire. Se puede controlar el riesgo de descarga electrostática mediante materiales de piso conductivos, buenos métodos de puesta a tierra del cableado, y proveyendo pulseras de puesta a tierra para que las utilicen los técnicos cuando trabajen con los equipos.

- Ponga en red los controles de los equipos de aire acondicionado.

Las unidades de aire acondicionado son típicamente dispositivos autos contenidos, completos con sistema de control y sensores de temperatura y humedad. Los sensores pueden no estar calibrados, o pueden derivar de su punto de ajuste a lo largo del tiempo. En un centro de datos con muchas unidades de aires acondicionados y manejadores de aire, no resultan inusuales algunas unidades humidificando mientras otras simultáneamente deshumidifican. Pueden también existir diferencias significativas en las temperaturas del aire de suministro. Ambas situaciones desperdician energía. Controlar todas las unidades de aires acondicionados y manejadores de aire a partir de un conjunto común de sensores evita esto.

- Aísle el muro del centro de datos expuesto a insolación directa.

Aislar térmicamente los muros expuestos a insolación directa, en este caso, 5 horas promedio diarias, con una capa de poliuretano expandido de alta densidad esparcido a 1” pulgada, y protegido de las intemperies con alguna pintura epóxica, minimiza o elimina los efectos térmicos externos de la insolación directa hacia el interior del centro de datos, reduciendo el trabajo adicional del sistema de enfriamiento y generando ahorros inmediatos. En efecto, la aplicación por aspersion de poliuretano rígido con NOM, certificado ONNCCE y Sello FIDE, como el de la marca Máxima Dimensión, de gran

duresa, resistencia y alta densidad (40 a 48 Kg por m³), en un espesor de 1", con factor de resistencia térmica R8, equivale a 8 horas de protección al clima externo. La aplicación de 2" protegería durante las 24 horas¹⁰.

Para proteger el poliuretano de los rayos ultravioleta y de las intemperies, se recomienda aplicar una doble capa de recubrimiento de polímeros acrílicos elastoméricos, conocido como "recubrimiento elastomérico", del tipo de la marca Proterm 7000, color blanco de calidad 7 años, y con una garantía de 7 años. La garantía de los trabajos se puede renovar cada 5 años y por un plazo de otros 5 años, dándole mantenimiento al recubrimiento elastomérico.

Equipo de TI

- Evalúe el potencial de ahorros que se puede derivar de adquirir equipo nuevo.

La tecnología de TI evoluciona rápidamente, y se provén mejoras en el desempeño energético en el equipo nuevo. Un análisis costo – beneficio revelará cuándo hace sentido económico reemplazar el equipo existente. Con el uso de nuevas tecnologías se pueden mejorar las prestaciones existentes sin crear alteraciones relevantes dentro de los sistemas. Con estas medidas nos referimos al uso de nuevas tecnologías, con potencial para mejorar significativamente la eficiencia energética en los centros de datos, tales como: Procesadores de múltiples núcleos; Enfriamiento incorporado en el rack; Enfriamiento del chip. Los nuevos servidores con ahorro energético integran procesadores de múltiples núcleos, lo que mejora la fiabilidad de rendimiento al que permiten desempeñar tareas separadas múltiples simultáneamente, diferentes funciones a la vez y en un corto espacio de tiempo. El uso de dichos procesadores de múltiples núcleos reduce la potencia usada así como el calor desprendido en un 40%.

La evolución que han experimentado los sistemas de refrigeración de las salas, evolucionando hasta probablemente los sistemas de refrigeración focalizados directamente en los chips. Aparece un concepto revolucionario: además de climatizar el centro de datos, la clave es climatizar el rack acercando los recursos frigoríficos al corazón de la operación. El enfriamiento tradicional, (impulso de aire frío por el piso falso), sigue considerándose importante en la refrigeración del centro de datos, pero el enfriamiento por rack consigue resultados más eficientes.

Es utilizada en climatizaciones de alta densidad, para mejorar la refrigeración de los sistemas. El objetivo de la climatización directa del rack es evitar puntos calientes en el centro de datos con diferentes necesidades de disipación térmica en cada rack. Con este

¹⁰ El mercado también ofrece paneles de materiales compuestos recubiertos de poliuretano rígido, elaborados en fábrica. NOM es el acrónimo de Norma Oficial Mexicana; ONNCCE es el acrónimo de Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C.; FIDE es el acrónimo de Fideicomiso Para el Ahorro de Energía Eléctrica.

sistema se puede conseguir que los 15-30 kw de calor disipado por un rack con tecnología Blade no se transmitan al centro de datos. De esta forma no sería necesario sobredimensionar la climatización del resto del centro de datos y se produciría un ahorro energético. La refrigeración y por lo tanto ahorro energético del centro de datos, representa una oportunidad significativa para mejorar y conseguir ahorros energéticos en él. En muchos casos, cambios relativamente sencillos y poco costosos tales como mejorar el sellado del centro de datos, optimización del flujo de aire (removiendo cables y otros objetos o instalando paneles ciegos en los racks), usando algunas horas de freecooling o freshcooling¹¹, pueden dar dividendos inmediatos.

Cadena de Poder del Equipo de TI

- Si los UPS¹² tienen más de 10 años de servicio, cambie las topologías de los UPS por otras más eficientes.

Las tecnologías de UPS continúan evolucionando. Si se provee el reemplazo de los UPS existentes, asegúrese de especificar una topología de UPS de alta eficiencia. Si los UPS existentes tienen más de 10 años, puede resultar costo – efectivo reemplazarlos lo más pronto posible con sistemas nuevos.

- Cambie los capacitores de Corriente Directa (CD) de los UPS si tienen más de 5 años.

Los capacitores de CD en los sistemas típicos de UPS tienden a perder efectividad con el pasar del tiempo. Esto puede resultar en que al aplicar carga, el inversor deje de operar, y se genere un incremento de corriente agitada en las baterías. Lo anterior no solo resulta en una operación menos eficiente, sino que deriva en un tema de seguridad. Los capacitores de CD a menudo tienen la misma vida útil de diseño que las baterías; aproximadamente 5 años. Los capacitores deben revisarse regularmente.

- Cuando el nivel de redundancia sea lo suficientemente elevado, desconecte módulos del UPS, generadores de apoyo, y PDU's.

En algunas instalaciones, la cantidad de módulos de UPS y/o de PDU's tiene capacidad más que sobrada para servir la carga. Puede resultar posible desconectar algunos módulos y aún mantener el nivel de redundancia. Esto permitirá que las unidades restantes operen con factores de carga más elevados, lo que normalmente se traduce en mayor eficiencia.

- Utilice una fuente de energía alternativa para alimentar el calentador del bloque del generador de emergencia: Gas Natural.

