



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERÍA EN ENERGÍA

**Diagnóstico Energético para Equipos de Refrigeración en  
tiendas de Conveniencia**

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

YEUDIEL T. GARCÍA DE ALVA MAGOS

TUTORES PRINCIPALES

M. EN I. AUGUSTO SÁNCHEZ CIFUENTES, FACULTAD DE INGENIERÍA

DRA. M. AZUCENA ESCOBEDO IZQUIERDO, FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. SEPTIEMBRE 2014

A mi Familia, Amigos y Equipo de Trabajo

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: DR. LEON DE LOS SANTOS GABRIEL

Secretario: M. EN I. SANCHEZ CIFUENTES AUGUSTO

Vocal: DRA. ESCOBEDO IZQUIERDO M. AZUCENA

1 er. Suplente: DRA. MORENO CORONADO TANYA

2 d o. Suplente: DR. REINKING CEJUDO ARTURO GUILLERMO

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Puebla, Puebla.

**TUTOR DE TESIS:**

M. EN I. SANCHEZ CIFUENTES AUGUSTO

-----

## Contenido

RESUMEN .....	6
1. Introducción .....	7
1.1 Objetivo .....	7
1.2 Hipótesis .....	8
1.3 Descripción de la problemática .....	8
1.4 Estado del Arte .....	9
2. Eficiencia Energética .....	17
2.1 Diagnósticos Energéticos .....	17
2.2 Normatividad Energética .....	19
3. Sistemas de Refrigeración Utilizados en Tiendas de Conveniencia .....	22
3.1 Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor .....	22
3.2 Refrigerantes .....	24
3.3 Descripción de Cargas Térmicas en el Sistema de Refrigeración .....	28
3.4 Potencia Eléctrica .....	31
3.5 Nuevas Tecnologías .....	32
4. CASOS DE ESTUDIO .....	33
4.1 Descripción de las Tiendas .....	34
4.2 Instrumentación Instalada .....	36
4.3 Levantamiento de cargas .....	39
4.4 Mediciones .....	42
4.5 Facturación .....	45
5. Análisis de Resultados .....	47
5.1 Resultados de las mediciones .....	47
5.2 Análisis de facturación .....	50
5.3 Indicadores energéticos .....	51
6. RESULTADOS FINALES .....	53
6.1 Propuesta de mejoras con análisis técnico económico .....	54
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	55
8. BIBLIOGRAFIA .....	56
9. ANEXOS .....	58

## RESUMEN

La aparición y constante crecimiento en el número de Cadenas Comerciales en nuestro país ha provocado que dichas instalaciones representen grandes centros consumidores de energía. El sector comercial, y más concretamente en los sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado tienen un gran potencial de ahorro por cuanto que consumen energía durante largos periodos.

Las auditorías energéticas representan un mecanismo conveniente para la penetración de la eficiencia energética en los centros comerciales, de forma que el conocimiento del consumo energético permite detectar qué factores están afectando a su consumo promedio de energía, identificando las posibilidades de ahorro que tienen a su alcance y analizando su viabilidad técnica y económica.

El desarrollo de la tesis propone un marco de referencia metodológico para realizar un diagnóstico energético dirigido a los responsables de la gestión y mantenimiento de estas instalaciones como instrumento para conseguir rendimientos energéticos óptimos, sin provocar una disminución en la calidad del servicio o daños en los equipos por mal funcionamiento.

Los trabajos presentados en los casos de estudio se dividen en el análisis de facturación, levantamiento de cargas del equipamiento de las tiendas de conveniencia y en las mediciones a través de un sistema de monitoreo consistente en sensores de temperatura y variables eléctricas instalados en los equipos de refrigeración.

## **1. Introducción**

En las cadenas comerciales actualmente se cuenta con métodos de administración para comparar el desempeño entre tiendas. Se tienen indicadores económicos que permiten identificar las mejores estrategias, con el fin de aplicarlas en las demás tiendas, logrando con esto un efecto multiplicador de aquellas medidas o acciones que han sido exitosas.

En el rubro energético el método de administración, consiste en la instalación en las tiendas de sensores como parte de un sistema que da visibilidad del comportamiento de equipos de Refrigeración, Aire Acondicionado, Iluminación e Instalaciones eléctricas.

Este tipo de sistemas permite contar con un historial del comportamiento de parámetros de operación específicos además de contar con un sistema que detecte y dé visibilidad de las fallas más comunes en las tiendas.

La mayoría de estas empresas tienen implementada la estandarización de imagen y de operaciones; mediante esta mecanización de procesos se busca tener confiabilidad en brindar una atención homogénea, efectiva y oportuna en el soporte hacia los programas de mantenimiento, ahorro de energía, vida útil de equipos e instalaciones, automatización y control. Un óptimo mantenimiento siempre permitirá prevenir desgaste de los equipos y generar ahorros, a través del monitoreo de las metas de los mantenimientos preventivos y lograr aproximarnos a los predictivos.

El programa de ahorro de energía en la cadena de tiendas de conveniencia a describir - FEMSA Comercio OXXO- lo definen varios aspectos:

- El desarrollo de estrategias y acciones para el control y reducción del costo por consumo de servicios públicos.
- Visibilidad de las acciones de control para monitoreo del consumo de dichos servicios públicos, que a su vez nos permiten tomar decisiones en base a la información obtenida.
- Se busca involucrar a todos los departamentos a través de un trabajo multidisciplinario y de concientización de personal.

Asimismo, se debe beneficiar de la ventaja de semejanzas en instalaciones de todas y cada una de las tiendas para que la implementación y mejora de medidas de eficiencia energética de cualquier instalación, pueda emplearse en las demás. Al mismo tiempo sería conveniente definir indicadores energéticos que nos sirvan de parámetros de ventas, consumo y emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **1.1 Objetivo**

El objetivo es obtener un análisis para un marco de referencia metodológico para un diagnóstico energético en las cámaras de refrigeración en temperaturas de conservación, baja temperatura y congelación, verificado por el estudio de dos tiendas tipo de la cadena de tiendas de conveniencia.

Para lograrlo se seguirán las siguientes acciones:

- Análisis Histórico de consumos eléctricos.
- Medir los consumos energéticos de la categoría de Cámaras de Refrigeración en dos tienda tipo. Esto es, la recopilación de datos implicados para realizar el análisis energético.
- Censo de Equipos y descripción de los mismos.
- Recomendaciones acordadas para disminuir las pérdidas de energía en los equipos de refrigeración. Como resultados de estudios y análisis anteriores.

## **1.2 Hipótesis**

Las cuatro áreas principales de consumo de energía eléctrica en las tiendas de conveniencia estudiadas son: Iluminación, equipos eléctricos, aire acondicionado y refrigeración. Los equipos de refrigeración, específicamente cuartos fríos de conservación, cerveza y hielo son el objetivo de estudio debido a su mayor aportación al consumo eléctrico, costo de facturación, de refacciones, materiales, mal empleo de gases refrigerantes y capacitación de personal técnico.

La hipótesis es que la causa principal de las deficiencias y decrementos de potencia de las unidades, son las variaciones de operación de los equipos en comparación con la operación de diseño. Estas desviaciones ocasionan pérdidas de potencia que, según el tamaño de las unidades pueden oscilar entre los KW y MW. Al aplicar medidas y acciones de eficiencia energética en los sistemas de refrigeración impactará en todo el equipamiento de consumo eléctrico, que sin realizar cambios de equipos o tecnología, con el seguimiento a normativas y recomendaciones de buenas prácticas operativas, lograremos ahorros en consumo energético y en costos económicos.

## **1.3 Descripción de la problemática**

El objeto principal de la eficiencia energética en un equipo eléctrico es lograr que la potencia que se le suministra sea aprovechada al máximo. Inevitablemente siempre existirán pérdidas por fricción, vibraciones, arranque, mal uso del equipo etcétera. Cuando logramos mantener a un nivel mínimo las pérdidas de potencia evitamos un aumento en costos por mayores consumos, un desgaste prematuro de los equipos además de evitar el peligro de una descarga eléctrica que puede ocasionar una elevada temperatura.

En algunas de las tiendas de conveniencia OXXO se cuentan con equipos de refrigeración, climatización y eléctrico que salen del consumo promedio energético. Debido a por ejemplo:

- Desgaste por tiempo de vida
- Malos mantenimientos
- Calidad de energía de la zona
- Malos hábitos de uso.

La elevada competencia en tiendas departamentales y de servicio para lograr la venta, obliga a forzar las condiciones normales de trabajo de los equipos para conseguir el ambiente necesario para la conservación de los productos, sin considerar los gastos a mediano y largo plazo que se inducen:

- Instalaciones fuera de especificación
- Operación de equipos sin ventilación adecuada
- Altas temperaturas de trabajo
- Fallas constantes de equipos
- Reducción de vida útil de equipos

#### **1.4 Estado del Arte**

El formato de tienda de conveniencia como se conoce actualmente en México se deriva de una combinación del formato de tienda de abarrotes (estancillos) y los “convenience store” originarios de Estados Unidos, esto gracias a que este país tiene una fuerte influencia en las tradiciones mexicanas. Este sector comercial cuenta con ciertas características que lo han hecho crecer y tener gran importancia dentro de la industria como se mencionan a continuación:

Ubicación: Generalmente se encuentran establecidas en gasolineras, centros comerciales, anexos a cafeterías, restaurantes o como tiendas independientes en esquinas de alta circulación. Se distinguen tres tipos de formatos. Con estacionamiento, -establecidos en zonas con espacio sobre avenidas o calles importantes - De alto tráfico - ubicados en aeropuertos o centrales de autobuses, calles transitadas por una gran cantidad de peatones. Autopistas o carreteras - localizados en gasolineras regularmente en carreteras o autopistas importantes de México-.

Tamaño: Su tamaño varía de los 50 a los 300 metros.

Horarios: Manejan un horario de 24 horas los siete días de la semana, convirtiéndose en negocios muy flexibles y de fácil acceso.

Servicio: Para una mayor comodidad, algunas tiendas tienen estacionamiento propio además de contar con personal capacitado, pago de otros servicios como luz, agua o depósitos bancarios.

Rapidez: Son comercios en los que se permanece poco tiempo, debido a las dimensiones de la tienda y el surtido y variedad de productos de primera necesidad, sumado a la practicidad del acomodo de los mismos y la rapidez en el área de cajas.

Identificación de necesidades: además de saciar las necesidad básicas como sed y hambre, también existen otras como reunión, antojo, optimización de tiempo, diario y reposición, entiéndase diario y reposición como tener los productos que se necesitan día con día y que nunca falten.

Las tiendas de conveniencia, de acuerdo a la información de la ANTAD [1] (Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicios y Departamentales), se encuentran clasificadas dentro de las tiendas especializadas. Para esta Asociación existen tres tipos: Tiendas Departamentales, Tiendas de Autoservicio y Tiendas Especializadas. En el caso de las Tiendas Especializadas la ANTAD cuenta con aproximadamente 60 miembros, donde Oxxo, Eleven y Extra tienen cabida.

De acuerdo a estadísticas de ANTAD, en 2012 se reportaron ventas de \$967 mil millones de pesos (U\$77, 384, 529,360.00), donde las tiendas de conveniencia tienen una participación del 10.2%. A continuación se muestran datos importantes en cuanto a ventas de 2010 a 2012 [2].

Concepto	Ventas 2010	Crecimiento 2010-2011	Ventas 2011	Crecimiento 2011-2012	Ventas 2012
Total ANTAD	\$62.833.565,36	11,30%	\$69.951.107,12	10,60%	\$77.384.529,36
Total Autoservicio	\$40.999.992,96	8,90%	\$44.647.762,88	8,90%	\$48.635.421,20
Total Tiendas de Conveniencia	\$5.784.794,80	18,40%	\$6.851.149,60	15,40%	\$7.903.598,08

Tabla [1] Datos elaborados con estadísticas de ANTAD, cifras en miles de dólares

Concepto	Participación 2010	Participación 2011	Participación 2012
Autoservicios	65,30%	63,80%	62,80%
Conveniencia	9,20%	9,80%	10,20%
Otros	25,50%	26,40%	27,00%

Tabla [2] Datos de Participación de acuerdo a miembros ANTAD

Es conveniente mencionar que existen otras tiendas de conveniencia que no están afiliadas a ANTAD, en los que destacan Mambo, SuperCity y Super K. En México las

empresas que tienen una mayor presencia en el mercado son dos: Cadena Comercial OXXO S.A. de C.V. y 7-Eleven México, S.A. de C.V. [3] En marzo del 2013 Walmart abrió las puertas a su primer comercio en formato de tienda de conveniencia.

#### *Cadena Comercial OXXO S.A. de C.V*

Es parte de la empresa líder en la industria de bebidas, FEMSA (Fomento Económico Mexicano S.A.). OXXO es la cadena más grande de tiendas de conveniencia en América Latina y actualmente cuenta con alrededor de 10, 600 tiendas ubicadas en México y Colombia. La principal estrategia de OXXO es la de expansión constante. Uno de los éxitos de dicha cadena es la recopilación de información de las tiendas y los hábitos de consumo de los clientes, así de esta manera se pueden analizar qué productos son los que generan mayores ventas.

Su principal ventaja es su sistema de información de red, ya que centraliza toda la información y así permite que sus tiendas sean más eficientes. OXXO cuenta con 13 Centros de Distribución (CEDIS) en toda la República Mexicana, esto le ha traído beneficios en cuanto a la cercanía que tiene con sus tiendas y el aumento en la frecuencia de las visitas en las tiendas [4].

OXXO se ha convertido en el *top of mind* de las personas al hablar de las tiendas de conveniencia, lo cual le ha beneficiado en sus ingresos ya que hubo un incremento en el 2012 del 16.6% en comparación del 2011. (ANTAD, 2013). Sus principales productos vendidos son las bebidas gaseosas y alcohólicas fabricadas por Grupo FEMSA [5].

Cadena	Ventas 2010	Ventas 2011	Ventas 2012	Participación Promedio
OXXO	\$4.678.742,03	\$5.541.209,80	\$6.392.430,13	81,00%
7-Eleven	\$723.099,35	\$856.393,70	\$987.949,76	13,00%
Extra	\$347.087,69	\$411.068,98	\$474.215,88	6,00%

Tabla [3] Venta y Participación de las empresas. Datos elaborados con estadísticas de ANTAD, cifras en miles de dólares, 2013.

#### Refrigeración Comercial

La refrigeración comercial la definen la comercialización, el transporte y la exposición de bebidas y alimentos a diferentes niveles de temperatura. La capacidad de los equipos de refrigeración varía desde los cientos de Watts hasta los 1.5MW. Las opciones de refrigeración dependen de dos niveles de temperatura necesarias, uno es la conservación de alimentos y bebidas frescas y por otro lado la congelación de alimentos. Para lograr este objetivo se definen 3 categorías de sistemas de refrigeración: refrigeradores independientes, unidades condensadoras y sistemas centralizados. Cabe subrayar que a menor tamaño del equipamiento mejor será la refrigeración en el contenedor. Un análisis energético en Cheetham Hill revela la comparación del consumo

de tiendas convencionales de tamaños parecidos en mismos periodos de tiempo, señala un índice de 1500kWh/m<sup>2</sup> de consumo eléctrico anual para tiendas pequeñas contra 700kWh/m<sup>2</sup> para centros comerciales de más de 8000m<sup>2</sup> y el mismo revela que un centro comercial con “buenas prácticas” llega a 400KWh/m<sup>2</sup> [6].

Los refrigeradores independientes consisten en sistemas donde todos los componentes del refrigerador están integrados en el mismo equipo, por ejemplo los congeladores, vitrinas y refrigeradores verticales. Los sistemas centralizados son utilizados en grandes centros comerciales, son más vulnerables por sus tramos y puntos de desplazamiento, válvulas de expansión y las posibles fallas de retorno de aceite, corrosión y vibraciones. El refrigerante HCFC-22 representa aún el mayor refrigerante utilizado para la refrigeración comercial para todos los niveles de temperatura.

Las unidades condensadoras varían típicamente desde 1kW hasta 20KW de capacidad, están compuestas por uno o 2 compresores, o condensadores, en un solo recibidor ensamblado; normalmente localizado en áreas externas. El espacio refrigerado consiste en uno o más cámaras o cuartos fríos. Las unidades condensadoras son normalmente instaladas en tiendas como panaderías, carnicerías, tiendas de conveniencia y pequeños centros comerciales, donde se puede encontrar varias filas de condensadores alineados. Las unidades condensadoras son menos eficientes comparadas con un bien diseñado sistema centralizado pequeño, pero son preferidas debido al costo inicial, facilidad de instalación y a que pueden ser encontradas listas para su ensamble. [7]

Según datos del banco de refrigeración en el 2006 se estimó que de las 340,000MT instaladas existentes de refrigerante se distribuye como sigue: 46% de sistemas centralizados, 47% de unidades condensadoras y 7% de refrigeradores. La cifra estimada para los países que firmaron el Protocolo de Montreal, lo divide por tipo de refrigerantes: con contenido de CFCs es el 15%, 62% utiliza los refrigerantes HCFCs y seguirán utilizándolos aún por varios años y sólo el 23% utiliza refrigerantes HFCa, que fueron introducidos como nuevo equipamiento en Europa y Japón en el año 2000.

La capacidad de refrigeración varía del 1 a 20kW de carga para media temperatura varía de 1 a 5kg de refrigerantes HCFCs o HFCs. HCFC22 es aún el refrigerante mayormente utilizado en Estados Unidos. En Europa por la regulación se ha cambiado el HCFC-22 por R-404A, el cual sigue siendo la mejor opción por razones de costos, es más barato comparado con el HFC-134A. Aunque en climas calientes para aplicaciones de media temperatura HFC-134a es preferido por mejor comportamiento energético comparado con el R404A [8].

Los picos en la demanda de electricidad ocurren con más frecuencia durante el periodo de verano, debido a la creciente utilización de métodos convencionales de refrigeración y aire acondicionado. Las razones de esta situación se encuentran en una mayor expectativa de confort térmico, en los costos iniciales más bajos para los equipos de aire acondicionado y en el efecto isla de calor en las zonas urbanas, lo que conduce a cambios micro-climáticos [9]. Por otra parte, la coincidencia de la demanda pico de electricidad y la máxima demanda de las cargas de enfriamiento, indica que la introducción de

tecnologías de refrigeración solar puede ser una opción interesante para manejar con éxito la cuestión de reducción de la demanda pico de electricidad, por el uso del aire acondicionado y equipos de refrigeración.

El mercado solar térmico ha ganado impulso en Europa desde mediados de la década de 1990, dando lugar a la propagación de los sistemas de calentamiento de agua de baja y mediana temperatura, que puede ser implementado para fines de refrigeración solar.

La refrigeración asistida por energía solar parece ser una alternativa prometedora para competir contra las unidades convencionales de aires acondicionados manejados con electricidad, desde el punto de vista medioambiental, ya que las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuyen y en el caso de las tecnologías de refrigeración solar, en la eliminación de los CFCs y HCFCs. El consumo final de energía en los complejos comerciales en la Unión Europea (UE) alcanza aproximadamente 385.6 Mtep (equivalente en millones de toneladas de petróleo, por sus siglas en inglés), lo que representa alrededor del 40% del consumo total de energía. Este consumo de energía significa que el sector comercial es responsable de aproximadamente el 20% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>.

Aunque en muchos países el consumo de energía primaria de los edificios se está reduciendo, a causa de las medidas de ahorro de energía adoptadas, esto se refiere principalmente a las cargas de refrigeración y calefacción. Estudios en Europa, principalmente en el sur, demuestran que para un edificio representativo de la zona centro de Atenas, la carga de refrigeración casi se duplica debido al efecto isla de calor urbano para una temperatura interior de 26°C. El pico de consumo de electricidad puede incluso triplicarse si se alcanza una temperatura interior de 29°C. Al mismo tiempo, el valor del Coeficiente de Operación (COP) de las unidades de refrigeración se reduce hasta en un 25%, debido a una mayor temperatura del aire ambiente y de superficie [10].

En el caso del reino Unido los centros comerciales son los responsables del 3% de consumo eléctrico y contribuyen al total de emisiones de gases de efecto invernadero en un 1% [11]. En términos económicos representan el 10% de participación en el sector comercio e industrial [12].

Los sistemas de Eficiencia energética en supermercados están orientados a una correcta instalación en base a diseño, análisis del desgaste de los equipos y el control de un incorrecto desempeño [13]. Todo ello por medio de sensores y conductores instalados en puntos del proceso de mayor desgaste energético [14].

Este monitoreo y análisis es considerado por sí sólo la forma más eficaz de reducción de costos y como consecuencia la disminución en la emisión de gases de efecto invernadero (La figura 1 representa el balance energético de los usos finales del consumo eléctrico y se puede observar la importante participación de la refrigeración para este rubro). Sin embargo a pesar de que la popularidad en la gestión energética ha aumentado en los últimos años, aún no ha sido utilizada en todo su potencial.

## USO DE ENERGÍA EN SUPERMERCADOS

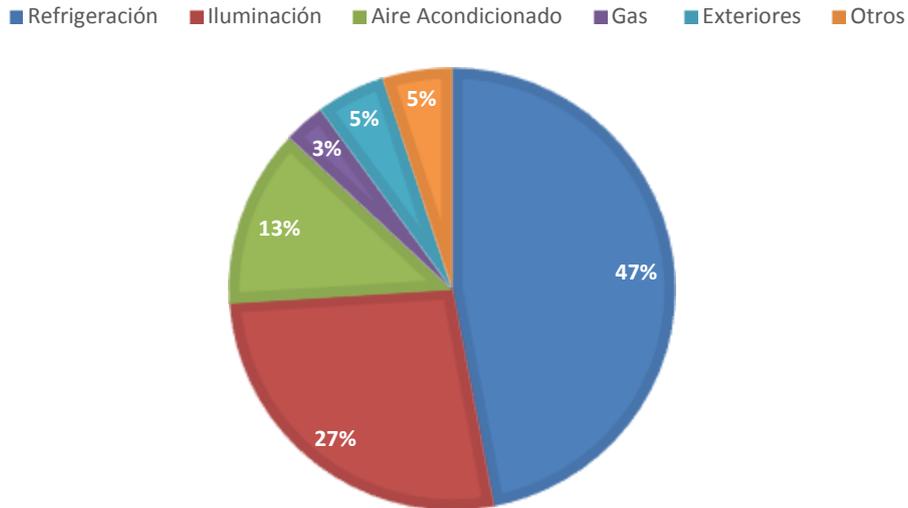


Figura 1. Uso de la Energía en un supermercado típico en Suecia (Arias J, 2005)

En términos del tipo de refrigerantes, la mayoría de los sistemas instalados utilizan los refrigerantes R404, R134A, R407C entre otros hidrofluorocarbonos que son los más extensamente comercializados. En vías de reducir la carga de refrigerante y por consecuencia la emisión de gases que dañen la capa de ozono se considera como sistema secundario o indirecto utilizar gases refrigerantes naturales como el amoníaco y el bióxido de carbono.

Como parte de las opciones de eficiencia energética en centros comerciales se considera principalmente el recubrimiento por pérdidas de calor a lo largo del sistema o utilizar el residual de calor como parte de la demanda en la tienda. Se ha encontrado además que las condiciones ambientales de temperatura y las costumbres de uso del personal influyen en la eficiencia de condensación de los equipos de refrigeración.

La metodología para la gestión energética en el caso de estudio de Salvador Acha [15] aplicada en el Reino Unido se puede observar en la figura 2. Se refiere a un proceso cíclico que comienza con la recopilación de información de las instalaciones, vía dibujos mecánicos, especificaciones de equipos y monitoreo de energía de los sistemas. Benchmarking, como segundo paso en el proceso, permite la comparación entre la instalación analizada y la evaluación de las medidas de ahorro de energía considerada en los siguientes pasos.

Detección de fallas es un paso clave en el proceso, de acuerdo con el estudio [9], el análisis del histórico de mediciones, evaluaciones de funcionamiento y/o detección de fallas son herramientas del diagnóstico. En el cuarto paso, las medidas de ahorro de energía que han sido identificadas son implementadas y los ahorros obtenidos se restan al consumo que es utilizado ahora como principio del ciclo de la gestión de energía.

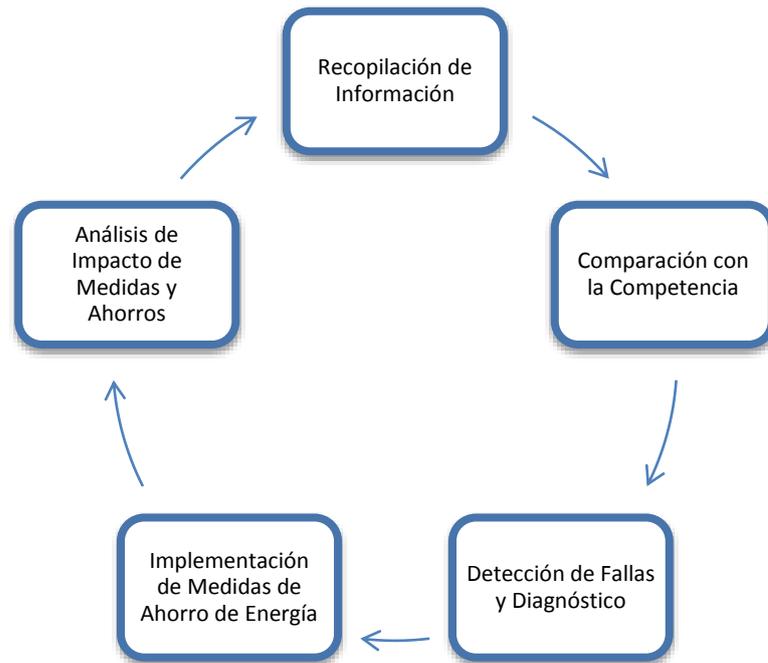


Figura 2. Mapa Conceptual de Metodología y Monitoreo de la Gestión Energética

*Potencial de Ahorro de Energía Eléctrica en el Sector Comercio en México*

La CFE es la única empresa que suministra electricidad en México, por tanto, registra a todos los consumidores de energía eléctrica en el país y reporta año con año el número de usuarios de acuerdo a la tarifa eléctrica que pagan, y el consumo de los mismos. Para los fines de este estudio se tomará el año 2009 como año base de análisis, de tal manera que se pueda homogeneizar la información tanto para la parte eléctrica como térmica [16].

**Distribución del Consumo eléctrico nacional según tipo de usuarios**

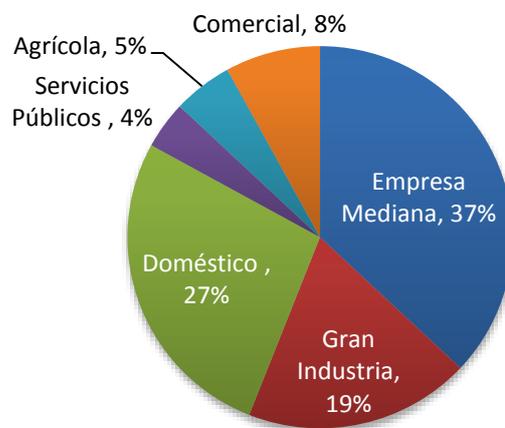


Figura 3. Fuente: Elaboración con datos del Informe anual 2009 de la CFE

## Distribución del consumo en el sector comercio

Los resultados de las encuestas para el sector comercial reflejaron que hay tres grandes consumidores de energía eléctrica. Iluminación, con mayor peso en las zonas del DF, Estado de México y sureste. Aire acondicionado con mayor presencia en las zonas noroeste y norte y Refrigeración, con mayor utilización en el noroeste y norte. La Tabla 4 muestra los diferentes usos finales de energía eléctrica en el sector comercial y su distribución media por regiones.

Distribución del Consumo	Noroeste	Norte	Occidente	Centro	Sureste	DF y Estado de México	Promedio
1. Iluminación	19,90%	31,20%	35,59%	41,10%	42,80%	49,47%	36,68%
2. Aire Acondicionado	35,75%	25,30%	17,70%	14,60%	17,60%	5,45%	19,40%
3. Refrigeración	23,00%	17,80%	15,92%	12,50%	12,90%	12,60%	15,79%
4. Bombeo	2,70%	5,40%	4,37%	4,35%	5,90%	8,00%	5,12%
Cómputo y oficina	12,80%	10,90%	11,42%	13,70%	11,30%	13,84%	12,33%
Otro	5,80%	9,40%	15,00%	13,75%	9,50%	10,65%	10,70%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla [4] Distribución usos finales de energía eléctrica en Comercios PyME.

Fuente: evaluación del ahorro de energía eléctrica derivado de las acciones de los usuarios para los periodos de 1998-1999, 2000-2001 y 2002-2003

## Distribución del consumo eléctrico sector comercio



Figura 4. Fuente: Evaluación del ahorro de energía eléctrica derivado de las acciones de los usuarios para los periodos de 1998-2003

En las empresas del sector comercio, los principales sistemas de consumo de energía y por ende, en los que se pueden tener ahorros son: iluminación, aire acondicionado, refrigeración, bombeo y equipo de cómputo y oficina. Considerando los sistemas

anteriores y las condiciones de las empresas del sector comercio, se puede estimar un potencial de ahorro global del 20%. En cuanto a los equipos de refrigeración, es posible lograr grandes ahorros (hasta del 30%) cuando se sustituye un equipo de modelo anterior al 2002 por un equipo moderno; en este tenor, el FIDE ha documentado ahorros de hasta 70% de energía. Existe una gran cantidad de locales comerciales que cuentan con varias unidades individuales ineficientes, en estos casos, la sugerencia es usar cámaras de enfriamiento que trabajan a menor potencia y que enfrían más y por lo tanto ahorran mayor cantidad de energía. Dado lo anterior se justifica un potencial global de ahorro de al menos 20% [18].

## **2. Eficiencia Energética**

Se le denomina eficiencia energética a todas las acciones que conlleven a una reducción económicamente viable de la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que requiere la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior y una disminución de los impactos ambientales negativos derivados de la generación, distribución y consumo de energía.

El aprovechamiento sustentable de la energía se promueve a través del fortalecimiento del marco normativo (Normas Oficiales Mexicanas) en materia de eficiencia energética, y por medio de la implementación de programas innovadores de transición energética para incorporar el financiamiento en tecnologías eficientes [19].

### **2.1 Diagnósticos Energéticos**

El Diagnóstico energético se define como la aplicación de un conjunto de técnicas que permiten determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, para así, establecer el punto de partida para la implementación y control de un Programa de Ahorro de Energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada la misma, además de especificar cuanta es desperdiciada.

En una situación ideal, el consumo de energía calculado en el inventario de los equipos debería coincidir con el consumo real obtenido a partir de las facturas energéticas de la organización. Sin embargo, en la práctica los resultados obtenidos pueden presentar diferencias entre sí, ya que algunos de los datos utilizados en los cálculos, como el número de horas de uso de los equipos, son difíciles de conocer con total exactitud, y por consiguiente deben utilizarse estimaciones de su valor real (por ello se asume cierto margen de error, considerando que los resultados están bien calculados si la diferencia entre el consumo real y el consumo estimado de los equipos es de  $\pm 10\%$ ).

#### **Objetivos**

- Establecer metas de ahorro de energía.
- Diseñar y aplicar un sistema integral para el ahorro de energía.

- Evaluar técnica y económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía.
- Disminuir el consumo de energía, sin afectar los niveles de producción.

#### Actividades

- Establecer los equipos consumidores de energía (inventario de cargas)
- Registrar las condiciones de operación de equipos, instalaciones y procesos.
- Efectuar balances de materia y energía.
- Calcular índices energéticos o de productividad, energéticos reales, y actualizar los de diseño.
- Análisis Económico.
- Darle seguimiento al Programa mediante la aplicación de listas de verificación de oportunidades de conservación y ahorro de energía.

#### ASPECTOS A DIAGNOSTICAR

##### Operativo

- Inventario de equipo consumidor de energía.
- Inventario de equipo generador de energía.
- Detección y evaluación de fugas y desperdicios.
- Análisis del tipo y frecuencia del mantenimiento.
- Inventario de instrumentación.
- Posibilidades de sustitución de equipos.

##### Económico

- Precios actuales y posibles cambios de los precios de los energéticos.
- Costos energéticos y su impacto en costos totales.
- Estimación económica de desperdicios.
- Consumos específicos de energía.
- Elasticidad producto del consumo de energía.
- Evaluación económica de medidas de ahorro.
- Relación beneficio-costo de medidas para eliminar desperdicios.
- Precio de energía eléctrica comprada (\$/kWh).

##### Energéticos

- Formas y fuentes de energía utilizadas.
- Posibilidades de sustitución de energéticos.
- Volúmenes consumidos.
- Estructura del consumo.
- Balance en materia y energía.
- Diagramas unifilares.
- Posibilidad de autogeneración y cogeneración.

##### Político

- Normatividad
- Políticas de precios de los energéticos.
- Políticas de comercialización de energéticos.
- Programa nacional de energéticos
- Legislación en materia de autogeneración y cogeneración.

## 2.2 Normatividad Energética

Se ha ido recorriendo un camino ya largo en el que paulatinamente se ha establecido un marco jurídico que aunque disperso, sienta las bases para que sea posible avanzar con mayor rapidez en la ejecución de medidas articuladas entre políticas económicas y energéticas.

La aplicación de las disposiciones es aún incipiente. No se trata, sin embargo, de un simple problema de mala aplicación o de incumplimiento formal, sino de dificultades de mayor fondo. Como se ha mostrado para otras experiencias, especialmente de América Latina [16], la aplicación coordinada de mecanismos económico-energéticos enfrenta las resistencias estructurales más vinculadas al rezago institucional que a la falta de voluntad político o la insuficiencia conceptual o de desarrollos técnico-legales.

El hecho es que a pesar de que el ejercicio normativo tiene experiencia, y de que exista la base normativa suficiente, la política energética mexicana avanza en la primera década del siglo XXI con una orientación general excesivamente sesgada a mecanismos regulatorios cuyo cumplimiento depende de la vigilancia y las sanciones [17].

### *NORMAS INTERNACIONALES*

En cuanto a normatividad Internacional podemos citar la ANSI/AHRI Standard 520. El propósito de esta norma estadounidense es establecer para las unidades de condensación comerciales de desplazamiento positivo la definición de sus tipos, pruebas para su evaluación, requisitos y datos mínimos para su evaluación, calificación y publicación; requisitos de funcionamiento, características de etiquetado y datos de placa de acuerdo a las condiciones de conformidad.

También se cuenta con la ASHRAE Standard 23-1993. El propósito de esta norma estadounidense es proporcionar métodos de prueba para la calificación de compresores de refrigerante de desplazamiento positivo y unidades condensadoras. Se aplica a los métodos de prueba para la evaluación de compresores y compresores de desplazamiento positivo de una sola etapa, las unidades que no cuentan con inyección de líquido y las que son operadas en

temperaturas críticas (saturadas) de condensación de refrigerante. Esta norma se aplica a todos los refrigerantes que figuran en el Manual de ASHRAE- Fundamentos y en la norma ANSI/ASHRAE 342 que caen dentro del alcance definido anteriormente.

El ANSI/ASHRAE/IESNA Standard- 90.1 es una normativa que ha sido un punto de referencia para los códigos de construcción comerciales de energía en los Estados Unidos y una base clave para los códigos y normas en todo el mundo durante más de 35 años. Esta norma establece los requisitos mínimos para el diseño de eficiencia energética de la mayoría de los edificios, en detalle, los mínimos requisitos de eficiencia energética para el diseño y construcción de nuevos edificios y sus sistemas, nuevas partes de los edificios y sus sistemas, y los nuevos sistemas y equipos en los edificios existentes, así como los criterios para determinar el cumplimiento de estos requisitos. Es una referencia indispensable para los ingenieros y otros profesionales involucrados en el diseño de edificios y sistemas de construcción.

Respecto a normatividad de calidad internacional para eficiencia energética ya se cuenta con la Norma ISO 50001 establece un marco para gestionar la energía en las plantas industriales, instalaciones comerciales u organizaciones, se basa en los elementos comunes que se encuentran en todas las normas ISO de administración de sistemas, asegurando un alto nivel de compatibilidad con la norma ISO 9001 (gestión de calidad) e ISO 14001 (gestión medioambiental). Dicha norma proporciona a las organizaciones los requisitos para los sistemas de gestión de la energía. Es aplicable a organizaciones grandes y pequeñas, tanto en los sectores público como privado, en la fabricación y servicios, en todas las regiones del mundo. [18]

#### *NORMAS OFICIALES MEXICANAS*

La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal establece en su Capítulo II el conjunto de atribuciones de las Secretarías de Estado. En particular el Artículo 33, señala que a la Secretaría de Energía (SENER) le corresponde establecer y conducir la política energética del país, así como supervisar su cumplimiento con prioridad en la seguridad y diversificación energéticas, el ahorro de energía y la protección del medio ambiente, para lo cual podrá, coordinar, realizar y promover programas, proyectos, estudios e investigaciones sobre las materias de su competencia; así como fijar las directrices económicas y sociales para el sector energético paraestatal.

En el 2008 se publicó la ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE), la cual tiene como objetivo propiciar un aprovechamiento sustentable de la energía mediante el uso óptimo de la misma en todos sus procesos y actividades, desde su explotación hasta su consumo. Para alcanzar dicho objetivo, se establece la integración del Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE), instrumento mediante el cual el Ejecutivo Federal establecerá estrategias, objetivos, líneas de acciones y metas que permitan alcanzar el objetivo de esta Ley.

La normalización, en forma de especificaciones técnicas dirigidas a limitar el consumo de energía en equipos, aparatos y/o sistemas comercializados en el país, es prioritaria para garantizar el ahorro de la energía, ya que asegura la calidad de los productos y/o sistemas y su desempeño energético.

Sin duda, las normas de eficiencia energética son los instrumentos de regulación que generan una sinergia positiva de mercado y propician una transición hacia tecnologías altamente eficientes en el país.

La emisión de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de eficiencia energética, que se fundamenta en y parte de la entrada en vigor de la ley federal sobre metrología y normalización en 1993, comenzó en 1995 con la publicación de dos NOM: la NOM-009-ENER-1995 en aislamientos térmicos industriales y la NOM-006-ENER-1995. Eficiencia energética electromecánica en sistemas de bombeo para pozo profundo en operación. Al cierre de 2013, estaban en vigor 27 NOM dirigidas a regular el consumo en energía eléctrica y térmica de equipos y sistemas del sector residencial, comercial y servicios, industrial, transporte y agropecuario (Tabla 5). [19]

No.	Norma Oficial Mexicana	Publicación y Actualización			
		En vigor por primera vez	1era Actualización	2da Actualización	3era Actualización
1	Bombas verticales tipo turbina	23/12/1995	30/12/2000		
2	Calentadores de agua para uso doméstico y comercial	07/05/1997	28/02/2001	07/11/2011	
3	Bombas y conjunto motor-bomba, para bombeo de agua limpia	23/12/1995	25/09/2008		
4	Lavadoras de ropa electrodomésticas	11/05/1997	28/10/2000	03/06/2010	04/02/2013
5	Bombas para pozo profundo	09/11/1996			
6	Alumbrado en edificios no residenciales	01/09/1996	13/08/2005		
7	Envolverte de edificios no residenciales	23/08/2001			
8	Aislamientos térmicos industriales	08/11/1996			
9	Bomba sumergible tipo pozo profundo	07/01/1998	18/07/2005		
10	Acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido	08/02/1998	05/11/2002	21/08/2007	
11	Alumbrado en vialidades	16/05/1998	19/08/2005	12/10/2013	
12	Motores monofásicos	18/07/1998	19/07/2005		
13	Refrigeradores y congeladores electrodomésticos	01/01/1995	01/08/1997	16/05/2003	16/05/2012
14	Motores trifásicos	01/01/1995	18/06/1998	13/03/2003	19/12/2010
15	Lámparas fluorescentes compactas autobalastadas	23/06/1998	24/12/2008	10/03/2013	
16	Aislantes térmicos para edificaciones	24/10/1998	12/02/2012		
17	Máquinas tortilladoras mecanizadas	30/10/2009			

18	Envolvente de edificios para uso habitacional	07/12/2011		
19	Acondicionamiento de aire tipo cuarto	01/01/1995	24/06/2001	31/01/2009
20	Aparatos de refrigeración comercial	25/06/2001	11/03/2009	
21	Acondicionadores de aire tipo dividido	01/09/2011		
22	Vidrio y sistemas vidriados para edificaciones	17/04/2013		
23	Estufas de cocción de alimentos	14/12/2013		
24	Lámparas para uso general	04/02/2011		
25	Lámparas de diodos emisores de luz (LED)	22/08/2012		
26	LED para vialidades y áreas exteriores públicas	05/05/2013		
27	Emisiones de bióxido de carbono para vehículos ligeros	20/08/2013		

Fuente: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

Nota: A 2013 las NOM de eficiencia energética mostradas en la tabla 5 se encuentran vigentes y las que no se han actualizado cuentan con un oficio de ratificación.

Tabla [5]. NOM de eficiencia energética publicadas y actualizadas en el periodo 1995-2013

### 3. Sistemas de Refrigeración Utilizados en Tiendas de Conveniencia

La refrigeración comercial se refiere al diseño, instalación y mantenimiento de unidades de refrigeración del tipo que se tiene en establecimientos comerciales para su venta al menudeo, restaurantes, hoteles e instituciones que se dedican al almacenamiento exhibición procesamiento y a la distribución de artículos de comercio perecederos de todo tipo.

#### 3.1 Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor

Un ciclo de refrigeración real por compresión de vapor se comporta como se muestra en la Figura 5, diagrama entalpía - presión del refrigerante indicado, en el cual se indica la ubicación de cada proceso. El ciclo consiste en cuatro procesos identificados como A-B, B-C, C-D y D-A.

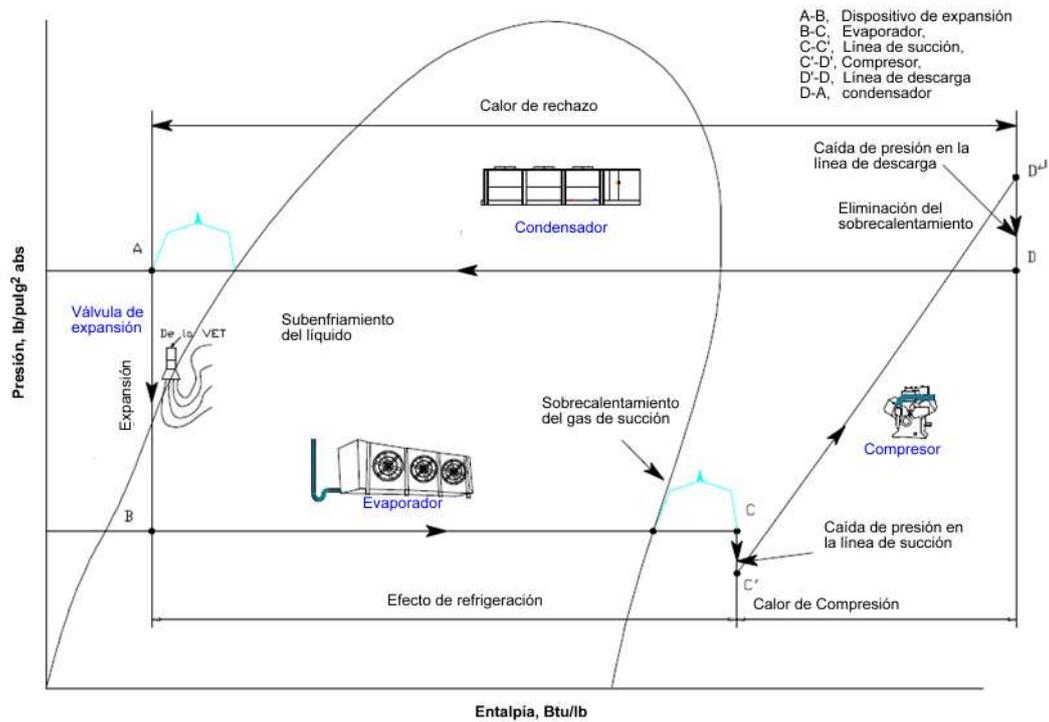


Figura 5. Diagrama de Entalpía - presión de vapor, ciclo real.

En el proceso A, vemos que el refrigerante se encuentra en estado líquido con un subenfriamiento causado por falta de aislamiento del tramo dentro del recinto que hace que baje la temperatura del condensado, en el proceso A-B, podemos apreciar la expansión, en donde el refrigerante inicia un cambio de su estado líquido a gaseoso de forma gradual.

En el proceso B-C, el refrigerante absorbe el calor del recinto, si el calor es excesivo para la cantidad de refrigerante que se ha evaporado, este empieza a sobrecalentarse, lo cual no es conveniente para nuestro sistema, para contrarrestarlo la válvula de expansión termostática tiene que ser capaz de aumentar el flujo de refrigerante. En el proceso C-C' se da una caída de presión en la succión, por el sobrecalentamiento del gas refrigerante, adicional a esto en el proceso C'-D' tenemos una ganancia extra de calor, la cual es producida por efecto de compresión producto por el trabajo extra que dicho compresor realiza, esto hace que la línea de gas caliente eleve su presión a la salida del compresor.

En este punto, el refrigerante es una mezcla en un mayor porcentaje de líquido, el cual ingresa a los serpentines del condensador, como se observa en el proceso D'-D, el refrigerante baja su presión, haciendo posible en el proceso D donde el refrigerante ya se encuentra en un estado 100% líquido, quedando pendiente disipar el calor latente y sensible absorbido del recinto y accesorios del resto del equipo.