¹¹ Freecooling o freshcooling se refieren al uso directo de aire a temperatura ambiente para enfriar los componentes electrónicos del centro de datos, siempre y cuando esta resulte inferior a 24°C.

¹² UPS Uninterruptable Power Supply, Unidad de Poder Ininterrumpible.

En muchas áreas, los bloques de los motores de los generadores de emergencia se mantienen calientes mediante resistencias para facilitar un arranque rápido y confiable. Si se dispone de otra fuente de calor, preferiblemente calor de desecho, se puede ahorrar la energía utilizada para el calentador eléctrico.

- Provea un control de termostato al generador de emergencia y/o a las cubiertas del calentador de agua.

En muchas áreas, los bloques de los motores de los generadores de emergencia se mantienen calientes mediante resistencias para facilitar un arranque rápido y confiable. A menudo, estos calentadores son dispositivos simples que provén calor continuo sin ningún control de termostato. Añadir un termostato ayuda a minimizar el uso de electricidad para el calentador.

- Explore la factibilidad de instalar una batería de foto celdas, aerogeneradores o celdas de combustible¹³, para suministrar un porcentaje de la energía requerida para la operación del centro de datos.

Elabore un estudio de factibilidad técnica para instalar una batería de paneles fotovoltaicos, aerogeneradores o celdas de combustible, para generar una parte de la energía del centro de datos mediante fuentes renovables. Conforme a un programa de reducción de huella de carbono, se podrán ir agregando módulos para ir reduciendo el consumo de electricidad fósil. Lo anterior hace sentido no solamente porque la mayor carga ocurre durante las horas más intensas de insolación, en periodo de tarifa intermedia, generándose vientos al oscurecer por el gradiente térmico, e imprime un sello ecológico, conforme a los Objetivos del Milenio de las Naciones Unidas, a los servicios que ofrece la institución.

Iluminación

- Instale sensores de ocupación para controlar las luces.

Muchos centros de datos están desocupados por periodos largos de tiempo. Controlar las luces del centro de datos con sensores de ocupación ahorra directamente energía para iluminación. Esto también reduce la carga de calor, ahorrando energía del sistema de enfriamiento.

¹³ Una pila de combustible, también llamada célula o celda de combustible es un dispositivo electroquímico de conversión de energía similar a una batería, pero se diferencia de esta última en que está diseñada para permitir el reabastecimiento continuo de los reactivos consumidos; es decir, produce electricidad de una fuente externa de combustible y de oxígeno en contraposición a la capacidad limitada de almacenamiento de energía que posee una batería, y es una excelente opción para espacios confinados o limitados.

- Sustituya las lámparas T-12 con balastos magnéticos, por lámparas T-8 con balastos electrónicos, o por luminarias de inducción. Haga del conocimiento del personal de intendencia del peligro de manejar focos de neón fundido o roto, por la carga de mercurio que contienen.

Utilice mangueras de series de LED blancos para proveer una iluminación tenue al centro de datos, durante las horas de desocupación. Reemplace las lámparas actuales T-12 y balastos magnéticos por lámparas T-8 con balastos electrónicos, accionadas por sensores de ocupación, por tramos. Esto permite ahorros directos por la eliminación de los balastos magnéticos. De igual manera, la sustitución reduce la carga para el sistema de enfriamiento, toda vez que las lámparas T-8 con balastos electrónicos son más eficientes y generan menos calor.

Condiciones generales

- Disminuya o traslade los consumos energéticos en horas punta a periodos base e intermedios.

Estudie la posibilidad y la conveniencia de emparar los horarios del personal con los horarios de la tarifa eléctrica, de tal suerte que traslade las cargas de trabajo de ocupación plena hacia periodos de base o intermedios, y evite que estos se empaten con los de tarifa pico. Considere implantar un horario de trabajo de verano y otro de invierno, toda vez que la única carga discreta con que el INFOTEC puede maniobrar es con la carga que se desprende de la operación de las instalaciones a carga plena.

- Considere instalar un sub medidor en el ramal que alimenta el centro de datos.

El uso de sub medidores es posible toda vez que el INFOTEC cuenta con una sub estación. El sub medidor puede adquirirse directamente de la empresa IUSA, entre otras, con un costo relativamente reducido. El sub medidor en ese ramal permitirá llevar un registro preciso de la cantidad de poder que se suministra al centro de datos, y aplica la premisa de que lo que no se mide no se puede mejorar.

5. Las 10 mejores prácticas para lograr un consumo energético inteligente en el corto y mediano plazo.

Por último, referimos las 10 mejores prácticas para lograr un “consumo inteligente”, mismas que hemos visto abordadas, de una u otra manera, por los diversos autores que trabajan el tema de la eficiencia energética de los centros de datos. *Emerson Network Power*¹⁴ las sistematiza en cuatro grandes bloques.

¹⁴ Emerson Network Power. Energy Logic: Reducing Data Center Energy Consumption by Creating Savings that Cascade Across Systems. A White Paper from the Experts in Business-Critical Continuity. Emerson Electric Co. SL-24621(0809). Visto en: <http://www.emersonnetworkpower.com/en-US/Latest-Thinking/EDC/Documents/White%20Paper/EnergyLogicReducingDataCenterEnergyConsumption.pdf>, el 20121101.

I. Elaboración de Políticas de TI, que favorezcan acciones permanentes para:

- Operar con procesadores de bajo consumo, y/o sustituir los actuales por procesadores de nueva generación, de bajo consumo y con puesta en reposo, toda vez que por efecto de cascada, 1 Watt ahorrado a nivel procesador, ahorra 2.8 Watts en la infraestructura de soporte, “corriente abajo”.
- Operar con fuentes de poder de alta eficiencia, y/o sustituir las actuales por fuentes de poder de nueva generación, que permiten altas eficiencias respecto a los de generaciones anteriores, lo que se traduce en menores pérdidas de transformación.
- Administración de Poder de los Servidores. Los nuevos procesadores tienen características de administración de energía integradas que pueden reducir el consumo de energía cuando el procesador está inactivo. Con demasiada frecuencia, estas características se inhabilitan debido a preocupaciones con respecto al tiempo de respuesta; sin embargo, esta decisión debería ser reconsiderada a la luz del importante ahorro que esta tecnología puede permitir. Para el centro de datos del INFOTEC, si asumimos que el consumo en reposo es de 80% del pico de consumo de energía sin características de administración de energía, entonces se podrían lograr reducciones de hasta el 45% aproximadamente del pico de potencia drenado con respecto a una condición donde la característica de administración fue habilitada. Con este escenario de gestión de energía, se podría ahorrar un adicional 8% (17.7kW), de la carga del centro de datos sin optimizar.

II. Profundizar los Proyectos de TI que favorezcan el empleo de:

- Servidores blade, y
- La virtualización de las aplicaciones.

Estas tecnologías han “emergido como mejores prácticas para la administración de los centros de datos y desempeñan una importante función en la optimización de la eficiencia, desempeño y maniobrabilidad funcional”. El INFOTEC ya hace uso extensivo de estas prácticas.

III. Implementar Mejores Prácticas en cuanto a:

- Distribución de Poder AC a mayor voltaje, lo que reduce las pérdidas por transmisión, generando ahorros inmediatos;
- Mejores prácticas de enfriamiento, que incluye optimizar el sistema existente, dotándolo de reguladores de velocidad variable, toda vez que operan a velocidad constante, sin responder a una demanda variable de enfriamiento conforme se incrementa o reduce la carga de trabajo.

IV. Ejecutar proyectos de infraestructura que se focalicen en optimizar:

- Enfriamiento suplementario de alta densidad, para incrementar las capacidades de procesamiento del centro de datos¹⁵;
- Implementar un sistema de monitoreo y optimización, que alimente un “tablero de control energético”¹⁶, tanto con los indicadores que se desprenden de los recibos de electricidad, como con las métricas de desempeño del centro de datos, el registro de los cambios realizados y su reflejo en los indicadores y métricas de eficiencia energética.

¹⁵ Se refiere al enfriamiento suministrado directamente a uno o varios racks, con altas densidades de carga, mediante equipos modulares ubicados encima o al lado de ellos

¹⁶ Un “tablero de control energético” es una herramienta de administración de la energía, que integra indicadores y métricas de desempeño relevantes para la operación del centro de datos, que se alimenta periódicamente. Debe reflejar las acciones de mejora emprendidas en las métricas e indicadores

Anexos

Anexo 1

Indicadores de los recibos por consumo eléctrico, 2011 – 2012

Id	Indicador	2011 (ene – dic)	2012 (ene – ago)	Periodicidad
1	Demanda Máxima Total Anual, kW	3,842	2,548	Anual
2	Demanda Máxima Promedio Mensual, kW	320	319	Mensual
3	Consumo Total Anual, kWh	2,251,540	1,526,880	Anual
4	Consumo Promedio Mensual, kWh	187,628	190,860	Mensual
5	Costo Total Anual, \$	3,760,879	2,688,237	Anual
6	Costo Promedio Mensual, \$	313,406	336,029	Anual
7	kVArh Total Anual	489,180	375,360	Anual
8	kVArh Promedio Mensual	40,765	46,920	Mensual
9	Factor de Potencia Promedio Mensual, %	97.71	97.12	Mensual
10	Factor de Carga Promedio Mensual, %	75	74	Mensual
11	Precio Medio Promedio Mensual, \$/kWh	1.4473	1.5245	Mensual
12	Consumo de Energía Base Total Anual, kWh	685,920	456,960	Anual
13	Consumo de Energía Base Promedio Mensual, kWh	57,160	57,120	Mensual
14	Consumo de Energía Intermedio Total Anual, kWh	1,360,320	940,880	Anual
15	Consumo de Energía Intermedio Promedio Mensual, kWh	113,360	117,610	Mensual
16	Consumo de Energía Punta Total Anual, kWh	204,300	129,060	Anual
17	Consumo de Energía Punta Promedio Mensual, kWh	17,025	16,133	Mensual
18	Consumo de Poder, kW			
19	Consumo de Poder Base Total Anual, kW	3,062	2,043	Anual
20	Consumo de Poder Base Promedio Mensual, kW	255	255	Mensual
21	Consumo de Poder Intermedio Total Anual, kW	4,102	2,844	Anual
22	Consumo de Poder Intermedio Promedio Mensual, kW	342	356	Mensual
23	Consumo de Poder Punta Total Anual, kW	3,712	2,414	Anual
24	Consumo de Poder Punta Promedio Mensual, kW	309	302	Mensual
25	Consumo de Poder Total Anual, kW	10,876	7,301	Anual
26	Consumo de Poder Promedio Mensual, kW	906	913	Mensual
27	Costo de la Energía Base Total Anual, \$	669,224	473,145	Anual
28	Costo de la Energía Base Promedio Mensual, \$	55,769	59,143	Mensual
29	Costo de la Energía Intermedio Total Anual, \$	1,590,436	1,163,316	Anual
30	Costo de la Energía Intermedio Promedio Mensual, \$	132,536	145,415	Mensual
31	Costo de la Energía Punta Total Anual, \$	398,143	268,749	Anual
32	Costo de la Energía Punta Promedio Mensual, \$	33,179	33,594	Mensual
33	Costo Total Anual (poder), \$	2,657,803	1,905,209	Anual
34	Costo Promedio Mensual (poder), \$	221,484	238,151	Mensual
35	Demanda Facturable Total Anual, kW	3,835	2,548	Anual

36	Demanda Facturable Promedio Mensual, kW	320	319	Mensual
37	Consumo Total Anual de Energía, kWh	2,263,960	1,526,880	Anual
38	Consumo Promedio Mensual de Energía, kWh	188,663	190,860	Mensual

Cuestionario aplicado a los responsables de operar el centro de datos

1. Subsistema de datos generales:

- 1.1. Fecha de la auditoría (aaaammdd): no aplica.
- 1.2. Datos de ubicación del centro de datos.
 - 1.2.1. Nombre del inmueble: CD INFOTEC.
 - 1.2.2. Nombre del propietario, en caso de que no sea una institución: No aplica.
 - 1.2.3. Tipo de institución: Organismo Público.
 - 1.2.4. Ubicación del centro de datos. Calle; número; piso en que se encuentra el centro de datos; población; código postal: Av. Sn Fernando 37, Col Toriello Guerra Planta Baja.
 - 1.2.5. Nombre y número de teléfono del responsable del centro de datos:
Coordinación Centro de Datos
Línea fija 562428000; celular no aplica; radio No aplica.
Correo electrónico: Centrodedatos@infotec.com.mx.
 - 1.2.6. Nombre y número de teléfono de la persona designada para suministrar los datos de la auditoría energética: Línea fija No aplica; celular No aplica; radio No aplica.
Correo electrónico: No Aplica.
 - 1.2.7. Tipo y categoría del inmueble en el que se encuentra el centro de datos:
Oficinas.
 - 1.2.8. Uso primario del inmueble: Centro de Investigación.
 - 1.2.9. Fecha de construcción del inmueble: septiembre 1990.
 - 1.2.10. Fecha de construcción del centro de datos: septiembre 1997.
 - 1.2.11. Fecha de la última remodelación/adecuación del centro de datos:
aaaammdd 2002 septiembre.
 - 1.2.12. ¿Se cuenta con un plan/programa publicado y conocido por los empleados para la administración y ahorro de energía?: Si XX, No .
 - 1.2.13. ¿Existe un responsable de implementar y dar seguimiento al plan/programa para la administración y ahorro de energía?: Si X, No .
 - 1.2.14. ¿Se ha efectuado alguna auditoría energética en el pasado?: Si , No XX.
 - 1.2.15. En caso afirmativo, fecha de la última auditoría energética: aaaammdd No aplica.
 - 1.2.16. Indique el ahorro energético estimado derivado de la última auditoría energética, en los últimos 12 meses. Unidades: kWh No aplica.
 - 1.2.17. Indique las medidas de conservación implementadas o bajo consideración, previas a esta auditoría (por favor especifique cuales), incluya el costo estimado y los ahorros estimados si dispone del dato:

no aplica (nota: estos datos no son manejados por el personal de Centro de Datos, los programas de energía son responsabilidad de las áreas de servicios generales).