En el proceso D-A, se da el condensado del refrigerante, en donde el condensador extrae ese calor absorbido por el sistema y es rechazado al ambiente a modo que el refrigerante llegue a su temperatura de condensado listo para un nuevo ciclo.

La duración de cada proceso y su incidencia en el sistema dependen fundamentalmente del refrigerante, pues su comportamiento oscila en proporción a la demanda de carga que este manejando el sistema, tiene la capacidad de regularse de forma automática por medio de los instrumentos que miden diferenciales de presión que se dan a cada momento dentro del sistema. Teniendo un concepto del ciclo de refrigeración por compresión de vapor, procedemos a dar una definición de los compresores, los diferentes tipos, modelos y cada uno de los componentes que intervienen en un sistema de refrigeración.

### **3.2 Refrigerantes**

Son fluidos capaces de transportar el calor de un lado a otro en cantidades suficientes para desarrollar una transferencia de calor, que actúan en un ciclo, accionados por un compresor que conduce la energía calorífica desde un nivel de baja temperatura (evaporador) a un nivel de alta temperatura (condensador), generando cambios de temperatura en un medio determinado [20].

Un refrigerante funciona de acuerdo con los siguientes principios. Después de que el refrigerante es licuado bajo presión, adiabáticamente es expandido y el líquido se evapora tomando calor externo del sistema. Este calor de vaporización se traduce en aire acondicionado externo. La temperatura del aire acondicionado es de 0 °C para uso doméstico, sobre -25°C para refrigeradores comerciales y sobre -35°C para almacenes de productos congelados. El compuesto seleccionado como refrigerante debe tener un punto de ebullición por debajo de estas temperaturas después de la expansión bajo presión [21].

Los refrigerantes son entonces los fluidos de trabajo en los sistemas de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor. Estos productos absorben el calor de un área como el espacio acondicionado de una sala y es expulsado en otra área exterior generalmente por conducto del evaporador y del condensador respectivamente.

Los refrigerantes tienen su denominación acorde a la norma ANSI (American National Standard Institute) / ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de la Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado), entre los que se encuentran los refrigerantes halogenados como los clorofluorocarbonados (CFC), los hidroc fluorocarbonados (HCFC) y los hidrof luorocarbonados (HFC). La designación de los refrigerantes basados en hidrocarburos halogenados se hace con la letra "R" seguida de tres números. El primero, corresponde al número de átomos de carbono menos 1, el segundo, al número de átomos de hidrógeno más 1, el tercero al número de átomos de fluor y cuando se tiene letra minúscula, ésta denota un isómero de la fórmula molecular.

Los clorofluorocarbonados (CFCs) fueron ampliamente usados como refrigerantes, agentes de soplado de espumas plásticas, solventes, agentes desengrasantes en la industria electrónica, propelentes para aerosoles, esterilizantes médicos, todo esto debido a sus características de estabilidad, no inflamabilidad, baja toxicidad, inodoro y no irritante [22]. Fue utilizado desde 1930 como material refrigerante en los frigoríficos en sustitución del amoníaco y el dióxido de azufre, que emiten olores desagradables y que empiezan a ser tóxicos a concentraciones superiores a 100 ppm y 1.6 respectivamente. Es considerado como uno de los compuestos responsables de la destrucción de la capa de Ozono.

Los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) son compuestos estables de composición química similar a los CFC pero con menos contenido de cloro en su molécula que tiene menor potencial de agotamiento de la capa de ozono. El más destacado por su versátil y buena capacidad calorífica es el R22 (HCFC22) o monoclorodifluorometano ( $\text{CHClF}_2$ ), más conocido como freón 22, reemplazó al amoníaco en su utilización para aire acondicionado. Es un gas miscible con aceite en la sección de condensación y a menudo suele separarse del aceite en el evaporador.

Hidrofluorocarbonos (HFC, HFC-mezcla con números designación 400 y 500); Amoníaco (R-717); Hidrocarburos y sus mezclas; Bióxido de carbono (R-744); Agua (R-718). Hasta ahora, la legislación existente sobre sustancias que agotan la capa de ozono ha puesto una presión creciente sobre los usuarios finales de CFCs y HCFCs, para comenzar a utilizar los fluidos y tecnologías alternativos. El resultado ha sido la ampliación del uso de los HFCs, que son muy atractivos para aplicaciones de refrigeración. Antes de 1990 ha habido un crecimiento significativo en el mercado de los HFCs, ya que como se mencionó anteriormente, ofrecen alternativas eficaces a los CFC y HCFC.

Las propiedades favorables de cero flamabilidad y toxicidad baja representada por la mayoría de los HFC, los convierten en una alternativa popular, tanto en lo sistemas existentes y nuevos. Además, tienen cero potencial de agotamiento del ozono (ODP).

A pesar del hecho de que todos los HFCs puros y la mayoría de las mezclas de HFCs requieren de los aceites lubricantes sintéticos, el uso de HFCs en sustitución del CFCs o HCFCs en las instalaciones de refrigeración es actualmente la opción con el menor costo para muchos usuarios.

Por otra parte, mientras que tengan cero ODP, los HFCs tienen un significativo GWP. Esto es típicamente en el rango de 1000-3000 veces el potencial de calentamiento atmosférico de  $\text{CO}_2$ . En la reunión de Kyoto de 1997, los HFCs se han incluido como uno de los seis gases de efecto invernadero en ser blanco de la reducción de emisiones.

Es de gran interés señalar que en 1995, el mercado de la refrigeración y aire acondicionado era responsable de las emisiones de HCFs de 4.3 millones de toneladas de  $\text{CO}_2$  equivalente, cifra que corresponde aproximadamente al 11% del total de las

emisiones de HCFs. Esta cifra se espera que aumente a 28.2 millones de toneladas de equivalente de CO2 en el año 2010 que equivale a aproximadamente el 43% de las emisiones de HCFs total [23].

#### *REFRIGERANTE R22*

Desde su descubrimiento en 1928 y comercialización en 1936, el refrigerante R22 ha sido aplicado en sistemas que van desde los pequeños equipos de aire acondicionado hasta grandes sistemas de intercambiadores y bombas de calor; tanto para la refrigeración como la calefacción. De 2kW hasta 33 MW (0.5 a 9,500 toneladas). Incluyendo pistones rotatorios, reciprocantes, tipo scroll, screw, por ciclo de absorción y compresores centrífugos. Ningún otro refrigerante ha archivado un rango comercial mayor de capacidades y aplicaciones.

Sin embargo el R22 es un hidroclorofluorocarbono (HCFCs), que ha sido prohibido por ser una de las sustancias que dañan la capa de Ozono según los acuerdos del Protocolo de Montreal. [24] La Tabla 6 describe el acuerdo de permiso de manufactura e importación. Debido al uso extensivo, un largo inventario de equipamiento diseñado con R22 seguirá en servicio por décadas, incluso después de finalizar su producción.

Existen opciones para que los equipos puedan emigrar a refrigerantes de remplazo, algunos de ellos desarrollados específicamente para esta tarea. Un reducido número de países, principalmente europeos, así como han reducido su calendario de eliminación o reducción de este gas refrigerante, además tienen restricciones muy cerradas en cuanto los sustitutos de refrigerante.

Por el contrario, el Protocolo de Montreal permite a los países en desarrollo continuar con el consumo (producción más importaciones no así la exportación y destrucción) hasta el 2040 [25].

Protocolo de Montreal	Equipo Nuevo	Equipo Existente
Países Desarrollados	2020	2030
Países del Artículo 5	2040	2040
Estados Unidos y Canadá	2010	2020

Tabla 6. El protocolo impone la reducción colectiva del consumo de HCFC, pero permite que cada país determinar las limitantes de las sustancias y sus usos.

No existe un solo refrigerante que pueda reemplazar directamente el R-22, pero los productores han comercializado al menos ocho mezclas de refrigerantes que permiten mantener los equipos existentes y se tienen aún más opciones para los equipos nuevos,

si el R-502 (es una mezcla de refrigerante ampliamente utilizada que contiene R-22 para refrigeradores comerciales de baja temperatura) es considerado. Estas mezclas se mencionan en la Tabla 7. Continúan extensas investigaciones y desarrollos de universidades y organizaciones privadas y gubernamentales para aumentar las opciones de reemplazo del R-22 [26].

		Equipo Existente		Equipo Nuevo	
R-22	R-407C	R-411 <sup>a</sup>	R-417A	R-407C	R-407E
	R-421A	R-421B	R-419A	R-410 <sup>a</sup>	R-410B
R-502	R-402A	R-402B	R-403A	HCS	R-407 <sup>a</sup>
	R-404A	R-407 <sup>a</sup>	R-407B	R-404 <sup>a</sup>	R-509 <sup>a</sup>
	R-411B	R-422 <sup>a</sup>	R-507A	R-507 <sup>a</sup>	
		R-403B	R-408 <sup>a</sup>		

Tabla 7. El listado contiene mezclas de refrigerantes que son designados como estándares

La decisión de anular el gas R-22 se basa en su potencial de reducir la capa de ozono de la estratósfera, en la consideración de las alternativas también deben de tomarse en cuenta algunos otros datos medio ambientales. La tabla 8 compara el tiempo de vida en la Atmósfera, el potencial de reducción de la capa de ozono *Ozone depletion potencial* (ODP) y el potencial de calentamiento global *Global warming potential* (GWP) para el R-22 y sus alternativas de uso [27].

Refrigerante	Tiempo de Vida en la Atmósfera (Años)	ODP	GWP (100 años)
R-22	12.0	0.034	1780
R-134a	14.0	~0.0	1320
R-407C	a	~0.0	1700
R-407E	a	~0.0	1400
R-410A	a	~0.0	2000
R-32	4.9	~0.0	543
R-32/600 (95.0/5.0)	a	~0.0	520
R-32/600a (90.0/10.0)	a	~0.0	490
R-290 (Propano)	b	0.0	~20
R-717 (Amoniaco)	b	0.0	<1
R-744(Dióxido de Carbono)	>50	0.0	1
R-1270 (Propileno)	b	0.0	~20

Tabla 8.

a. El tiempo de vida no se da por mezclas, debido a que los componentes se separan en la atmósfera

b. Desconocido

### 3.3 Descripción de Cargas Térmicas en el Sistema de Refrigeración

Las cargas térmicas o cargas de refrigeración, el cual hace el trabajo de remover el calor del espacio refrigerado, dando como resultado las ganancias de calor formadas por varias fuentes como lo son:

- (a) Transmisión de calor a través de paredes, cielo y piso del recinto.
- (b) Calor procedente de la infiltración del aire caliente a través de las puertas del cuarto frío.
- (c) Calor propio del producto que se va a refrigerar.
- (d) Ganancia de calor miscelánea, que es generada por el calor producido por las personas, lámparas, pallet trucks, montacargas eléctricos, motores de evaporadores y otro equipo que funcione dentro del recinto a refrigerar.

Para calcular las cargas térmicas de un recinto, empezamos por conocer los valores de los factores de aislamiento de los diferentes materiales que se utilizan para la construcción de determinados recintos, los cuales podemos ver en la Tabla 9, los espesores de pared que se utilizan para la construcción de cuartos fríos, cuyos paneles se determinan en función de las condiciones climatológicas del lugar.

#### *TRANSMISION DE CALOR*

Dependiendo de los materiales con que están fabricados los paneles que conforman el cuarto frío, se estipula un factor "K", que es el que indica el grado de aislamiento de estos materiales, los cuales son proporcionados por el fabricante en rangos de conductividad térmica y a su espesor.

En función del factor "K", se puede encontrar el factor "U", el cual es el coeficiente de transferencia total de calor en BTUH/pie<sup>2</sup> \* °F, estos dos factores se relacionan con la ecuación:  $K=UX=X/R$ ;  $U=K/X=1/R$ ;  $R=1/U=X/K$

Donde X es el espesor del material aislante y R es el factor de resistencia térmica de los paneles aislantes del recinto.

#### *INFILTRACION DE AIRE*

La entrada de aire del exterior hacia nuestro recinto a refrigerar, lleva consigo una ganancia de calor que entra por medio de puertas, llevando una carga de calor formada por el calor sensible de aire infiltrado y el calor latente de condensación del vapor de agua presente en este aire.

Por experiencia de uno de los mayores fabricantes de equipos de refrigeración, se proporcionan las siguientes tablas 10 y 11, en las cuales se indica los promedios de cambio de aire en 24 horas, para cuartos de almacenamiento a temperaturas mayores de 32°F, menores de 32°F, debido a la infiltración de abertura de la puerta. En base al dato calculado, en la Tabla 12, se ve el calor removido al enfriar el aire exterior hasta una temperatura del recinto en BTU/Pie<sup>3</sup>.

De esta forma determinamos los cambio de aire de nuestro recinto y lo multiplicamos por el volumen del recinto en pies cúbicos, dando el volumen en pies cúbicos de aire de renovación por cada 24 horas, con este dato, se multiplica por el valor de calor removido en BTU/pie<sup>3</sup>, dándonos como resultado la carga por infiltración en BTU\*24h.

#### *CARGA DE ENFRIAMIENTO DEL PRODUCTO*

El objetivo principal de la Refrigeración Industrial, es el de enfriar en condiciones optimas un determinado tipo de producto, que junto a este, se estiman las ganancias de calor estimadas por el recinto y las condiciones del lugar. El producto a enfriar según el tipo que sea, el equipo debe de remover el calor del producto para llevarlo a las condiciones de almacenamiento lo cual se conoce como carga de enfriamiento. En el caso de frutas y vegetales es el tipo de producto más delicado en refrigeración, ya que estos siguen emitiendo calor en condiciones de almacenamiento por la respiración que conservan una vez que no esté congelado (Tabla 13).

$$Q = m * \text{Calor de respiración [BTU * 24h]}$$

#### *CALOR DE CARGAS VARIAS*

Son otro tipo de cargas que no se han incluido hasta este momento, estas pueden ser el calor de las personas, motores, iluminación, empaque y tarimas que se utilicen dentro del recinto.

##### a) Calor por personas

Para el calor latente de las personas, podemos ver la Tabla 14, el calor latente equivalente de ocupantes en BTU/24horas de una persona a diferentes temperaturas, en donde se puede considerar una persona por cada 25,000 pies<sup>3</sup> de espacio de cuarto frío, en donde dicho cálculo se desarrolla de la siguiente forma:

$$Q = \text{No. personas} * \text{valor en Tabla14 [BTU/24h]}$$

##### b) Motores

Los motores eléctricos, usados adentro de cuartos fríos, son de pequeña potencia, por lo que suelen ser los menos eficientes, en anexos la Tabla 15, se proporciona los rangos de grupos de motores en Hp, en donde podemos ver el calor emitido por estos, o se puede utilizar la formula siguiente:

$$Q = HP * 75000BTU / HP * 24hrs$$

c) Iluminación

Es típico que todo cuarto frío tenga iluminación, cuya potencia se estima en watt, con una densidad de 1 a 1 ½ watt por pie<sup>3</sup>, para encontrar el calor por iluminación, se tiene que definir la potencia en watt y se multiplica \*3.42\*24=Watts \*82 [BTU\*24 hrs]

$$Q_{luz} = Watt * 3.42 * 24 = Watts * 82[BTU * 24 hrs]$$

d) Empaques y tarimas

Estos son parte también de los cálculos de cargas, pues como materiales sólidos que son, tienen un calor específico, los cuales podemos encontrar en la Tabla 16, en donde se define dicho calor, por fórmulas siguientes donde T' es el tiempo de enfriamiento:

$$Q_{tarimas} = \frac{lbs}{dia} * cal. Específico * DT * 24/T' [BTU * 24h]$$

$$Q_{caja\ cartón} = \frac{lbs}{dia} * cal. Específico * DT * 24/T' [BTU * 24h]$$

Hasta este momento podemos decir que ya hemos incluido todos los factores que pueden aportar calor diario en BTU\*24hrs a nuestro sistema, para su determinación, procedemos a hacer la sumatoria de todas estas cargas y obtendremos el total de BTU\*24 horas.

Dichos cálculos están considerados para un buen rendimiento de las unidades condensadoras, las cuales se calcula con base a su trabajo máximo de 16 a 18 horas diarias, con el objeto de asegurar 2,4,6 o 8 ciclos de deshielo en los evaporadores, para recintos de temperaturas sobre 0°C, para recintos que manejan temperaturas debajo de 0°C el total de estas cargas se divide entre 18 a 20 horas diarias, con deshielos de resistencia, pues sería difícil remover la escarcha de hielo en los evaporadores a esas temperaturas.

Finalmente, como una seguridad adicional, para cubrir todo posible imprevisto, se recomienda agregar un 10% del total de las cargas. Teniendo el total neto de las cargas

en BTU \* 24 horas, se procede a dividir esta carga por 16, 18 ó 20 horas, según sea la aplicación requerida, dando como resultado una cantidad de calor en BTUH, mientras menos horas de servicio, procedemos a seleccionar un equipo más grande, el cual nos puede servir para obtener el control de la HR (humedad relativa), en función de la DT (diferencia de temperatura), que hay entre la temperatura del evaporador y la temperatura del recinto.

La diferencia de la temperatura TD y la humedad relativa HR del recinto, es la diferencia de la temperatura de diseño del recinto y el refrigerante que se evapora, donde la humedad del recinto disminuye con forme aumenta TD, puesto que a una temperatura más baja en el serpentín, condensará mayor cantidad de humedad que está presente en el aire. La humedad relativa HR del recinto es necesaria para cierto tipo de productos, tales como las frutas y verduras, los cuales aparte de su conservación en tiempo, también requiere que se conserve su sabor y apariencia satisfactoria del producto.

### **3.4 Potencia Eléctrica**

Debe tenerse presente que se conserva un equilibrio entre el condensador y evaporadores, puesto que si se escoge un condensador muy grande, se produce un alto sobrecalentamiento en los evaporadores y una serie de paradas del compresor de dicha unidad, lo cual no es conveniente no solo por el desgaste del compresor en los arranques, sino por los picos de potencia eléctrica requerida para el arranque del mismo y si en este preciso momento se da el arranque de otra unidad programada, esto hace que nos suba mucho la potencia consumida en la industria, lo que provoca un mayor costo por este servicio.

En la selección de una unidad condensadora, se debe tener en cuenta las capacidades indicadas, que son las que estas pueden disipar, puesto que tenemos que asegurarnos que el condensador elegido pueda disipar el calor latente y sensible de los evaporadores, más el adquirido en el transporte del refrigerante por medio de las tuberías, las cuales dependen del tipo de instalación de sus equipos, distancias entre ellos y la calidad de sus accesorios.

Otro factor que se debe de tener presente, es que el condensador no enfríe mucho el refrigerante, pues esto nos ocasiona problemas en la válvula de expansión, por la evaporación súbita, por tal razón es muy importante que el condensador cuente con presostatos que censan la presión del refrigerante, ya que en función de estos, el condensador enciende o apaga un número de ventiladores que fuerzan el aire para el enfriamiento del refrigerante de una forma automática, para mantener el refrigerante a su temperatura de condensado, el cual se refleja en su presión de condensado. Hay que tener presente que si se elige un equipo con una capacidad muy grande, puede variar la temperatura de evaporación del refrigerante.

La potencia frigorífica necesaria en los centros comerciales tiene un amplio rango de variación, debido a las grandes exigencias de calidad, conservación y estancia en estos

locales. Estas potencias se deberán calcular determinando las cargas térmicas de invierno y de verano, considerando de igual modo los siguientes aspectos:

- a) Condiciones térmicas de edificación
- b) Definición de temperaturas a mantener en los refrigeradores
- c) Parámetros térmicos que se darán en el ambiente exterior
- d) Zona de recepción
- e) Zona de almacenamiento
- f) Influencia de cargas térmicas debidas al grado de ocupación de usuarios y clientes.

La existencia de grupos frigoríficos en instalaciones nos conduce a efectuar una auditoria y comprobar su estado, año de fabricación y mantenimientos realizados.

El coeficiente de prestación de estas máquinas tiene una gran importancia en el ahorro energético, como es sabido el cociente de la energía producida dividido por la energía gastada debe procurar ser lo más alto posible dado que en ello se refleja el precio de cada frigoría utilizada para el enfriamiento.

Este coeficiente depende de muchos factores como son la calidad de la máquina, el tipo de compresor y el mantenimiento que se ha realizado. Se debe estudiar el estado de las máquinas, tomar medidas de temperatura y presión en los puntos clave del circuito con el fin de conocer los valores de subenfriamiento y recalentamiento y comprobar que se encuentran dando las prestaciones adecuadas.

También se debe tener presente la posibilidad de sustitución de la maquinaria por otra más moderna y con mejores prestaciones, con este fin se realizará un estudio económico de estas acciones. Actualmente existen máquinas frigoríficas con compresores con prestaciones muy altas. Con carácter general debe tenerse muy presente la gran evolución de la tecnología del frío, contemplando igualmente las necesidades simultáneas de climatización en calefacción, refrigeración y/o ACS. Por supuesto el análisis económico de todo lo indicado será un motivo de preferencia en la decisión final pero debe de tenerse muy presente el ahorro energético en su utilización, el mantenimiento de la misma y el impacto ambiental que su utilización conlleva.

### **3.5 Nuevas Tecnologías**

A partir de julio de 2013, se suministrará para las tiendas OXXO equipos de cuarto frío con nuevas especificaciones en condensadoras MBZX y evaporadores BAP, BEP, BLP y TTL de la marca BOHN. Anteriormente no se contaba con una selección puntual de equipos por región o zona geográfica, la nueva especificación tiene cambios relevantes para temas de conservación y ahorro de energía. Con las siguientes modificaciones:

- Adecuado a temperaturas de cada región o zona geográfica

- Criterio de diseño cercano a 10°F (5.6°C) de delta T (Diferencial de Temperatura)
- Configuración de equipo de acuerdo a número de puertas y geometría (lineal o escuadra)
- Casos atípicos se analizarán de forma individual
- Número de unidades condensadoras máximas en una sola cámara de media temperatura, igual a dos.
- Cambio de especificación de compresor recíprocante a scroll. Mejorando eficiencia en 12% promedio en las combinaciones.
- Cambio a contactor de propósito general con alto rango de voltaje de alimentación de bobina y alto número de ciclos.
- Incluye un monitor de falla y secuencia de fase (protege el compresor por fallas en conexión y suministro de voltaje. Marca COEL, Modelo BVT)
- Circuito de refrigeración de succión aislado.

En anexo se encuentran los documentos de referencia técnica Línea MBZX\_0.12, Boletín Técnico MBZX 1, monitor de fase para unidades MBZX y MBZX 3HP Explosión de partes.

También se realizaron cambios de evaporadores con motores electrónicos, debido a sus ventajas: los motores son sellados de doble velocidad (velocidad alta: durante enfriamiento / velocidad baja: durante el paro o deshielo, anteriormente trabajaban todo el tiempo a la misma velocidad). Ahorro de energía de 65% a un porcentaje de operación del compresor del 50%.

Al ubicarse el motor, aspa, guarda y venturi en una sola pieza, aumenta el flujo de aire por el evaporador. Se cuenta con dos salidas de dren de condensado. Sólo se usa un dren y el montaje superior cuenta con accesorios para poder seleccionar la dirección de la pendiente. El evaporador para cámaras de hielo en modelos TLL y BLP con cuatro aletas por pulgada, lo cual reduce el riesgo de congelamiento. El TLL sustituye al TL, que es muy similar, solamente cambia la altura para poder cumplir con la capacidad requerida y así evitar congelamientos y poder cumplir con los parámetros de mantenimiento energético convencionales para R404A

#### **4. CASOS DE ESTUDIO**

Para lograr el objetivo de estudio se analizaron y desarrollaremos el comportamiento de los sistemas de refrigeración de dos tiendas, se evaluaron índices energéticos generales obtenidos de tiendas ubicadas en la ciudad de Puebla, México. A manera de resumen y metodología utilizada enumeraremos al final los pasos realizados para el diagnóstico energético en estas tiendas de conveniencia.

#### 4.1 Descripción de las Tiendas

Una tienda tipo cuenta con un área aproximada de 200 m<sup>2</sup> incluyendo estacionamiento y área de bodega. Si las separamos por áreas técnicas podemos distinguir cuatro de ellas: áreas generales o piso de venta (gondolería, anaqueles, muebles de punto de venta), equipos de refrigeración (cuartos fríos de media y baja temperatura, vitrinas salchichoneras, refrigeradores verticales, paleteros, contenedores de hielo), equipos de comida rápida (microondas, rostizador de salchichas, quesera, cafeteras, vaporeras) y eléctrico de baja tensión (tableros eléctricos, transformador, acometida, banco de capacitores). Como se ilustra en la figura 6.



Figura 6a. División por Áreas de una tienda típica OXXO



Figura 6b. Ubicación de equipos de refrigeración en una tienda típica OXXO

En la región de México centro sur, que para fines de la organización que las administra, corresponden a las ubicadas en los estados de Puebla y Tlaxcala, se tienen 500 tiendas. Para el desarrollo de la tesis analice dos tiendas tipo ubicadas en la ciudad de Puebla. Ambas tiendas se encuentran ubicadas en el centro de la ciudad de Puebla, esto permite tener la misma referencia de temperaturas y condiciones climáticas. Para fines administrativos se identifican con nombre y código de referencia conformado por tres letras. Estos son, Ángel Custodio (QAZ) y Plaza Atlantis (SKY).

Las tiendas de Ángel Custodio y Plaza Atlantis, tienen el mismo número de unidades y dimensiones parecidas en cuanto a instalaciones de equipos de refrigeración, y de manera general también a otros equipos eléctricos. Sin embargo existen 2 condiciones operativas que las diferencian: el ambiente de trabajo de las condensadoras y el tránsito de clientes.

La conexión e instalación de los sistemas de refrigeración en la tiendas está normalizado, para el arranque, las terminales del motor son conectadas en una configuración estrella. Esto significa que una línea de voltaje está siendo aplicada a través de únicamente dos devanados. El voltaje es reducido hasta en un 50 %, y se reduce a la vez la corriente y el torque durante el arranque. Después de arrancar, el motor pasa por una transición y se conecta en automático a la configuración en Delta. Esto permite reducciones en consumo de corriente. Más los equipos de la tienda de Ángel Custodio se encuentran confinados en un cuarto de máquinas sin la ventilación adecuada. La tienda de Plaza Atlantis por el contrario, tiene sus equipos en la losa del edificio, es decir a la intemperie.

El segundo punto de contraste entre las operaciones registradas en cada tienda es que en Ángel Custodio entran más de tres mil personas más por mes en promedio que en Plaza Atlantis. Esto se debe a que la primera se encuentra en una de las avenidas principales de la ciudad de Puebla, mientras que Plaza Atlantis entre calles menos transitadas.

Nombre de Tienda: *Plaza Atlantis*

Dimensiones: Piso de Venta 92.64m<sup>2</sup> Bodega 37,14m<sup>2</sup> Cuarto Frío 22.89m<sup>2</sup>

Tamaño de la Cámara Total: 2.85x10x2.1m = 59.85 m<sup>3</sup>.Tamaño de la Cámara de

Conservación: 2.85x6.3x2.1m = 37.70 m<sup>3</sup> Tamaño de la Cámara de Cerveza: 17,67 m<sup>3</sup>

Tamaño de la Cámara de Hielo: 4.18m<sup>3</sup>

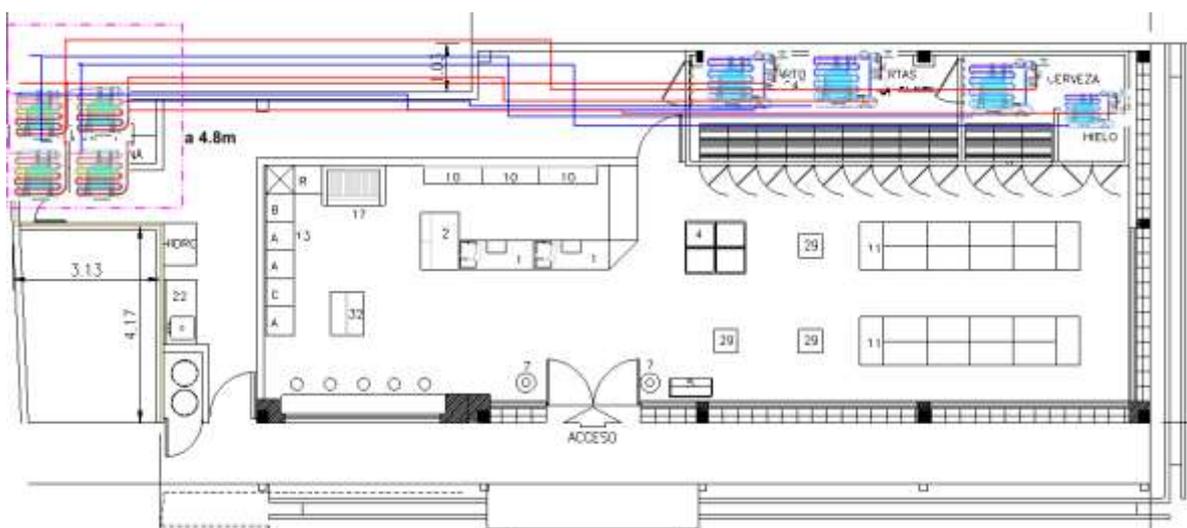


Figura 109. Layout de Tienda y sistema de refrigeración SKY

Nombre de Tienda: *Ángel Custodio*

Dimensiones: Terreno 293.6m<sup>2</sup>, Piso de Venta 236.85m<sup>2</sup>, Bodega 54.83m<sup>2</sup>, Cuarto Frío 31.81m<sup>2</sup> Tamaño de la Cámara Total: 57.08 m<sup>3</sup> Tamaño de la Cámara de Conservación: 40.18 m<sup>3</sup> Tamaño de la Cámara de Cerveza: 12,63 m<sup>3</sup> Tamaño de la Cámara de Hielo: 4.27 m<sup>3</sup>

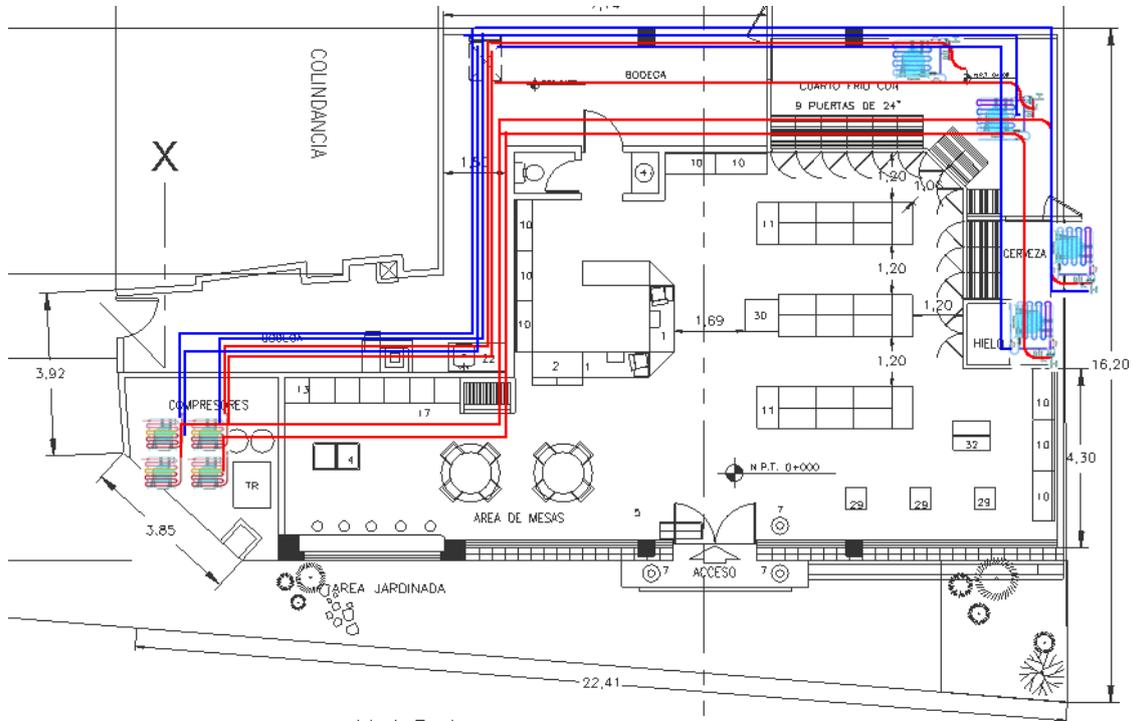


Figura 110. Layout de Tienda y sistema de refrigeración QAZ

## 4.2 Instrumentación Instalada

### Parámetros eléctricos

La medición de parámetros eléctricos se realizó por medio de 3 transformadores de corriente, o “donas”, por las cuales se pasan los cables ubicados en la acometida de la tienda. Estos sensores tienen la capacidad de medir la corriente que pasa a través de cada uno de dichos cables. Estos elementos se colocaron en la acometida eléctrica de la tienda (tablero de distribución eléctrica o el tablero que contiene el interruptor principal). Por otro lado se miden los voltajes de cada fase de manera puntal y se conectan tanto neutro como tierra. Esto se ve en la siguiente figura:

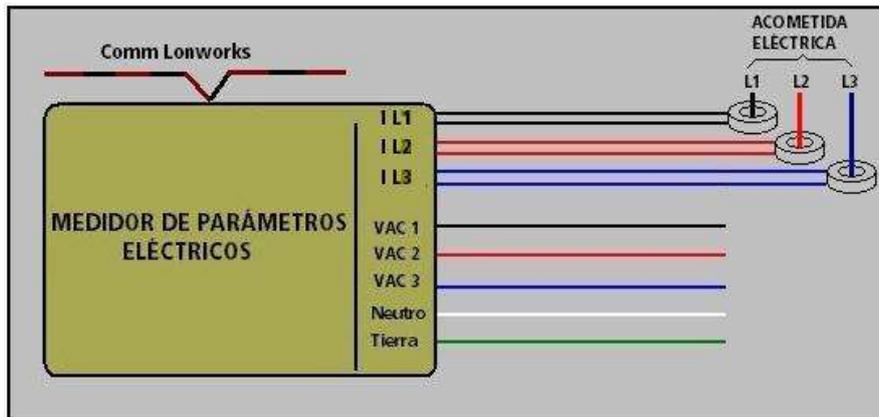


Figura 7. Instalación de los sensores eléctricos en la acometida de la tienda.

### Parámetros de Refrigeración

Para monitorear las temperaturas de los cuartos fríos se utilizaron sensores de temperatura tipo resistivo PT-1000 (figura 8) utilizado para tuberías y espacios confinados que tienen un rango desde los  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ . Se colocaron a la entrada y salida del evaporador para obtener Temperatura de retorno de aire (TR) y Temperatura de Inyección.



Figura 8. Sensor PT-1000 monitorea temperaturas dentro de equipos de refrigeración. El dispositivo ubicado en el retorno monitorea la temperatura de aire de mezcla, antes de pasar por el serpentín del evaporador. Para cuartos fríos como los de nuestras tiendas, este sensor es el que debe controlar la temperatura de operación del equipo ya que el valor es el más representativo de todo el interior del cuarto frío.

La ubicación del dispositivo debe ser justo en la parte posterior del evaporador, donde pasa el aire antes de entrar al evaporador. Normalmente se coloca a unos 10 o 15 cm antes del aletado de dicho evaporador. Ver figura 9.

El sensor ubicado en la inyección nos indica a qué temperatura está saliendo el aire del evaporador y nos ayuda a confirmar qué tan adecuada es la descarga de aire en el evaporador. Con este sensor podemos inferir un gran número de fallas en el sistema de refrigeración, como por ejemplo, falta de gas, mal ajuste de sobrecalentamiento. Por otro lado, podemos además confirmar si el equipo se encuentra encendido o bien si existe un adecuado paso de refrigerante dentro del evaporador. Para corroborar lo anterior es necesario medir el diferencial de temperatura entre la temperatura de retorno TR e inyección TI cuando el equipo se encuentra encendido. El valor adecuado

de diferencial de temperatura debe estar entre 3°C y 6°C. Lo anterior se describe en la siguiente fórmula:

$$\Delta_{(TR\_TI)} = TR - TI$$

$$6^{\circ} \geq \Delta_{(TR\_TI)}_{refrigeración} \geq 3^{\circ} C$$

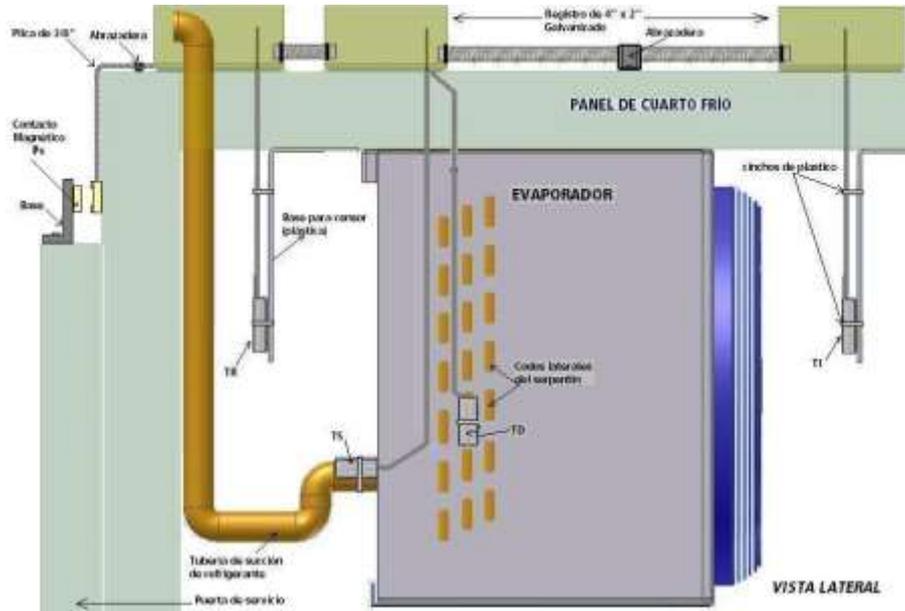


Figura. 9. Diagrama que muestra la colocación de sensores de temperatura en evaporador.

Al igual que en la acometida de la tienda, se colocaron medidores de corriente tipo dona en los equipos de refrigeración, los que detectan el paso de corriente en uno de los cables que alimentan el compresor. Esto es que, si se detecta el paso de corriente, significará que el compresor se encuentra encendido. Realmente este dispositivo nos confirma que el compresor del cuarto frío ha encendido cuando el controlador manda la señal de encendido y viceversa cuando el controlador manda la señal de apagado.

	CTS0750150	Dona de Medición de 150 Amps para Wattnode-Plus
	191U4077	H800 Interruptor activado por corriente 0.5-200A Dona Abierta Switch de corriente tipo dona para medición de estado de encen. o apag. de equipos. • Provee una señal a través de un relevador.
	191U4143	H800 Interruptor activado por corriente 0.5-200A Dona Abierta Transductor de corriente tipo dona para medición de estado de encen. o apag. de equipos. • Provee una señal a través de un relevador. • Detecta desde 0.25 hasta 200 amperes.

Figura 10. Sensores de Corriente colocados en tableros eléctricos y equipos de refrigeración.

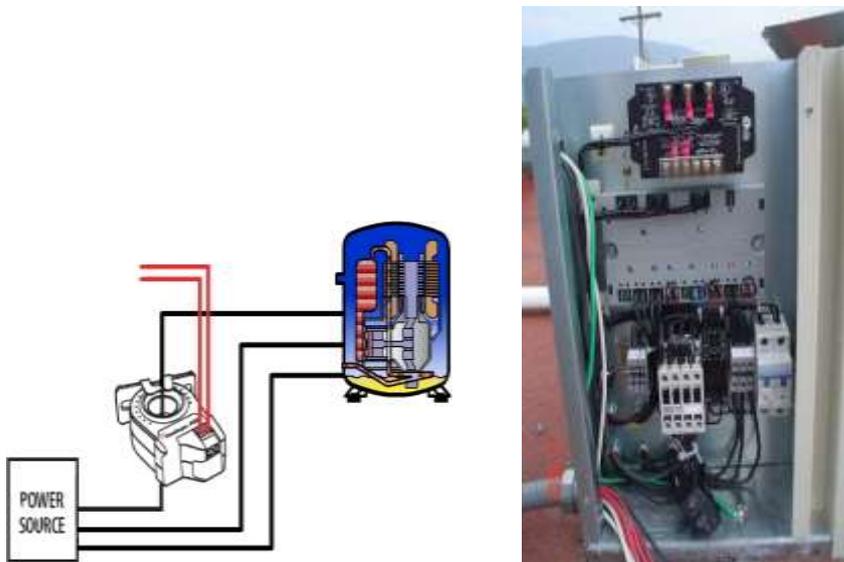


Figura 11. Montaje de sensores de corriente tipo dona en unidades de condensación de cuartos fríos.

El sistema de adquisición de datos es un controlador AK2 Modulo de Comunicación tipo AK2-CM 101A (Lonworks TP-78). Con una memoria con capacidad de almacenamiento de 8 MBytes A la cual se conectan dispositivos periféricos sensores que son ubicados e instalados directamente en los equipos mencionados, con el fin de supervisar su estado y controlar su operación. Figura 12.



### 4.3 Levantamiento de cargas

En el anexo se puede ver en las Tablas 18 y 19 el inventario detallado de equipos y total de cargas instaladas en ambas tiendas, el total según las horas de trabajo promedio y el total de consumo por mes. Las siguientes columnas describen los resultados del cálculo de los costos de energía eléctrica según costos de CFE para finales del año pasado. El cargo por kilowatt de demanda máxima media y el cargo por kilowatt-hora de energía

consumida. Al final se registre el total según tarifa contratada, que para ambas tiendas es OM. A continuación se resume y representa el BALANCE DE ENERGIA POR SECTOR:

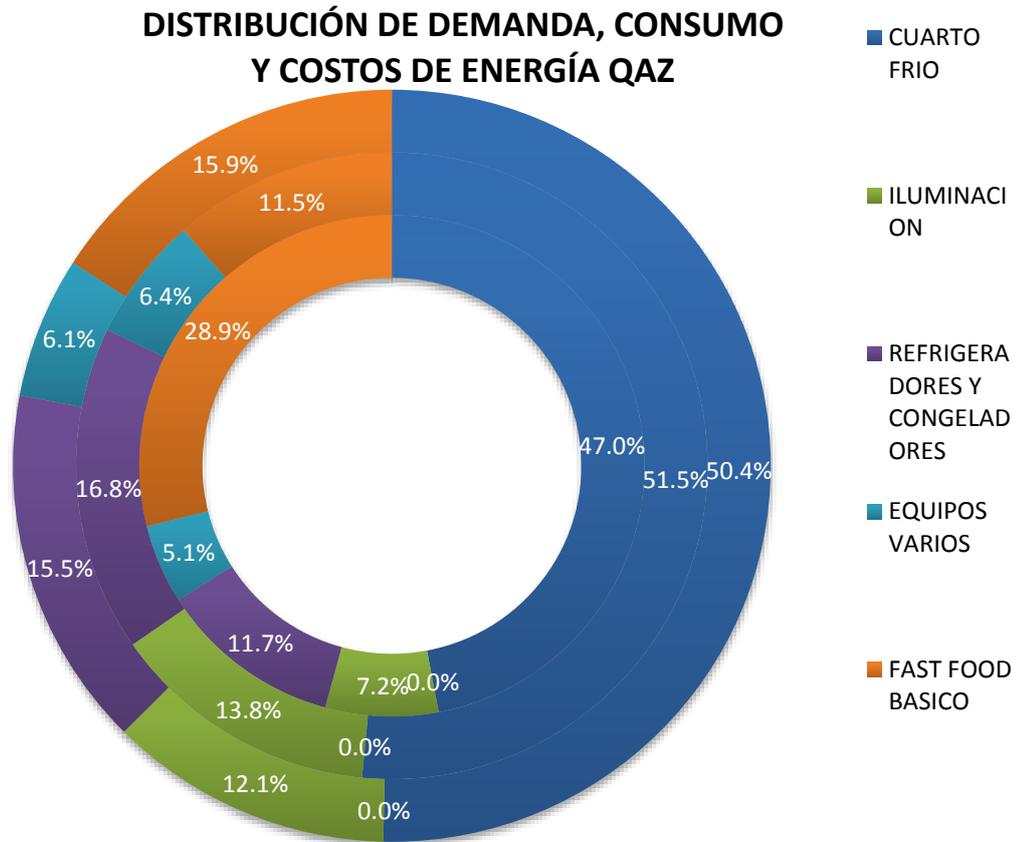


Figura 13. ARREGLO DE ANILLOS DE EXTERIOR A INTERIOR: KW, KWH, COSTO PARA LA TIENDA ANGEL CUSTODIO

## DISTRIBUCIÓN DE DEMANDA, CONSUMO Y COSTOS DE ENERGÍA PARA SKY

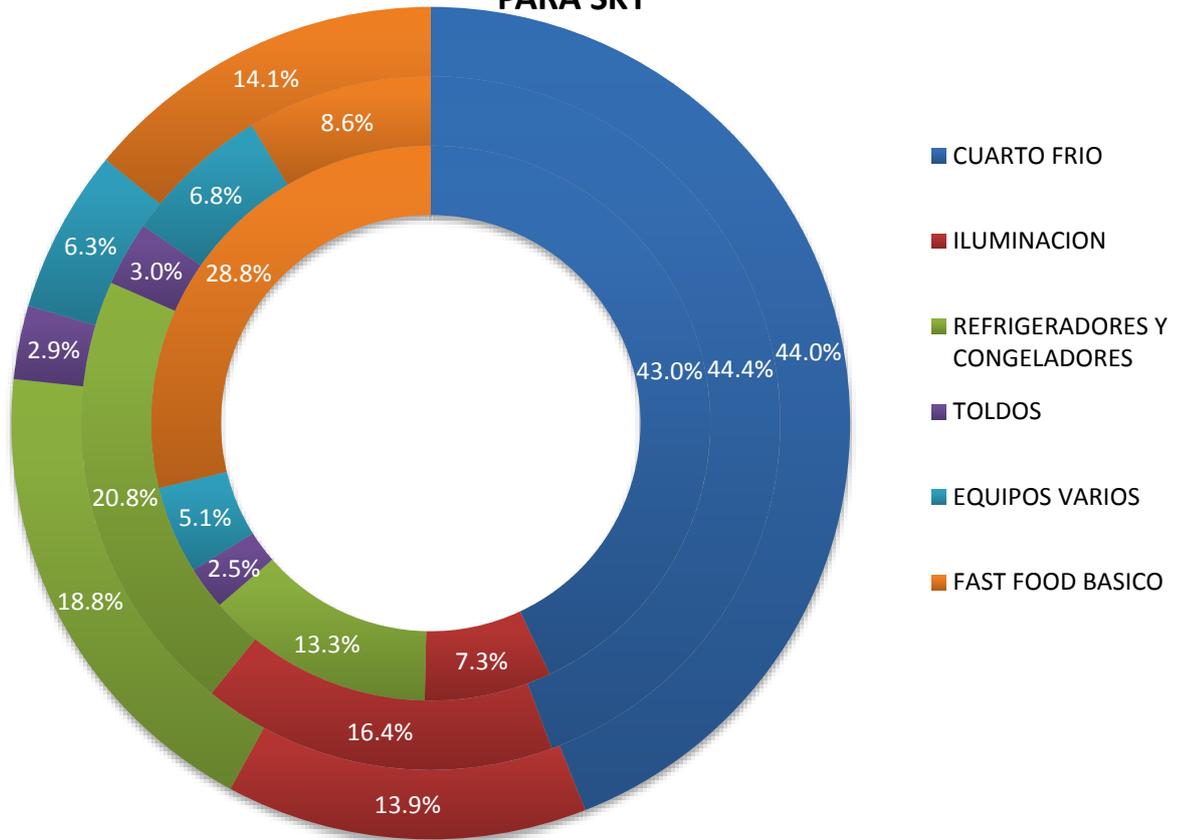


Figura 14. ARREGLO DE ANILLOS DE EXTERIOR A INTERIOR:  
KW, KWH, COSTO PARA LA TIENDA PLAZA ATLANTIS

Tabla 20. BALANCE DE ENERGIA TIENDA QAZ

SECTOR	KW TOT	kWh/MES	\$ Tarifa OM
CUARTO FRIO	15,93	5.742,60	\$11.013,79
ILUMINACION	2,45	1.541,16	\$2.653,43
REFRIGERADORES Y CONGELADORES	3,98	1.873,74	\$3.391,70
EQUIPOS VARIOS	1,73	714,30	\$1.328,68
FAST FOOD BASICO	9,78	1.277,10	\$3.482,45
<b>TOTAL</b>	<b>33,87</b>	<b>11.148,90</b>	<b>21.870,05</b>

Tabla 21. BALANCE DE ENERGIA TIENDA SKY

SECTOR	KW TOT	kWh/MES	\$ F.B.M.
CUARTO FRIO	12,88	3.989,40	\$7.951,57
ILUMINACION	2,20	1.476,78	\$2.518,47
REFRIGERADORES Y CONGELADORES	3,98	1.873,74	\$3.391,70
TOLDOS	0,75	269,40	\$516,93
EQUIPOS VARIOS	1,53	612,90	\$1.147,75
FAST FOOD BASICO	8,62	769,20	\$2.548,57
<b>TOTAL</b>	<b>29,96</b>	<b>8.991,42</b>	<b>\$18.074,98</b>

Las tablas 20 y 21 describen el resumen del balance energético. La carga de la segunda columna la obtenemos al sumar la potencia de todo el equipamiento conectado a la tienda que son los kW TOT. La tercera columna con el título de kWh/MES, se obtiene al multiplicar por las horas de trabajo y días del mes.