1.2.18. ¿Existe un programa implementado para la medición del uso de energía y para la calibración de los instrumentos para ese fin?: Si __, No xx.

1.2.19. ¿Existe un programa implementado de mantenimiento preventivo?: Si xx, No __.

1.3. Área del centro de datos (eléctricamente activa). Dato requerido: metros cuadrados eléctricamente activos ocupados por el centro de datos: _203.89 m2.

1.4. Área del centro de datos que no está dedicada al objeto primario del centro de datos (procesamiento de datos y telecomunicaciones). Dato requerido: metros cuadrados __142.87 m2.

1.5. Área del centro de datos dedicado a actividades de soporte (NOC). Dato requerido: metros cuadrados __225 m2_.

1.6. Tipo de centro de datos: colocación; financiero, gobierno, corporativo, administración de recuperación de desastre, switches de telecomunicaciones, ruteadores para proveer el servicio de acceso a internet, operaciones/procesamiento, almacenamiento de información, proveedor de servicios de acceso a internet. Utilice la tipología del programa Energy Star . Gobierno

1.7. Nivel del centro de datos (*Tier type*) (a partir de la definición del *Uptime Institute*: <http://uptimeinstitute.com>): Nivel I; Nivel II, Nivel III; Nivel IV, o mixto: Nivel II.

El *Uptime Institute* de Santa Fe, Nuevo México, EE. UU., ha definido sus propios cuatro niveles, sobre los que posee el registro de derechos de autor. Los niveles describen la disponibilidad de datos a partir de la infraestructura en una ubicación. Cuanto más alto sea el nivel, mayor será la disponibilidad. En sus propios términos: “La *Topología de Estándares de Niveles* del Instituto es una base objetiva para comparar la funcionalidad, capacidad y disponibilidad esperada (o desempeño) del diseño topológico de la infraestructura de un sitio particular respecto a otros sitios, o para comparar un grupo de sitios.

Este estándar describe criterios para diferenciar cuatro clasificaciones de topología de infraestructura de sitios basado en niveles crecientes de capacidad de redundancia de componentes y de rutas de distribución. Este estándar se enfoca en las definiciones de los cuatro Niveles y en la confirmación de las pruebas de desempeño para determinar conformidad con

las definiciones.” Uptime Institute Professional Services, *Data Center Site Infrastructure Tier Standard: Topology*. LLC, 2010, p. 2.

Los niveles son los siguientes:

Nivel	Requerimientos
I	Una sola ruta de distribución, no redundante, para alimentar el equipo de TI.
	Componentes de capacidad no redundantes.
	Infraestructura básica del sitio con una disponibilidad esperada de 99.671%.
II	Cumple o excede todos los requerimientos del Nivel 1.
	Componentes de capacidad de la infraestructura del sitio redundantes, con una disponibilidad esperada de 99.741%.
III	Cumple o excede todos los requerimientos de los Niveles 1 y 2.
	Rutas múltiples e independientes de distribución sirviendo el equipo de TI.
	Todo el equipo de TI debe contar con doble alimentación y ser totalmente compatible con la topología de la arquitectura del sitio.
	Infraestructura del sitio mantenible de manera concurrente con una disponibilidad esperada de 99.982%.
IV	Cumple o excede todos los requerimientos de los Niveles 1, 2 y 3.
	Todo el equipo de enfriamiento cuenta con doble alimentación independiente, incluyendo los sistemas de enfriamiento y calefacción, ventiladores y aire acondicionado (sistemas HVAC)
	Infraestructura tolerante a fallos con instalaciones de almacenamiento y distribución de electricidad, con disponibilidad esperada de 99.995%.

1.8. Porcentaje de avance en la construcción del centro de datos: 100 %.

1.9. Nivel de Saturación del Centro de Datos: 88 %.

¿A qué porcentaje del consumo total soportable de consumo energético opera el centro de datos? La carga máxima soportable está basada en la capacidad de la infraestructura eléctrica y de enfriamiento actual.

2. Subsistema de equipo de TI.

2.1. ¿Se mide y se registra el uso del equipo de TI (almacenamiento, servidores y telecomunicaciones)?: Si xx, No __.

2.2. ¿Cuenta con un proceso para identificar servidores abandonados y/o sin uso para sacarlos de línea o reasignarlos?: Si xx, No __.

2.3. ¿Cuál es la edad promedio a la cual reemplaza sus servidores?

A. 0 – 2 años __;

B. 3 años __;

- C. 4 años__;
D. 5 años o más_xx_.
- 2.4. ¿Está utilizando virtualización para consolidar sus cargas de trabajo?: Si __x__; No __.
- 2.5. ¿Qué tan extensiva es su consolidación de almacenamiento?:
A. 0%__;
B. 1 a 50%__;
C. 51 a 99%_xx_;
D. 100%__.
- 2.6. ¿Ha implementado técnicas de optimización de almacenamiento tales como aprovisionamiento delgado (*thin provisioning*), instantáneas incrementales (*incremental snapshots*), o de-duplicación?: Si xx; No __.
- 2.7. ¿Qué tipo de almacenamiento ha implementado? (marque todos los que apliquen):
Más de un tipo de producción __.
Tipo de Archivo __.
Almacenamiento de línea próxima xx.

3. Subsistema de condiciones medioambientales del centro de datos.

- 3.1. Indique el tipo de material con que están contruidos los muros del centro de datos:
A. Tabique con __ o sin __ revestimiento interno de yeso: __;
B. Ladrillo con __ o sin __ revestimiento interno de yeso: _xx_;
C. Concreto con __ o sin __ revestimiento interno de yeso: __;
D. Tablaroca o durock: __;
E. Otro: especifique _____
_____.
- 3.2. Indique si alguno de los muros externos del centro de datos recibe rayos solares directos: Si _xx_; No __. En caso afirmativo, indique las horas promedio de exposición diaria: ___5hrs_____.
- 3.3. ¿Cuál es la diferencia típica entre las temperaturas de suministro de aire frío del equipo de enfriamiento y la del aire caliente de salida?:
A. 3°C __;
B. 6°C __;
C. 8°C __;
D. 11°C _xx_;

- E. 14°C _;
- F. 17°C _;
- G. 19°C _;
- H. 22°C _.