#### 4.4 Mediciones

Los gráficos de las figuras del anexo correspondientes a las mediciones, muestran el comportamiento de la temperatura de los equipos de refrigeración durante seis meses, de diciembre a mayo del año 2013-2014. Voltajes y corrientes, además del cálculo de la potencia.

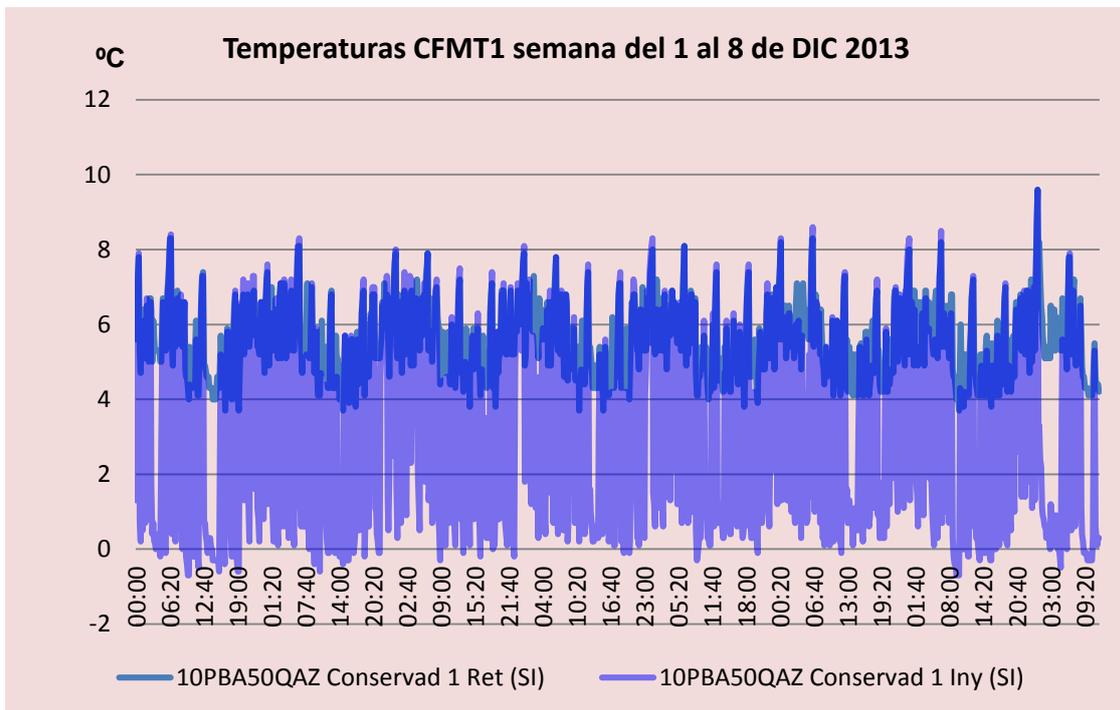


Figura 16. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de diciembre.

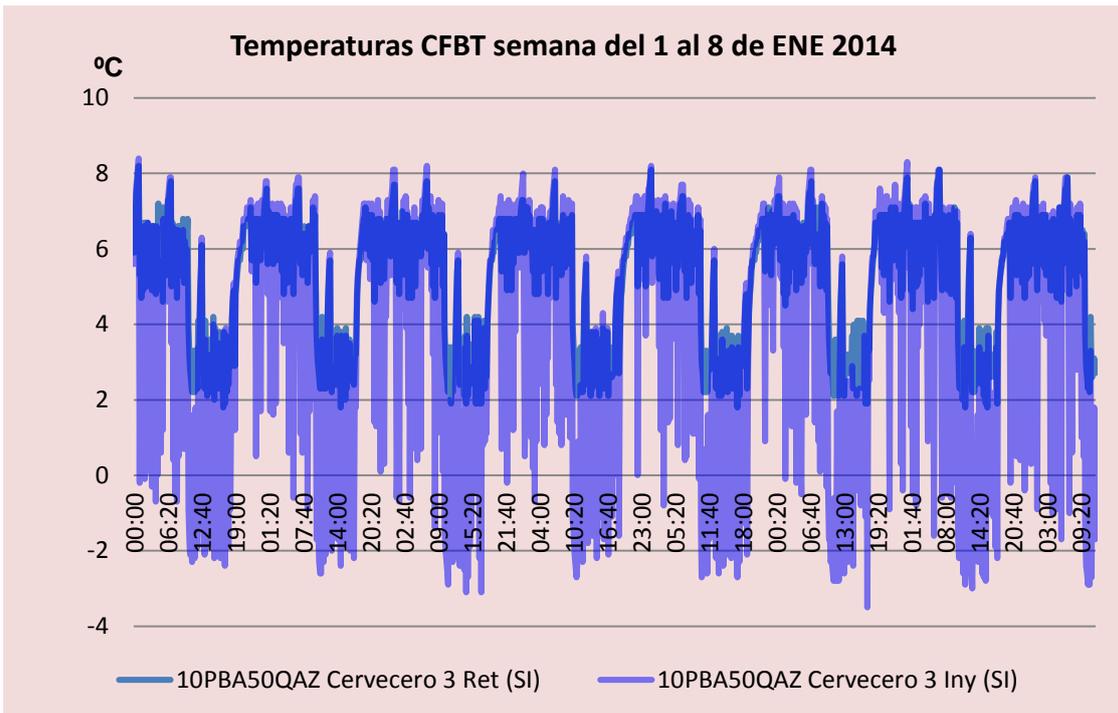


Figura 31. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante los primeros ocho días del mes de enero.

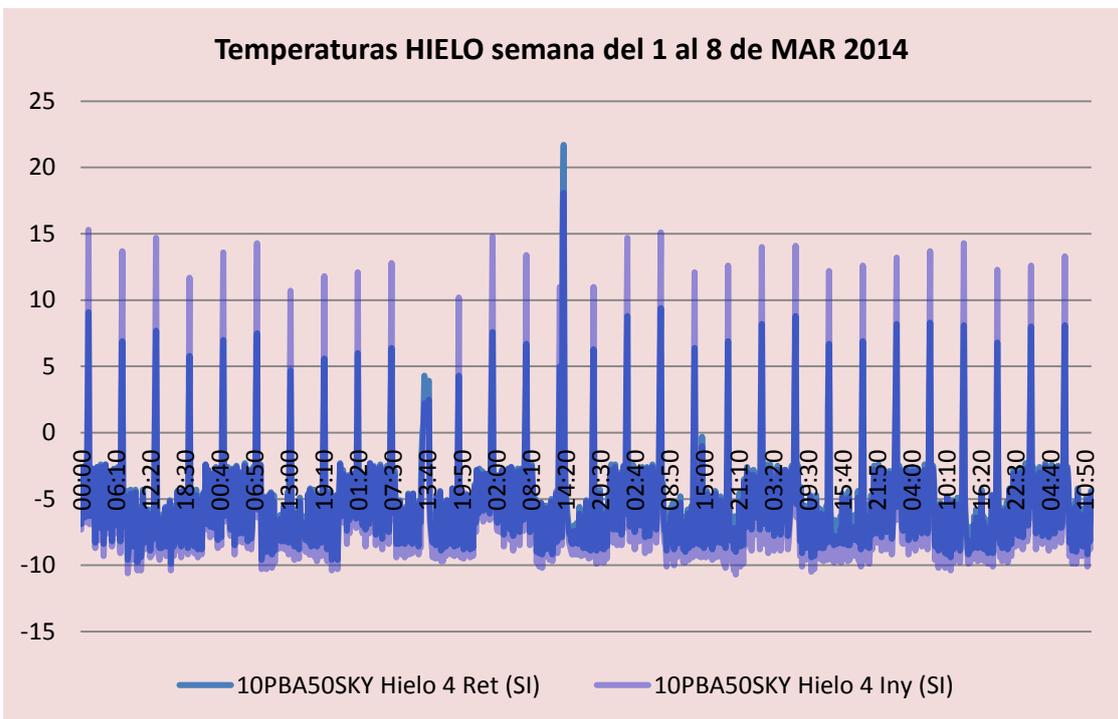


Figura 86. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante los primeros ocho días del mes de marzo.

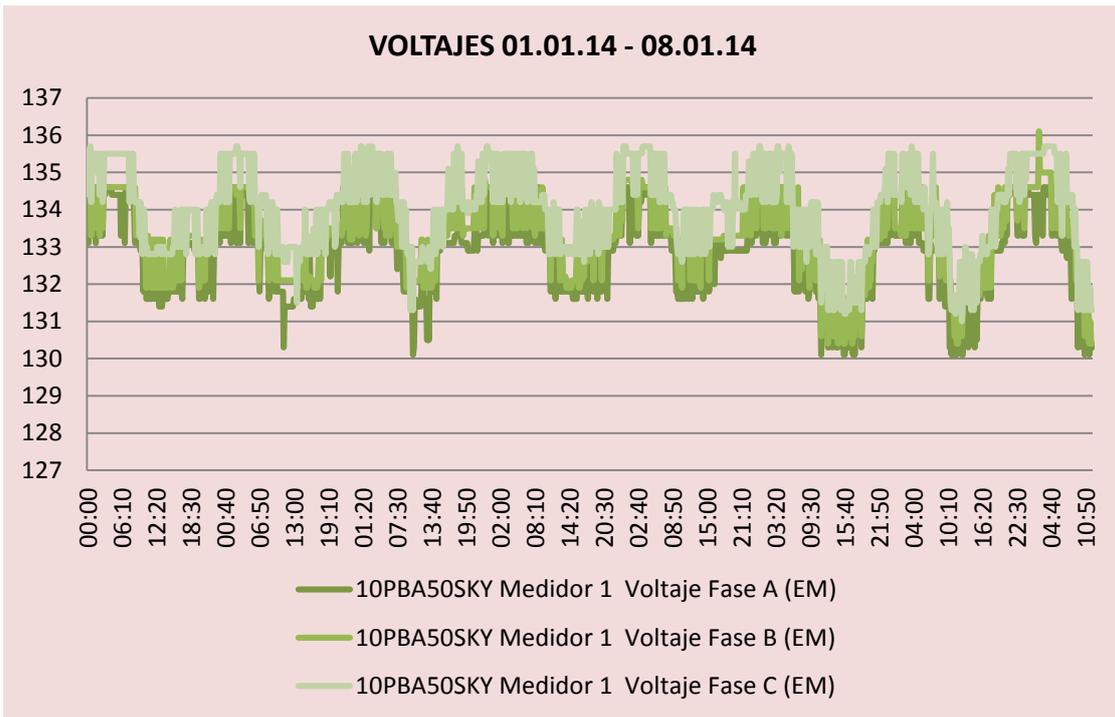


Figura 94. Voltajes durante la primera semana del mes de mayo 2014.

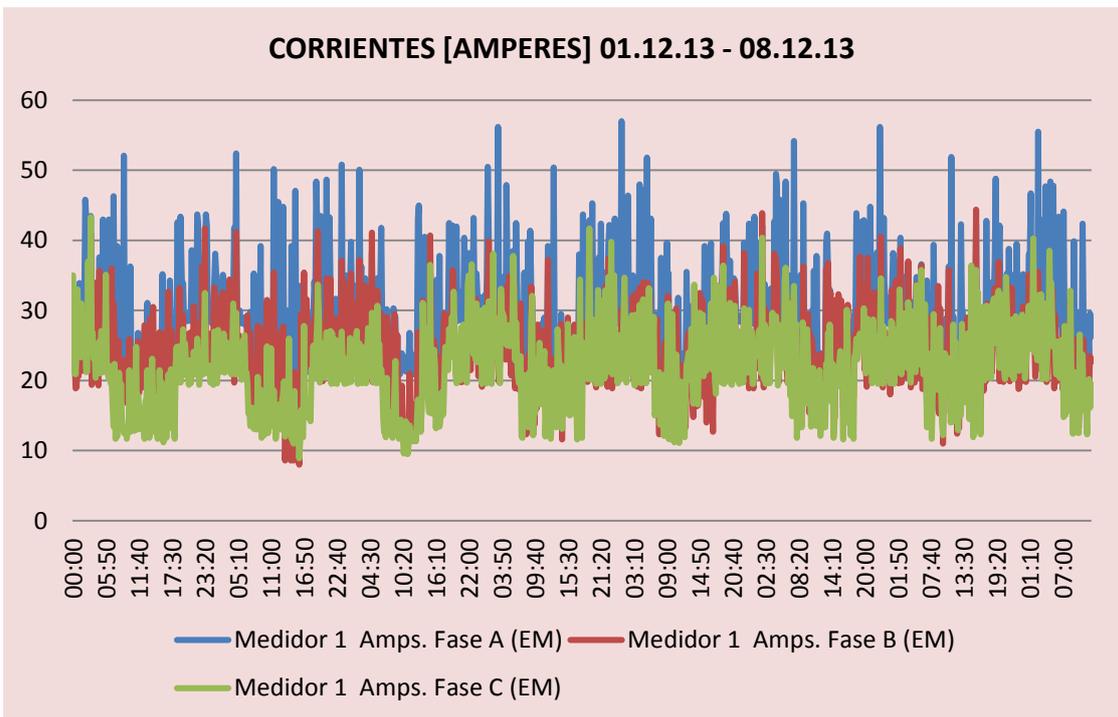


Figura 95. Corrientes durante la primera semana del mes de diciembre 2013.

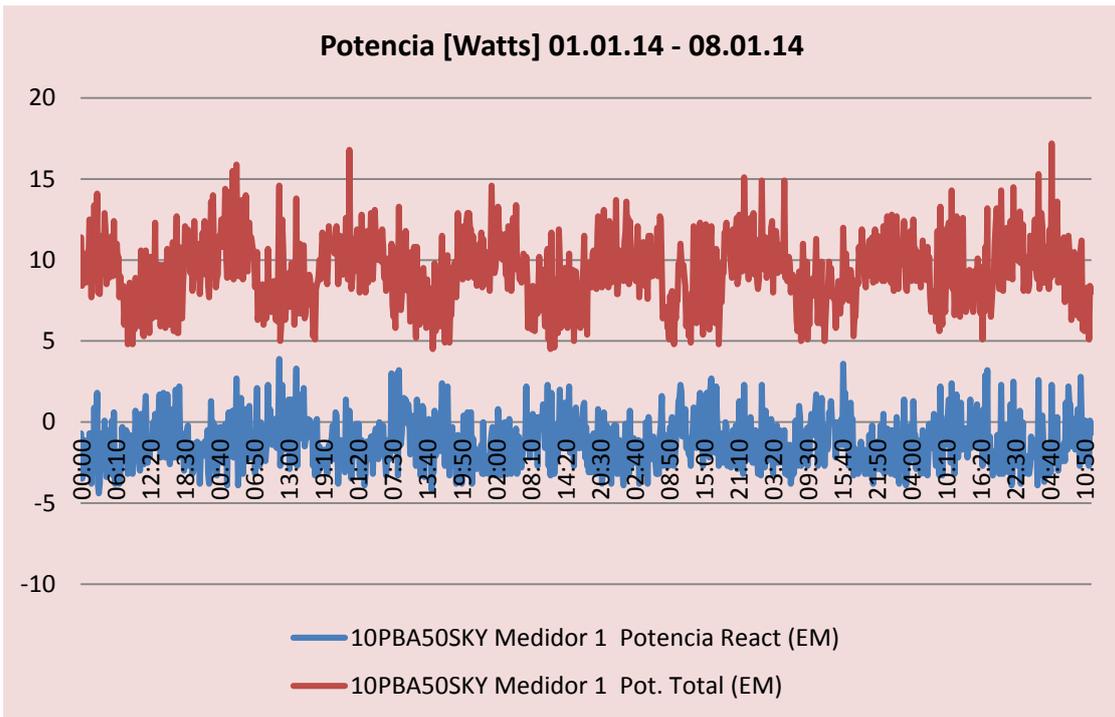


Figura 102. Potencia durante la primera semana del mes de enero 2014.

#### 4.5 Facturación

Los siguientes gráficos representan el consumo mensual de las tiendas analizadas durante el 2011, 2012 y 2013. Las tablas con los datos detallados se encuentran al final en los anexos.

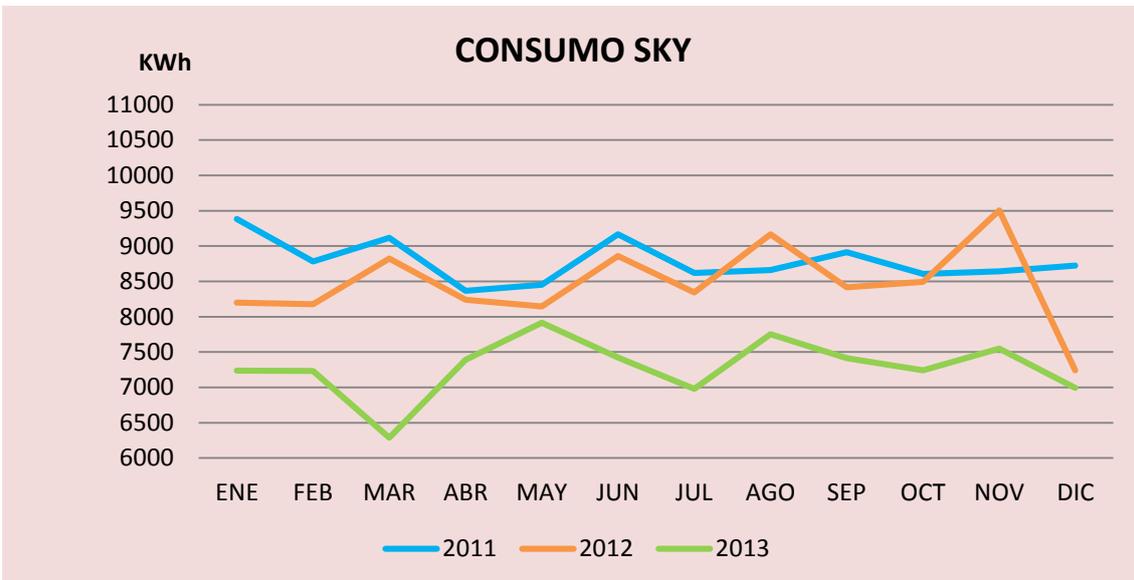


Figura 107. Consumo de la tienda Plaza Atlantis durante los años del 2011 al 2013

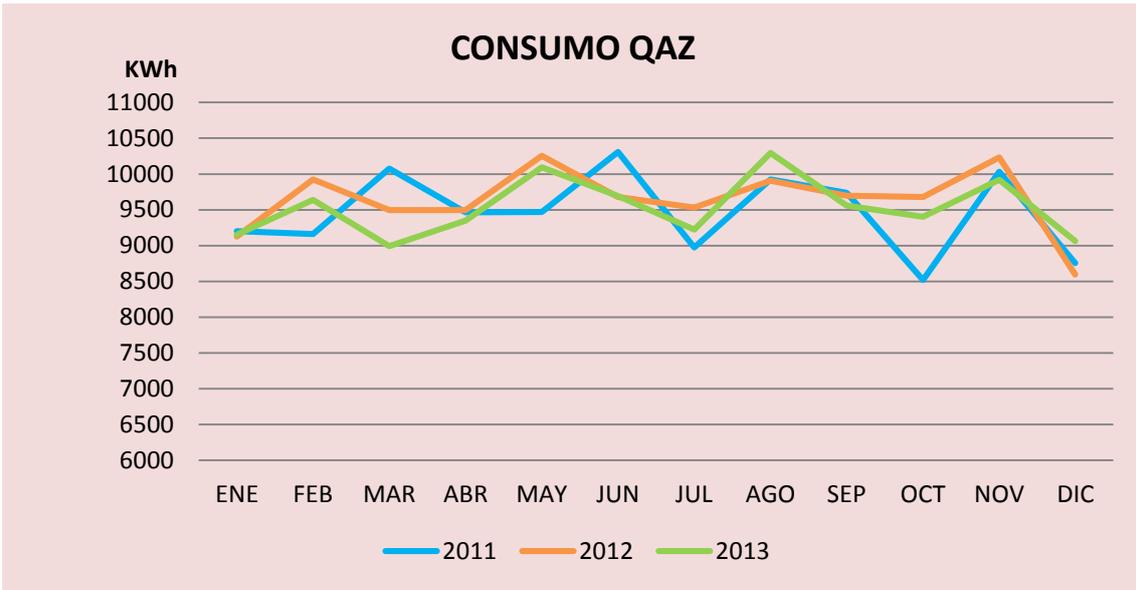


Figura 108. Consumo de la tienda Ángel Custodio durante los años del 2011 al 2013

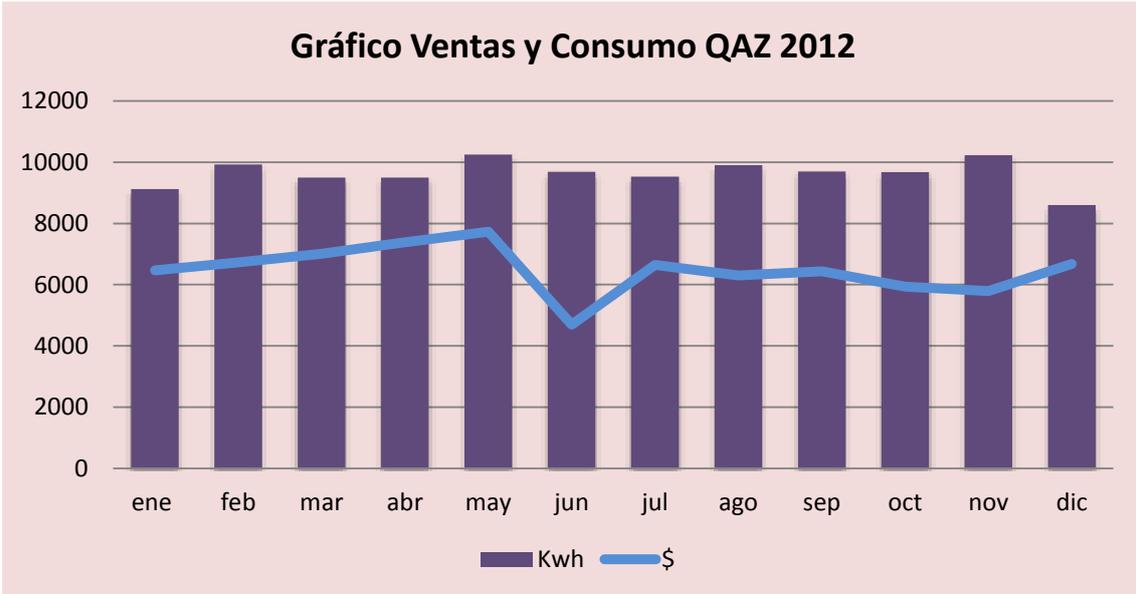


Figura 109. Consumo contra venta de la tienda Ángel Custodio durante el 2012

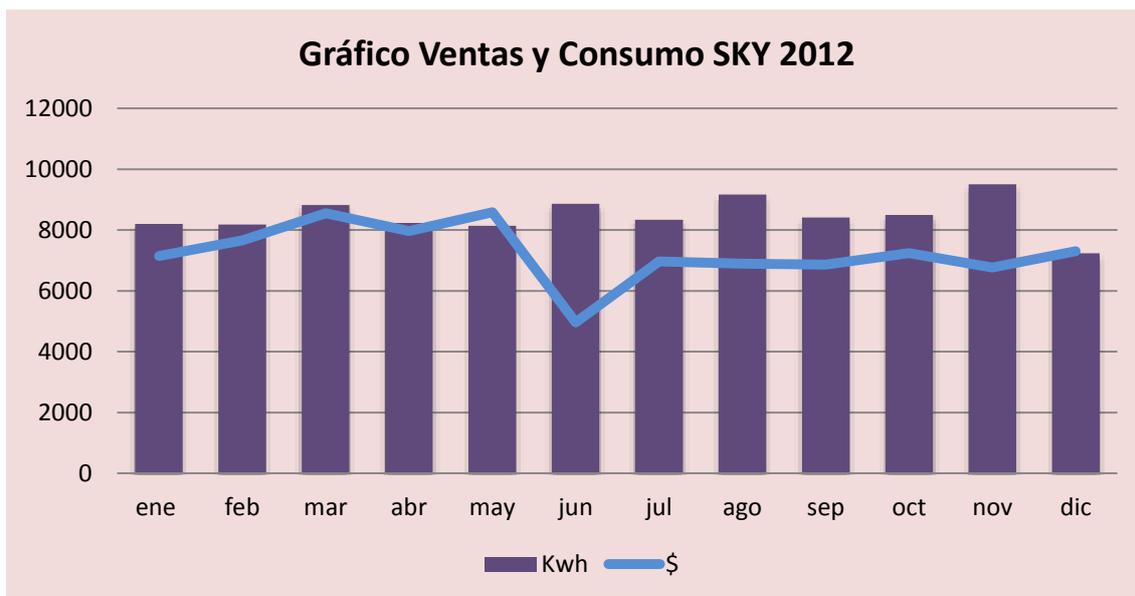


Figura 110. Consumo contra venta de la tienda Plaza Atlantis durante el 2012

## 5. Análisis de Resultados

En base a los datos obtenidos por el balance energético, mediciones de temperatura, voltajes y corrientes, e historia del comportamiento de consumo histórico se llegó a los siguientes resultados.

### 5.1 Resultados de las mediciones

En ambos casos los consumos se mantienen semejantes a lo largo de la semana, con un ligero incremento los días fines de semana. Marcado mayormente en la tienda de Ángel Custodio, por ser tienda con mayor tránsito de clientes.

Se aprecia la curva de carga máxima durante la tarde aproximadamente entre 4:00 pm y 7:30 horas.

En donde presentamos la mayor variación son en las cámaras de media temperatura de 2°C a 5°C, debido también a que es donde tenemos la mayor parte de la carga térmica.

El color diferencial entre ambas medidas de temperatura en retorno e inyección nos permite ver el COP, y la diferencia, delta de temperaturas, que aumenta en la tienda de Ángel Custodio. Marcada mayormente en la cámara de hielo, tenemos que subrayar la diferencia en volumen de ambas cámaras, es mayor en Ángel Custodio, y nuevamente al espacio confinado en que se encuentran estos equipos.

Los rangos en que oscila la tienda de Plaza Atlantis, para la cámara de hielo son de 0 a 10 la delta, este valor máximo lo alcanza durante los deshielos. Con un promedio de 0.98. Para cerveza los valores van de 0.9 a 5.3, con un promedio en 2.73. En el caso del cuarto frío de media temperatura el valor va de 1.3 a 6.9, con un promedio en 3.6.

En la tienda de Ángel Custodio los valores van de 0 a 0.9, con un promedio en 0.3 para la cámara de hielo, en el caso de la de cerveza, los valores oscilan de 0.1 a 6.1 promedio de 2.48, para la cámara de conservación de media temperatura el rango va de 1.1 a 5.9 y el promedio es de 3.3. Mediciones realizadas en mayo y junio para ambas tiendas.

En cuanto a la variación entre meses del año, se aprecia mayor el consumo por aumento de temperatura, que por otros factores, ventas, por ejemplo, en días festivos como serían 24 y 31 de diciembre.

Los gráficos de voltajes y corrientes muestran las subidas y bajadas de voltajes. Y así la necesidad de balanceo de cargas.

Por último, las medidas del cuarto frío de la tienda QAZ son 1853,7 pie<sup>3</sup>, 500,06 pie<sup>3</sup> y 160,54 pie<sup>3</sup> para cámara de conservación de media temperatura, baja y de congelación respectivamente. Para la tienda SKY son 1024.9 pie<sup>3</sup>, 504.29 pie<sup>3</sup> y 115.69 pie<sup>3</sup> respectivamente. El resultado del análisis diario de cargas térmicas se desglosa para ambas tiendas:

## ANÁLISIS DE CARGAS TÉRMICAS PARA QAZ

### (1) Transmisión de calor a través de paredes, cielo y piso del recinto

#### *Paredes*

K	0,26						
Conserva	245	BTUH/pie2*F	1213,32167	BTU	0,35558965	Kwh	
Cervezas	255	BTUH/pie2*F	819,6125	BTU	0,24020483	Kwh	
Hielo	306	BTUH/pie2*F	1530,255	BTU	0,44847369	Kwh	

#### *Vidrio de Doble Hoja*

Conserva	880	BTUH/pie2*F	1065,60667	BTU	0,31229864	Kwh	
Cervezas	936	BTUH/pie2*F	629,72	BTU	0,1845528	Kwh	
Hielo	1050	BTUH/pie2*F	1412,6875	BTU	0,41401804	Kwh	

#### *Piso de concreto*

Conserva	375		840,625	BTU	0,24636299	Kwh	
Cervezas	400		402,777778	BTU	0,11804257	Kwh	
Hielo	450		436,875	BTU	0,12803549	Kwh	

### (2) INFILTRACION DEL AIRE CALIENTE A TRAVÉS DE PUERTAS

Conserva	1,92	BTU/pie3	3559,104	BTU	1,04307092	Kwh	
Cervezas	2,09	2,09	1045,1254	BTU	0,30629617	Kwh	
Hielo	2,61	2,61	419,0094	BTU	0,12279959	Kwh	

**(3)GANANCIA DE CALOR MISCELÁNEA, LAMPARAS, PALLET TRUCKS, MOTORES DE EVAPORA***VENTILADORES*

6800 BTU

CONSERVA	61200	BTU	17,9359581	Kwh
CERVEZA	13600	BTU	3,98576846	Kwh
HIELO	13600	BTU	3,98576846	Kwh

*ILUMINACION*

239,4

CONSERVA	2394	BTU	0,70161248	Kwh
CERVEZA	478,8	BTU	0,1403225	Kwh
HIELO	239,4	BTU	0,07016125	Kwh

*TARIMAS Y CAJAS*

CONSERVA	34,8432056	BTU	0,01021154	Kwh
CERVEZA	0,34843206	BTU	0,00010212	Kwh
HIELO	0	BTU		

Tabla 24. Análisis de Cargas Térmicas en el punto QAZ

**ANÁLISIS DE CARGAS TÉRMICAS PARA SKY****(1) Transmisión de calor a través de paredes, cielo y piso del recinto.***Paredes*

K	0,26						
Conserva	245	BTUH/pie2*ºF	1213,32167	BTU	0,35558965	Kwh	
Cervezas	255	BTUH/pie2*ºF	819,6125	BTU	0,24020483	Kwh	
Hielo	306	BTUH/pie2*ºF	1530,255	BTU	0,44847369	Kwh	

*Vidrio de Doble Hoja*

Conserva	880	BTUH/pie2*ºF	1065,60667	BTU	0,31229864	Kwh	
Cervezas	936	BTUH/pie2*ºF	629,72	BTU	0,1845528	Kwh	
Hielo	1050	BTUH/pie2*ºF	1412,6875	BTU	0,41401804	Kwh	

*Piso de concreto*

Conserva	375		840,625	BTU	0,24636299	Kwh	
Cervezas	400		402,777778	BTU	0,11804257	Kwh	
Hielo	450		436,875	BTU	0,12803549	Kwh	

**(2)INFILTRACION DEL AIRE CALIENTE A TRAVÉS DE PUERTAS**

Conserva	1,92	BTU/pie3	3559,104	BTU	1,04307092	Kwh	
Cervezas	2,09	2,09	1045,1254	BTU	0,30629617	Kwh	
Hielo	2,61	2,61	419,0094	BTU	0,12279959	Kwh	

**(3) GANANCIA DE CALOR MISCELÁNEA, LAMPARAS, PALLET TRUCKS, MOTORES DE EVAPORA***VENTILADORES*

6800 BTU

CONSERVA	61200	BTU	17,9359581	Kwh
CERVEZA	13600	BTU	3,98576846	Kwh
HIELO	13600	BTU	3,98576846	Kwh

*ILUMINACION*

239,4

CONSERVA	2394	BTU	0,70161248	Kwh
CERVEZA	478,8	BTU	0,1403225	Kwh
HIELO	239,4	BTU	0,07016125	Kwh

*TARIMAS Y CAJAS*

CONSERVA	34,8432056	BTU	0,01021154	Kwh
CERVEZA	0,34843206	BTU	0,00010212	Kwh
HIELO	0	BTU	0	Kwh

Tabla 25. Análisis de Cargas Térmicas en el punto QAZ

**5.2 Análisis de facturación**

De las gráficas históricas del consumo podemos conocer que nuestros meses de mayor gasto energético coinciden dentro de los meses de mayo a julio de cada año. Estos son los meses del verano, es decir cuando se alcanza la mayor temperatura ambiente. Dichos meses superan incluso los meses de mayor venta por fechas de celebración como septiembre o diciembre. Y no únicamente en consumo si no en costo.

Si observamos las gráficas de la variación del costo por kilowatt hora durante los últimos años proporcionadas por Comisión Federal de Electricidad, estos meses también son coincidentes para la elevación del costo por kilowatt consumido.

Tenemos que tener en mente este comportamiento histórico para el ajuste y calibración de equipos y/o mantenimientos previos a estos meses para que dentro de los gastos que no pueden evitarse no se sume una mala operación por operación inadecuada de los equipos de refrigeración. Además de incentivar las campañas de mejora en prácticas operativas y perfeccionamiento por parte de los proveedores a mantener la cadena de frío para la recepción de producto en tienda.

Al final la vida útil del equipo también estará directamente relacionada con las condiciones de operación a las que los forcemos a trabajar, temperatura, humedad, presión, ventilación, etcétera.

La figura 107 nos muestra la muestra de 40 tiendas, todas en la ciudad de Puebla, todas sin aire acondicionado y ordenadas en función de las dimensiones del área de servicio, bodega y cuartos fríos. Incluyendo las 2 que se analizaron en los casos de estudio. Podemos ver como la gráfica disminuye en consumo por área a mayor dimensión de la tienda.

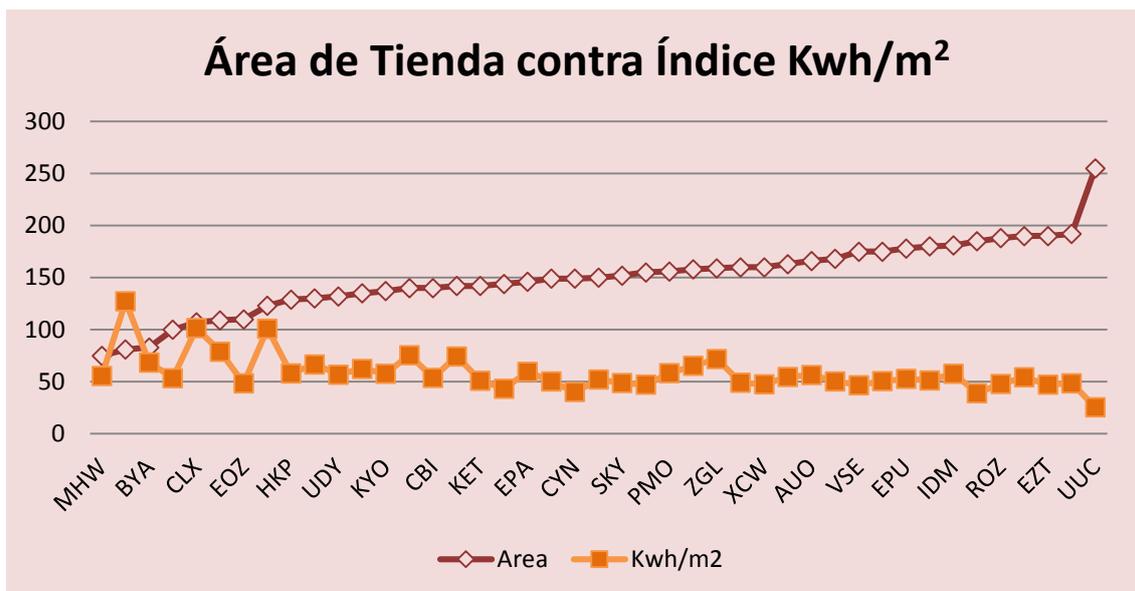


Figura 107. Muestra de Comparación entre Dimensiones de tiendas y su indicador energético Kwh/m<sup>2</sup>

### 5.3 Indicadores energéticos

De acuerdo a las variables utilizadas, podemos definir los siguientes indicadores, el consumo sobre la venta y la emisión de bióxido de carbono sobre la venta:

INDICADORES ENERGÉTICOS								
	VENTAS (\$)		CONSUMO Kwh		INDICE 1 [Kwh/\$]		INDICE 2 [\$ /CO <sub>2</sub> ]	
	QAZ	SKY	QAZ	SKY	QAZ	SKY	QAZ	SKY
ENE	6.470	7.150	9127	8201	1,41	0,87	3513,90	3157,39
FEB	6.730	7.660	9923	8178	1,47	0,94	3820,36	3148,53
MAR	7.010	8.550	9497	8822	1,35	0,97	3656,35	3396,47
ABR	7.390	7.970	9496	8240	1,28	0,97	3655,96	3172,40
MAY	7.730	8.591	10253	8144	1,33	1,05	3947,41	3135,44
JUN	4.700	4.960	9681	8860	2,06	0,56	3727,19	3411,10
JUL	6.651	6.970	9531	8342	1,43	0,84	3669,44	3211,67
AGO	6.301	6.901	9907	9168	1,57	0,75	3814,20	3529,68
SEP	6.441	6.861	9696	8414	1,51	0,82	3732,96	3239,39
OCT	5.941	7.241	9677	8494	1,63	0,85	3725,65	3270,19
NOV	5.791	6.770	10231	9505	1,77	0,71	3938,94	3659,43
DIC	6.681	7.310	8596	7243	1,29	1,01	3309,46	2788,56

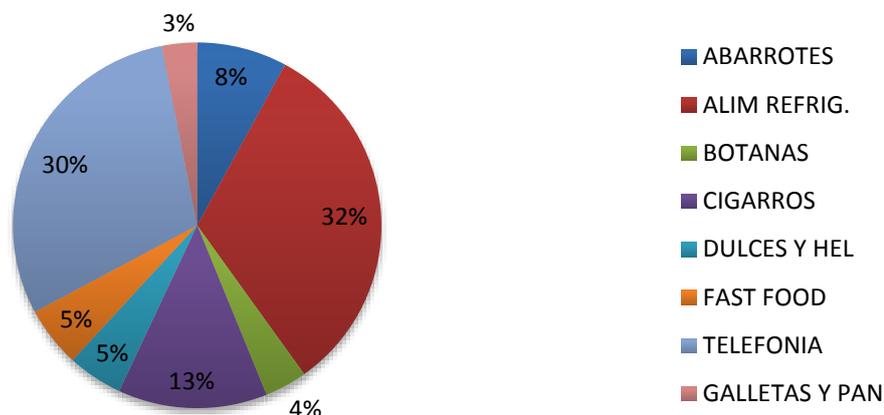
#### Factor de emisión (Kg de CO<sub>2</sub> eq/kWh)

0,385

Kg de CO<sub>2</sub>  
eq/kWh

Tabla 26. Indicadores energéticos resultantes. Medidos durante 2012

## VENTAS POR CATEGORIA DE PRODUCTO QAZ



## VENTAS POR CATEGORIA DE PRODUCTO SKY

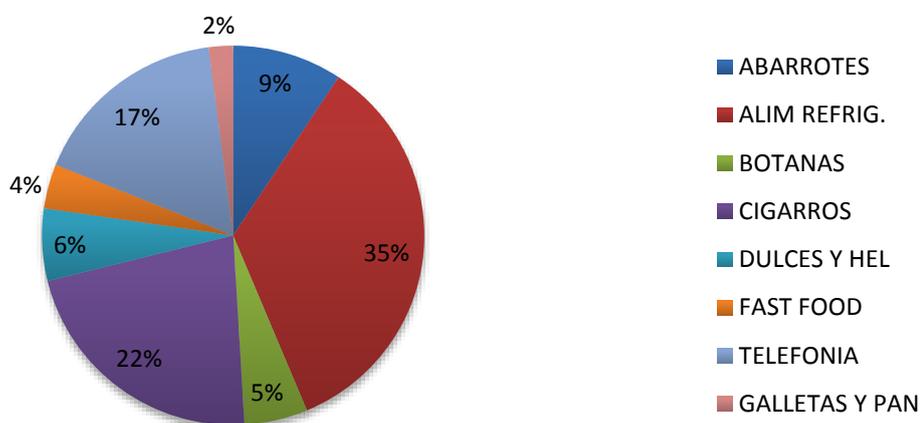


Figura 108. Representa la división por súper grupos de productos en tienda y su aportación a la venta.

Sumado a los indicadores energéticos representados en la tabla 26, hemos obtenido otro indicador en función de las dimensiones del área de la tienda. En base al promedio señalado por la muestra de 40 tiendas, podemos hablar de un promedio de 51.5 kWh/m<sup>2</sup> como nuestra media de comportamiento del consumo.

Es importante señalar que los indicadores expuestos corresponden al consumo y ventas totales. Para hablar de indicadores exclusivamente referidos al sistema de refrigeración por cuartos fríos podemos remitirnos a la figura 108. Donde nos muestra el porcentaje de venta atribuido a los productos almacenados en cada uno de los 3 cuartos fríos descritos (aguas, refrescos, bebidas energizantes, jugos, leche, yogurt, cerveza y hielo).

## 6. RESULTADOS FINALES

La metodología de funcionamiento de este cálculo para la calificación energética en tiendas de conveniencia, comienza con la recopilación de información y posterior comparación entre el consumo de diseño y real entre dos tiendas a lo largo de todo el año. Se determinó el porcentaje de consumo de los equipos de refrigeración (potencia y rendimientos). Estos datos son utilizado para la oportuna detección de fallas y diagnóstico de comportamientos del sistema de refrigeración.