Seleccione la diferencia de temperatura PROMEDIO entre el aire suministrado por el sistema de enfriamiento y el exhausto de por lo menos el 50% de las unidades de enfriamiento. Seleccione unidades en diferentes ubicaciones en el espacio del centro de datos. La temperatura de aire suministrado fluctúa enormemente en algunas unidades de enfriamiento, por lo que se requiere obtener una lectura a través del tiempo que tome en cuenta estas fluctuaciones.

3.4. ¿Se optimizó la temperatura de salida del sistema de enfriamiento para la carga a enfriar?: Si xx_ ; No _.

¿Se fijó la temperatura de salida a un valor nominal, valor de “dedo”, o se optimizó para la carga real de enfriamiento?

3.5. ¿Cuál es la temperatura (media ponderada) del aire de suministro?:

- A. 7°C _;
- B. 10°C _xx_;
- C. 13°C _;
- D. 16°C _;
- E. 18°C _;
- F. 21°C _;
- G. 24°C _;
- H. 27°C _;
- I. >27°C _.

Seleccione la temperatura PROMEDIO (media ponderada) de suministro de por lo menos el 50% de sus unidades de enfriamiento. Seleccione unidades en diferentes ubicaciones del centro de datos. La temperatura de suministro fluctúa enormemente en algunas unidades de enfriamiento, por lo que se requiere obtener una lectura a través del tiempo que tome en cuenta estas fluctuaciones. Mídase a la salida del difusor/toma de salida, promedio ponderado por la tasa del flujo de aire.

3.6. ¿Cuál es la temperatura (media ponderada) a la entrada de los equipos de TI?:

- A. 10°C _;
- B. 13°C _;
- C. 16°C xx_;
- D. 18°C _;
- E. 21°C _;
- F. 24°C _;
- G. 27°C _;

H. 29°C _;

I. >29°C _.

Seleccione la temperatura PROMEDIO (media ponderada) del aire a la entrada del equipo de TI, a partir de una variedad de ubicaciones en el centro de datos. Incluya equipo ubicado en la parte baja de los racks, a media altura, y en la parte superior de los racks. Puede que no desee descartar las lecturas individuales de los racks toda vez que contienen información adicional. Si la temperatura en cualquier ubicación fluctúa con el suministro de aire de las unidades de enfriamiento, obtenga una lectura promedio en el tiempo que considere las fluctuaciones.

- 3.7. ¿Cuál es la temperatura (media ponderada) del aire exhausto?, _21_°C.
Mídase a la entrada del ducto de salida, media ponderada por la tasa de flujo de aire.
- 3.8. ¿Cuál es el promedio de temperaturas (media ponderada) a la entrada de la toma de aire de los racks?, _16_°C. Promedio de medidas a diferentes alturas y en múltiples racks.
- 3.9. ¿Cuál es el promedio de temperaturas (media ponderada) a la salida de la toma de aire de los racks?, _ 21_°C. Promedio de medidas a diferentes alturas y en múltiples racks.
- 3.10. ¿Cuál es el valor del registro de sobre temperatura más alto de que se disponga?: °C_29°C__.
- 3.11. ¿Cuál es el nivel máximo permitido de sobre temperatura?: °C _26°C__.
- 3.12. ¿Cuál es el incremento de temperatura promedio (media ponderada) en el equipo electrónico?: 13°C
- 3.13. ¿Tiene controles de humidificación activos y trabajando?: Si xx__; No __.
¿Tiene uno o más controles automáticos de humidificación, activos y trabajando que sirvan el espacio del centro de datos? Si
- 3.14. ¿Tiene controles activos y trabajando de des humidificación?: Si _xx_; No __.
¿Permite el sistema de aire acondicionado que sirve al centro de datos especificar un límite superior de humedad relativa (HR o punto de rocío - PR), y el sistema ha sido diseñado para que controle automáticamente este punto?
Si

3.15. Tipo de equipo de humidificación:

- A. Eléctrico XXXXX
- B. Vapor
- C. Evaporativo Directo

3.16. ¿Cuál es el punto (set point) del de equipo de des humidificación?, %:
59%

3.17. Ajuste del nivel de humedad relativa a la entrada de la toma de aire del equipo de TI de baja gama, _40_ %.

3.18. Ajuste del nivel de humedad relativa a la entrada de la toma de aire del equipo de TI de alta gama, _60_ %.

3.19. ¿Dónde se ubican los sensores de temperatura y humedad?:

- A. En la salida de aire exhausto _xx_;
- B. En el suministro de aire ___;
- C. En la toma de entrada de aire del equipo de TI ___;
- D. En la salida de aire exhausto del equipo de TI ___;
- E. En otra ubicación ___.

Si los sensores de temperatura y de humedad no se encuentran en la misma ubicación, seleccione Otros.

3.20. ¿Tienen las unidades CRAC/H controles centralizados (de red) o distribuidos?:

- A. Centralizados ___;
- B. Distribuidos _xx_.

Si tiene más de una unidad CRAC/H con capacidad de control de humedad, ¿controlan las unidades la humedad independientemente (p. ej. Distribuido), o son controladas como grupo (p. ej. Centralizadas)?

3.21. ¿Existen procedimientos y equipo de puesta a tierra personal/cable para prevenir descargas electrostáticas?: Si ___; No _xx_.

El equipo puede incluir alfombras conductoras o personal con muñequeras aterrizadas a los racks de los equipos de TI.

3.19. ¿Luchan entre sí los CRACs/Hs (por ejemplo, simultáneamente humidificando y des humidificando)?: Si _xx_; No ___.

La mayoría de las unidades CRAC/H indican en su panel frontal la lectura de si están actualmente humidificando, deshumidificando o ninguna de las dos cosas.

- 3.22. ¿Posee un sistema de control que permite incorporar resultados de pruebas de calibración del sensor, de tal manera que las lecturas del sensor se corrijan automáticamente?: Si ___; No _xx_.