Este estudio tiene como objetivo lograr lo que se definió como Diagnóstico energético de segundo grado. Que comienza con la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos de refrigeración, por la hipótesis establecida de su mayor consumo energético dentro de todos los dispositivos operativos de una tienda de conveniencia. Paralelamente con el análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre volúmenes manejados o procesados y consumos específicos de energía para poder compararla con la de diseño, con objeto de obtener las variaciones de eficiencia.

Detectar las desviaciones entre las condiciones de operación actuales con las del diseño, para así, jerarquizar el orden de análisis de cada equipo proceso. El paso siguiente es conocer el flujo de energía, servicio o producto perdido por el equipo en estudios. Los balances de materia y energía, así como la disposición de los índices energéticos reales y de diseño complementan el diagnóstico, ya que permiten establecer claramente la distribución de la energía en las instalaciones, las pérdidas y desperdicios globales y así determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía.

Finalmente evaluar, desde el punto de vista económico, las medidas que se recomienden llevar a cabo, tomando en consideración que se deben pagar con los ahorros que se tengan y en ningún momento deben poner en riesgo la liquidez de la empresa.

Comparando el censo de los equipos contra las mediciones y el historial de facturación podemos declarar que no existen importantes pérdidas de energía en los equipos que se encuentran en tienda, debido a que la medición de Comisión Federal contenida en la factura del establecimiento no se aleja en más del 2%

Los incrementos considerables en consumo se deben a los aumentos de temperatura en los periodos de verano. De igual manera vemos mayor crecimiento por temas como días festivos o incremento de flujo de producto en los refrigeradores, pero aún sigue estando por debajo al factor de temperatura. Se confirma la hipótesis que el mayor consumidor de energía se encuentra en el área de refrigeración principalmente en los cuartos fríos.

El coeficiente de operación (COP) teórico y real del equipo a lo largo de las mediciones, como se puede observar, para el caso QAZ, este coeficiente tiene un aumento conforme el flujo de calor en el evaporador aumente, lo anterior es debido al mayor flujo de refrigerante que pasa a través del evaporador.

En la parte final se obtuvo una disminución en los valores de COP debido a un aumento en el flujo de calor. Hay un cambio importante entre la temperatura a la entrada del condensador y la temperatura de salida de vapor del generador, lo que nos hace suponer que parte del vapor de refrigerante se condensa en la tubería y regresa al generador. Las temperaturas a la salida del evaporador y del condensador están cercanas a la temperatura ambiente, lo que nos da como resultado que ambos componentes están sobredimensionados para las condiciones en que ha operado el sistema.

Esto además sumado a las altas temperaturas (entre 35 y 40 °C) en que la tienda QAZ opera los equipos de refrigeración, por su confinamiento. No así en SKY donde los condensadores se encuentran a la intemperie. La potencia es variable pero esperada considerando los equipos inductivos. La potencia promedio para los equipos es de 12.8, siendo la mínima de 4.2W y la máxima alcanzó 22.1W a las 10:50 de la mañana.

Las prácticas operativas del personal no nos están ayudando al ahorro de energía, debido al poco espacio para mantenimiento, asimismo significa también un desgaste mayor a los dispositivos para alcanzar las temperaturas objetivo.

Promedio de consumo y gasto			
Tiendas	kw/Mes	\$	Dif
Equipos ventilados	6900	\$ 11,730.00	\$ 3,719.60
Equipos en bodega	9088	\$ 15,449.60	

Promedio de trabajo del Equipo	
Tiendas	Trabajo compresor
Equipos ventilados	35%
Equipos en bodega	80%

### 6.1 Propuesta de mejoras con análisis técnico económico

Las prácticas que caen en responsabilidad tanto del técnico que mantiene el buen funcionamiento de los equipos como del personal que los opera, son el verificar que los evaporadores se mantengan libres de hielo, evitar obstrucciones al flujo de aire en las cámaras de cuartos fríos, mantener los condensadores libres de obstrucciones, limpiar o cambiar periódicamente los filtros de refrigerante, elevar la temperatura de evaporación hasta el mayor valor posible, en función de las necesidades de operación y climáticas. Reducir por Infiltración 720 BTU/ft3 Reducir por Iluminación 5740 BTU/W Reducir por motores dentro de cámara frigorífica 4250BTU/hp.

La inversión de compra para un cuarto frío completo, en base a los análisis y comparaciones entre ambos comportamientos no es lo recomendable, por el tiempo de vida y valor de activo con el que aún cuentan varios equipos. No así para el caso de la cámara de hielo en la tienda QAZ. Donde se están presentando las mayores pérdidas de energía. Considerando comportamientos similares en consumos y ventas entre ambas tiendas, el ahorro mensual del consumo de un equipo nuevo sería una VAN de -\$12.578,76 Y una TIR < 3,5 años.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo y expansión de los centros comerciales durante los últimos años, motivado por la gran demanda de este tipo de Centros por parte de clientes y usuarios, exige una alta profesionalización en cuanto a la gestión energética activa de los mismos.

La refrigeración constituye en la cadena de tiendas de FEMSA el mayor consumo energético debido a la necesidad de conservar los productos en un ambiente adecuado y así mantener su calidad.

Será necesario establecer un equilibrio entre aspectos de imagen, presentación y exclusividad junto a criterios de ahorro energético, así como la concientización por parte de los usuarios de un uso adecuado y responsable de la energía. Igualmente, es necesaria la mejora de las instalaciones existentes, procediendo a la sustitución de aquellas que así lo requieran, en base a las experiencias de las instalaciones actuales. Prevalciendo espacios de operación, evitando altas temperaturas y distancias entre evaporadores y condensadoras. Además de una reevaluación correcta del diseño de instalación de los sistemas.

Para ello es necesario contabilizar la energía de una muestra de tiendas de todos los tipos de sectores: tiendas en carretera, centros comerciales, peatonales, zonas escolares, centros habitacionales, turísticas, centros laborales y de oficinas, etcétera, para poder emprender acciones necesarias activas respecto a la gestión energética enfocadas a las necesidades del sector. Esta información proporcionara el conocimiento para exigir las óptimas condiciones para el diseñador, instalador y constructor de cada nuevo punto de venta.

Como parte de las medidas desarrolladas a lo largo del diagnóstico se lograron los siguientes resultados de manera directa e indirecta. Se encontró una reducción en el consumo energético mejorando la competitividad del sector. Reducción de coste de operación y mantenimiento, alargándose la vida útil de los equipos. Mejora de la eficiencia energética, adecuándose a la Normativa vigente de la empresa, disminuyendo la facturación de consumo eléctrico. Mejora de la imagen de los establecimientos, potenciando su sensibilización con el medio ambiente. Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Concientizar al personal en tienda y a los clientes, divulgar las medidas tomadas para el uso adecuado de los recursos energéticos. Empleo de nuevas tecnologías en sistemas de generación de frío, así como el uso de energías renovables. Mejora ante la sociedad de la imagen sostenible de FEMSA Comercio.

Las instalaciones de tiendas de conveniencia no por su menor área dejan de ser complejos sistemas de energía que operan bajo un ambiente de alto nivel de competencia en donde el consumidor siempre tiene la razón; es entonces que el monitoreo y medidas de eficiencia energética no deberá comprometer la experiencia de compra.

El comportamiento de las tiendas ha sido monitoreado durante varios meses para asegurarnos que los beneficios se mantienen y el reporte no revele comportamientos inesperados y definir relevantes soportes. El potencial de estas iniciativas energéticas son su intención de réplica debido a, como se ha mencionado, el formato homogéneo de esta cadena de tiendas.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://www.antad.net/>
- [2] ANTAD. (2013). Recuperado el 2013, de [http://www.antad.net/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=10193:lidera-oxxo-ventas-en-m%C3%A9xico&Itemid=178](http://www.antad.net/index.php?option=com_k2&view=item&id=10193:lidera-oxxo-ventas-en-m%C3%A9xico&Itemid=178)
- [3] Euromonitor International. (2013). Recuperado el 2013, de <http://www.portal.euromonitor.com.millennium.itesm.mx/Portal/Pages/Analysis/AnalysisPage.aspx>
- [4] FEMSA. (2013). Informe Anual 2012. Recuperado el 29 de noviembre de 2013, de [http://files.shareholder.com/downloads/FEMSAS/2815568532x0x646163/e79df9cf-7d9c-4def-9ecd-91ff3eea538f/FEMSA\\_AR12\\_SPA.pdf](http://files.shareholder.com/downloads/FEMSAS/2815568532x0x646163/e79df9cf-7d9c-4def-9ecd-91ff3eea538f/FEMSA_AR12_SPA.pdf)
- [5] Forbes. (3 de Septiembre de 2013). El futuro del 'retail' está en las tiendas pequeñas. Recuperado el 22 de Noviembre de 2013, de <http://www.forbes.com.mx/sites/el-futuro-del-retail-esta-en-las-tiendas-pequenas/>
- [6] Frances Hill (2010) Towards a zero energy store- a scoping study (ZEST) September 2010 pp 12-18.
- [7] Birndt, R., Riedel R. and Schenk J., 2000 Tightness of Commercial Refrigeration Systems, Project Commissioned by the Forschungsrat Kältetechnik
- [8] Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee (RTOC) 2010 Assessment, Montreal Protocol on Substances that deplete the ozone layer
- [9] Papadopoulos et al., 2001
- [10] Santamouris et al., 2001
- [11] Tassou S. A., Ge Y., Hadaway, A., Marriott D., Energy consumption and conservation in food retailing. Applied Thermal Engineering 2011;31 (2-3):147-156.

- [12] Lloyds Bank. Food Retail Sector Overview. Lloyds Bank Commercial Banking. – Available at: <<http://www.lloydsbankwholesale.com/insight-and-ideas/food/sector-overview/>> [accessed 16.1.2013].
- [13] Wang L., Greenberg S., Fiegel J., Rubaclava A., Earni S., Pang X., Yin R., Woodworth S., Hernandez-Maldonado J., Monitoring-based HVAC commissioning of an existing office building for energy efficiency. *Applied Energy* 2013;102:1382-1390.
- [14] Jones P., (2012) Problems with sub-metering energy consumption in UK non domestic buildings. In: CIBSE Technical Symposium 2012; 2012 April 18–19; London.
- [15] Acha Salvador, (2012) Effective Low-cost Energy Saving Strategies in Supermarkets: An UK Case Study;6-12; UK
- [16] Acquatella, 2001
- [17] Sustentabilidad, Provencio Enrique 2004
- [18] Aguilar Galván Alfredo (2012) Recomendación estratégica sobre tecnologías y subsectores como orientación para sustentar acciones de eficiencia energética en el sector PyME Marzo de 2012. GIZ México
- [19] Secretaría de Energía 2013. Recuperado el 22 de Noviembre de 2013, de <http://www.sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=2617> Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018
- [20] Ortiz, 2010. SEAM/PNUD/PNUMA, 2012.
- [21] Sekiya, 2006
- [22] Ortiz, 2010, Puebla, 2005, Chung, 1995, SEAM/PNUD/PNUMA, 2012.
- [23] March Consulting Group, 1998
- [24] UNEP. *Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme (UNEP). 1987
- [25] UNEP. *Handbook for the International Treaties for the Protection of the Ozone Layer (sixth edition)*. Nairobi, Kenya: UNEP Ozone Secretariat.
- [26] Minor, B.H. “R410A and R407C design and performance –a literature review”, Proceedings of the Earth Technologies Forum. Arlington, Va: Alliance for Responsible Atmospheric Policy. 2004
- [27] Calm, J.M., and G.C. Hourahan 2001 “Refrigerant data summary”. *Engineered Systems* 18(11):74-88

[28] James M. Calm, P.E., Fellow ASHRAE, and Piotr A. Domanski, Ph.D., "R-22 Replacement Status," ASHRAE Journal, 46(8):29-39, August 2004.

## 9. ANEXOS

### Wall Heat Loads

Insulation (Inches)				R	Heat Load (BTU Per 24 Hours Per One Square Foot of Outside Surface)																	
Cork or Mineral Wool k = .30	Glass Fiber or Poly-Styrene k = .26	Urethane (Sprayed) k = .16	Urethane (Foamed in Place) k = .12		Temperature Reduction in °F. (Outside Air Temperature Minus Room Temperature)																	
					1	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
	1			4	5.10	204	230	255	281	306	332	357	383	408	434	459	485	510	536	561	587	612
	2			8	3.40	136	153	170	187	204	221	238	255	272	289	306	323	340	357	374	391	408
4	3	2		12.6	1.80	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180	189	198	207	216
5	4		2	16.4	1.44	58	65	72	79	87	94	101	108	115	122	130	137	144	151	159	166	173
6	5	3		19.6	1.20	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144
8	6	4	3	25	0.90	36	41	45	50	54	59	63	68	72	77	81	86	90	95	99	104	108
10	8		4	33	0.72	29	32	36	40	43	47	50	54	58	61	65	68	72	76	79	83	86
	10	6		38.7	0.60	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72
			6	50	0.48	19	22	24	26	29	31	34	36	38	41	43	46	48	51	53	55	58
Single window glass				.9	27	1080	1215	1350	1490	1620	1760	1890	2030	2160	2290	2440	2560	2700	2840	2970	3100	3240
Double Window Glass				2.2	11	440	495	550	610	660	715	770	825	880	936	990	1050	1100	1160	1210	1270	1320
Triple Window Glass				3.4	7	280	315	350	390	420	454	490	525	560	595	630	665	700	740	770	810	840
6" Concrete Floor				4.8	5	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600

Tabla 9. Valores del coeficiente K de diferentes materiales aislantes, en función del factor de resistencia térmica y espesor de dichos paneles para recintos refrigerados

reprinted by permission from ASHRAE 1972 HANDBOOK OF FUNDAMENTALS

Average air changes per 24 hours for storage rooms above 32°F. (0°C.) due to door openings and infiltration.

Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.	Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.	Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.
200	44.0	2,000	12.0	25,000	3.0
250	38.0	3,000	9.5	30,000	2.7
300	34.5	4,000	8.2	40,000	2.3
400	29.5	5,000	7.2	50,000	2.0
500	26.0	6,000	6.5	75,000	1.6
600	23.0	8,000	5.5	100,000	1.4
800	20.0	10,000	4.9	150,000	1.2
1,000	17.5	15,000	3.9	200,000	1.1
1,500	14.0	20,000	3.5	300,000	1.0

Tabla 10. Cambios promedio de aire por 24 horas en cuartos de almacenamiento mayor a 32°F debido a aberturas de puertas e infiltración de aire.

Average air changes per 24 hours for storage rooms below 32°F. (0°C.) due to door openings and infiltration.

Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.	Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.	Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.
200	33.5	2,000	9.3	25,000	2.3
250	29.0	3,000	7.4	30,000	2.1
300	26.2	4,000	6.3	40,000	1.8
400	22.5	5,000	5.6	50,000	1.6
500	20.0	6,000	5.0	75,000	1.3
600	18.0	8,000	4.3	100,000	1.1
800	15.3	10,000	3.8	150,000	1.0
1,000	13.5	15,000	3.0	200,000	0.9
1,500	11.0	20,000	2.6	300,000	0.85

Tabla 11. Cambios promedio de aire por 24 horas en cuartos de almacenamiento abajo de 32°F debido a aberturas de puertas e infiltración de aire.

reprinted by permission from ASHRAE 1972 HANDBOOK OF FUNDAMENTALS

Heat removed in cooling air storage room conditions (BTU per Cu. Ft.)

Storage Room Temp.	Temperature of Outside Air												
	40°F. (4.4°C.)		50°F. (10°C.)		85°F. (29.4°C.)		90°F. (32.2°C.)		95°F. (35°C.)		100°F. (37.8°C.)		
	Relative Humidity of Outside Air, %												
°F.	°C.	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60	50	60
55	12.8	-	-	-	-	1.12	1.34	1.41	1.66	1.72	2.01	2.06	2.44
50	10.0	-	-	-	-	1.32	1.54	1.62	1.87	1.93	2.22	2.28	2.65
45	7.2	-	-	-	-	1.50	1.73	1.80	2.06	2.12	2.42	2.47	2.85
40	4.4	-	-	-	-	1.69	1.92	2.00	2.26	2.31	2.62	2.67	3.65
35	1.7	-	-	0.36	0.41	1.86	2.09	2.17	2.43	2.49	2.79	2.85	3.24
30	-1.1	0.24	0.29	0.58	0.66	2.00	2.24	2.26	2.53	2.64	2.94	2.95	3.35
25	-3.9	0.41	0.45	0.75	0.83	2.09	2.42	2.44	2.71	2.79	3.16	3.14	3.54
20	-6.7	0.56	0.61	0.91	0.99	2.27	2.61	2.62	2.90	2.97	3.35	3.33	3.73
15	-9.4	0.71	0.75	1.06	1.14	2.45	2.74	2.80	3.07	3.16	3.54	3.51	3.92
10	-12.2	0.85	0.89	1.19	1.27	2.57	2.87	2.93	3.20	3.29	3.66	3.64	4.04
5	-15.0	0.98	1.03	1.34	1.42	2.76	3.07	3.12	3.40	3.48	3.87	3.84	4.27
0	-17.8	1.12	1.17	1.48	1.56	2.92	3.23	3.28	3.56	3.64	4.03	4.01	4.43
-5	-20.6	1.23	1.28	1.59	1.67	3.04	3.36	3.41	3.69	3.78	4.18	4.15	4.57
-10	-23.3	1.35	1.41	1.73	1.81	3.19	3.49	3.56	3.85	3.93	4.33	4.31	4.74
-15	-26.1	1.50	1.53	1.85	1.92	3.29	3.60	3.67	3.96	4.05	4.46	4.42	4.86
-20	-28.9	1.63	1.68	2.01	2.00	3.49	3.72	3.88	4.18	4.27	4.69	4.66	5.10
-25	-31.7	1.77	1.80	2.12	2.21	3.61	3.84	4.00	4.30	4.39	4.80	4.78	5.21
-30	-34.4	1.90	1.95	2.29	2.38	3.86	4.05	4.21	4.51	4.56	5.00	4.90	5.44

Tabla 12. Cantidad de Calor removido del aire enfriado en las condiciones de cuartos de almacenamiento en BTU por pie<sup>3</sup>.

reprinted by permission from ASHRAE 1967 HANDBOOK OF FUNDAMENTALS

Storage requirements and properties of perishable products

Commodity (Alphabetical Listing)	Storage Conditions			Highest Freezing Point °F.	Specific Heat Above Freezing BTU/lb.°F	Specific Heat Below Freezing BTU/lb.°F	Latent Heat of Fusion BTU/lb.	Product Loading Density Approx. lb./Cu. Ft.
	Storage Temp. °F.	Relative Humidity %	Approximate Storage Life*					
Apples	30-40	90	3-8 months	29.3	0.87	0.45	121	28
Apricots	31-32	90	1-2 weeks	30.1	0.88	0.46	122	30
Artichokes (Globe)	31-32	95	2 weeks	29.9	0.87	0.45	120	—
Asparagus	32-36	95	2-3 weeks	30.9	0.94	0.48	134	25
Avocados	45-55	85-90	2-4 weeks	31.5	0.72	0.40	94	19
Bananas	55-65	85-90	—	30.6	0.80	0.42	108	—
Beans (Green or Snap)	40-45	90-95	7-10 days	30.7	0.91	0.47	128	14
Lima	32-40	90	1 week	31.0	0.73	0.40	94	—
Beer, Keg	35-40	—	3-8 weeks	28.0	0.92	—	129	—
Bottles, Cans	35-40	65 or below	3-6 months	28.0	0.92	—	129	—
Beets, Topped	32	95-100	4-6 months	30.1	0.90	0.46	126	23
Blackberries	31-32	95	3 days	30.5	0.88	0.46	122	19
Blueberries	31-32	90-95	2 weeks	29.7	0.86	0.45	118	19
Bread, Baked	—	—	1-3 months	16 to 20	0.70	0.34	46-53	—
Dough	35-40	85-90	3-72 hours	—	0.75	—	—	—
Broccoli, Sprouting	32	95	10-14 days	29.0	0.92	0.47	130	13
Brussels Sprouts	32	95	3-5 weeks	30.5	0.88	0.46	122	—
Cabbage	32	95-100	3-4 months	30.4	0.94	0.47	132	17
Carrots, Topped, Mature	32	98-100	5-9 months	29.5	0.90	0.46	126	22
Cauliflower	32	95	2-4 weeks	29.0	0.93	0.47	132	16
Celery	32	95	1-2 months	31.1	0.95	0.48	135	30
Cherries, Sour	31-32	90-95	3-7 days	29.0	0.87	—	120	18
Sweet	30-31	90-95	2-3 weeks	28.8	0.84	—	—	—
Chocolate (Coating)	50-65	40-50	2-3 months	95-85	0.55	0.30	40	—
Cocoa	32-40	50-70	1 year, plus	—	—	—	—	—
Coconut	32-45	80-85	1-2 months	30.4	0.58	0.34	67	—
Coffee (Green)	35-37	80-85	2-4 months	—	0.30	0.24	147-21	—
Collards	32	95	10-14 days	30.6	0.90	—	—	—
Corn, Sweet (Fresh)	32	95	4-8 days	30.9	0.79	0.42	106	16
Cranberries	36-40	90-95	2-4 months	30.4	0.90	0.46	124	22
Cucumbers	50-55	90-95	10-14 days	31.1	0.97	0.49	137	20
Currants	31-32	90-95	10-14 days	30.2	0.88	0.45	120	—
Dairy Products								
Cheddar Cheese	40	65-70	6 months	8.0	0.50	0.31	53	40
Processed Cheese	40	65-70	12 months	19.0	0.50	0.31	56	40
Butter	40	75-85	1 months	-4 to 31	0.50	0.25	23	—
Cream	35-40	—	2-3 weeks	31.0	0.66-0.80	0.36-0.42	79-107	—
Ice Cream	-20 to -15	—	3-12 months	21.0	0.66-0.70	0.37-0.39	86	25
Milk, Fluid Whole								
Pasteurized, Grade A	32-34	—	2-4 months	31.0	0.93	0.46	125	—
Condensed Sweet	40	—	15 months	5.0	0.42	0.28	40	—
Evaporated	40	—	24 months	29.5	0.79	0.42	106	—
Dates (Dried)	0 or 32	75 or less	6-12 months	3.7	0.36	0.26	29	24
Dewberries	31-32	90-95	3 days	27.0	0.88	—	—	—
Dried Fruits	32	50-60	9-12 months	—	0.31-0.41	0.26	20-37	45
Eggplant	45-50	90-95	7-10 days	30.6	0.94	0.48	132	—
Egg, Shell	29-31	80-85	5-6 months	28.0	0.73	0.40	96	19
Shell, Farm Cooler	50-55	70-75	2-3 weeks	28.0	0.73	0.40	96	19
Frozen, Whole	0 or below	—	1 year, plus	28.0	0.73	0.42	106	41
Endive (Escarole)	32	95	2-3 weeks	31.9	0.94	0.48	132	—
Figs, Dried	32-40	50-60	9-12 months	—	0.39	0.27	34	45
Fresh	31-32	85-90	7-10 days	27.6	0.82	0.43	112	21
Fish, Fresh	30-35	90-95	5-15 days	28.0	0.70-0.86	0.38-0.45	88-112	—
Haddock, Cod	30-35	90-95	15 days	28	0.82	0.43	112	35
Salmon	30-35	90-95	15 days	28	0.71	0.39	92	33
Smoked	40-50	50-60	6-8 months	—	0.70	0.39	92	—
Shellfish, Fresh	30-33	86-95	3-7 days	28.0	0.83-0.90	0.44-0.46	113-125	—
Tuna	30-35	90-95	15 days	28.0	0.76	0.41	100	35
Furs and Fabric	34-40	45-55	several years	—	—	—	—	—
Garlic, Dry	32	65-70	6-7 months	30.5	0.69	0.40	89	—
Gooseberries	31-32	90-95	2-4 weeks	30.0	0.90	0.46	126	19
Grapefruit	50-60	85-90	4-6 weeks	30.0	0.91	0.46	126	30
Grapes, American Type	31-32	85-90	2-8 weeks	29.7	0.86	0.44	116	29
European Type	30-31	90-95	3-6 months	28.1	0.86	0.44	116	29
Greens, Leafy	32	95	10-14 days	30.0	0.91	0.48	136	32
Guavas	45-50	90	2-3 weeks	—	0.86	—	—	—
Honey	38-50	50-60	1 year, plus	—	0.35	0.26	26	—
Horseradish	30-32	95-100	10-12 months	28.7	0.78	0.42	104	—
Kale	32	95	3-4 months	31.1	0.89	0.46	124	—
Kohlrabi	32	95	2-4 weeks	30.2	0.92	0.47	128	—
Leeks, Green	32	95	1-3 months	30.7	0.88	0.46	126	—
Lemons	32 or 50-58	85-90	1-6 months	29.4	0.91	0.46	127	33
Lettuce Head	32-34	95-100	2-3 weeks	31.7	0.96	0.48	136	25
Limes 48-50	85-90	6-8 weeks	29.1	0.89	0.46	122	32	—

Tabla 13. Calor de respiración de algunos tipos de productos.  
PROPIEDADES Y DATOS DE ALMACENAMIENTO PARA PRODUCTOS PERECEDEROS

reprinted by permission from ASHRAE 1974  
HANDBOOK OF FUNDAMENTALS

### Heat equivalent of Occupancy

Cooler Temperature °F.	Heat Equivalent / Person BTU / 24 Hrs.
50	17,280
40	20,160
30	22,800
20	25,200
10	28,800
0	31,200
-10	33,600

Tabla 14. Calor equivalente de ocupantes dentro de los recintos refrigerados.

Heatcraft Refrigeration Product Division.  
HEATCRAFT SALES ENGINEERING  
MANUAL Pág. 19

### Heat equivalent of electric motors

Motor HP	BTU per (HP) (HR)		
	Connected Load In Refr Space <sup>1</sup>	Motor Losses Outside Refr Space <sup>2</sup>	Connected Load Outside Refr Space <sup>3</sup>
1/8 to 1/2	4,250	2,545	1,700
1/2 to 3	3,700	2,545	1,150
3 to 20	2,950	2,545	400

Tabla 15. Calor equivalente de motores eléctricos.

Heatcraft Refrigeration Product Division.  
HEATCRAFT SALES ENGINEERING  
MANUAL Pág. 19

Specific heats of various liquids and solids

Name	Specific Heat	
	BTU/lb./°F.	Temp °F.
<b>Liquids</b>		
Acetic Acid	0.522	79 - 203
Alcohol-Ethyl	0.680	32 - 208
Alcohol-Methyl	0.610	59 - 68
Calcium Chloride		
Brine (20% by wt.)	0.744	68
Carbon		
Tetrachloride	0.201	68
Chloroform	0.234	68
Gasoline	0.500	32 - 212
Glycerine	0.575	59 - 120
Olive Oil	0.471	44
Toluene	0.404	68
Turpentine	0.420	68
<b>Solids</b>		
Aluminum	0.214	—
Asphalt	0.220	—
Bakelite	0.350	—
Brickwork	0.200	—
Brass	0.090	—
Bronze	0.104	—
Concrete	0.156	—
Glass	0.200	—
Ice	0.465	-4
Ice	0.487	32
Iron (Cast)	0.120	—
Lead	0.031	—
Paper	0.320	—
Porcelain	0.180	—
Rubber Goods	0.480	—
Sand	0.191	—
Steel	0.120	—
<b>Woods</b>		
Fir	0.650	—
Oak	0.570	—
Pine	0.670	—

Tabla 16. Calor específico de varios líquidos y sólidos

Heatcraft Refrigeration Product Division.  
HEATCRAFT SALES ENGINEERING  
MANUAL Pág. 19

Selección de Equipo de Refrigeración de acuerdo a Zona Geografica

UC

Camara conservación (2° a 5°C). 7 Puertas Regular			
Carga Termica Oxxo			
ZONA	Dimensiones	Carga Termica	Carga Termica
Temp. Ambiente Maxima	Metros	18 hrs RT	BTU/Hr
Zona 1 95 °F			23.594
Zona 2 100 °F			24.077
Zona 3 105 °F			24.569
Zona 4 110 °F			26.585
Zona 5 115 F en adelante			28.718

Camara conservación (2° a 5°C). 7 Puertas Regular				
Unidad de Condensación				
Datos de Desempeño de la Unidad y Selección				
Capacidad		Diferencia		Modelo Unidad
Por Unidad	Total	Btu's/h	%	2 Unidades
13.789	27.578	3.984	16,9%	MBZX0151M6C
13.184	26.368	2.291	9,5%	MBZX0151M6C
12.564	25.128	559	2,3%	MBZX0151M6C
13.560	27.120	535	2,0%	MBZX0181M6C
15.412	30.824	2.106	7,3%	MBZX0201M6C

Camara conservación (2° a 5°C).8 Puertas Regular			
Carga Termica Oxxo			
ZONA	Dimensiones	Carga Termica	Carga Termica
Temp. Ambiente Maxima	Metros	18 hrs RT	BTU/Hr
Zona 1 95 °F	5.19 x 2.7 x 2.3	26.598	28.377
Zona 2 100 °F			28.940
Zona 3 105 °F	5.19 x 2.7 x 2.3	27.120	29.503
Zona 4 110 °F			32.085
Zona 5 115 F en adelante	5.19 x 2.7 x 2.3	30.587	34.850

Camara conservación (2° a 5°C).8 Puertas Regular				
Unidad de Condensación				
Datos de Desempeño de la Unidad y Selección				
Capacidad		Diferencia		Modelo Unidad
Por Unidad	Total	Btu's/h	%	2 Unidades
15.710	31.420	3.043	10,7%	MBZX0181M6C
14.985	29.970	1.030	3,6%	MBZX0181M6C
17.170	34.340	4.837	16,4%	MBZX0201M6C
16.255	32.510	425	1,3%	MBZX0201M6C
23.051	46.102	11.252	32,3%	MBZX0301M6C

Camara conservación (2° a 5°C). 7 Puertas Regular									
Evaporadores									
Evaporador para Unidad No. 1					Evaporadores para Unidad No. 2				
Evaporador	BTU's/h	Capacidad	DT	ExV	Evaporador	BTU's/h	Capacidad	DT	ExV
1 unidades	Nominales	Corregida			1 unidades	Nominales	Corregida		
BAP 130	13.000	13.000	10,61		BAP 130	13.000	13.000	10,61	
BAP 130	13.000	13.000	10,14		BAP 130	13.000	13.000	10,14	
BAP 130	13.000	13.000	9,66		BAP 130	13.000	13.000	9,66	
BAP 130	13.000	13.000	10,43		BAP 130	13.000	13.000	10,43	
BAP 130	13.000	13.000	11,86		BAP 130	13.000	13.000	11,86	

Camara conservación (2° a 5°C).8 Puertas Regular									
Evaporadores									
Evaporador para Unidad No. 1					Evaporadores para Unidad No. 2				
Evaporador	BTU's/h	Capacidad	DT	ExV	Evaporador	BTU's/h	Capacidad	DT	ExV
1 unidades	Nominales	Corregida			1 unidades	Nominales	Corregida		
BAP 156	15.600	15.600	10,07		BAP 156	15.600	15.600	10,07	
BAP 156	15.600	15.600	9,61		BAP 156	15.600	15.600	9,61	
BAP 156	15.600	15.600	11,01		BAP 156	15.600	15.600	11,01	
BAP 180	18.000	18.000	9,03		BAP 180	18.000	18.000	9,03	
BAP 180	18.000	18.000	12,81		BAP 180	18.000	18.000	12,81	

Tabla 17. Tablas de Selección de Equipos de Refrigeración

<http://www.bohn.com.mx/Productos/Catálogos:>

[Boletín Técnico MBZX 1.pdf](#)

[BTI-005-2013-nivelación servicio y montaje evaporador BAP BEP y BLP.pdf](#)

[Documentación Técnica Línea MBZX 0.12.pdf](#)

[Ficha Técnica Evaporadores TLL 03.pdf](#)

[MBZX 3HP-Explosión de partes.pdf](#)

[Opciones instalación drenajes evaporadores BAP,BEP y BLP.pdf](#)

CONSUMO DE ENERGIA EQUIPAMIENTO BASICO						\$ M.N./kW	\$ M.N./kWh	TARIFA OM
TIENDA OXXO ANGEL CUSTODIO						Ene-14		Puebla
No	CONCEPTO	CANT	KW	KW TOTAL	KWH/MES	\$ kW	\$ kWh	COSTO MENSUAL \$M.N./MES
1	CUARTO FRIO (10 PTAS) VARIOS	1	7,13	7,13	2.139	\$1.157,41	\$3.058,77	\$4.300,51
2	CAMARA DE CONGELACION TIPO CUARTO FRIO	2	2,18	4,35	1.430	\$706,14	\$2.045,47	\$2.806,64
3	CUARTO FRIO (2 PTAS) CERVEZA	2	2,23	4,45	2.173	\$722,37	\$3.107,68	\$3.906,65
13	ILUMINACION							
	- GABINETE 3X28	22	0,07	1,58	1.142	\$257,13	\$1.632,77	\$1.927,70
	- GABINETE 2X28	5	0,05	0,25	177	\$39,77	\$253,11	\$298,74
	- SPOT FLUORESCENTE 26 W	6	0,03	0,16	56	\$25,32	\$80,31	\$107,74
14	ILUMINACION (MARQUESINA, ESTACIONAMIENTO)							
	- GABINETE 1X32	7	0,03	0,22	80	\$36,36	\$114,11	\$153,49
	- DICROICOS	4	0,06	0,24	86	\$38,96	\$123,55	\$165,76
15	VITRINA NAV4	1	0,71	0,71	286	\$114,44	\$409,61	\$534,53
16	CONSERVADOR DE PALETAS HOLANDA MOD. RIO S100	1	0,27	0,27	138	\$43,83	\$196,91	\$245,55

17	CONSERVADOR DE PALETAS NESTLE MOD. CHP105	1	0,30	0,30	163	\$48,86	\$232,52	\$287,01
18	REFRIGERADOR ABIERTO KOKKA MOD M1-14X1	1	1,79	1,79	806	\$290,73	\$1.152,72	\$1.472,33
19	REFRIGERADOR ABIERTO CABECERA COCA COLA CIGARRERA	1	0,91	0,91	481	\$147,88	\$687,69	\$852,28
		1	0,09	0,09	65	\$14,61	\$92,66	\$109,42
20	BASCULA	1	0,08	0,08	40	\$13,52	\$56,63	\$71,55
21	BOMBA DE AGUA	1	0,37	0,37	89	\$60,52	\$127,84	\$192,13
22	LAMP. EMERGENCIA	3	0,02	0,05	3	\$7,30	\$3,86	\$11,39
23	REBANADORA		0,25					
24	REGISTRADORA IPC	2	0,18	0,36	130	\$58,44	\$185,33	\$248,64
25	REGISTRADORA SWEDA		0,07					
26	FLAT SCREEN 19"	2	0,05	0,09	66	\$14,93	\$94,38	\$111,50
27	FLAT SCREEN 42"		0,35					
28	CPU PARA FLAT SCREEN	2	0,12	0,23	83	\$37,34	\$118,40	\$158,85
29	CAJERO AUTOMÁTICO	1	0,20	0,20	101	\$32,38	\$145,00	\$180,93
30	PUNTO DE VENTA	2	0,17	0,35	203	\$56,73	\$290,00	\$353,67
31	(MONITOR, CPU, SCANNER,							
32	IMPRESOR TICKET)							
33	HOT DOG ROSTIZADOR SALCHICHAS GRANDE	1	0,31	0,31	120	\$49,52	\$171,17	\$225,10
34	CALENTADOR DE PAN GRANDE	1	0,51	0,51	53	\$83,31	\$76,36	\$162,87
35	ROSTIZADOR SALCHICHAS CHICO		0,61					
36	CALENTADOR DE PAN CHICO		0,20					
37	MICROONDAS	1	1,70	1,70	15	\$275,96	\$21,45	\$303,36
38	NACHOS CALENTADOR DE TORTILLA	1	0,16	0,16	56	\$25,16	\$79,79	\$107,05
39	DISPENSADOR DE QUESO		0,53					
40	BOMBA PERISTALTICO-BOLSA-		0,24					
41	PINNACLE		0,27					
42	PERISTALTICO-BOLSA- GEHLS		0,27					
42	CAFETERA NESCAFE	1	1,30	1,30	180	\$211,03	\$256,97	\$477,36
43	CAFÉ DE GRANO (INCLUYE BOMBA DE AGUA)	1	1,71	1,71	89	\$276,85	\$126,98	\$411,91
44	CAFETERA PIC 3	1	1,74	1,74	92	\$282,01	\$131,27	\$421,55
45	CAFETERA K FREEZE 1 TINA		0,55					
46	CAFETERA K FREEZE 2 TINAS	1	1,17	1,17	508	\$189,27	\$726,30	\$933,88
47	TAMALERA	1	1,20	1,20	165	\$194,80	\$235,95	\$439,36
	TOTAL			33,96	11.213,70	\$5.512,91	\$16.035,59	\$21.979,47

Tabla 18. Censo de Cargas en la tienda de ANGEL CUSTODIO QAZ

CONSUMO DE ENERGIA EQUIPAMIENTO BASICO						\$ M.N./Kw	\$ M.N./kWh	TARIFA OM
TIENDA OXXO PLAZA ATLANTIS						Ene-14		Puebla
No	CONCEPTO	CANT	KW	KW TOTAL	KWH/MES	\$ kw	\$ kWh	COSTO MENSUAL \$M.N./MES
10	CUARTO FRIO (12 PTAS) VARIOS	1	8,53	8,53	2.559	\$1.384,67	\$3.659,37	\$5.144,93
11	CAMARA DE CONGELACION TIPO CUARTO FRIO	2	2,18	4,35	1.430	\$706,14	\$2.045,47	\$2.806,64
22	ILUMINACION							

	- GABINETE 3X28	21	0,07	1,51	1.090	\$245,44	\$1.558,56	\$1.840,08
	- GABINETE 2X28	3	0,05	0,15	106	\$23,86	\$151,87	\$179,24
	- DICROICOS	4	0,06	0,24	173	\$38,96	\$247,10	\$291,78
	- SPOT FLUORESCENTE 26 W	3	0,03	0,08	28	\$12,66	\$40,15	\$53,87
	- INCANDESCENTE		0,10					
23	<b>ILUMINACION</b> (MARQUESINA, ESTACIONAMIENTO)							
	- GABINETE 1X32	7	0,03	0,22	80	\$36,36	\$114,11	\$153,49
30	<b>VITRINA NAV4</b>	1	0,71	0,71	286	\$114,44	\$409,61	\$534,53
33	<b>CONSERVADOR DE PALETAS</b> <b>HOLANDA MOD. RIO S100</b>	1	0,27	0,27	138	\$43,83	\$196,91	\$245,55
36	<b>CONSERVADOR DE PALETAS</b> <b>NESTLE MOD. CHP105</b>	1	0,30	0,30	163	\$48,86	\$232,52	\$287,01
43	<b>REFRIGERADOR ABIERTO</b> <b>KOXKA MOD M1-14X1</b>	1	1,79	1,79	806	\$290,73	\$1.152,72	\$1.472,33
46	<b>REFRIGERADOR ABIERTO</b> <b>CABECERA COCA COLA</b>	1	0,91	0,91	481	\$147,88	\$687,69	\$852,28
47	<b>TOLDOS</b>							
	- CENTRAL	1	0,37	0,37	135	\$60,78	\$192,62	\$258,47
	- ANUNCIO DE POSTE	1	0,37	0,37	135	\$60,78	\$192,62	\$258,47
	CIGARRERA	1	0,09	0,09	65	\$14,61	\$92,66	\$109,42
48	<b>BASCULA</b>	1	0,08	0,08	40	\$13,52	\$56,63	\$71,55
49	<b>BOMBA DE AGUA</b>	1	0,37	0,37	89	\$60,52	\$127,84	\$192,13
50	<b>LAMP. EMERGENCIA</b>	3	0,02	0,05	3	\$7,30	\$3,86	\$11,39
52	<b>REGISTRADORA IPC</b>	2	0,18	0,36	130	\$58,44	\$185,33	\$248,64
53	<b>FLAT SCREEN 19"</b>	2	0,05	0,09	66	\$14,93	\$94,38	\$111,50
55	<b>CPU PARA FLAT SCREEN</b>	2	0,12	0,23	83	\$37,34	\$118,40	\$158,85
57	<b>PUNTO DE VENTA</b>	2	0,17	0,35	203	\$56,73	\$290,00	\$353,67
58	(MONITOR, CPU, SCANNER,							
59	IMPRESOR TICKET)							
61	<b>HOT DOG</b> ROSTIZADOR SALCHICHAS GRANDE	1	0,31	0,31	120	\$49,52	\$171,17	\$225,10
62	CALENTADOR DE PAN GRANDE	1	0,51	0,51	53	\$83,31	\$76,36	\$162,87
63	ROSTIZADOR SALCHICHAS CHICO		0,61					
64	CALENTADOR DE PAN CHICO		0,20					
65	<b>JET SPRAY</b>		0,40					
66	<b>MICROONDAS</b>	1	1,70	1,70	15	\$275,96	\$21,45	\$303,36
67	<b>NACHOS</b> CALENTADOR DE TORTILLA	1	0,16	0,16	56	\$25,16	\$79,79	\$107,05
	<b>DISPENSADOR DE QUESO</b>							
75	<b>CAFETERA NESCAFE</b>	1	1,30	1,30	180	\$211,03	\$256,97	\$477,36
76	<b>CAFÉ DE GRANO (INCLUYE</b> <b>BOMBA DE AGUA)</b>	1	1,71	1,71	89	\$276,85	\$126,98	\$411,91
79	<b>CAFETERA PIC 3</b>	1	1,74	1,74	92	\$282,01	\$131,27	\$421,55
85	<b>TAMALERA</b>	1	1,20	1,20	165	\$194,80	\$235,95	\$439,36
	<b>TOTAL</b>			<b>30,05</b>	<b>9.056,22</b>	<b>\$4.877,45</b>	<b>\$12.950,39</b>	<b>\$18.184,40</b>

Tabla 19. Censo de Cargas en la tienda de PLAZA ATLANTIS SKY

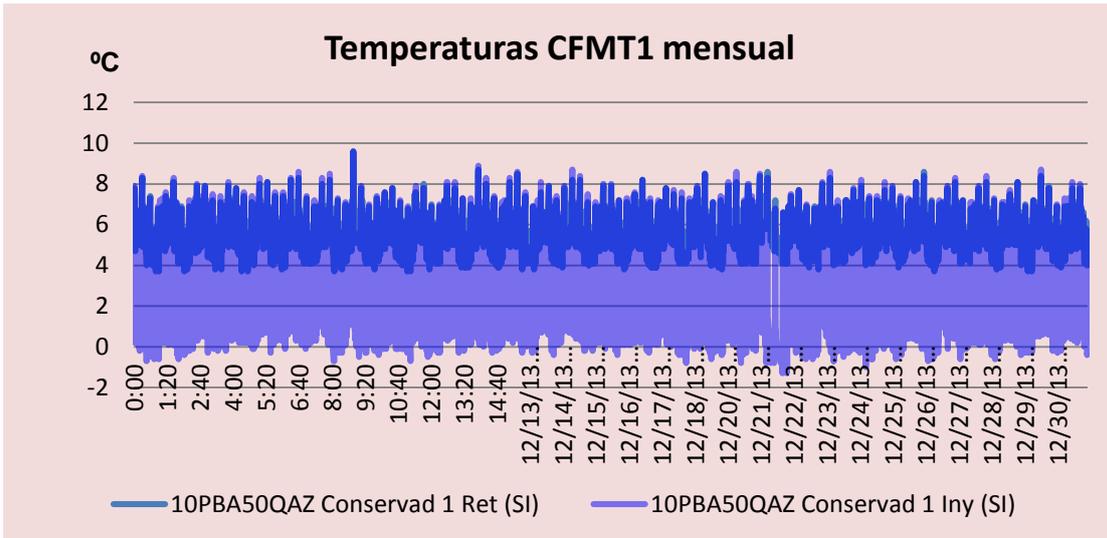


Figura 15. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante el mes de diciembre.

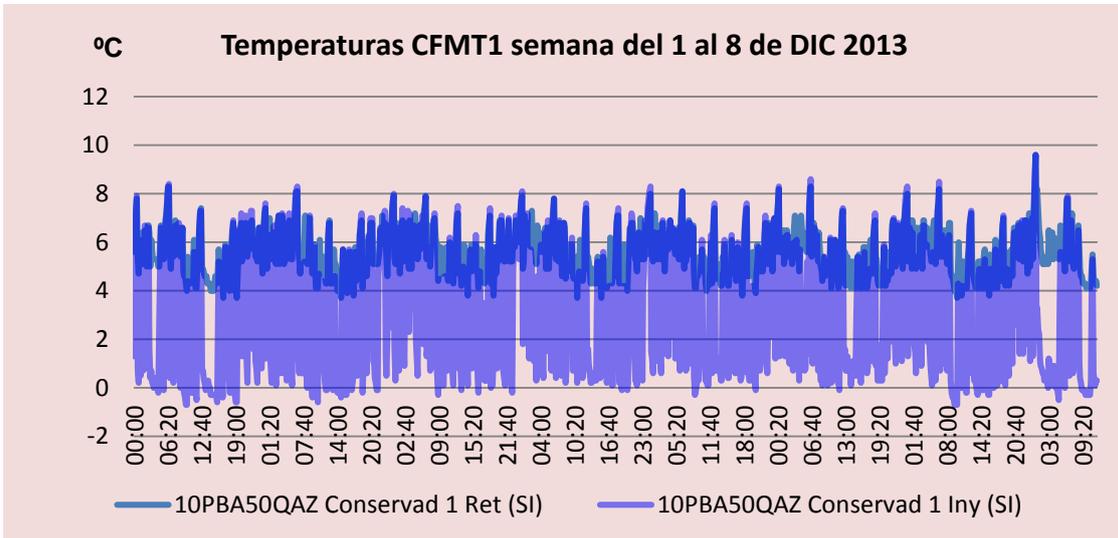


Figura 16. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de diciembre.