4. Subsistema de administración del aire y de enfriamiento.

- 4.1. Consumo energético promedio del sistema de enfriamiento, ___221___ kWh. Poder promedio del tiempo en que el o los enfriadores están encendidos.
- 4.2. Carga promedio de enfriamiento, ___65___ toneladas. Carga promedio durante el tiempo en que el o los enfriadores están encendidos. Si no se puede medir directamente, puede calcularse a partir de la tasa de flujo de aire y de las temperaturas de suministro y de retorno del aire exhausto.
- 4.3. Capacidad de enfriamiento instalada (con o sin respaldo), ___65___ toneladas. Capacidad establecida por las condiciones de diseño.
- 4.4. Carga pico de enfriamiento, ___65___ toneladas. Pico estimado a lo largo de un año.
- 4.5. Horas de economizador de aire (enfriamiento completo), ___0___ horas. Horas sin enfriamiento asistido por compresor. Estímese el valor anual.
- 4.6. Horas de economizador de aire (enfriamiento parcial), ___0___ horas. Horas con enfriamiento reducido basado en compresor. Estímese el valor anual.
- 4.7. Horas de economizador de agua (enfriamiento completo), ___0___ horas. Horas sin enfriamiento asistido por compresor. Estímese el valor anual.
- 4.8. Horas de economizador de agua (enfriamiento parcial), ___0___ horas. Horas con enfriamiento reducido basado en compresor. Estímese el valor anual.
- 4.9. Poder total de los ventiladores (suministro y retorno), ___0___ W. Si no dispone de mediciones, utilice los valores de diseño del centro de datos.
- 4.10. Tasa de flujo de aire de los ventiladores total (suministro y retorno), pies cúbicos por segundo – CFS, por sus siglas en inglés - _594_ cfs. Si no dispone de mediciones, utilice los valores de diseño del centro de datos.

- 4.11. ¿Cuántas unidades CRAC/CRAH/AHUs existen que operen en condiciones normales?
Unidades de Aire Acondicionado de Cuartos de Computadoras (CRAC) __3.
Manejadores de Aire de Cuartos de Computadoras (CRAH) ____.
Unidades Manejadoras de Aire (AHU) ____.
- 4.12. ¿Existe algún enfriamiento suplementario?:
A. Ninguno __x;
B. En fila ____.
C. Modular ____;
D. Por encima ____;
E. Puerta trasera ____;
F. Gabinete enfriado por líquido ____.
- 4.13. ¿Poseen las unidades CRAC/CRAH/AHU un condensador gratuito (economizador de lado del agua)?: Si ____; No __xx.
- 4.14. ¿Existe un condensador en el sistema de CRAC/CRAH/AHU que se sirva directamente con agua de una torre de enfriamiento?: Si ____; No xx_.
- 4.15. ¿Existe enfriamiento gratuito del lado del aire?: Si ____; No __xx.
¿Están equipadas las unidades de enfriamiento con exclusas controladas automáticamente que permitan el ingreso de aire exterior al centro de datos para fines de enfriamiento cuando las condiciones climáticas resulten favorables? “Gratis” significa que el aire de ingreso se entrega directamente al espacio del centro de datos sin viajar primero a través de plenos o ductos.
- 4.16. Ruta del suministro de aire: ____por cámara plena baja, y retorno por arriba del plafón.
Si hay más de una ruta, indique la ruta PRINCIPAL de distribución de aire.
- 4.17. ¿Están sellados los orificios de acceso de los cables al centro de datos?:
A. 0 - 10% ____;
B. 11% a 89% ____; C. 90% a 100% __xx.
Si los cables que sirven el equipo de TI penetran el piso elevado, seleccione la respuesta que mejor describa la situación actual.
- 4.18. ¿Existe acumulación de cables en el piso del pleno o en más de 1/3 por encima de la altura del pleno?: Si __xx_; No ____.
Utilice un estimado de la altura de los cables cuando responda a esta pregunta.

- 4.19. ¿Existe y opera un programa de minería de cables, para retirar los cables que ya no se encuentren en uso y facilitar una adecuada distribución de la presión de aire?: Si xx; No .
Este es un programa para verificar periódicamente que los cables que no se usan sean removidos para prevenir obstrucciones en los flujos de aire que deriven en un enfriamiento pobre del equipo.
- 4.20. ¿El equipo de TI está en filas rectas, paralelas?: Si xx; No .
- 4.21. Ventiladores:
A. ¿Qué porcentaje de sus ventiladores operan a velocidad constante?:
100%
B. ¿Qué porcentaje de sus ventiladores están equipados con controladores de velocidad variable (VSD)?: %
- 4.22. Poder total de los ventiladores: kW 15.088 kW .
Especifique el periodo: .
¿Cuánta energía consume su parque de ventiladores en un periodo de tiempo?.
- 4.23. ¿Existen algunas áreas del centro de datos que tengan densidades de carga de más de 4 veces la densidad de la carga promedio?: Si ; No xx.
La densidad de carga se define como la demanda de poder del equipo de TI dividido por el área de piso dedicada a ese equipo (incluyendo el espacio de pasillo). Se reporta normalmente en watts por metro cuadrado. Utilice la demanda de poder real, no la demanda de poder para la que el centro de datos fue diseñado.
- 4.24. ¿Se encuentra balanceado el sistema de entrega de aire para garantizar tasas correctas de flujos de aire?: Si xx; No .
Los sistemas suministro de aire típicamente se balancean cuando se completa su construcción. Los resultados se presentan en un reporte de Prueba y Balanceo. El sistema puede o no permanecer balanceado con el transcurso del tiempo. Si ha transcurrido más de un año desde que se realizó el último balanceo, responda No.
- 4.25. ¿Existe y opera un programa de re balanceo del aire (para permitir una adecuada distribución del aire)?: Si xx; No .
Este es un programa para verificar periódicamente que el balanceo sea el correcto, y para re balancear si resultara necesario.

4.26. Tipo de sistema de enfriamiento:

- A. Aire enfriado DX __x__;
- B. Aire enfriado por agua DX ___;
- C. Aire enfriado por evaporación DX ___;
- D. Agua enfriada ___.

DX = Expansión Directa. Si tiene más de un tipo de sistema de enfriamiento en el centro de datos, seleccione el dominante (el que tenga en el momento la carga más grande). Por favor indique la característica dominante. Seleccione el componente más grande del sistema.

4.27. ¿Tiene motores de eficiencia *Premium* en todos los ventiladores de suministro, bombas y torres de enfriamiento que sirven al centro de datos?: Si ___; No xx.

4.28. ¿Cuál es el nivel de redundancia de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, HVAC por sus siglas en inglés?:

- A. N___;
- B. N+1__x__;
- C. Excede N+1___;
- D. 2N___.

Si se requieren N unidades para proveer enfriamiento al centro de datos durante condiciones pico, entonces se definen los siguientes niveles de redundancia, y se definen de la siguiente manera:

N = No redundancia; N+1= Una unidad redundante; Excede N+1= Más de una unidad redundante. 2N = Para cada una de las N unidades, existe una unidad gemela redundante. El nivel de redundancia para los sistemas HVAC es el nivel de redundancia mínimo del sistema. Por ejemplo, suponga un centro de datos cuyo sistema de enfriamiento por agua fría tiene dos unidades de aire acondicionado para cuartos de computadoras (CRAC = *Computer room air conditioning*, por sus siglas en inglés) redundantes, un enfriador redundante, pero no así bombas redundantes de agua fría. Entonces, el nivel de redundancia del sistema HVAC es N debido al nivel más bajo de redundancia para la porción del componente de bombas de agua fría de este sistema.

5. Subsistema de Cadena de Poder del Equipo de TI del centro de datos.

5.1. ¿Existe una Fuente Ininterrumpible de Poder (UPS por sus siglas en inglés)?:

Si __x__; No ___. Si existe un UPS pero no se utiliza, responda No.

5.2. Lectura promedio de la energía de alimentación al equipo de TIC del UPS, ___132000___watts. Mídase corriente a bajo de los PDUs. Tome la

lectura a lo largo de varios intervalos durante el día, durante por lo menos una semana, especifique los intervalos de tiempo ___diario_____.

- 5.3. Tecnología del UPS;
- A. Doble conversión XXX
 - B. Conversión delta
 - C. Rotary
 - D. Otro
- 5.4. Factor de carga del UPS:
- A. 0% - 24%
 - B. 25% - 49%
 - C. 50% - 100% XXXXX
- 5.5. Configuración de redundancia del UPS:
- A. N
 - B. N+1 XXXX
 - C: 2N
- 5.6. ¿Existe un generador de emergencia?: Si __x__; No ____.
Generador de emergencia = generador de soporte, típicamente alimentado por un motor diesel.
- 5.7. ¿Existe un sistema de calentamiento del boque del generador de emergencia? Si __X__; No
- 5.8. ¿Cuáles son los tipos de transformadores de MV y LV?
- A. Incremento de la temperatura a 80°C XXXXX
 - B. Incremento de la temperatura mayor que 80°C
 - C. TPI
 - D. EPACT 2005
- 5.9. ¿Existen PDUs con transformadores integrados?: Si __x__; No ____.
Se pretende identificar las características dominantes. Si la mayoría de los PDUs en el centro de datos cuentan con transformadores integrados, seleccione Si. PDU = Unidad de Distribución de Poder. Estas unidades distribuyen poder al equipo de TI. Si los PDUs no contienen transformadores, seleccione No.
- 5.10. Factor de carga promedio por PDU/Transformador activo:
- A. 0% - 24%

- B. 25% - 49% XXXX
- C. 50% - 100%

5.11. ¿Cuál es el balance de carga entre las fases?

- A. $\leq 20\%$ XXXX
- B. $> 20\%$

5.12. Identificación del medidor: ____ no aplica _____.
Proporcione el número de identificación de cada medidor.

5.13. Uso de energía eléctrica por periodo: ____ no aplica ____ kWh.

¿Cuántas unidades de energía registró el medidor dado durante un periodo de tiempo?

5.14. Periodo: ____ no aplica ____.

¿A qué periodo de tiempo corresponde la lectura del medidor? Especifique el periodo. Si es diferente de las opciones corrientes (mensual, bimestre, trimestre, semestre, año) deberá escalar la lectura del medidor hacia arriba o hacia abajo para acomodar un periodo corriente.)

5.15. Cuenta por periodo: ____ no aplica _____ \$ pesos.

¿Cuál fue el costo de la energía durante el periodo de tiempo dado?

5.16. Factor de Fuente de Energía: ____ no aplica _____.

El factor de fuente de energía se utiliza para calcular la energía de origen para cada fuente de energía. La energía de origen incorpora todas las pérdidas de producción, transmisión y entrega asociadas con cada fuente de energía. Se calcula multiplicando la energía del sitio por el factor correspondiente de fuente de energía. Por favor utilice los factores presentados por el programa Energy Star Portfolio Manager.

5.17. Uso anual (12 meses) de energía de combustibles líquidos, MMBTU: ____ no aplica.

6. Subsistema de iluminación

6.1. Densidad del poder de iluminación: 20 watts / m²

Densidad del poder de iluminación = Poder total extraído por la iluminación en un espacio dado dividido por el área de piso de ese espacio. Típicamente se expresa en watts por metro cuadrado. Utilice la carga actual de la iluminación cuando las luces estén encendidas; no reporte la densidad diseñada o la capacidad de conducción del circuito de iluminación.

6.2. ¿Cómo se controlan las luces?:

- A. Manual __ss_;
- B. Sensor de ocupación ___;
- C. Temporizador ___.

6.3. ¿Qué tipo de lámparas se usan?:

- A. T - 12_xx_;
- B. T - 8__;
- C. T - 5__.

El número se refiere al diámetro de la lámpara en octavos de pulgada. Por ejemplo, una lámpara T-12 es 12/8 de pulgada (1.5 pulgadas) de diámetro. El tipo de lámpara puede ser determinada a partir de la designación impresa en la superficie de las lámparas fluorescentes. Para mayor información respecto a la designación de las lámparas, consulte:

<http://www.lightsearch.com/resources/lightguides/fllampid.html>)

6.4. ¿Qué tipo de balastos se utilizan?:

- A. Magnéticos_xx_;
- B. Electrónicos__.

El tipo de balastro se indica claramente en la etiqueta del balastro. Otra manera fácil de checar el tipo de balastro es mediante un “*strobe top*”. Cuando el tope de estrobo gira bajo la luz fluorescente, se forman patrones de líneas que indican un balastro magnético.

7. Subsistema de datos de la cadena de suministro eléctrico.

- 7.1. Carga promedio del UPS, ___136___ kW.
- 7.2. Capacidad de carga del UPS, ___150___ kW.
- 7.3. Poder de suministro al UPS, ___300___ kW.
- 7.4. Poder de salida del UPS, ___300___ kW.
- 7.5. Poder de iluminación promedio, __3.2___ kW.

Fin del cuestionario

Como respuesta a la pregunta de Uso de Energía, remitieron lo siguiente:

Consumo eléctrico del Centro de datos San Fernando

Sistemas de emergencia y servicio	Consumo	
Lámparas	3.2	Kw
Cámaras	1	Kw
Sistema contra incendio	0.7	Kw
Detectores de humedad		Kw

Televisión de monitoreo	5.808	Kw
Computadora de monitoreo	0.305	Kw
Puerta de acceso	5	Kw
Biométricos	0.3	Kw
Aire 30	39.7	Kw
Aire 20	28.9	Kw
Aire 15	17.9	Kw
UPS A	56.4	Kw
UPS B	43.9	Kw
UPS SYMMETRA 1	18.3	Kw
Equipo de cómputo concentrado	118.6	Kw
Total facility power	221.413	Kw
IT Equipment Power	118.6	Kw

Para el cálculo del PUE en el centro de datos institucional hicimos las mediciones reflejadas en la tabla arriba los cuales corresponden a toda la infraestructura relacionado al centro de datos.

La carga de esa imagen de medición son 221.413 kW.