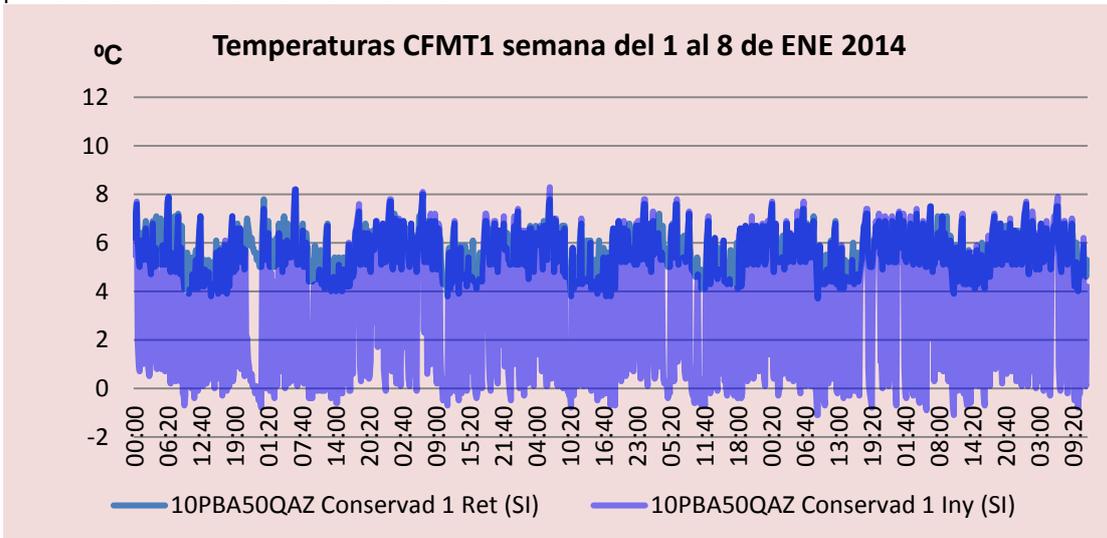


Figura 17. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de enero.

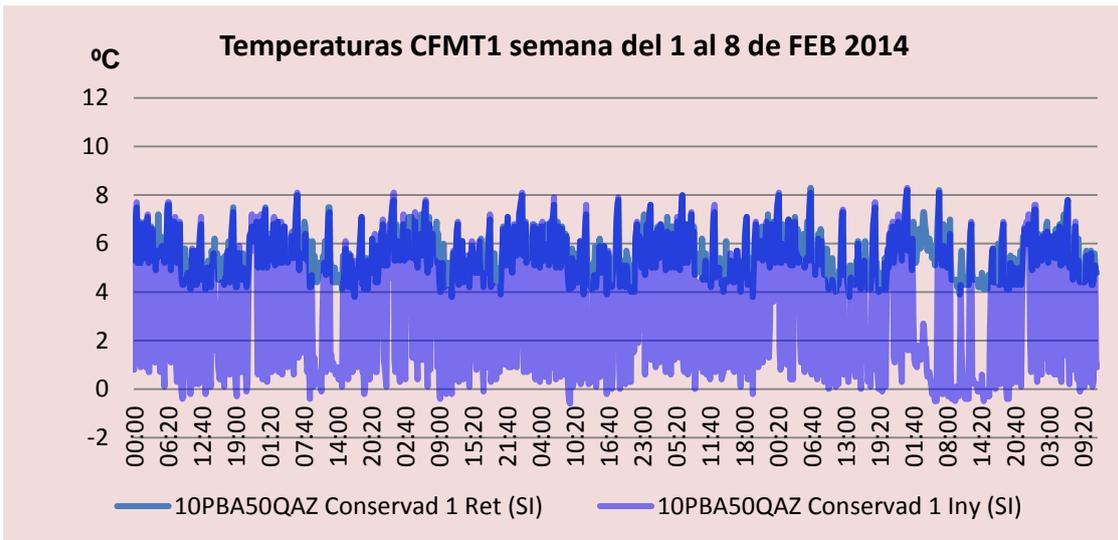


Figura 18. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de febrero.

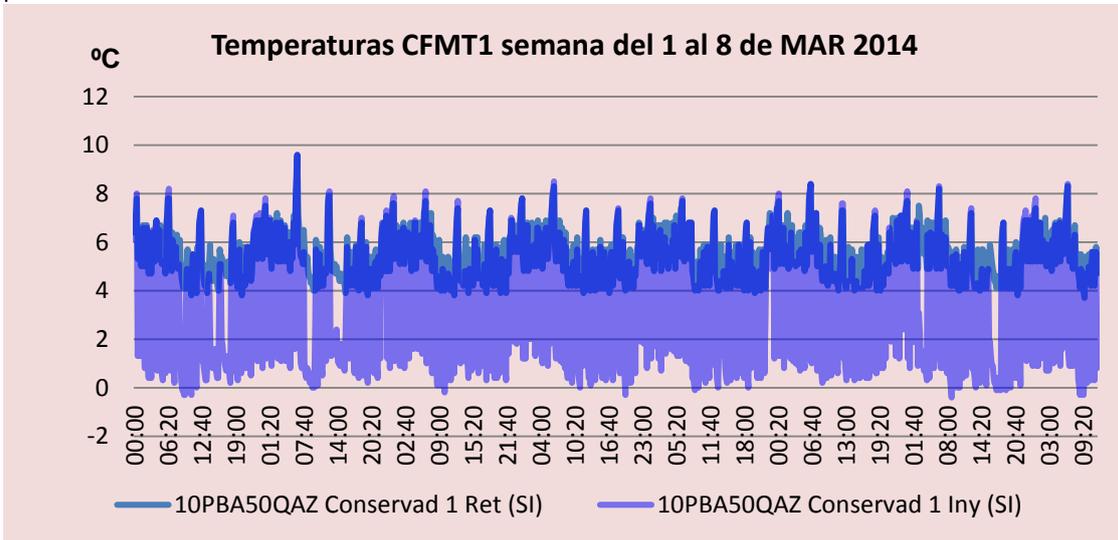


Figura 19. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de marzo.

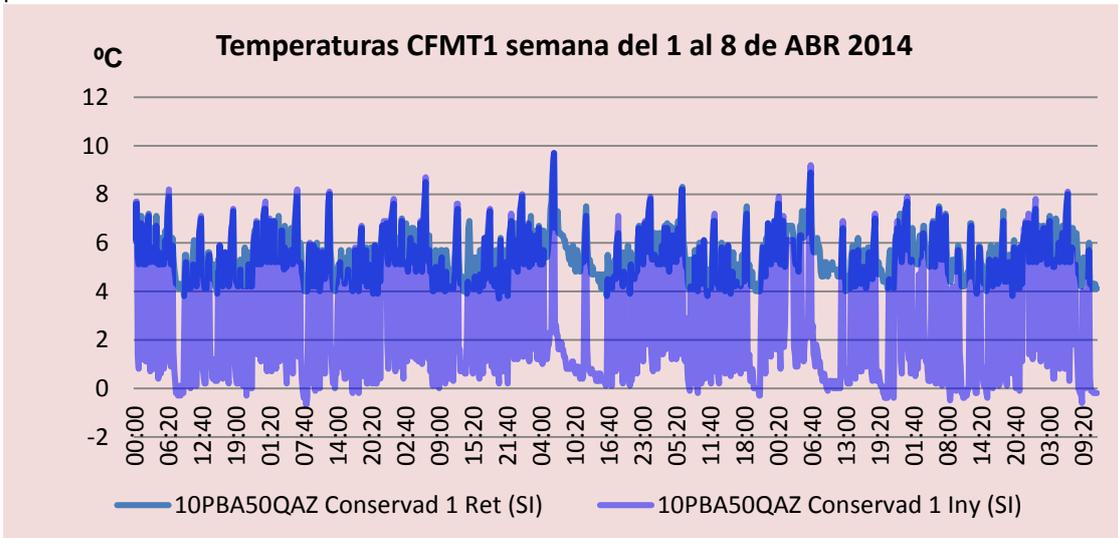


Figura 20. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de abril.

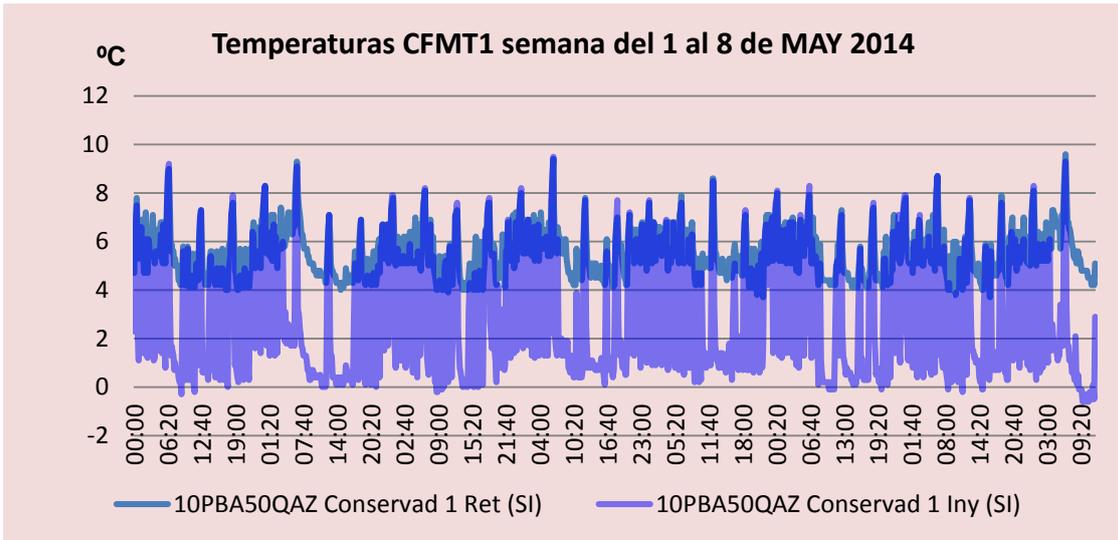


Figura 21. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de mayo.

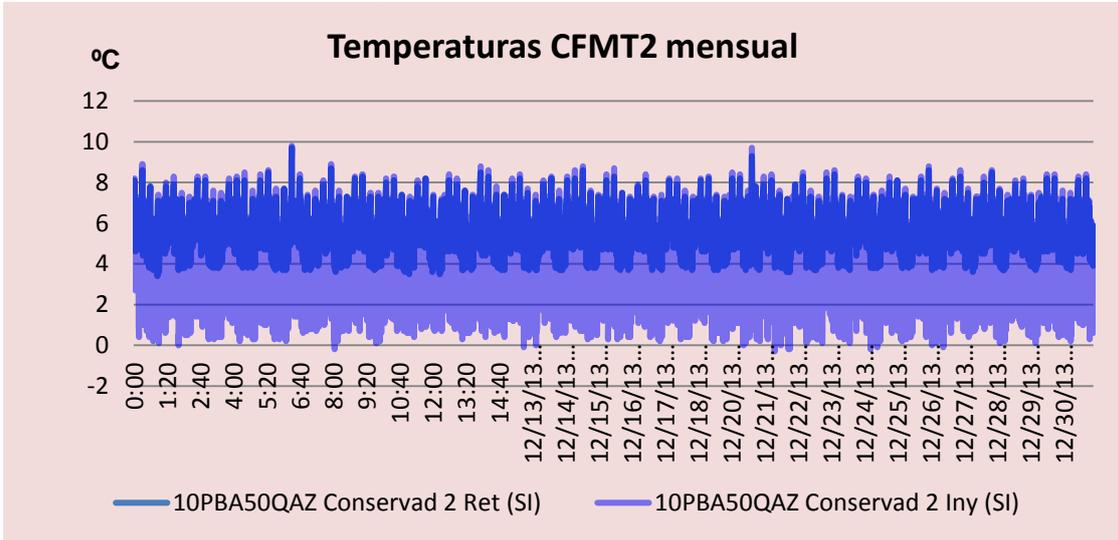


Figura 22. Temperatura de Evaporador 2 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de diciembre.

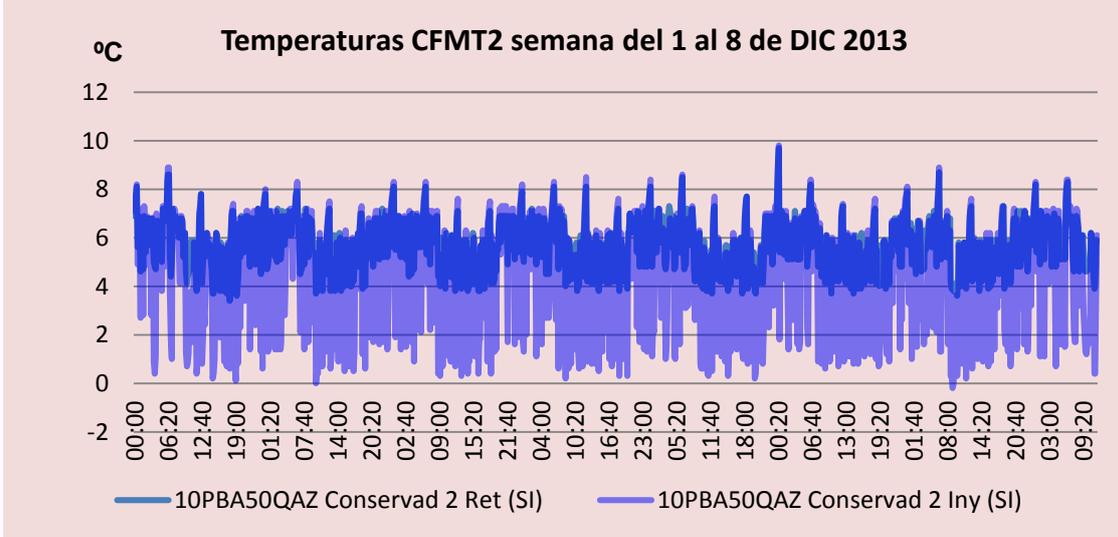


Figura 23. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de diciembre.

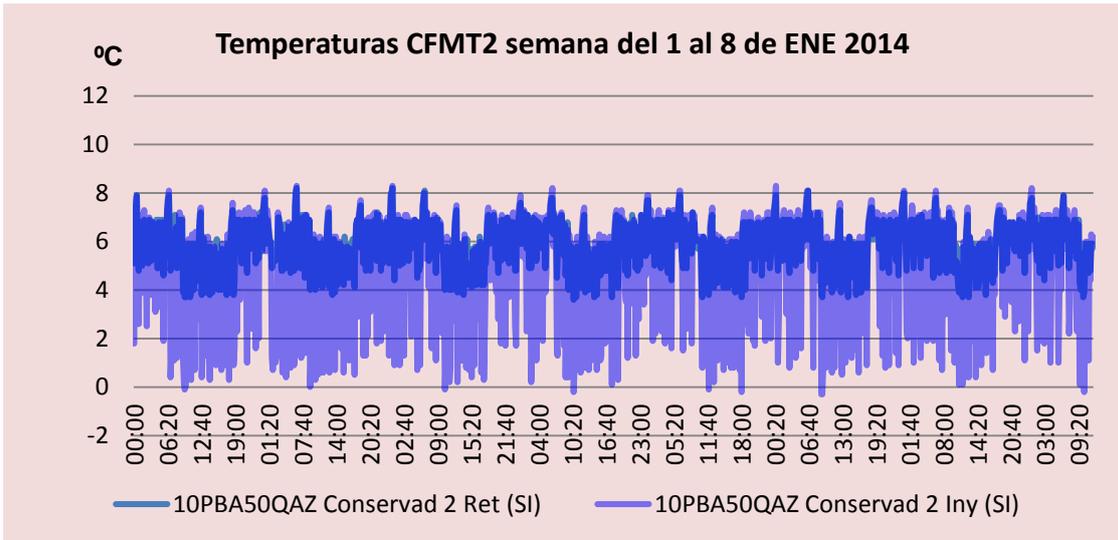


Figura 24. Temperatura de Evaporador 2 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de enero.

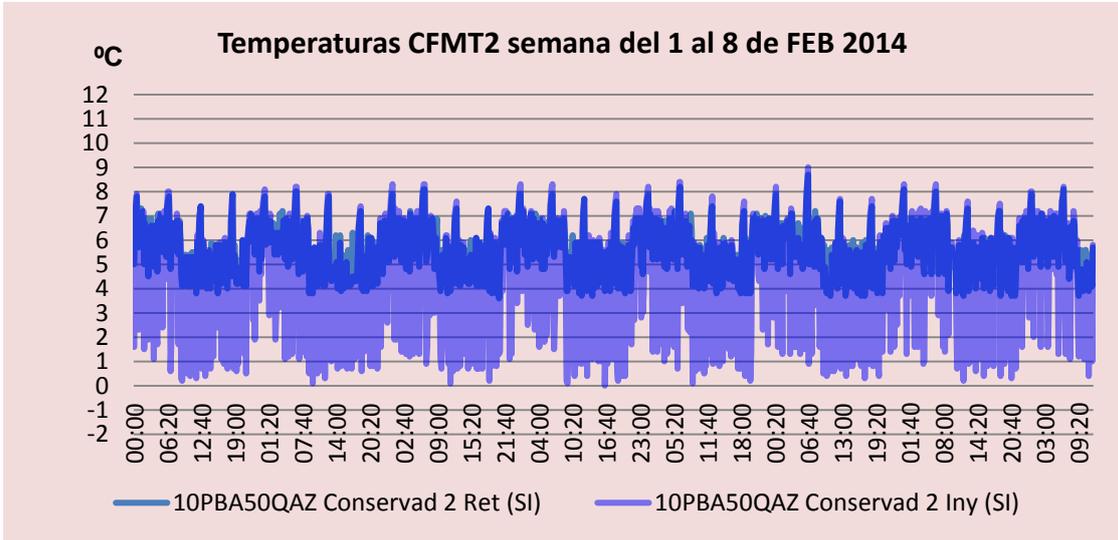


Figura 25. Temperatura de Evaporador 2 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de febrero.

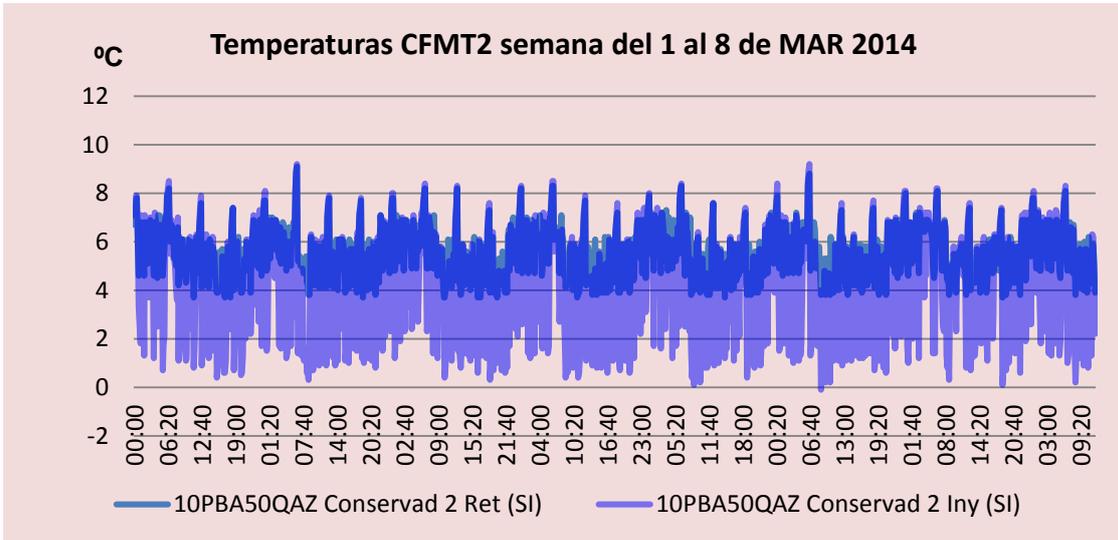


Figura 26. Temperatura de Evaporador 2 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de marzo.

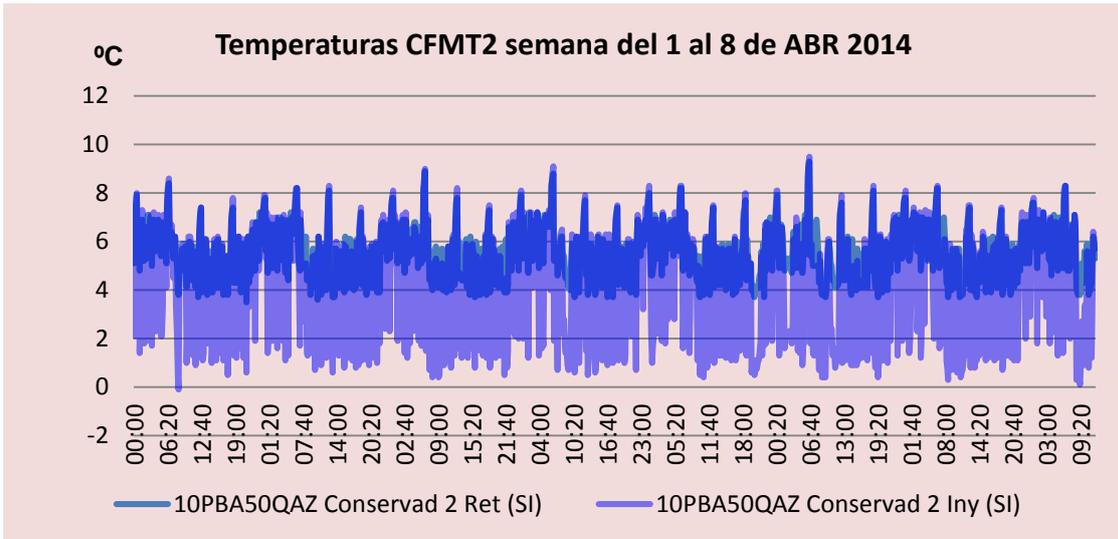


Figura 27. Temperatura de Evaporador 2 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de abril.

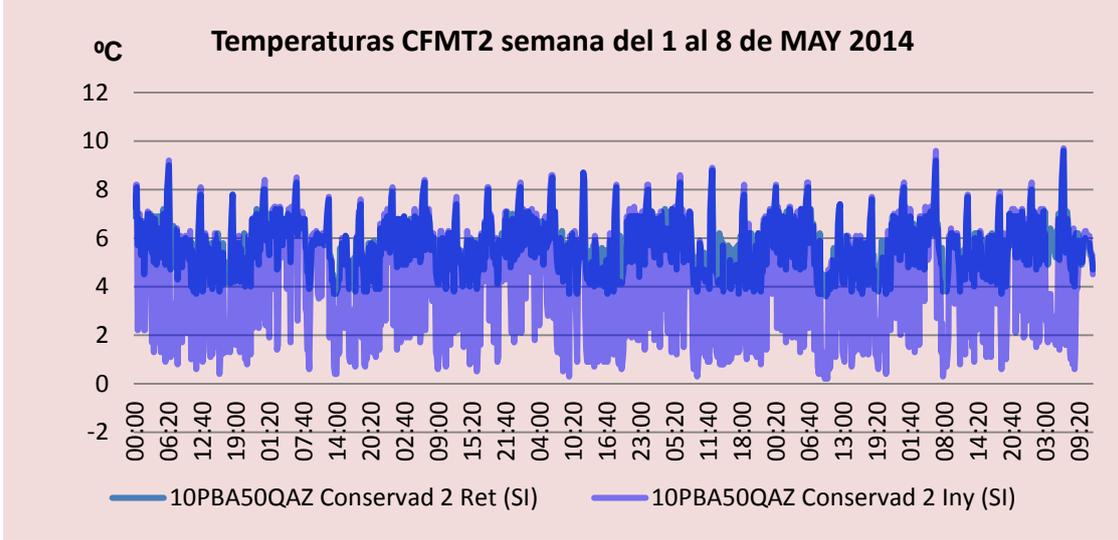


Figura 28. Temperatura de Evaporador 2 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de mayo.

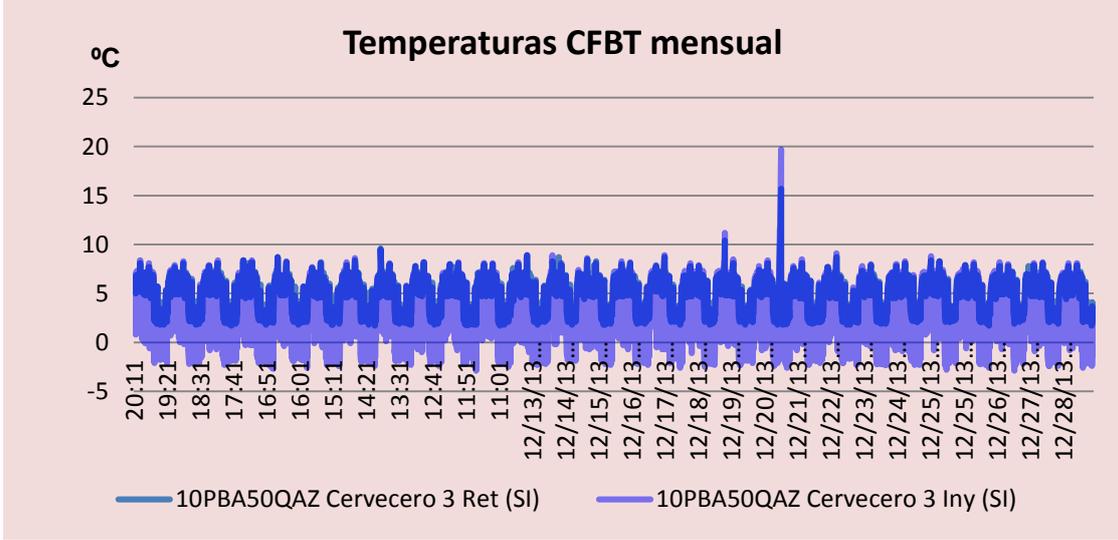


Figura 29. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante los primeros ocho días del mes de diciembre.

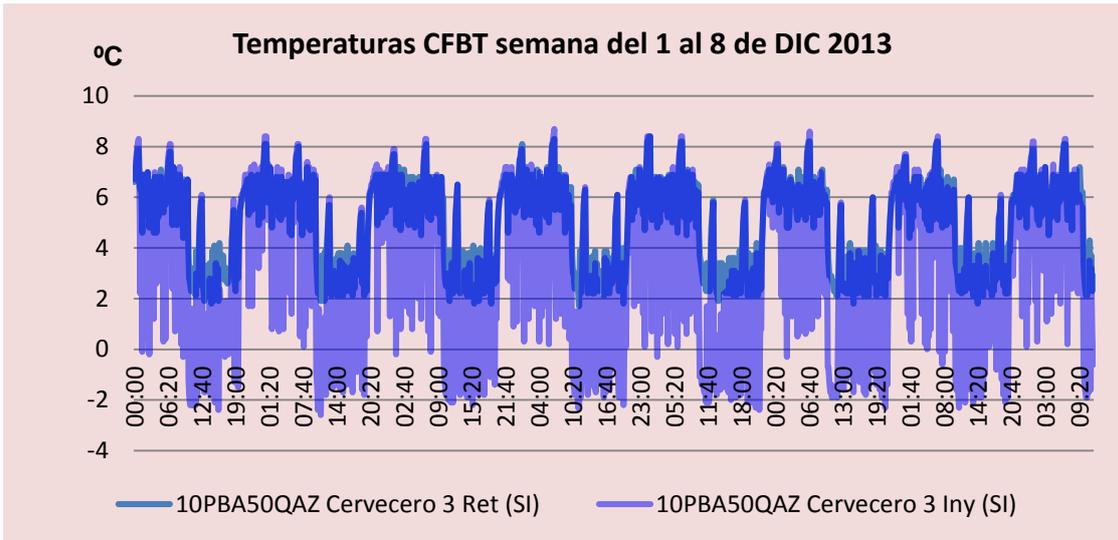


Figura 30. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante los primeros ocho días del mes de diciembre.

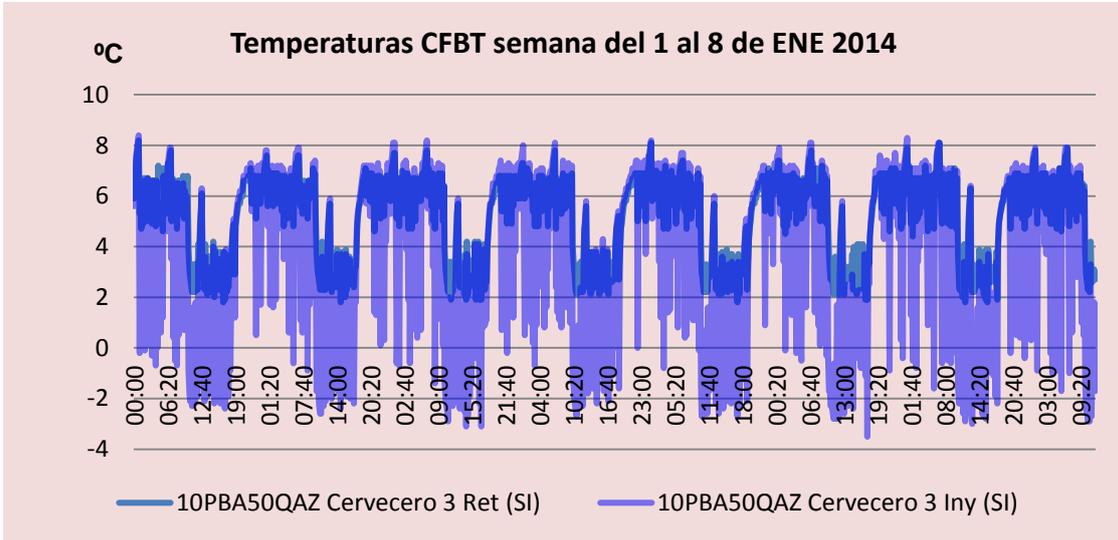


Figura 31. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante los primeros ocho días del mes de enero.

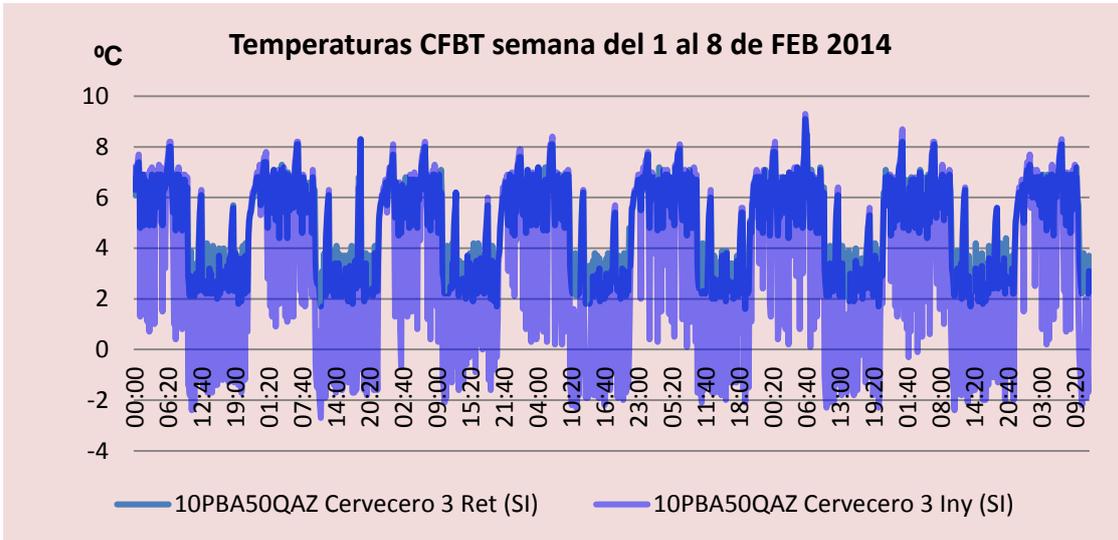


Figura 32. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante los primeros ocho días del mes de febrero.

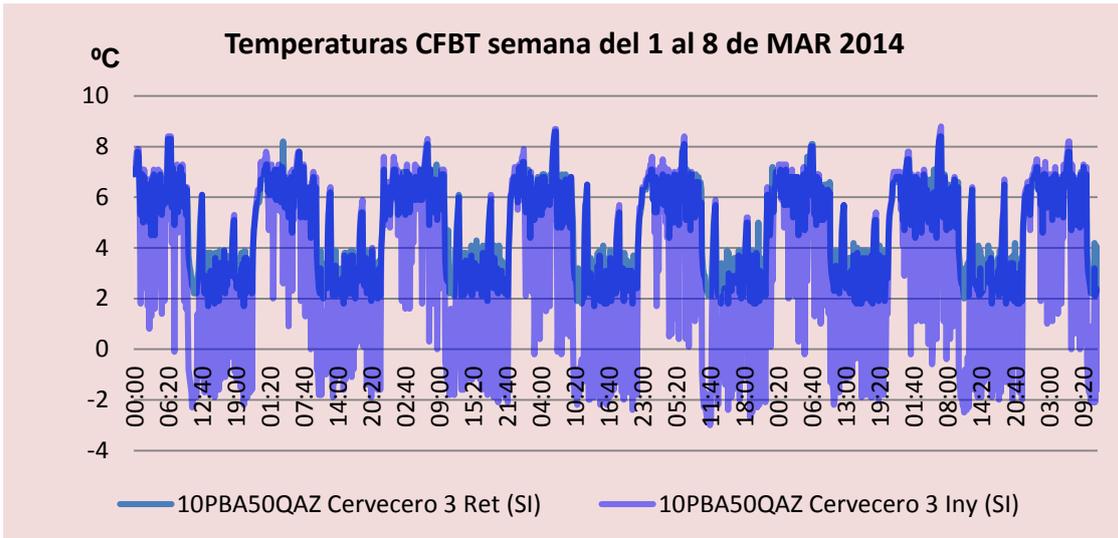


Figura 33. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante los primeros ocho días del mes de marzo.

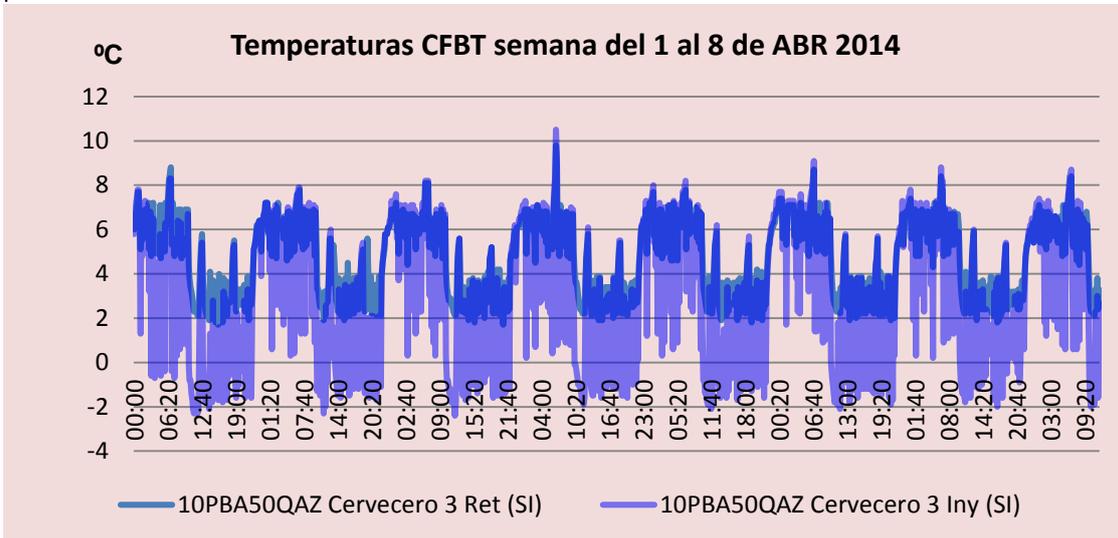


Figura 34. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante el mes de abril.

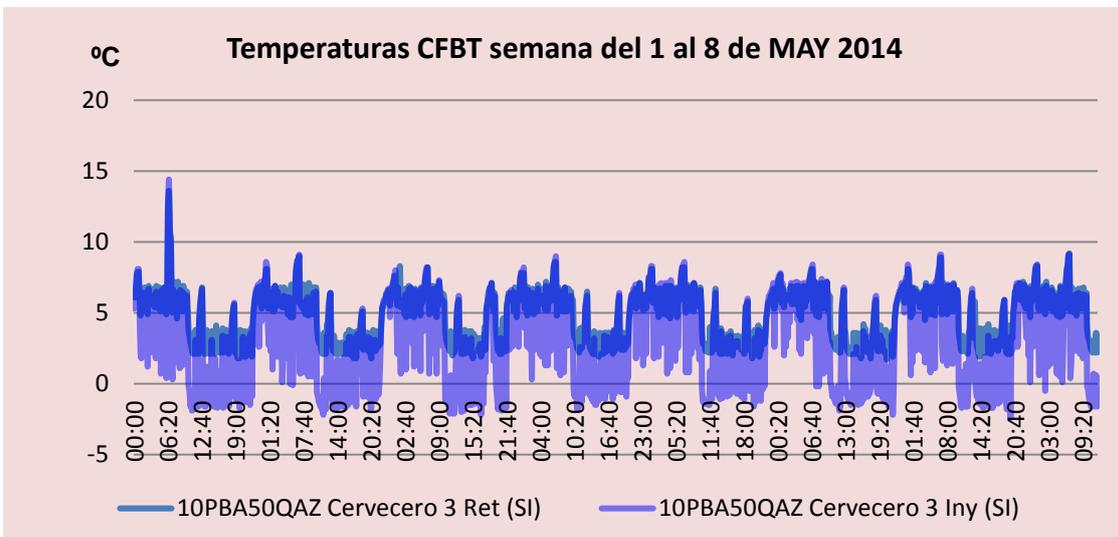


Figura 35. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante los primeros ocho días del mes de mayo.

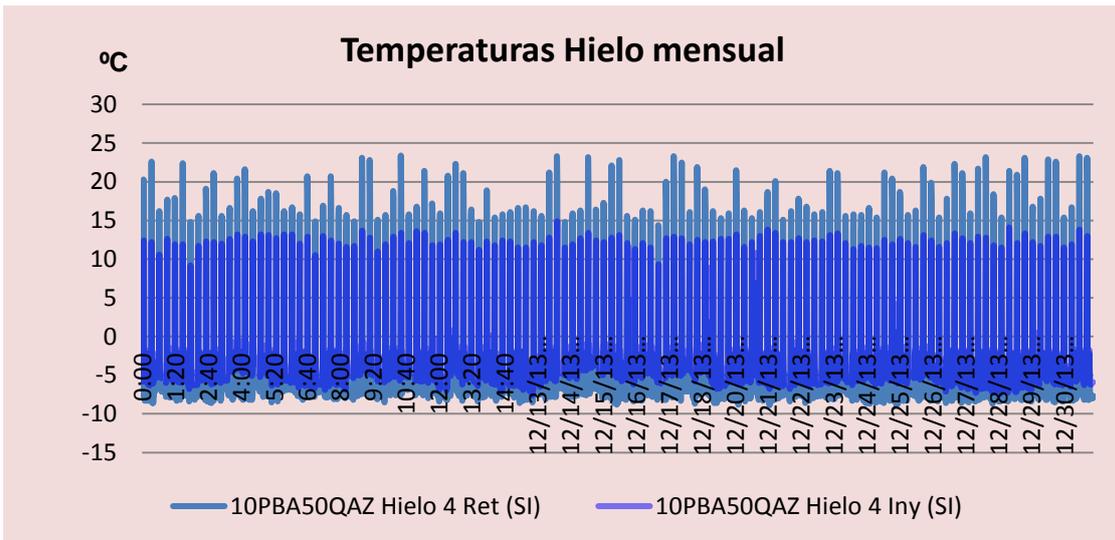


Figura 36. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante el mes de diciembre.

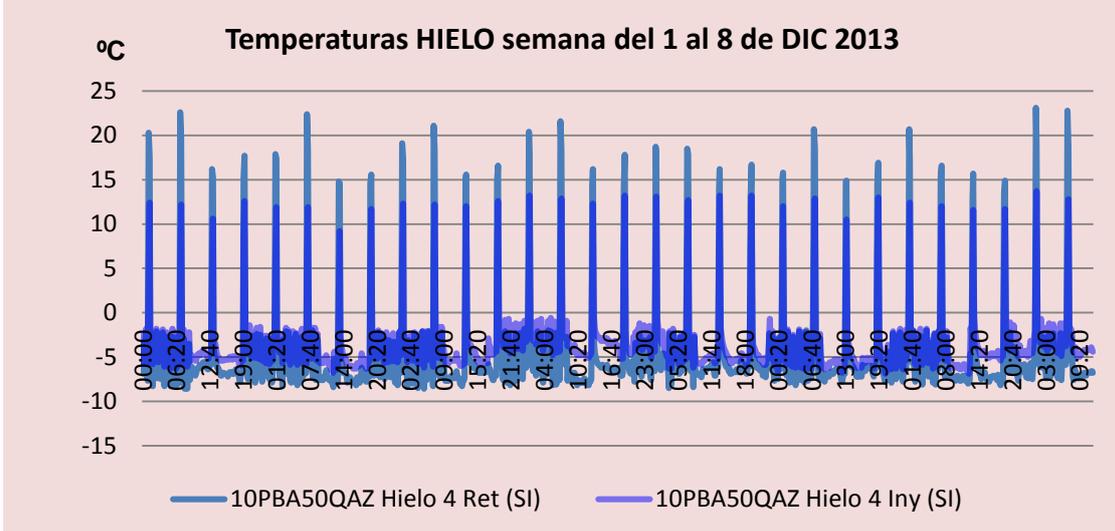


Figura 37. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante los primeros ocho días del mes de diciembre.

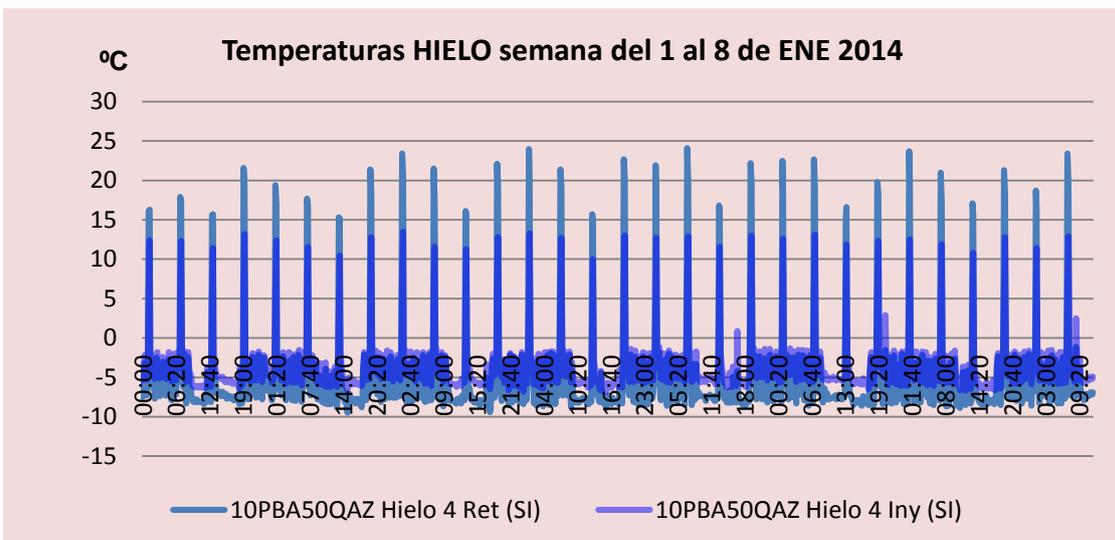


Figura 38. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante los primeros ocho días del mes de enero.

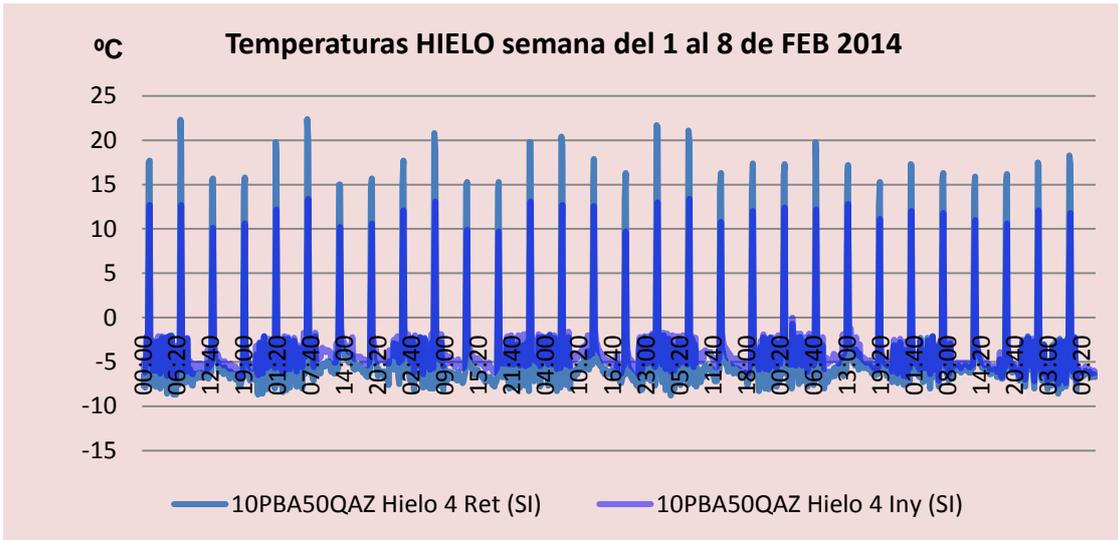


Figura 39. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante los primeros ocho días del mes de febrero.