El consumo correspondiente en kWh mensual se calculó de siguiente manera;

Carga x 24horas x 30 días (suponiendo que no hay cambios en la demanda sobre ese tiempo)

Ese Cálculo nos llega a un consumo **mensual** del centro de datos de: **159,417.36 kWh.**

Anexo 3

Tabla de concentrado de métricas e indicadores.

	Métrica	Valor	Rango o Valor Óptimo	Periodicidad óptima
1	Índice de Uso de Energía, IUE	33,777.2MJ/m²/año	Línea base	Semestral
2	Índice del Costo de Energía, ICE	15,575\$/m²/año	Línea base	Semestral
3	Eficiencia del Uso de Energía, PUE	1.87	Menor a 2 Este índice indica que por cada 1 kWh de energía que se suministra a las cargas de TI del centro de datos, se requieren 0.87kWh para alimentar los sistemas de soporte.	Semestral
4	Eficiencia de la Infraestructura del Centro de Datos, DCiE	0.54	El indicador DCiE representa la energía que está siendo consumida por el objetivo primario del centro de datos, y se puede interpretar como la fracción de la energía total consumida que está siendo útil: cuanto más se acerque a 1, mayor es la eficiencia.	Semestral
5	Índice de Enfriamiento de los Racks, RCI _{HI}	190% Si se tomaron de 5 a 20 lecturas, el promedio es 111.25; si se tomaron de 21 a 50 lecturas, el promedio es 103.4	El RCI es una medida de la ausencia de sobre temperaturas; 100% significa que no existen sobre temperaturas (el ideal). Cuanto más bajo sea el porcentaje, mayor será la probabilidad (el riesgo) de que el equipo experimente temperaturas por arriba de la temperatura máxima permitida. Una temperatura igual o mayor a 15.5°C se considera estándar; de 16 a 23°C, se considera buena, y muy buena menor o igual a 24°C. Ideal 100%; Bueno ≥96%; Aceptable 91 – 95%; Pobre ≤90%.	Semestral
	Índice de Enfriamiento de los Racks, RCI _{LO}	60% Si se tomaron de 5 a 20 lecturas, el promedio es 105; si se tomaron de 21 a 50 lecturas, el promedio es 102.35	RCI _{Lo} = 100% Todas las temperaturas de ingreso ≥ a la temperatura mínima recomendada. RCI _{Lo} < 100% Por lo menos una temperatura de ingreso es < a la temperatura mínima recomendada.	Semestral
6	Índice de Temperatura de Retorno, RTI	146%	Meta 100%; Recirculación >96%; Puenteo <100%.	Mensual
7	Eficiencia del Sistema de Enfriamiento	1.33kW/ton	Un valor superior a 1.0 kW/tonelada se considera como un valor estándar; de 1.0 a 0.5 kW/tonelada se considera un buen valor, y un valor menor a 0.5 kW/tonelada se considera el mejor.	Mensual

	Métrica	Valor	Rango o Valor Óptimo	Periodicidad óptima
8	Factor de Dimensionamiento del Sistema de Enfriamiento	1	Un valor de 1.0 a 1.5 se considera un factor con pocas oportunidades potenciales de mejora en su eficiencia; un valor de 1.5 a 2.0, se considera como un factor con oportunidades medianas potenciales de mejora en su eficiencia y; un valor superior a 2.0 se considera como un factor con altas oportunidades potenciales de mejora en su eficiencia.	Semestral
9	Factor de Utilización de Economizador de Aire (No se dispone de un sistema economizador de aire).	n. d.	No se dispone de dispositivos ahorradores de aire. Un valor bajo para esta métrica indica potencial para ahorros energéticos crecientes al utilizar un sistema economizador de aire.	Mensual
10	Factor de Utilización de Economizadores de Agua (No se dispone de un sistema economizador de agua).	n. d.	No se dispone de dispositivos ahorradores de agua. Incrementar las temperaturas del agua enfriada permite más horas disponibles de uso de economizador. Los economizadores de agua pueden proveer ahorros significativos si se diseñan y controlan adecuadamente.	Mensual
11	Eficiencia del flujo de aire.	0.42 W/cfm	Un valor de 0.6 W/cfm se considera un valor estándar; un valor de 0.3 W/cfm se considera un buen valor; y un valor de 0.1 W/cfm como el mejor. Los datos respecto a la eficiencia de los flujos de aire en los centros de datos son muy escasos. Los datos en la base de datos de LBNL sugieren que 0.5 W/cfm puede ser considerado como un umbral o una mejor práctica.	Mensual
12	Factor de carga del UPS.	0.906	Un valor de 0.4 se considera un estándar; un valor de 0.7 se considera un buen valor; y un valor de 0.9 se considera el mejor.	Semestral
13	Eficiencia del sistema UPS.	100%	Un valor de 85% se considera estándar; un valor de 90% es un buen valor y el mejor valor es superior a 95%.	Semestral
14	Densidad del poder de iluminación.	1.46 W/pié²	Valores de 0.0 a 1.0 W/pié ² , representan una oportunidad baja de potencial de eficiencia; valores de 1.0 a 1.5 W/pié ² representan una oportunidad mediana de potencial de eficiencia; valores superiores a 1.5 W/pié ² representan oportunidades altas de potencial de eficiencia.	Semestral
15	Efectividad del Uso de Carbón – CUE.	1.10 kgCO₂eq/kWh	Indica los kilogramos de emisiones de dióxido de carbono equivalentes (kgCO ₂ eq) por kilowatt – hora (kWh) de consumo de energía para alimentar las cargas de TI. El valor ideal de CUE es 0.0, indicando que no hay uso de carbón	Mensual

	Métrica	Valor	Rango o Valor Óptimo	Periodicidad óptima
			asociado con la operación del centro de datos.	
16	Eficiencia de cómputo de los servidores, ScE.	n. d.	Mide la eficiencia de cómputo de los servidores, a partir de la proporción de muestras de que el servidor está brindando servicios primarios a lo largo de un periodo - como porcentaje. Cualquier servidor que presenta un ScE de 0% durante un periodo prolongado, es una clara indicación de que no está siendo utilizado y puede ser reasignado o retirado. Cualquier servidor con un ScE bajo debe ser investigado - puede ser candidato a virtualización. Servicios primarios a lo largo de un periodo < 0	Mensual
17	Eficiencia de cómputo del centro de datos, DCcE.	n. d.	Logon interactivo >0	Mensual
18	Productividad Energética del Centro de Datos, DCeP.	n. d.	Brinda al operador del centro de datos una herramienta que le permite registrar la productividad del centro de datos y facilitar comparaciones de las características del centro de datos antes y después de tomar acciones con la intención de optimizar el consumo de recursos del centro de datos basado en su carga de trabajo actual. Trabajo útil producido / Energía Total Consumida Por el Centro de Datos para producir el trabajo	Mensual