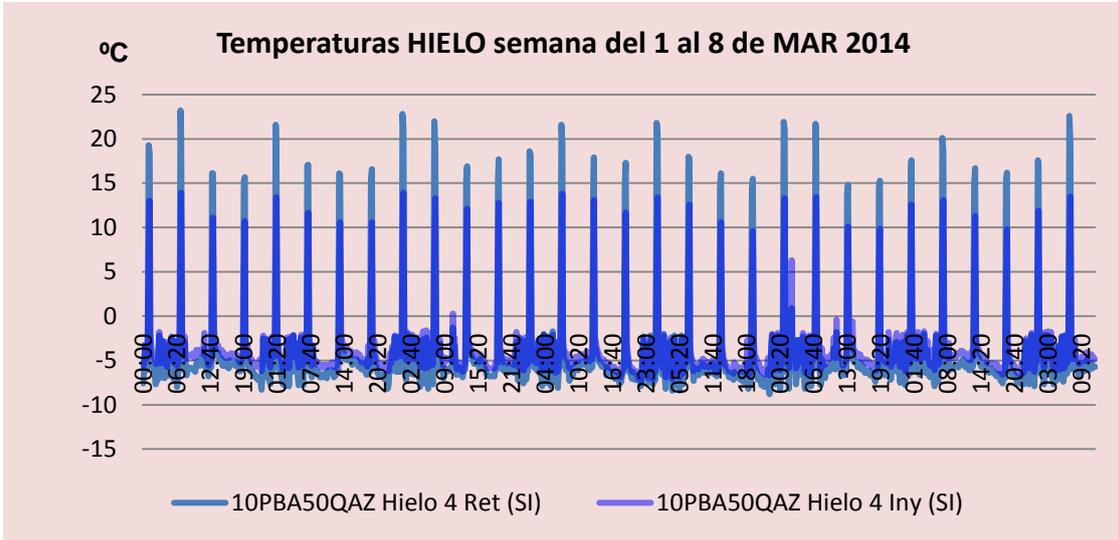


Figura 40. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante los primeros ocho días del mes de marzo.

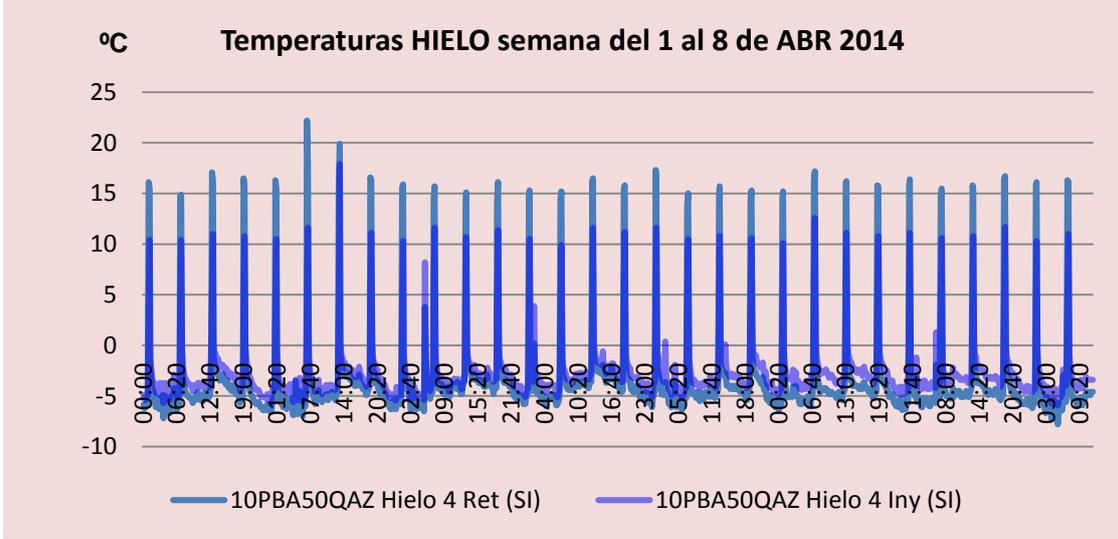


Figura 41. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante los primeros ocho días del mes de abril.

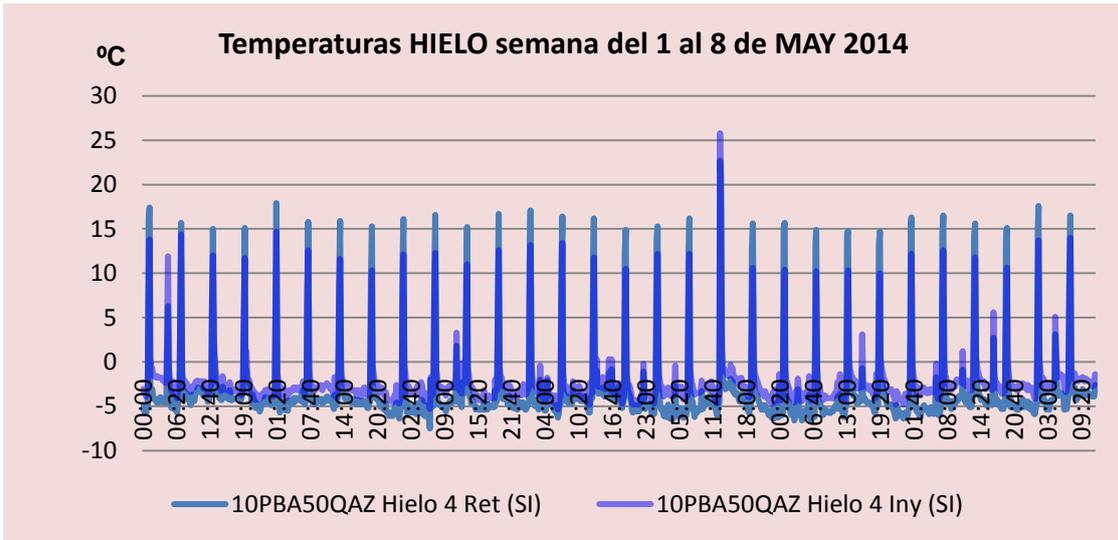


Figura 42. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante los primeros ocho días del mes de mayo.

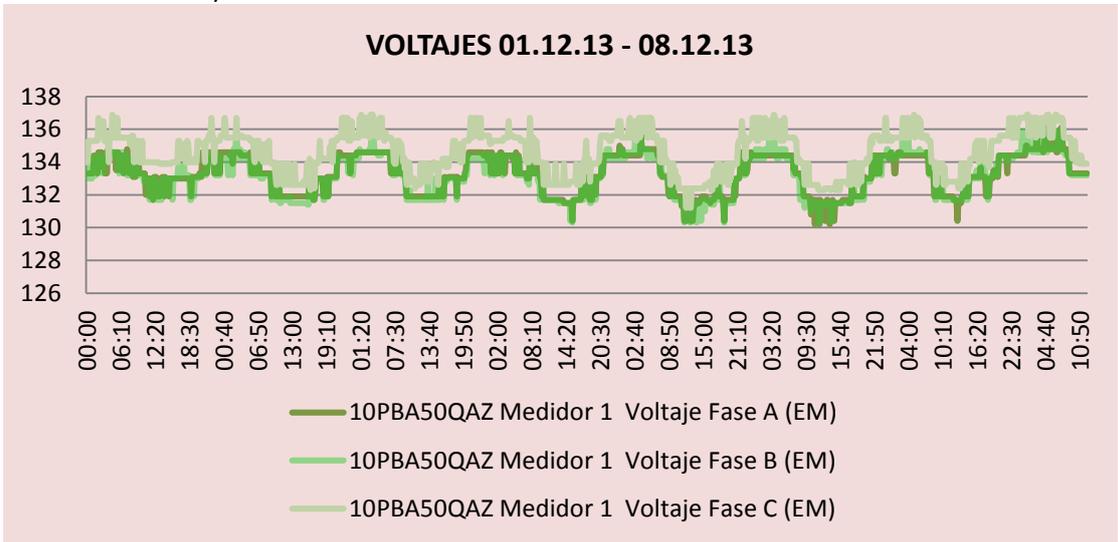


Figura 43. Voltajes durante la primera semana del mes de diciembre 2013.

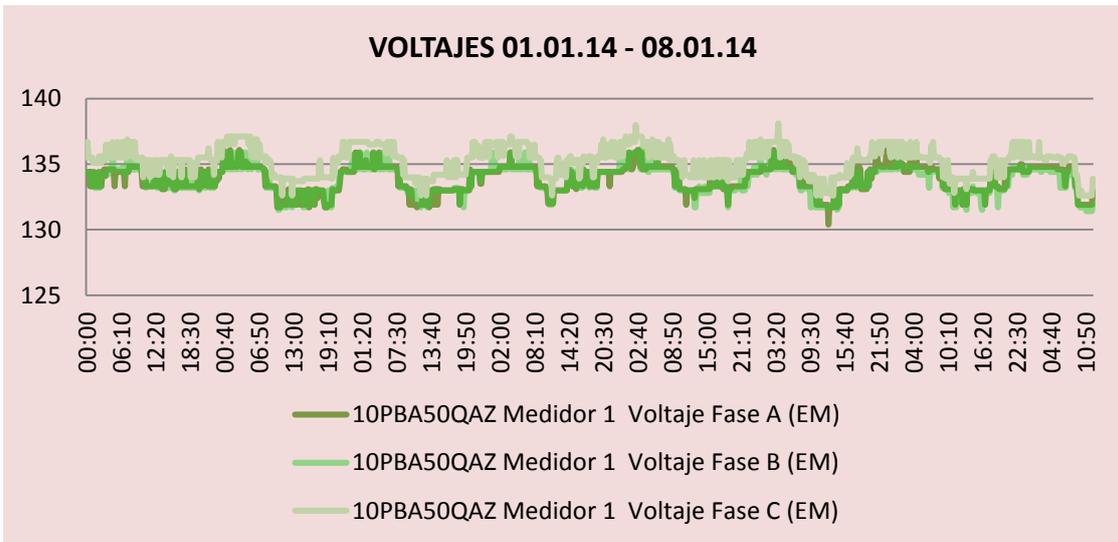


Figura 44. Voltajes durante la primera semana del mes de enero 2014.

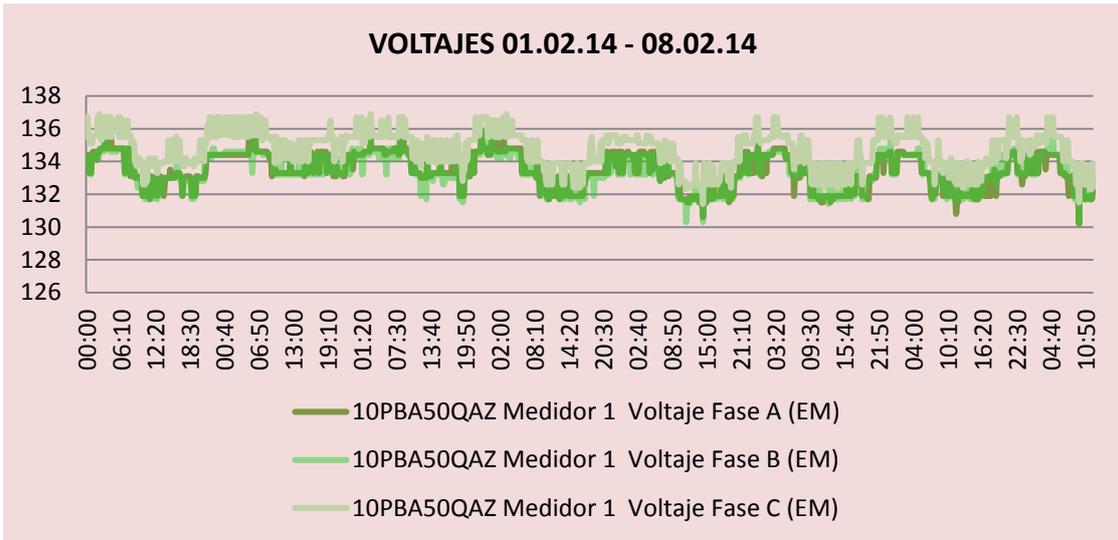


Figura 45. Voltajes durante la primera semana del mes de febrero 2014.

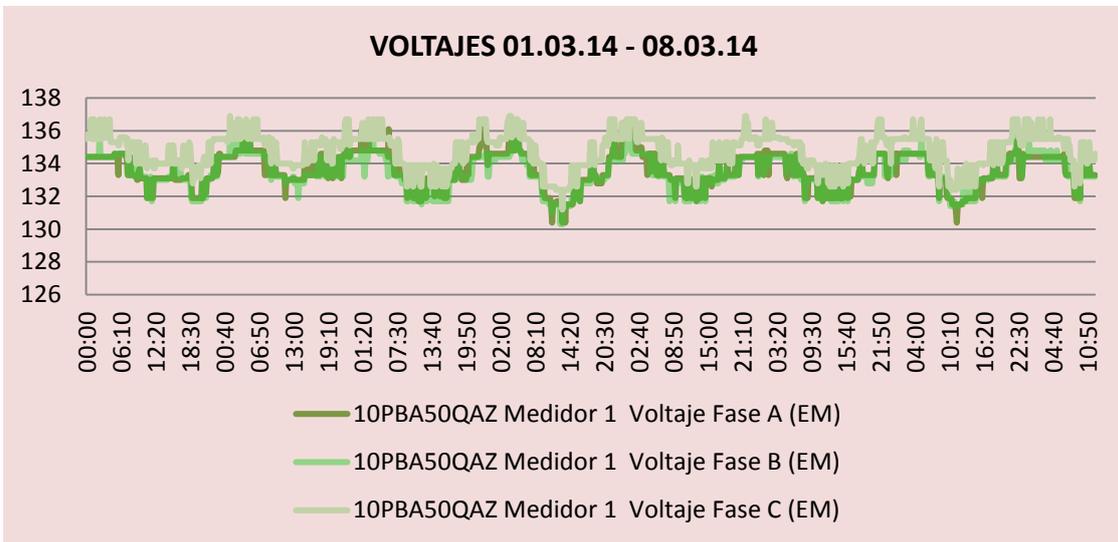


Figura 46. Voltajes durante la primera semana del mes de marzo 2014.

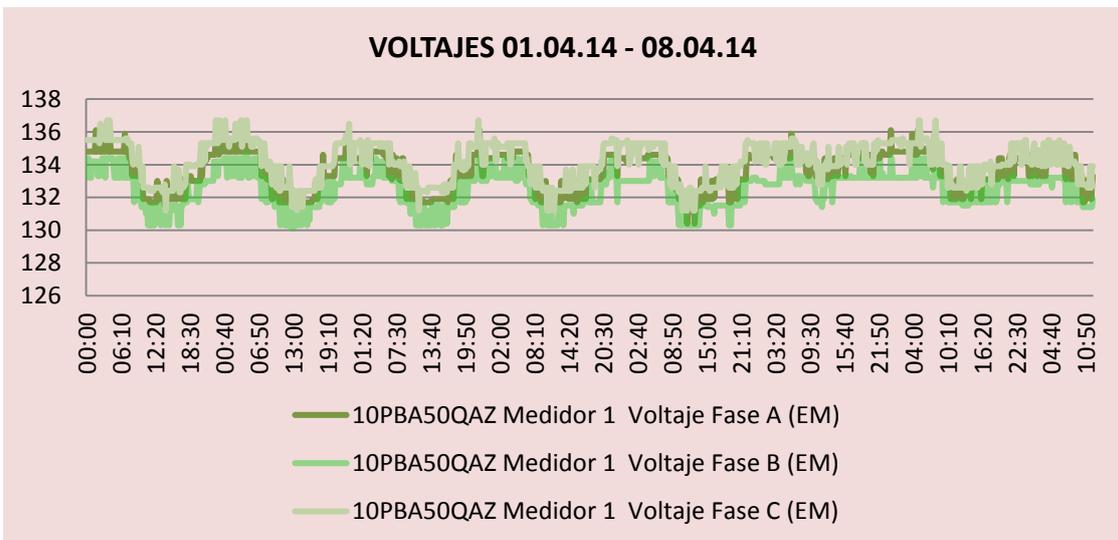


Figura 47. Voltajes durante la primera semana del mes de abril 2014.

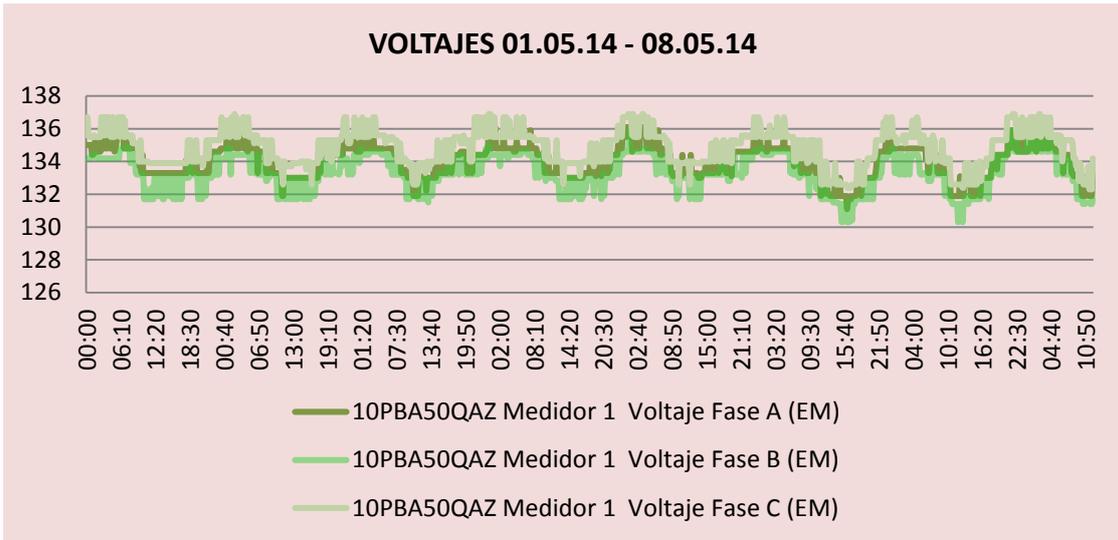


Figura 48. Voltajes durante la primera semana del mes de mayo 2014.

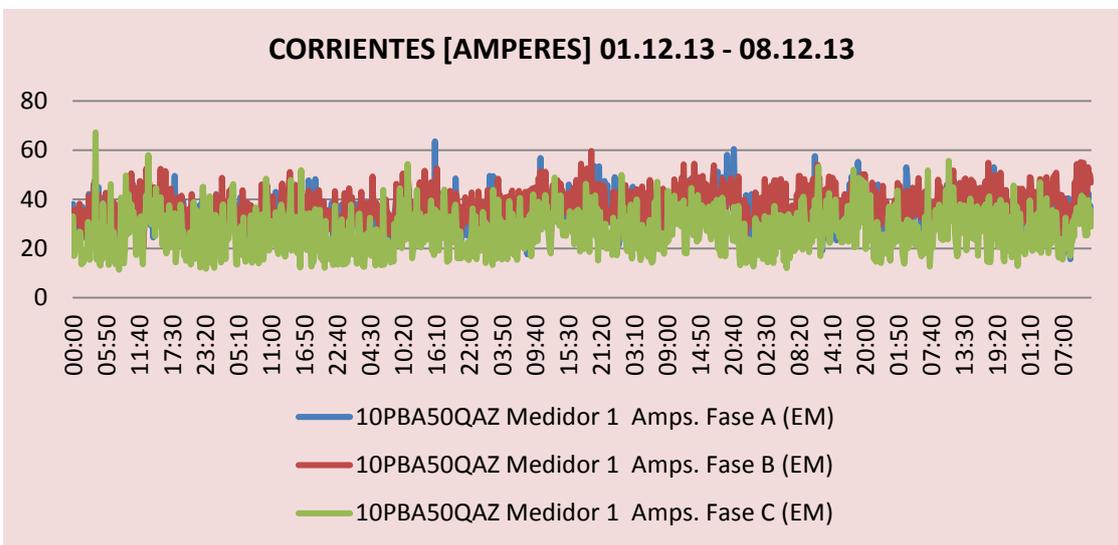


Figura 49. Corrientes durante la primera semana del mes de diciembre 2013.

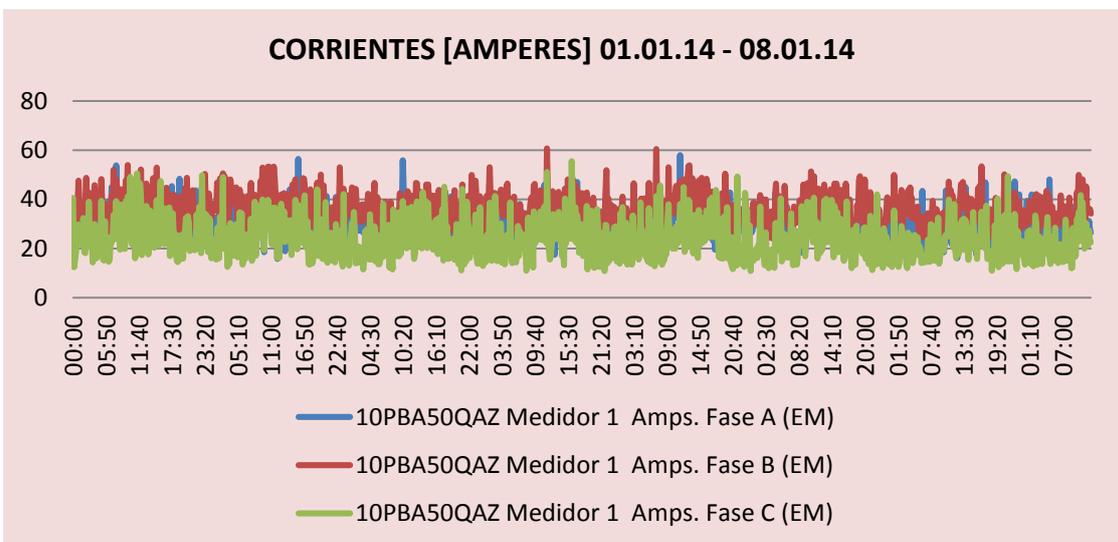


Figura 50. Corrientes durante la primera semana del mes de enero 2014.

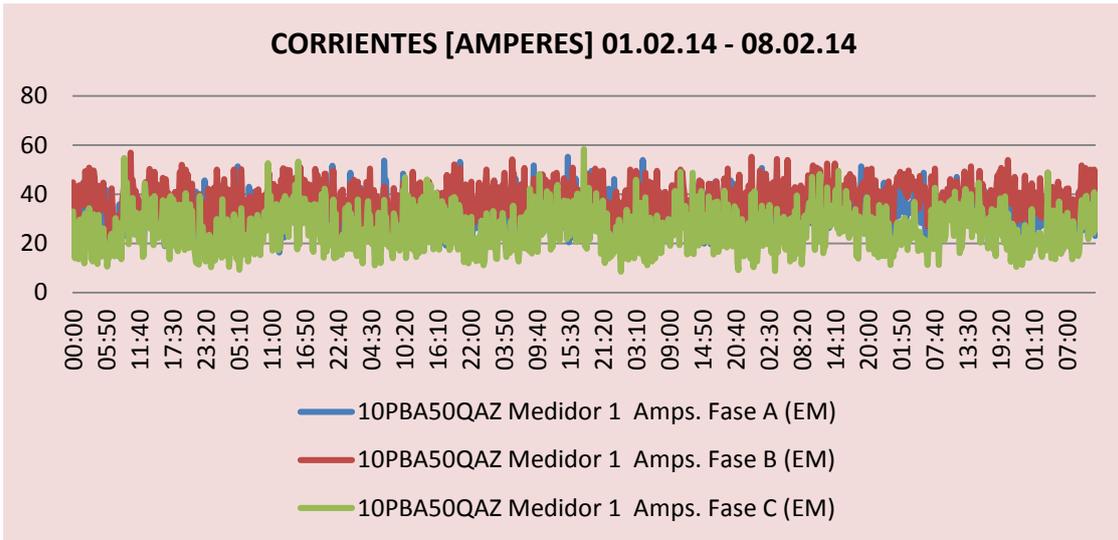


Figura 51. Corrientes durante la primera semana del mes de febrero 2014.

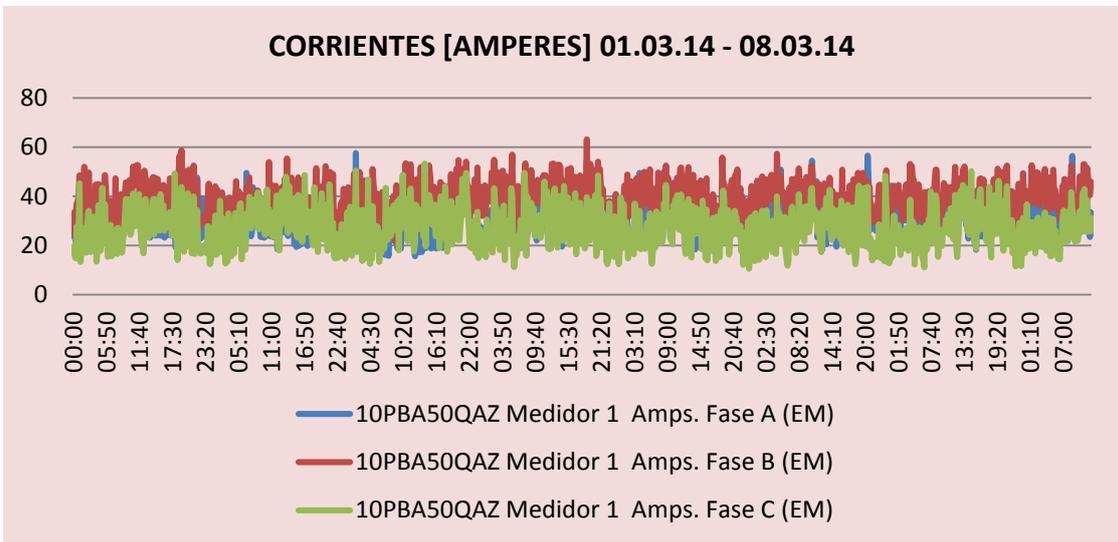


Figura 52. Corrientes durante la primera semana del mes de marzo 2014.

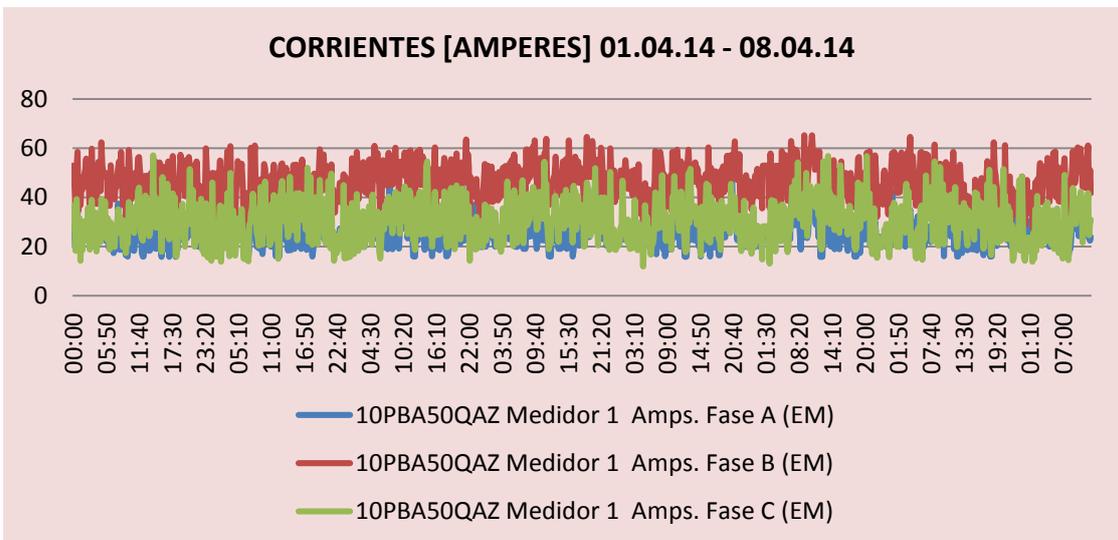


Figura 53. Corrientes durante la primera semana del mes de abril 2014.

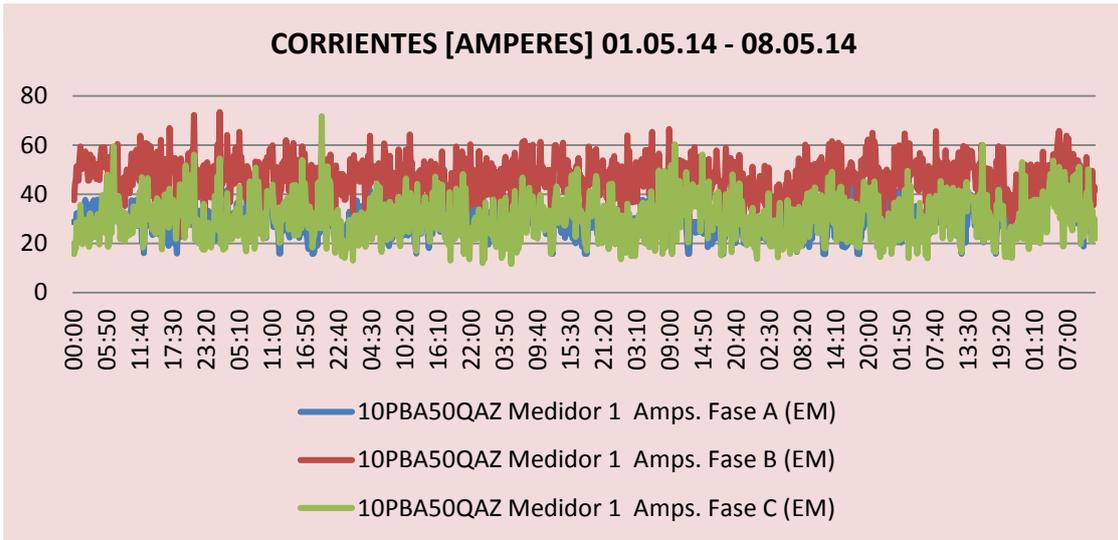


Figura 54. Corrientes durante la primera semana del mes de mayo 2014.

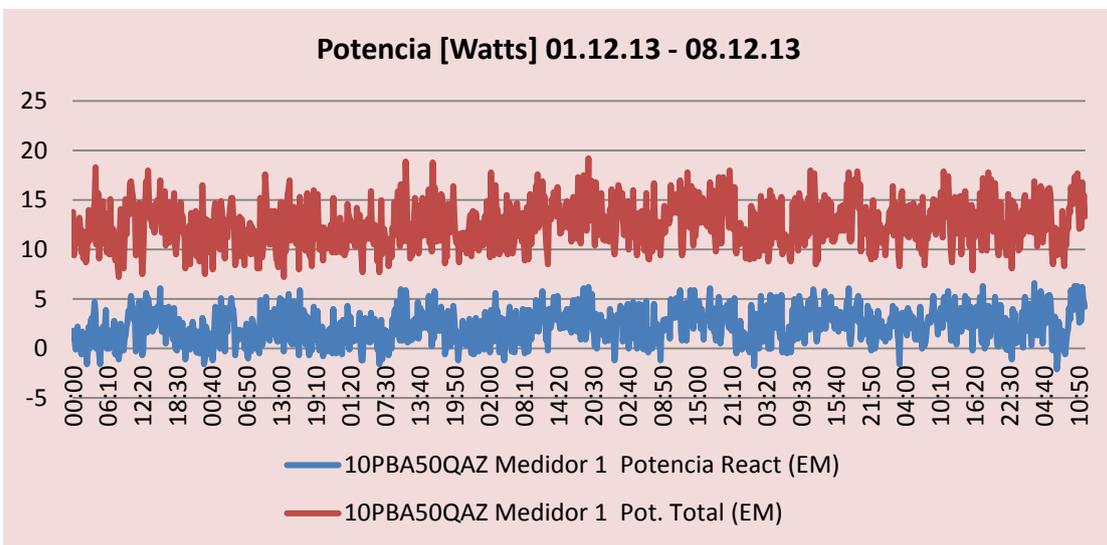


Figura 55. Potencia durante la primera semana del mes de diciembre 2013.

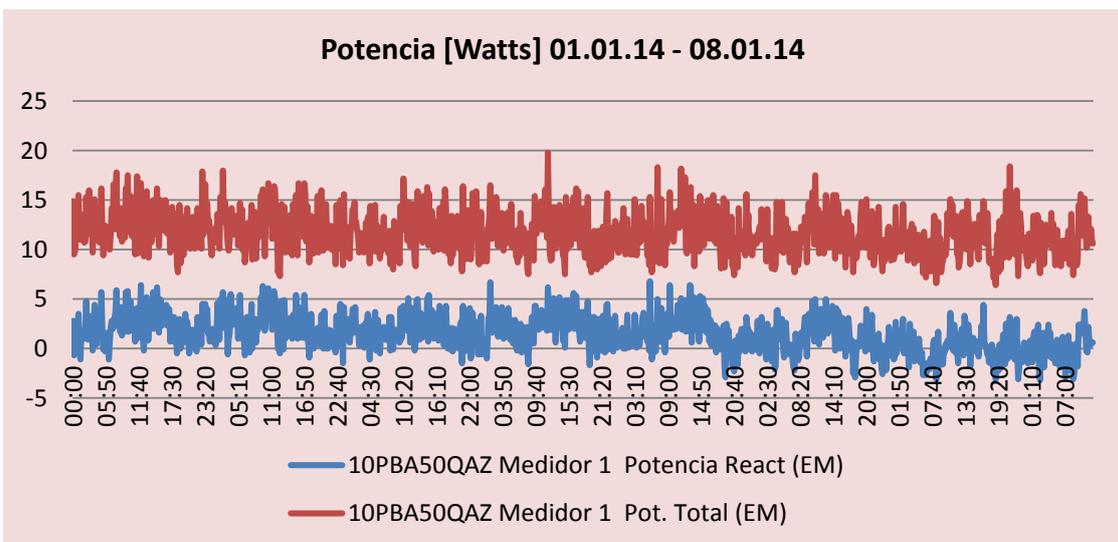


Figura 56. Potencia durante la primera semana del mes de enero 2014.

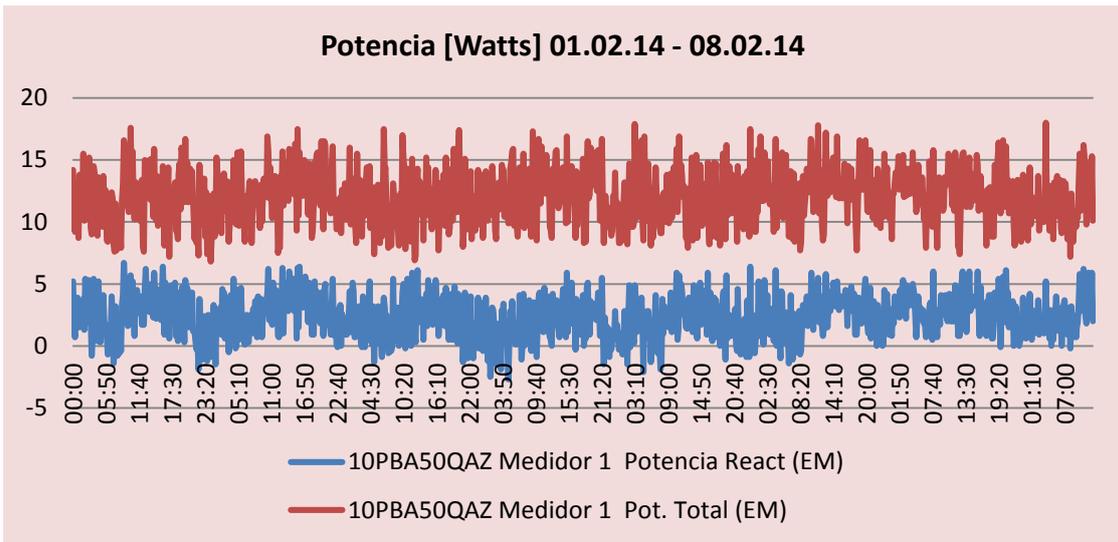


Figura 57. Potencia durante la primera semana del mes de febrero 2014.

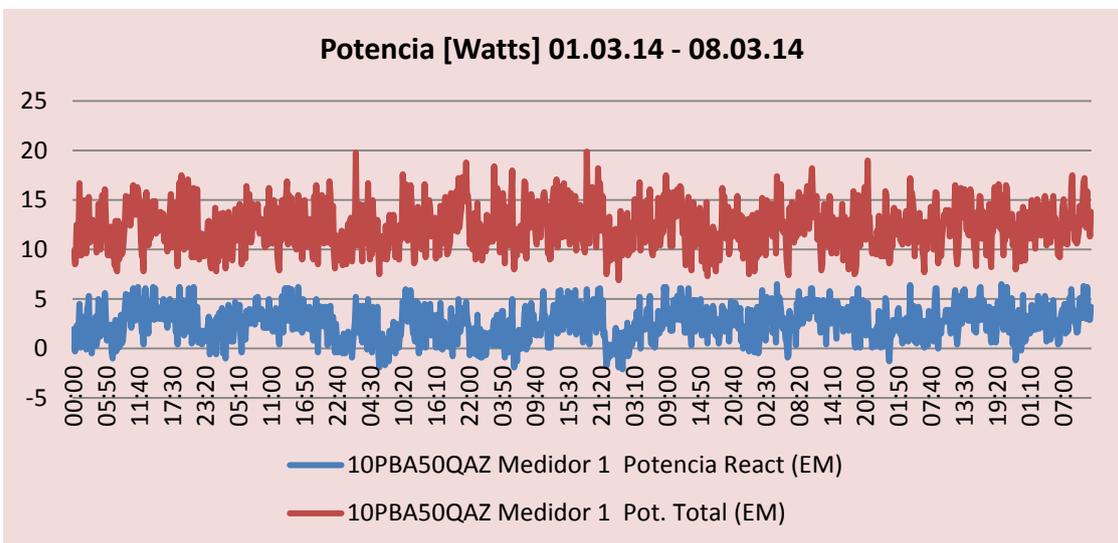


Figura 58. Potencia durante la primera semana del mes de marzo 2014.

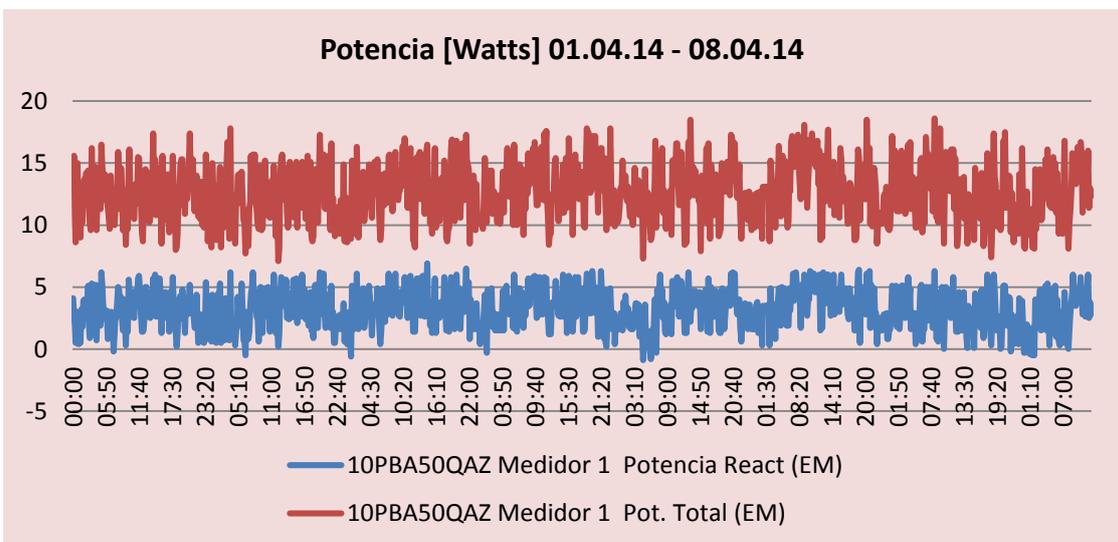


Figura 59. Potencia durante la primera semana del mes de abril 2014.

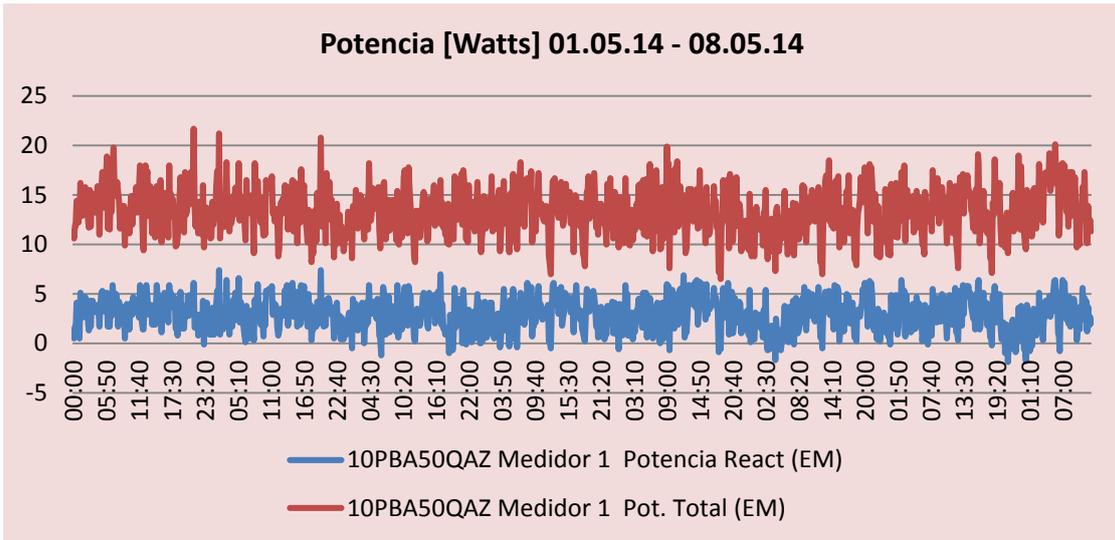


Figura 60. Potencia durante la primera semana del mes de mayo 2014.

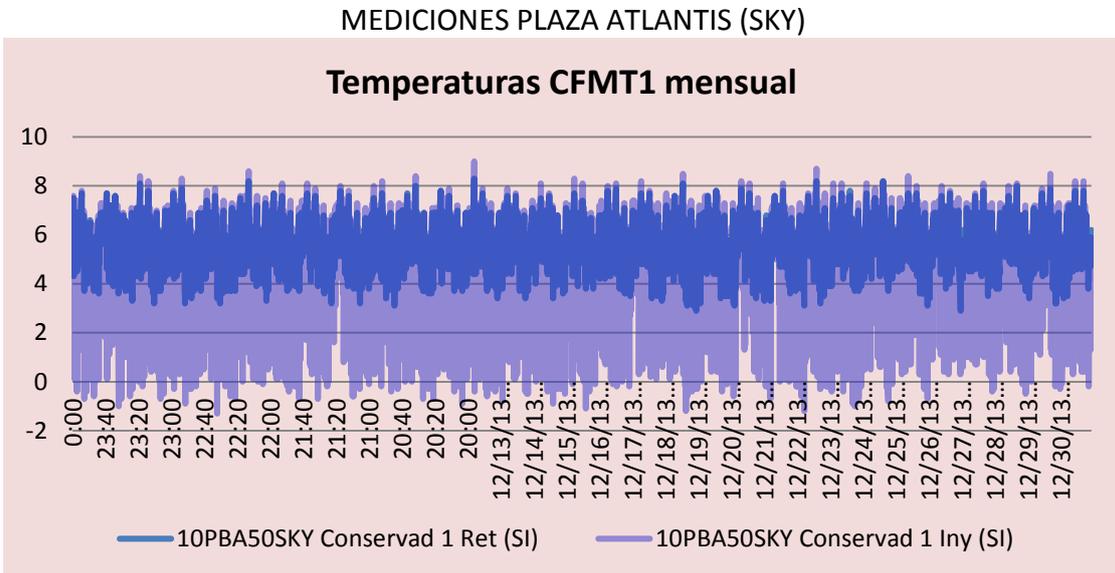


Figura 61. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante el mes de diciembre.

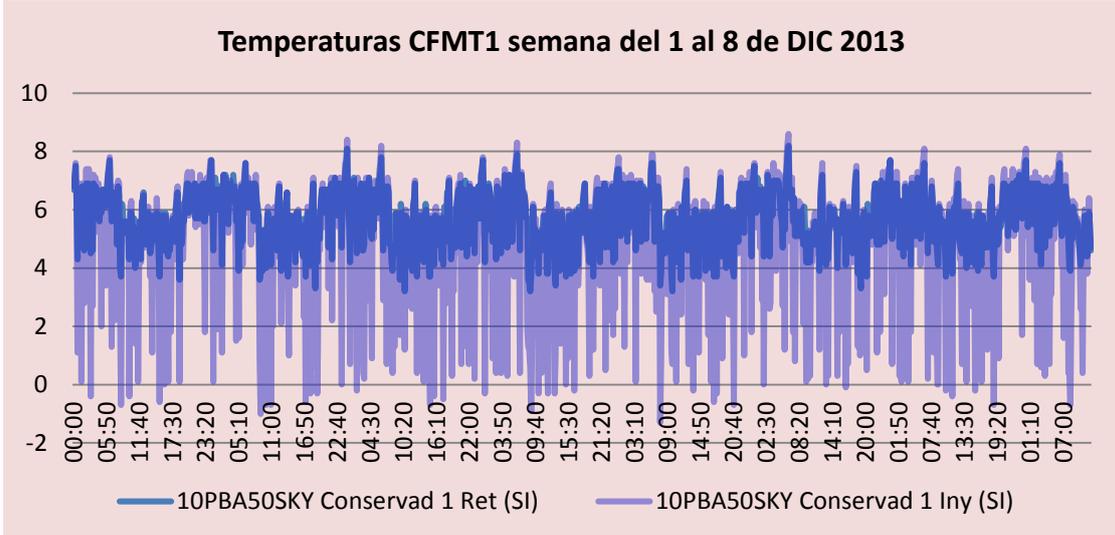


Figura 62. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de diciembre.

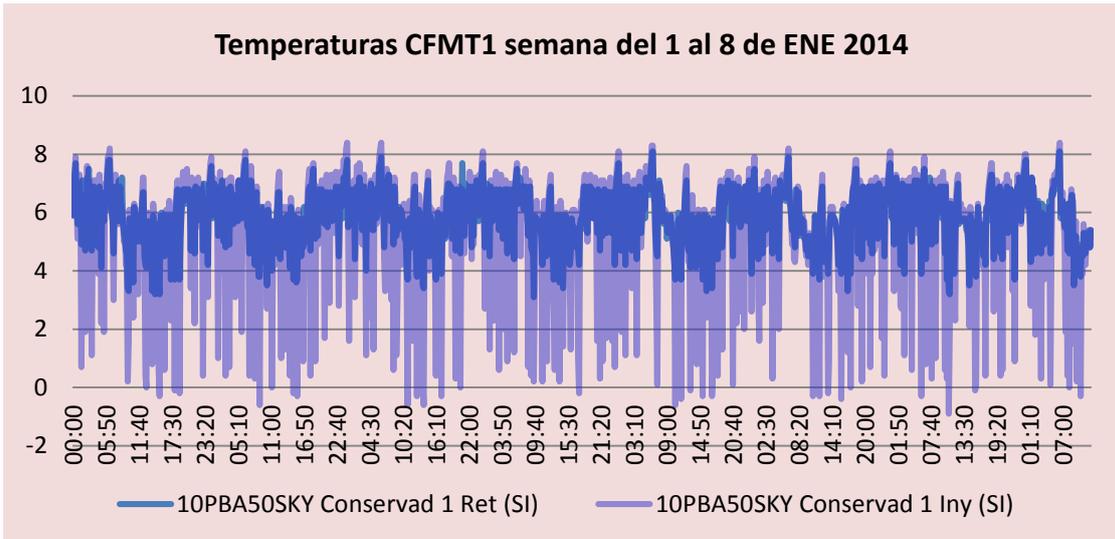


Figura 63. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de enero.

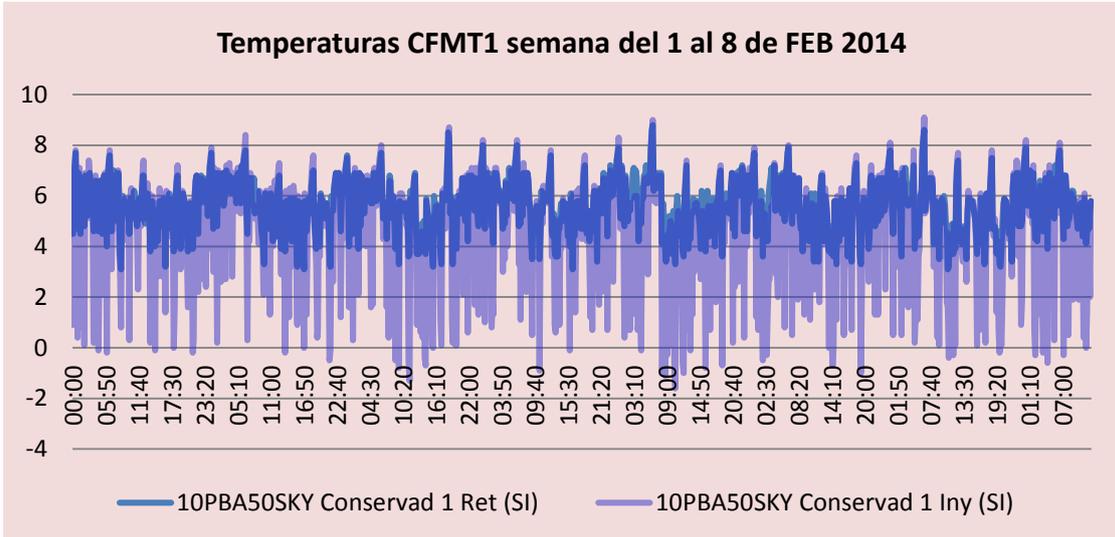


Figura 64. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de febrero.

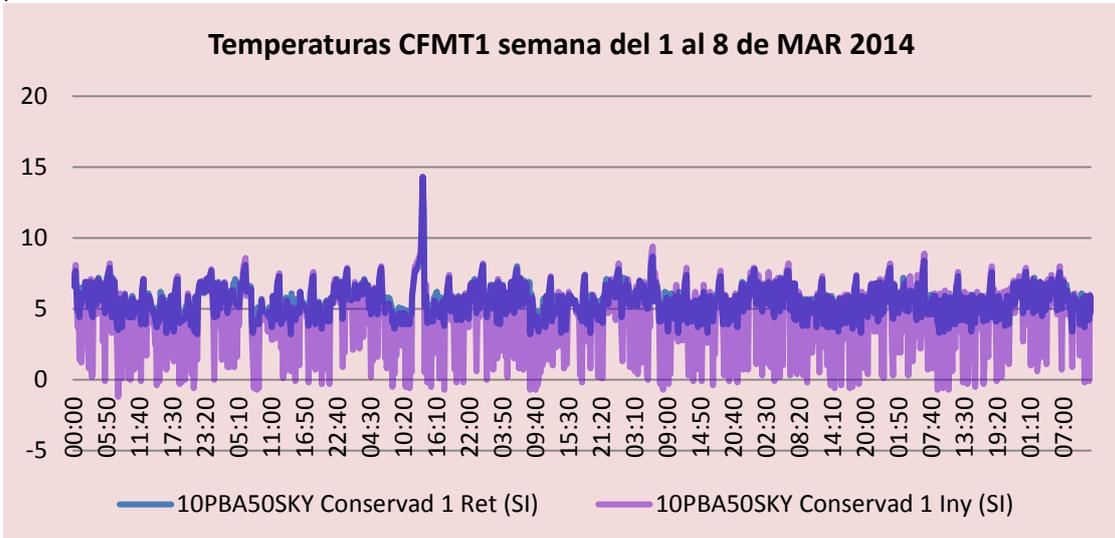


Figura 65. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de marzo.

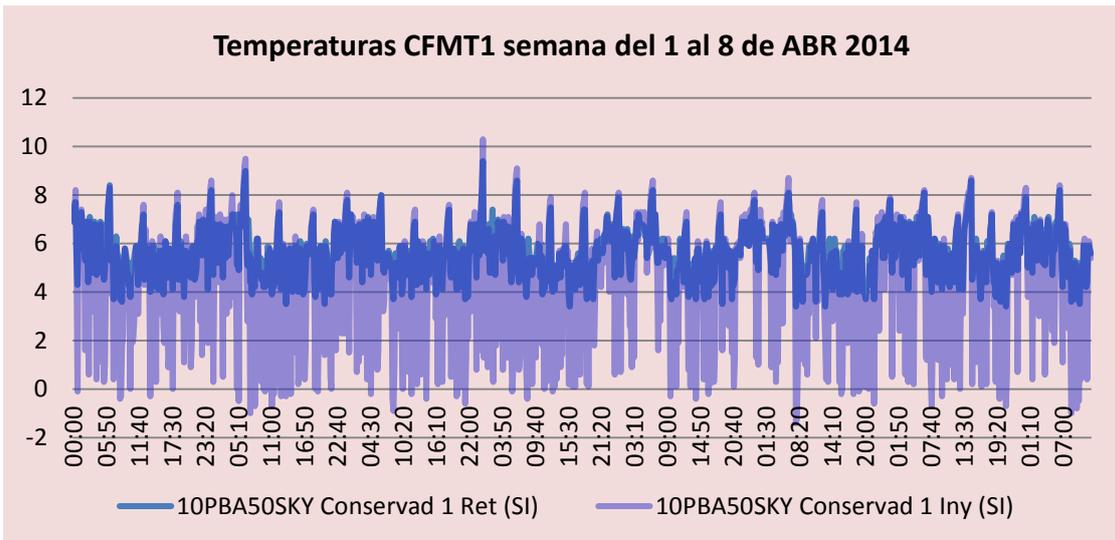


Figura 66. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de abril.

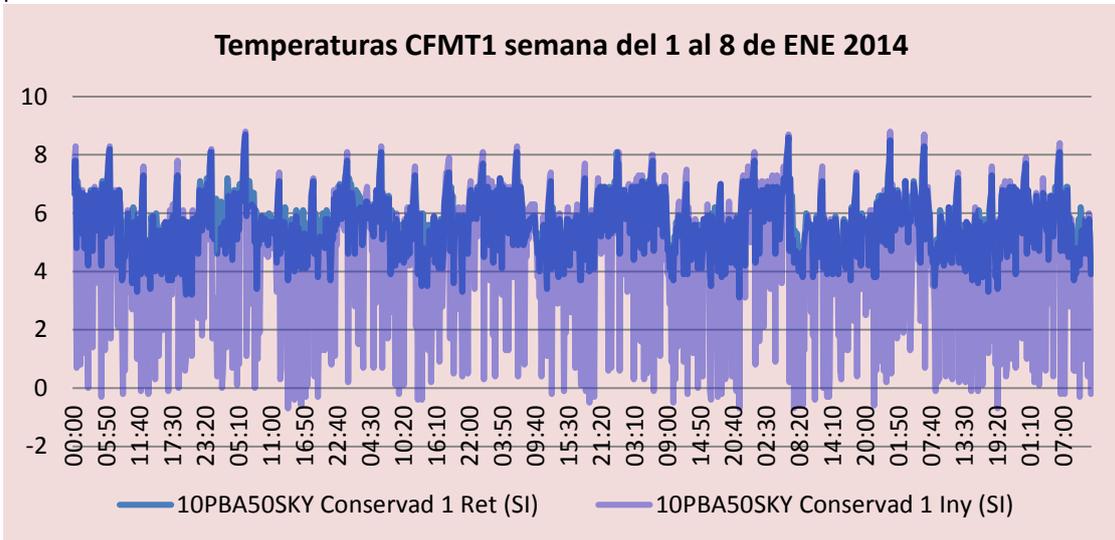


Figura 67. Temperatura de Evaporador 1 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de mayo.

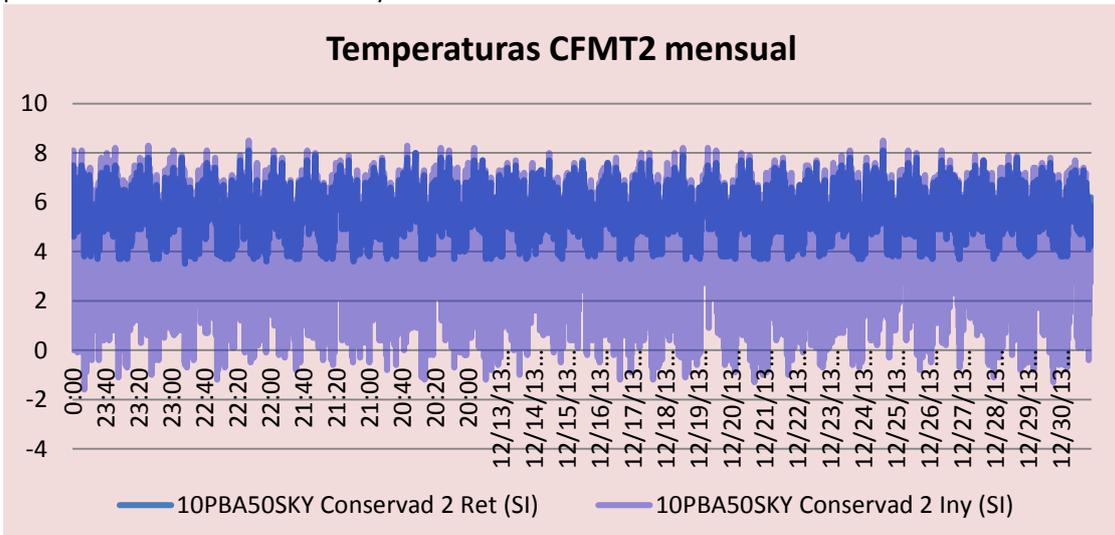


Figura 68. Temperatura de Evaporador 2 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante el mes de diciembre.

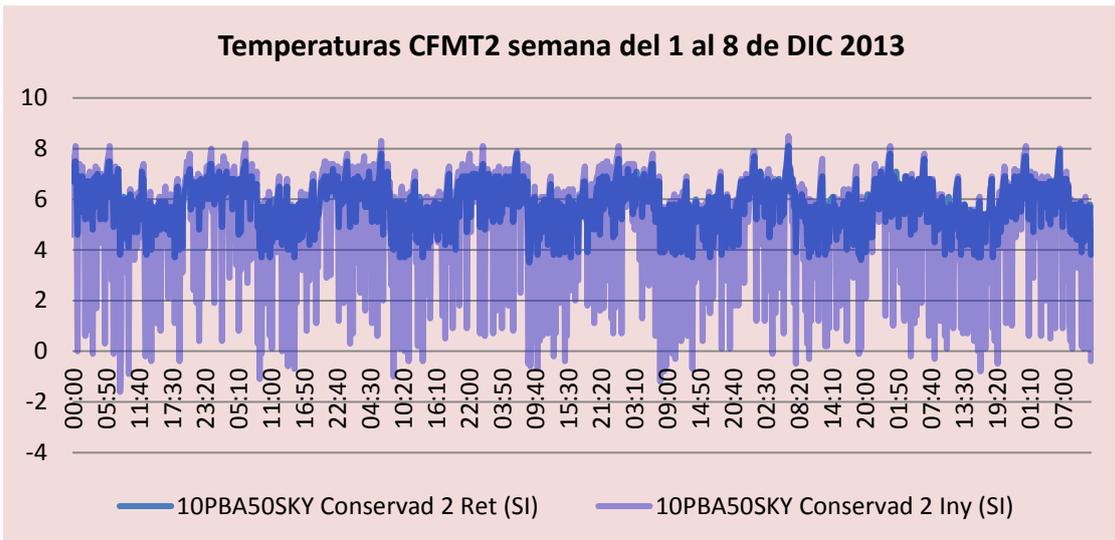


Figura 69. Temperatura de Evaporador 2 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de diciembre.

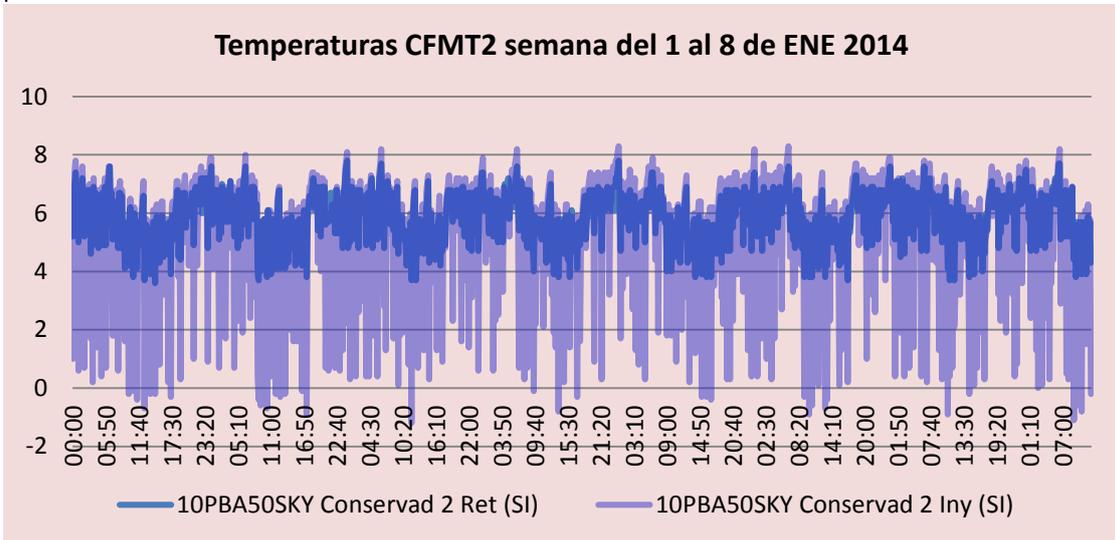


Figura 70. Temperatura de Evaporador 2 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de enero.

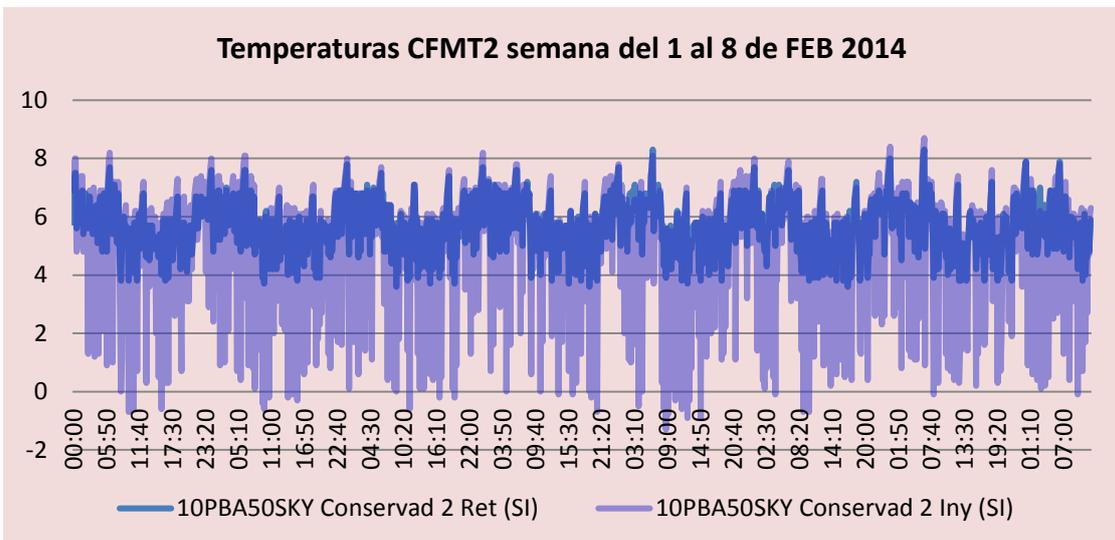


Figura 71. Temperatura de Evaporador 2 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de febrero.

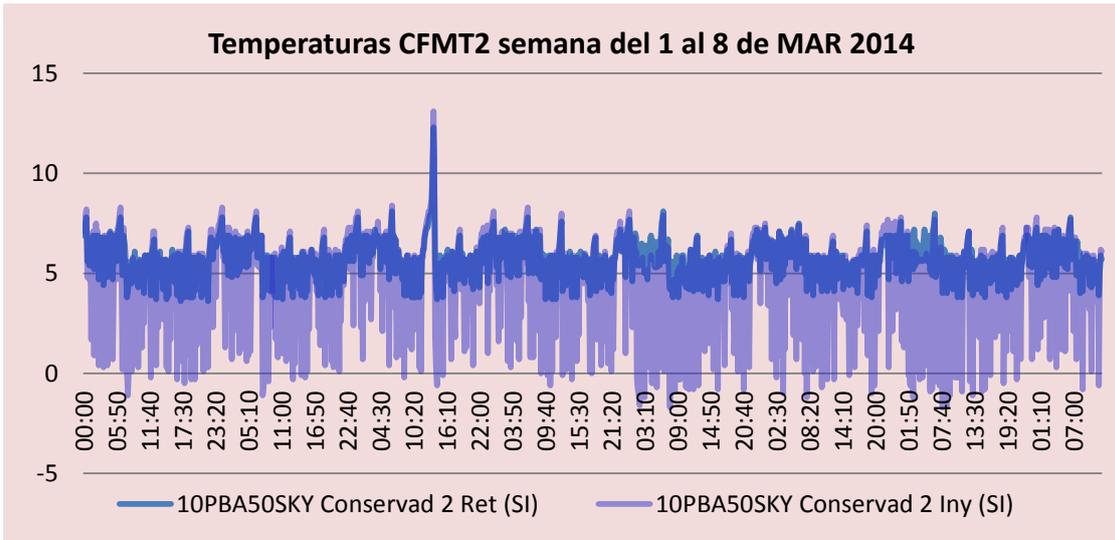


Figura 72. Temperatura de Evaporador 2 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de marzo.

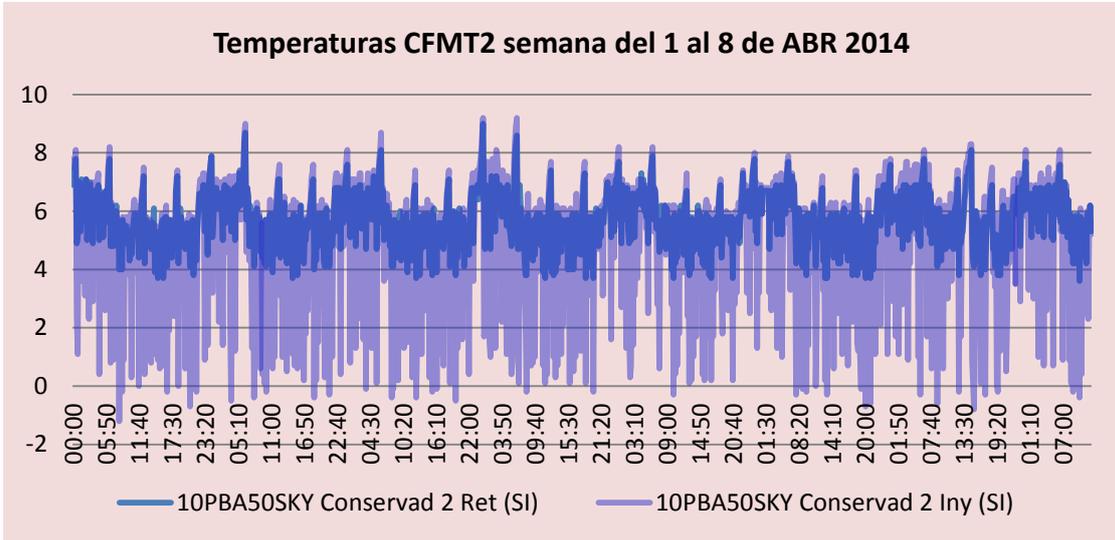


Figura 73. Temperatura de Evaporador 2 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de abril.

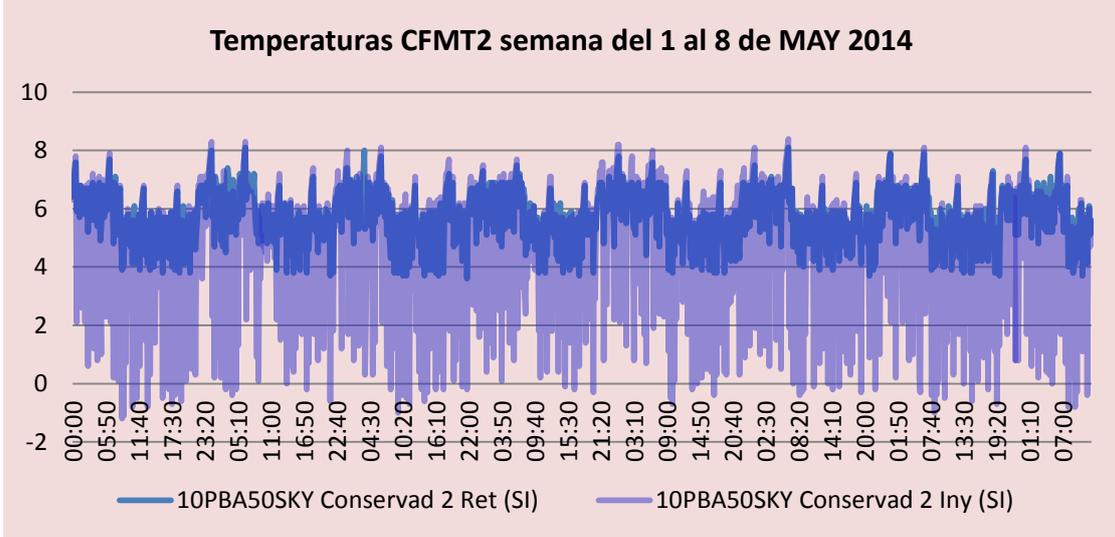


Figura 74. Temperatura de Evaporador 2 del cuarto frío de media temperatura (2°C a 5°C) durante los primeros ocho días del mes de mayo.

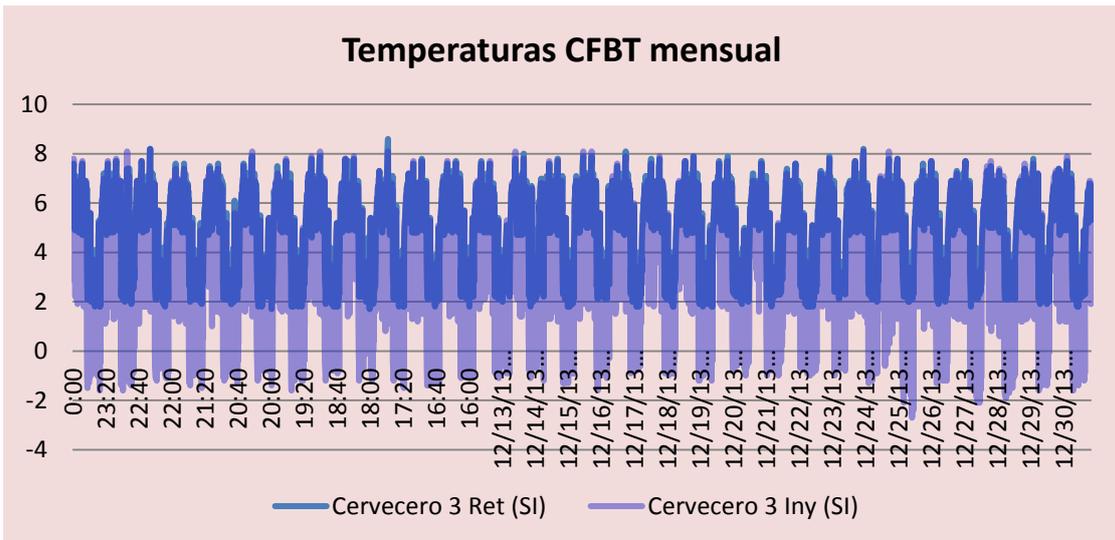


Figura 75. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante el mes de diciembre.

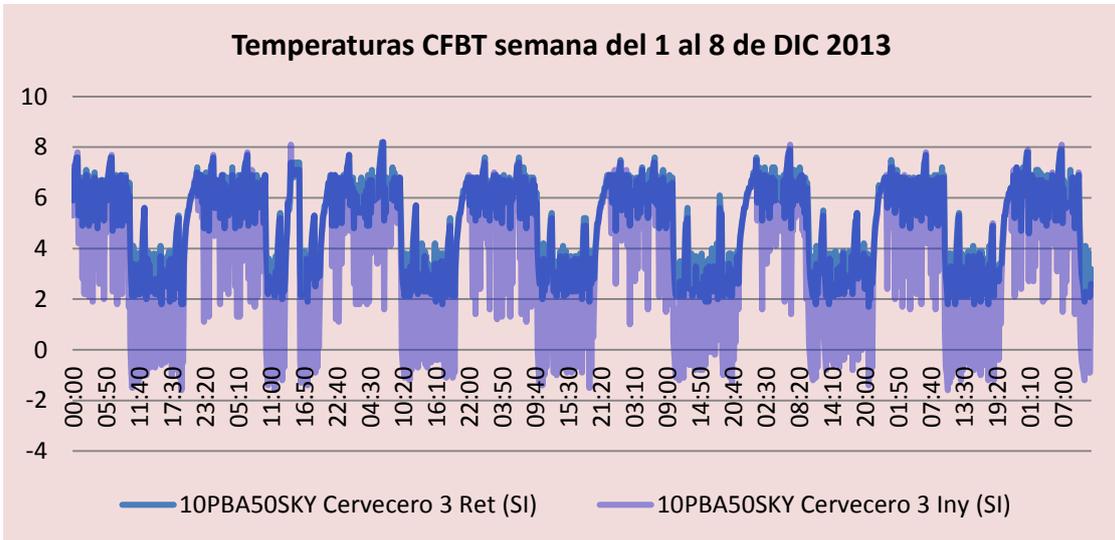


Figura 76. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante los primeros ocho días del mes de diciembre.

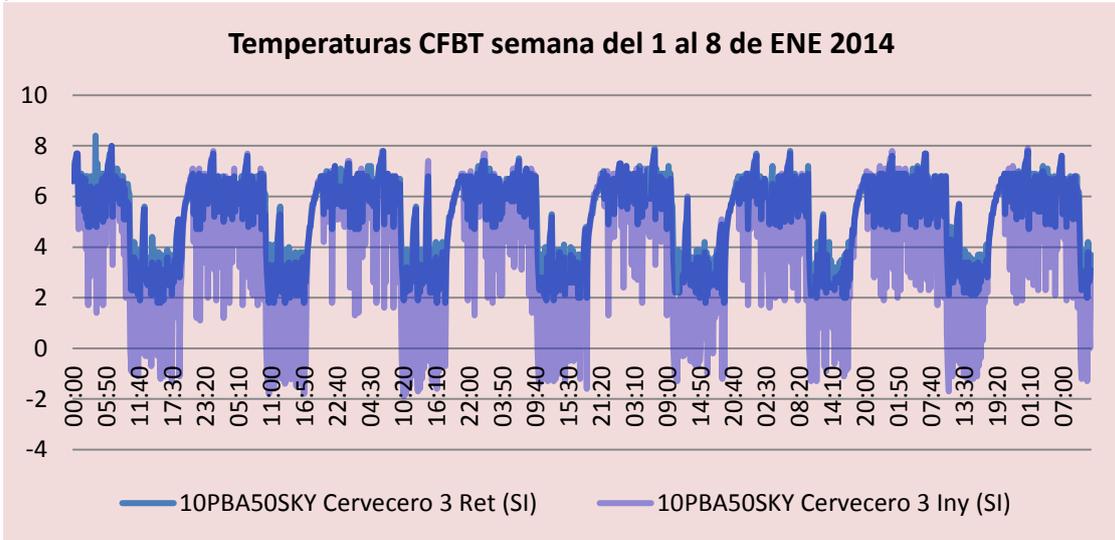


Figura 77. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante los primeros ocho días del mes de enero.

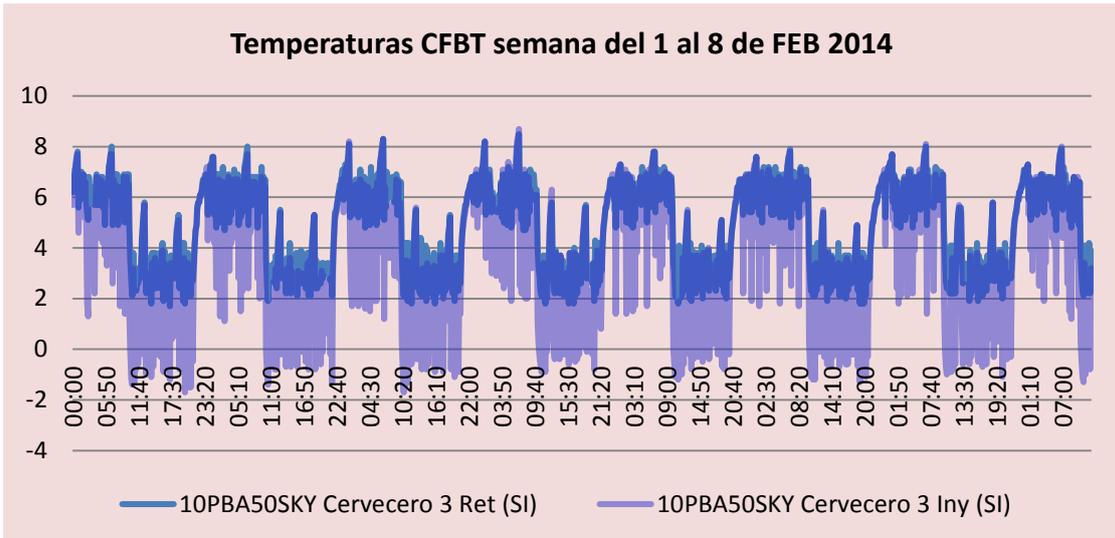


Figura 78. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante los primeros ocho días del mes de febrero.

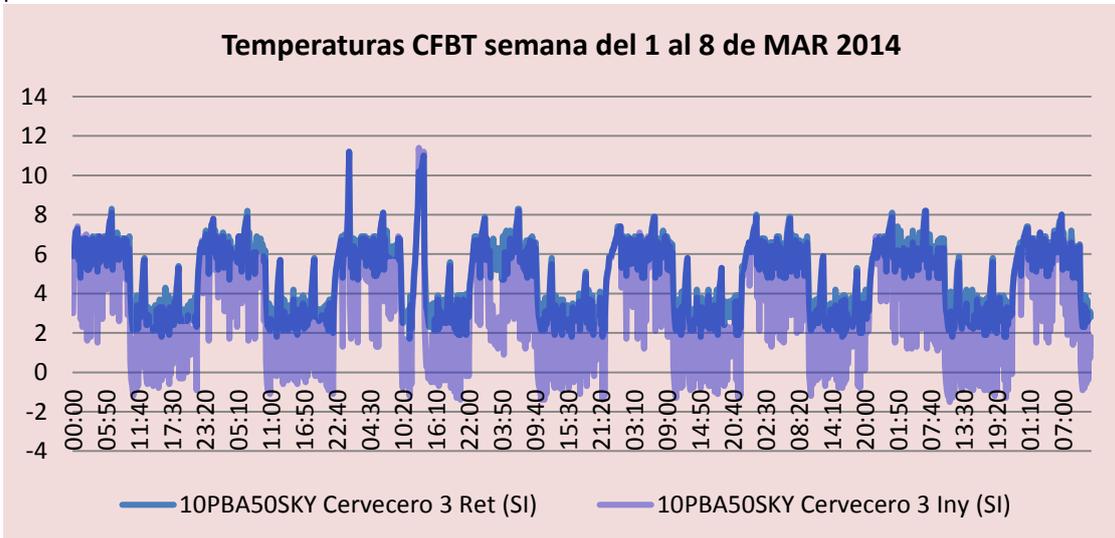


Figura 79. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante los primeros ocho días del mes de marzo.

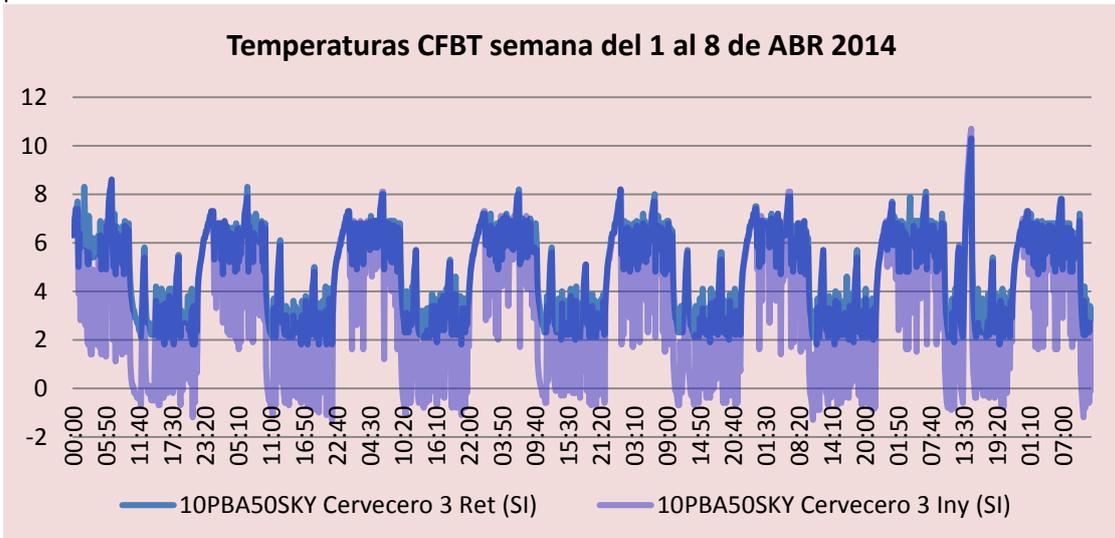


Figura 80. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante el mes de abril.

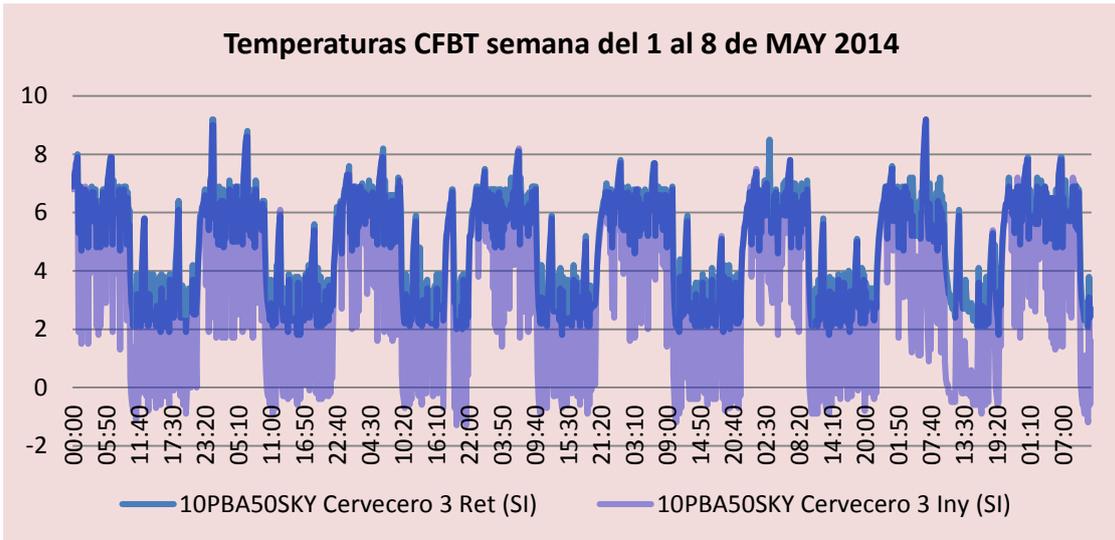


Figura 81. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de baja temperatura (0°C a 2°C) durante los primeros ocho días del mes de mayo.

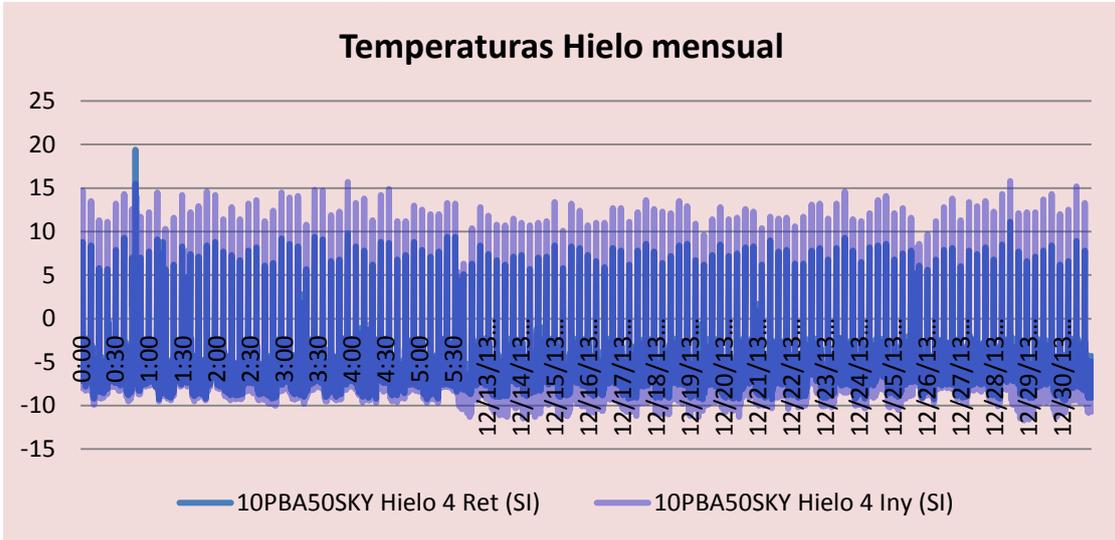


Figura 82. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante el mes de diciembre.

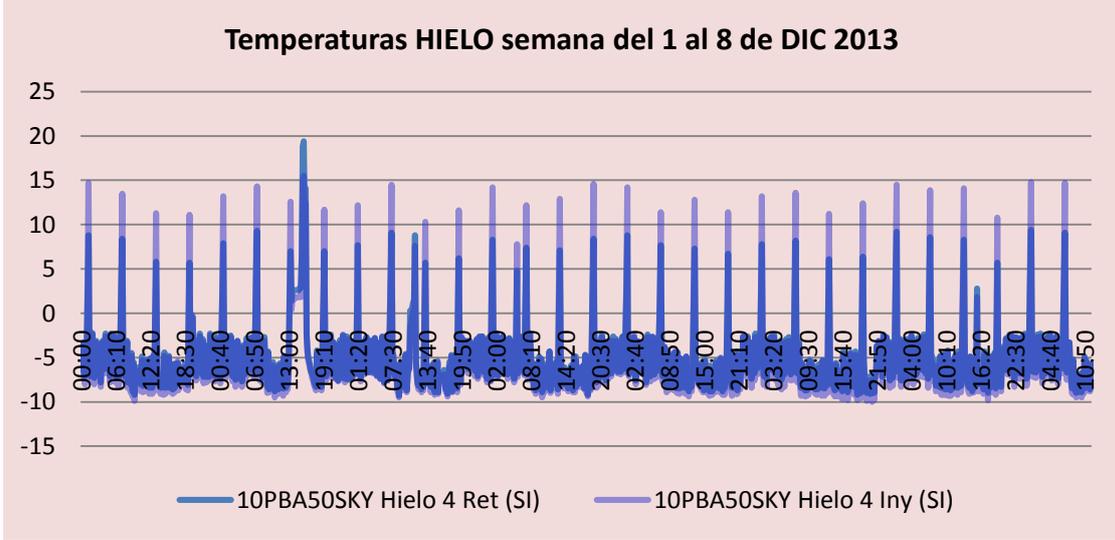


Figura 83. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante los primeros ocho días del mes de diciembre.

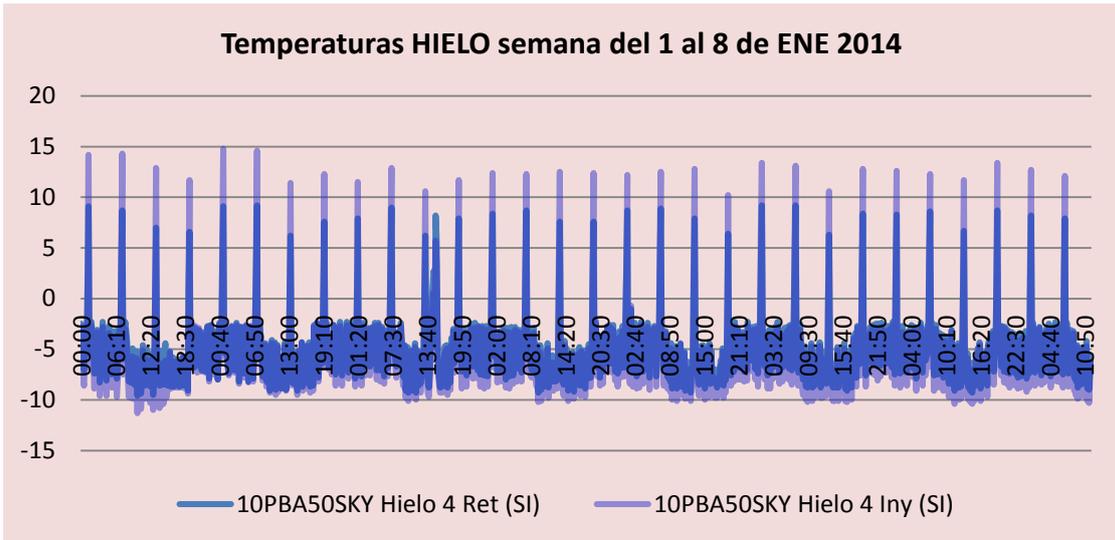


Figura 84. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante los primeros ocho días del mes de enero.

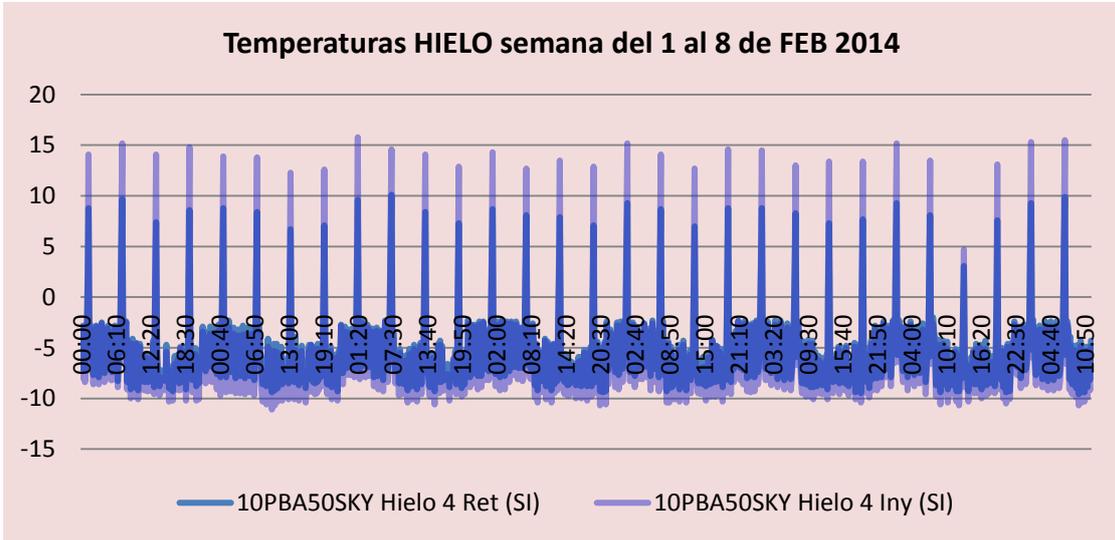


Figura 85. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante los primeros ocho días del mes de febrero.

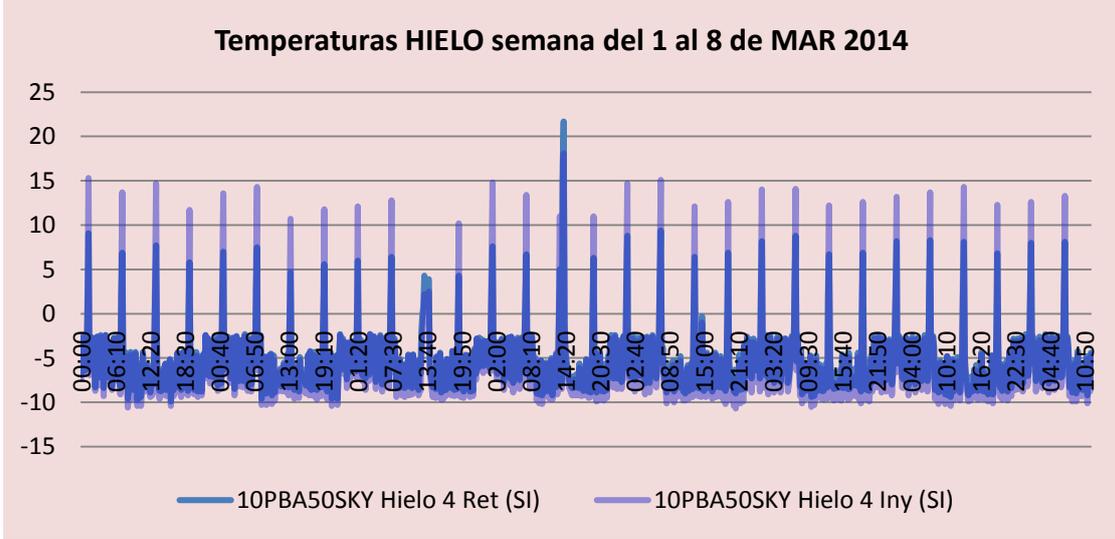


Figura 86. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante los primeros ocho días del mes de marzo.

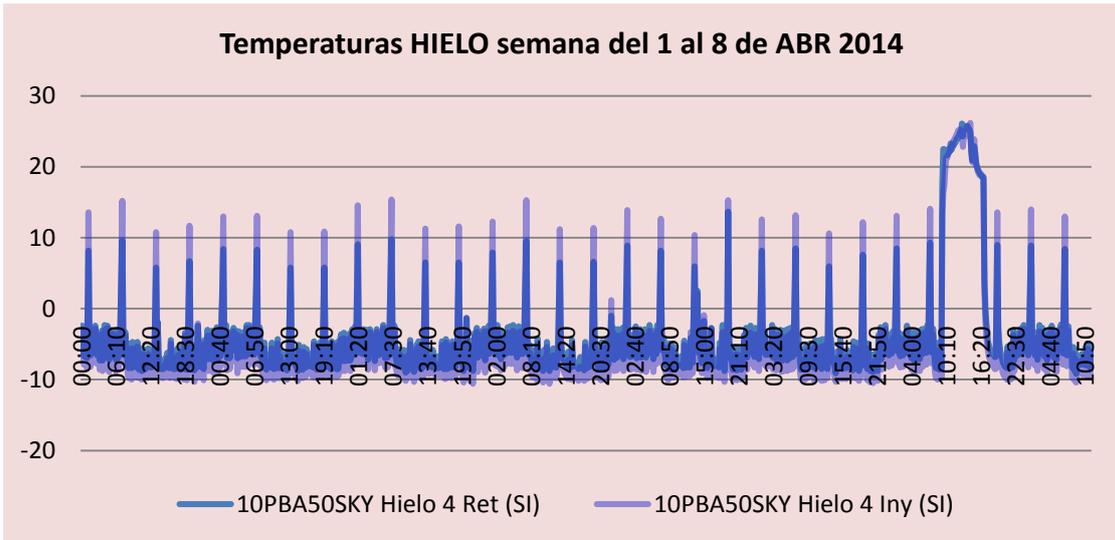


Figura 87. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante los primeros ocho días del mes de abril.

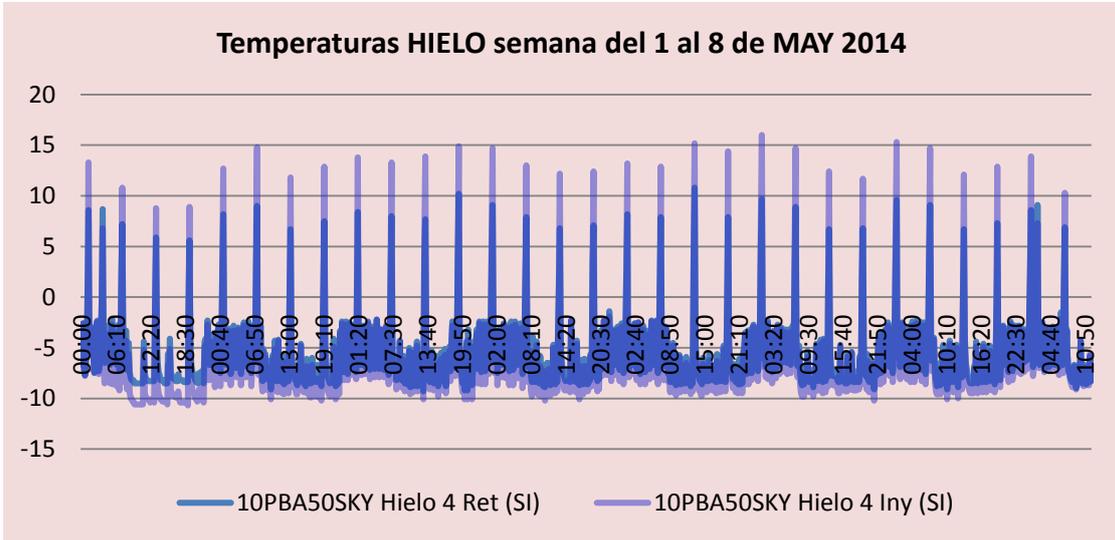


Figura 88. Temperatura de Evaporador del cuarto frío de HIELO (-5°C a -15°C) durante los primeros ocho días del mes de mayo.

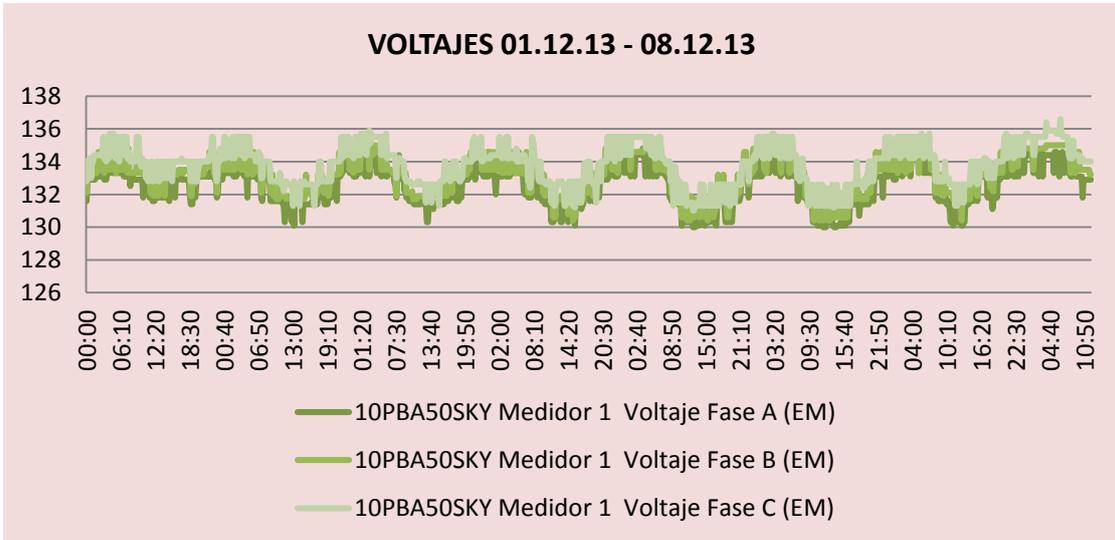


Figura 89. Voltajes durante la primera semana del mes de diciembre 2013.

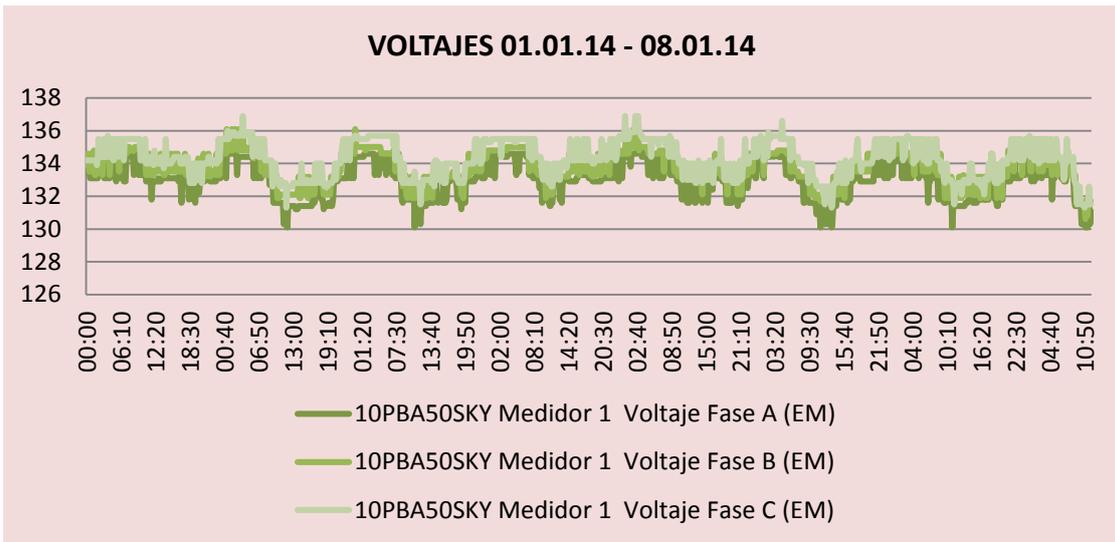


Figura 90. Voltajes durante la primera semana del mes de enero 2014.

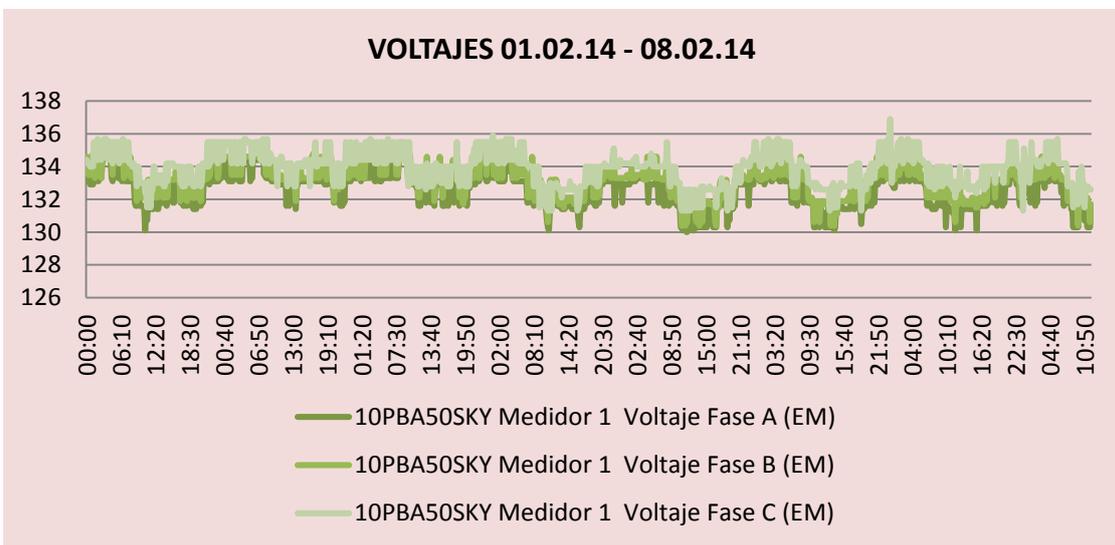


Figura 91. Voltajes durante la primera semana del mes de febrero 2014.

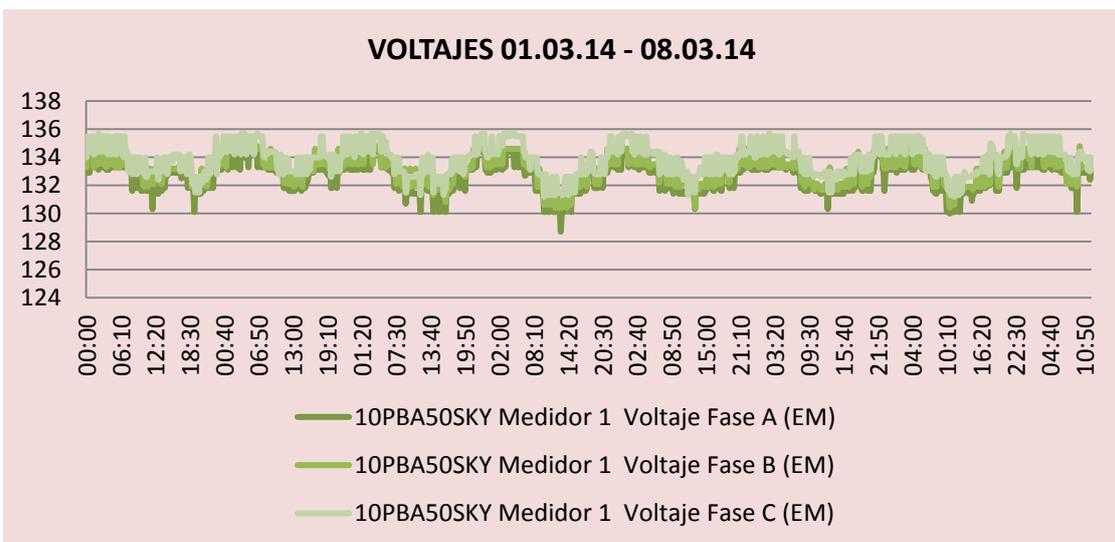


Figura 92. Voltajes durante la primera semana del mes de marzo 2014.

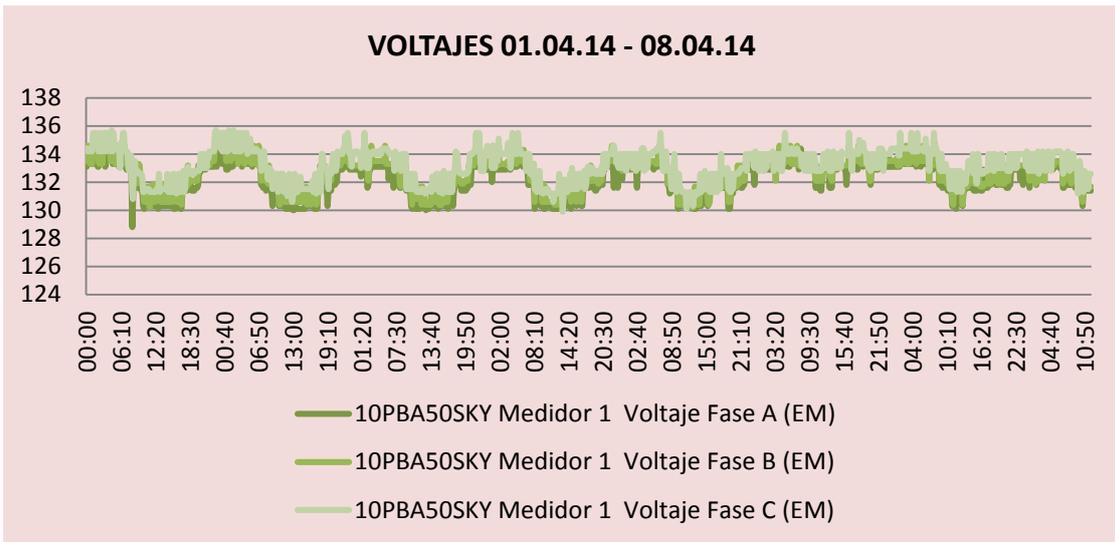


Figura 93. Voltajes durante la primera semana del mes de abril 2014.

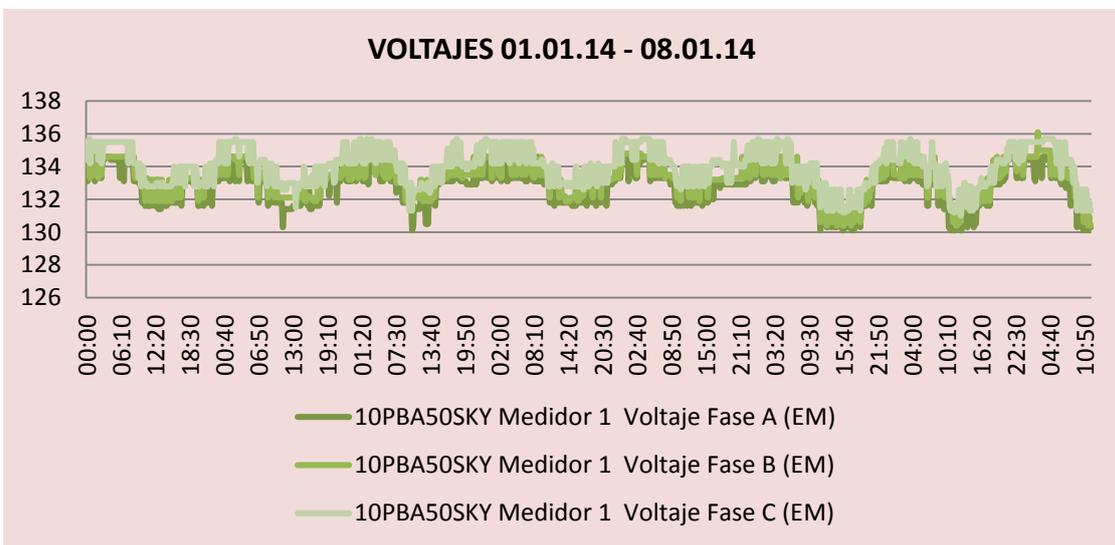


Figura 94. Voltajes durante la primera semana del mes de mayo 2014.

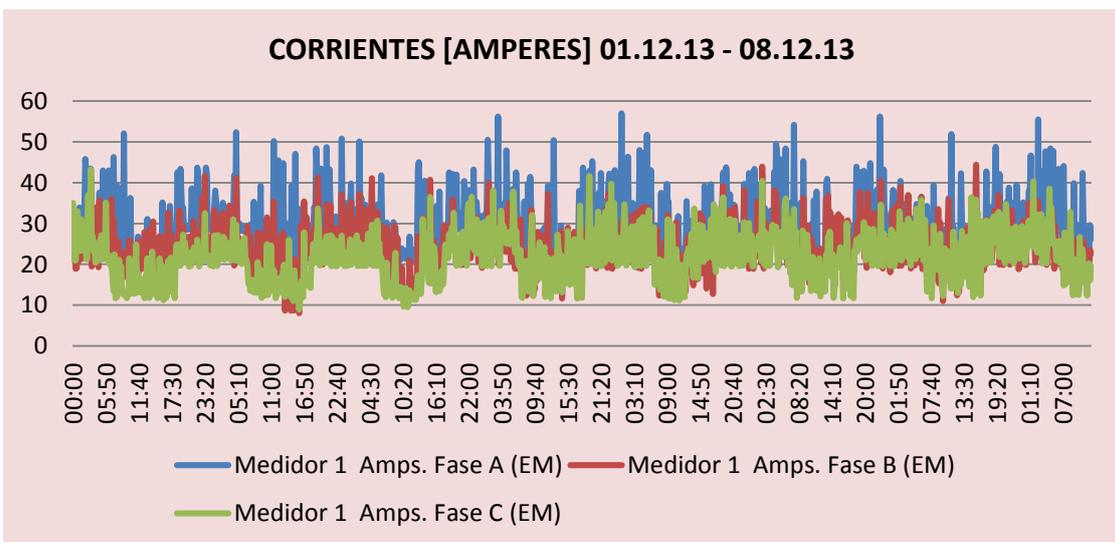


Figura 95. Corrientes durante la primera semana del mes de diciembre 2013.

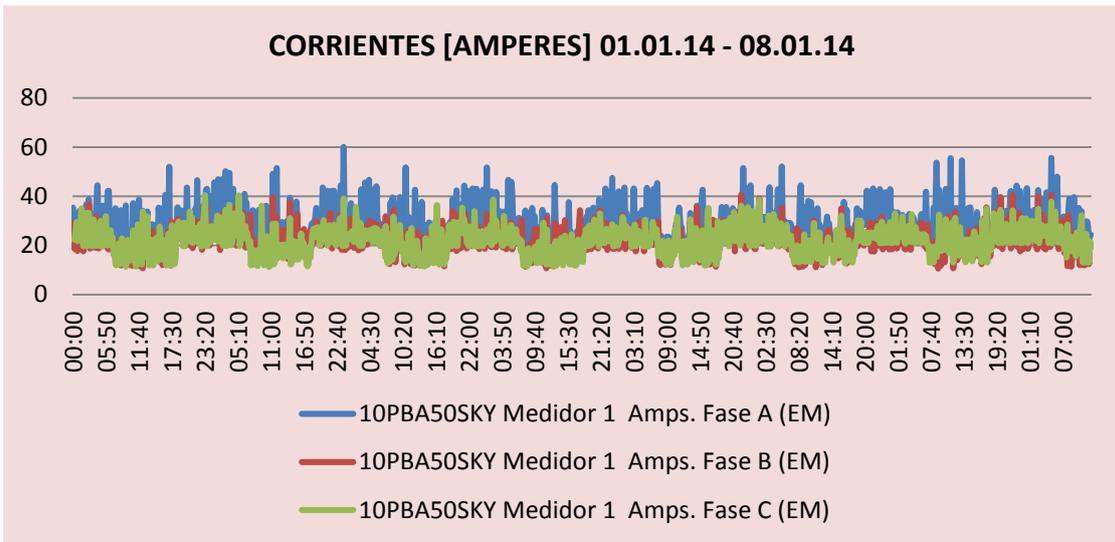


Figura 96. Corrientes durante la primera semana del mes de enero 2014.

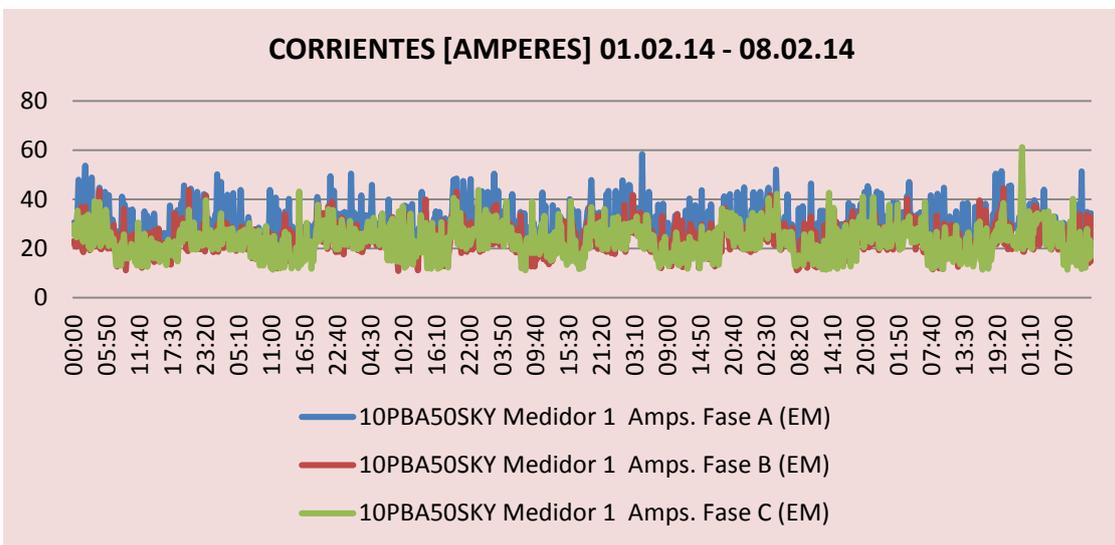


Figura 97. Corrientes durante la primera semana del mes de febrero 2014.

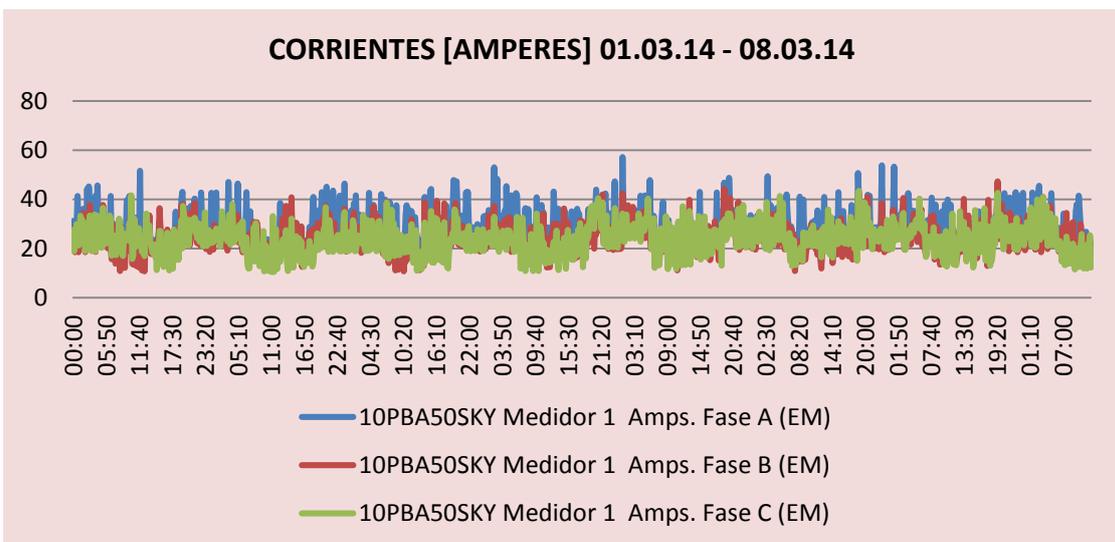


Figura 98. Corrientes durante la primera semana del mes de marzo 2014.

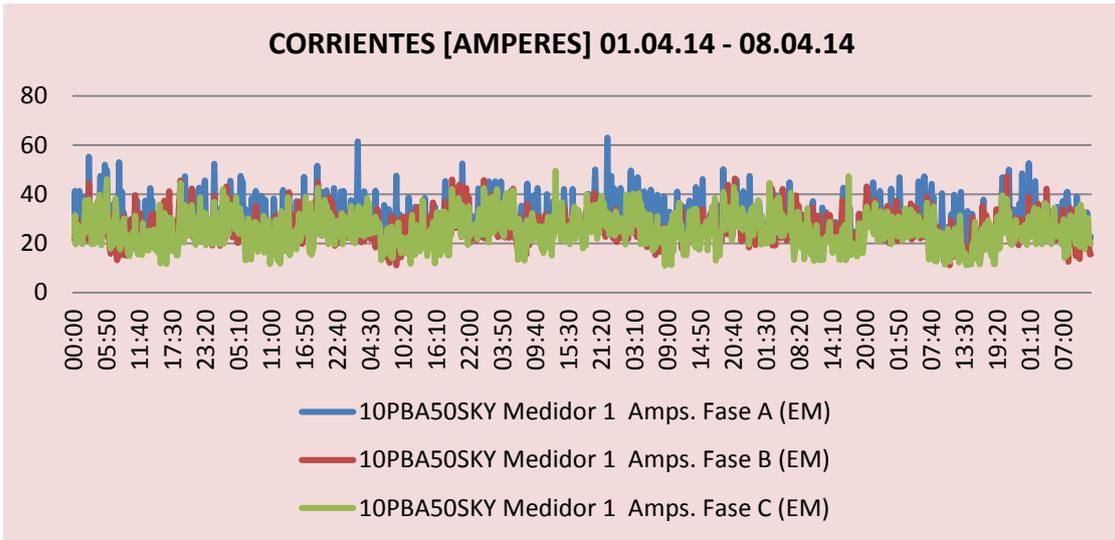


Figura 99. Corrientes durante la primera semana del mes de abril 2014.

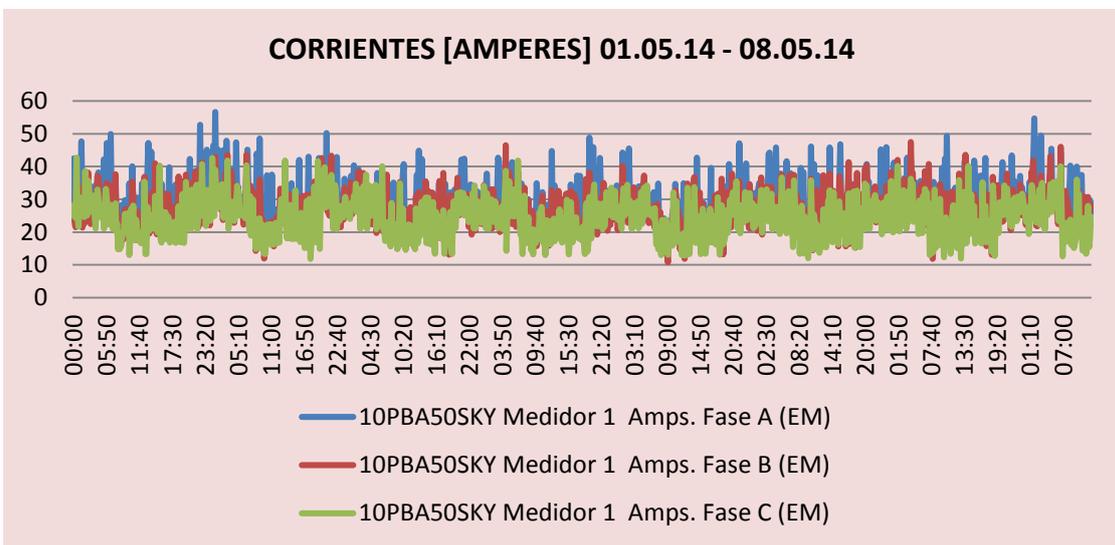


Figura 100. Corrientes durante la primera semana del mes de mayo 2014.

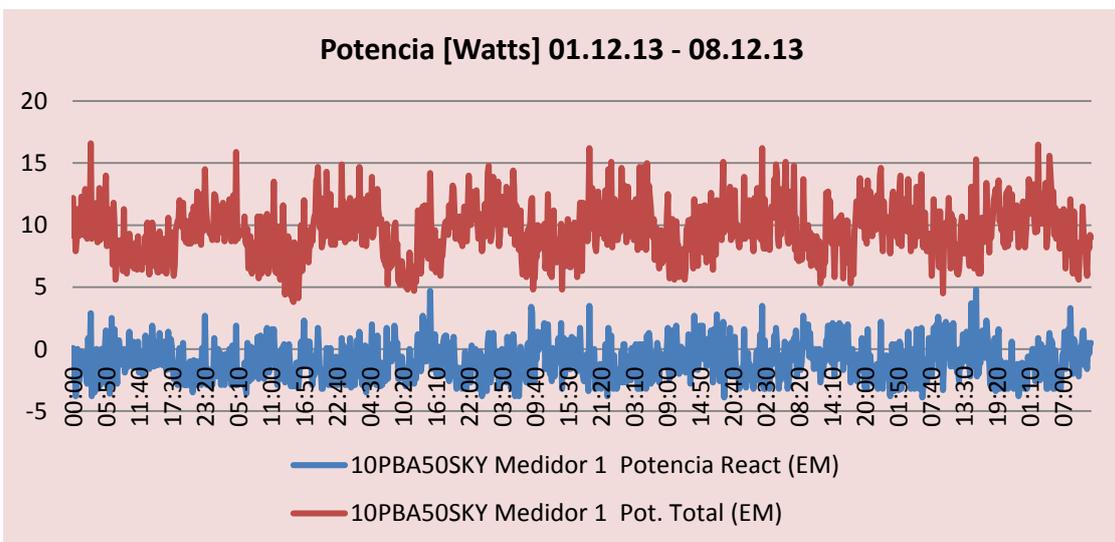


Figura 101. Potencia durante la primera semana del mes de diciembre 2013.

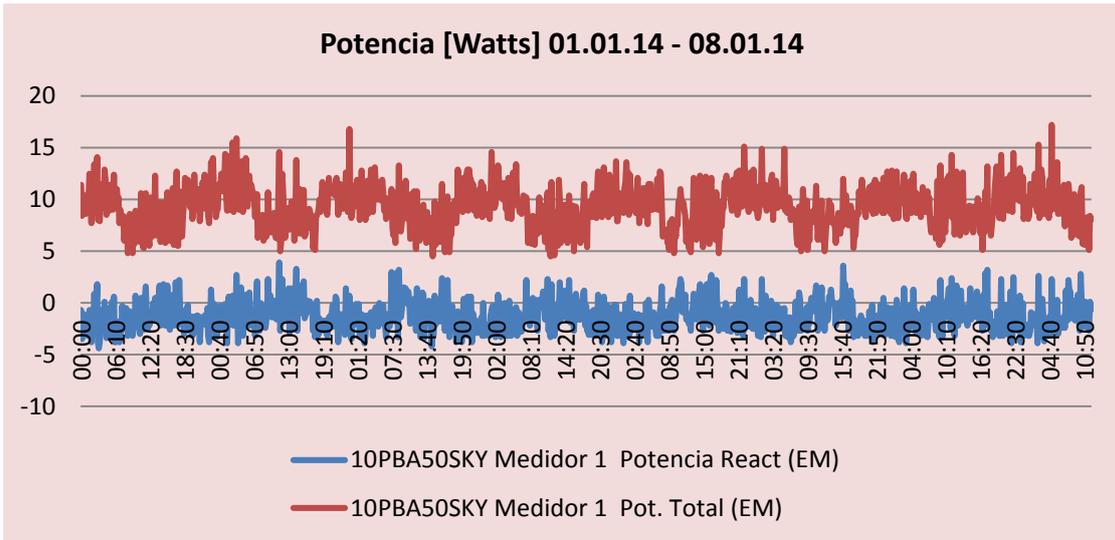


Figura 102. Potencia durante la primera semana del mes de enero 2014.

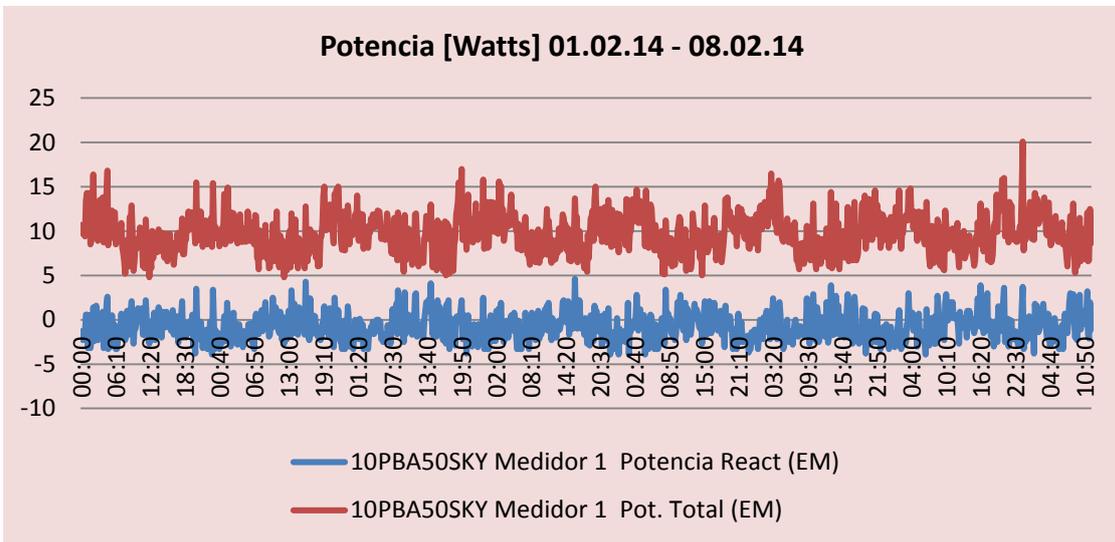


Figura 103. Potencia durante la primera semana del mes de febrero 2014.

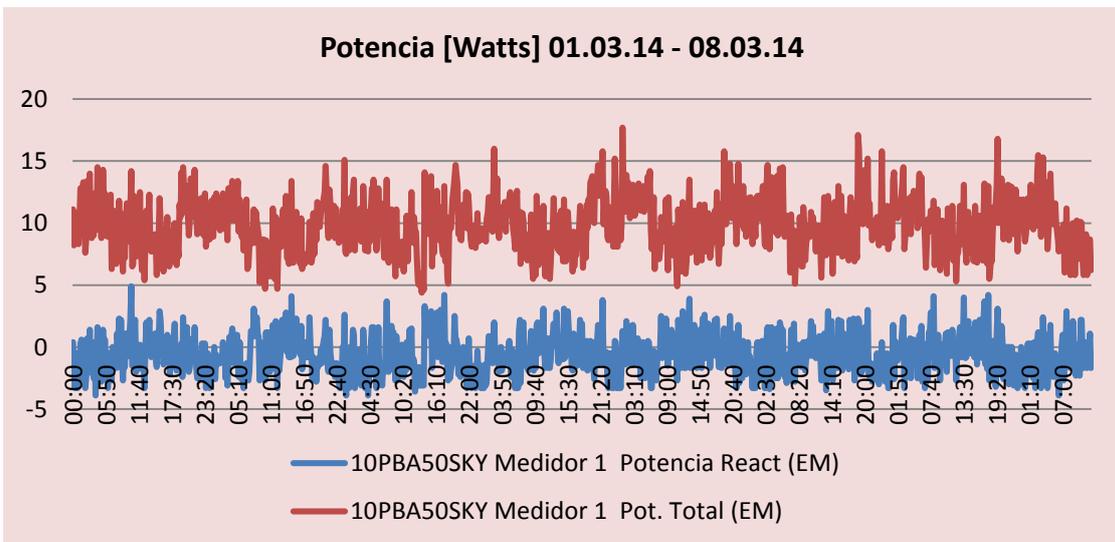


Figura 104. Potencia durante la primera semana del mes de marzo 2014.

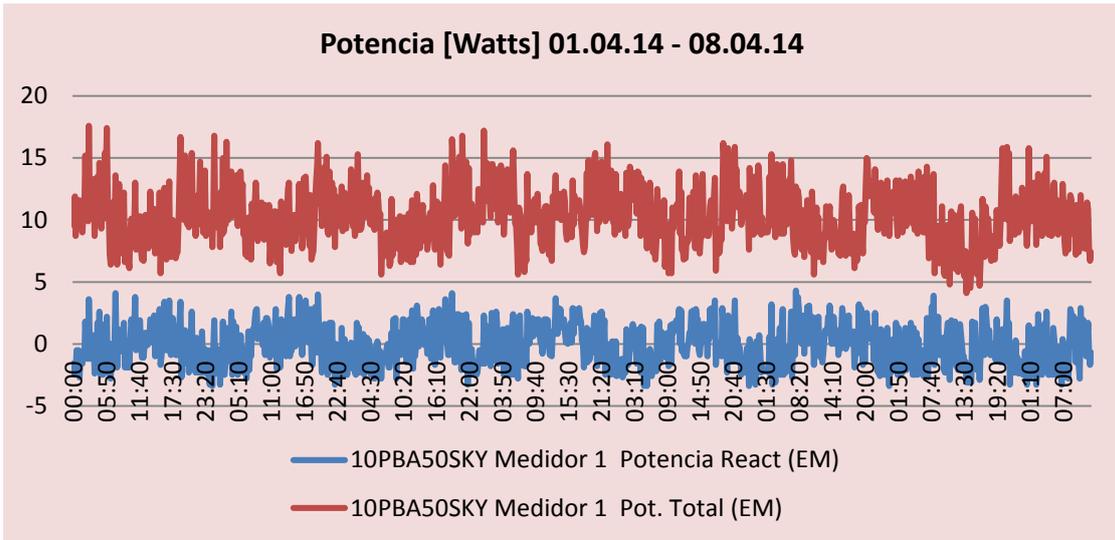


Figura 105. Potencia durante la primera semana del mes de abril 2014.

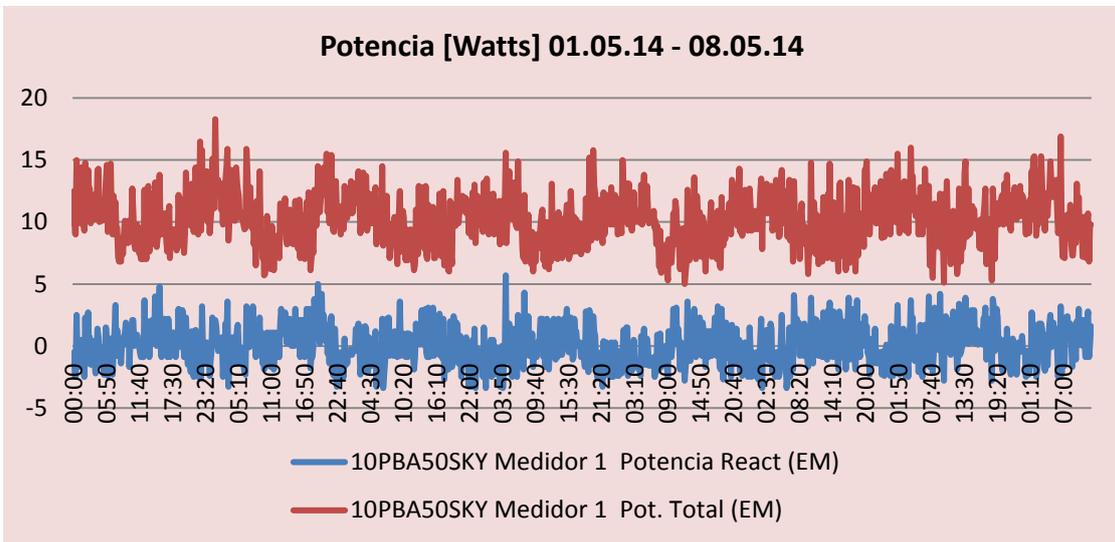


Figura 106. Potencia durante la primera semana del mes de mayo 2014.

NOMBRE TIENDA:

ANGEL CUSTODIO

KILOWATT'S CONSUMIDOS KWh

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2011	9200	9160	10075	9465	9468	10310	8973	9923	9735	8519	10033	8756
2012	9127	9923	9497	9497	10253	9681	9531	9907	9696	9677	10231	8596
2013	9154	9640	8991	9351	10093	9693	9226	10295	9559	9404	9921	9062

Tabla 20. Consumos en kilowatts hora en Ángel Custodio durante 2011, 2012 y 2013

NOMBRE TIENDA: PLAZA

ATLANTIS

KILOWATT'S CONSUMIDOS KWh

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2011	9381	8780	9116	8368	8454	9168	8619	8662	8913	8605	8643	8722
2012	8201	8178	8822	8240	8144	8860	8342	9168	8414	8494	9505	7243
2013	7236	7234	6288	7393	7913	7424	6980	7752	7412	7240	7547	6992

Tabla 21. Consumos en kilowatts hora en Plaza Atlantis durante 2011, 2012 y 2013

Ángel Custodio 2012	Kwh	\$
ene	9127	6.470
feb	9923	6.730
mar	9497	7.010
abr	9496	7.390
may	10253	7.730
jun	9681	4.700
jul	9531	6.651
ago	9907	6.301
sep	9696	6.441
oct	9677	5.941
nov	10231	5.791
dic	8596	6.681

Tabla 22. Comparación de consumos contra ventas durante el 2012

Plaza Atlantis 2012	Kwh	\$
ene	8201	7.150
feb	8178	7.660
mar	8822	8.550
abr	8240	7.970
may	8144	8.591
jun	8860	4.960
jul	8342	6.970
ago	9168	6.901
sep	8414	6.861
oct	8494	7.241
nov	9505	6.770
dic	7243	7.310

Tabla 23. Comparación de consumos contra ventas durante el 2012