



Diagnóstico energético integral de dos centros de Distribución de la Industria Láctea

Autor: Francisco Javier Álvarez García

Institución: Universidad de Oviedo

Otros autores: Yolanda Fernández Ribaya (Universidad de Oviedo); Jorge Xiberta Bernat (Universidad de Oviedo); Pablo Paredes Sánchez (Universidad de Oviedo)

Resumen

Este trabajo tiene por objeto el estudio desde un punto de vista energético, de dos Centros de Distribución de la industria láctea situados en sendas ciudades de la República Dominicana. En él se analizan los principales consumos: frío de cámaras frigoríficas, aire acondicionado de oficinas, alumbrado y fuerza eléctrica. Se proponen una serie de mejoras orientadas, al ahorro energético, con medidas de aislamiento térmico e implantación de electricidad fotovoltaica y, otras orientadas a la eficiencia energética, mediante una mejora de los sistemas de alumbrado y de producción de frío. Las condiciones climáticas y la inestabilidad del sector eléctrico del país son los dos factores principales a tener en cuenta a la hora de desarrollar las estrategias de ahorro y eficiencia.

Palabras clave: Eficiencia Energética; Industria Láctea; Energía FV; Frío Industrial; Iluminación; Aislamiento Térmico; República Dominicana

ABSTRACT

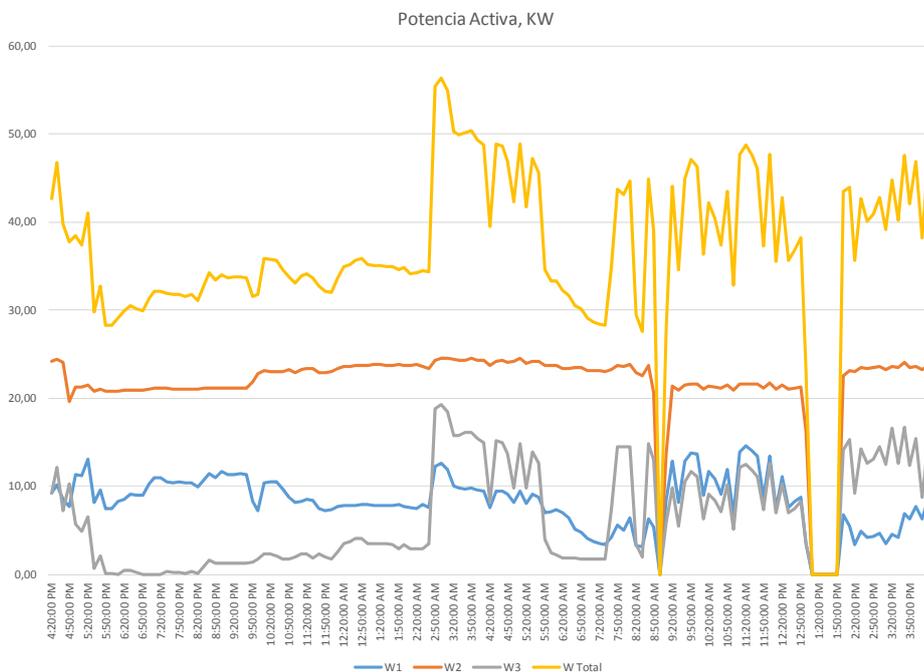
The thesis aims to examine five distribution centers within the milk industry, all of which are located in different cities of the Dominican Republic, from an energetic point of view, by analyzing the main consumers, cooling of refrigerators, the offices air-conditioning as well as lighting and power. The suggested ideas for improvement target on the one hand energy saving via thermal thermic isolation and the introduction of fotovoltaic generated solar energy, and on the other hand energy efficiency by improving the lighting systems and replacing the refrigeration equipments.

MARCO ENERGÉTICO DEL PAÍS

El sector eléctrico en la República Dominicana ha sido tradicionalmente un cuello de botella para el crecimiento económico del país. Una prolongada crisis eléctrica e ineficaces medidas correctivas han llevado a un círculo vicioso de apagones habituales, altos costos operativos de las compañías de distribución, grandes pérdidas (incluyendo robo de electricidad a través de conexiones ilegales), elevadas tarifas minoristas para cubrir estas ineficiencias, bajas tasas de cobro de boletas, una significativa carga fiscal para el gobierno a través de subsidios directos e indirectos, y costos muy altos para los consumidores, ya que muchos dependen de una electricidad alternativa autogenerada muy costosa.

La evolución de la tarifa eléctrica durante los últimos 10 años en República Dominicana ha sufrido un aumento cercano al 350%. Mientras el coste de la energía eléctrica en 2002 estaba establecido en 2.14 RD\$/kWh, a finales de 2013 el precio del kWh era de 8.41 RD\$/kWh.

La evolución del precio del diesel durante los últimos años en República Dominicana ha sufrido un incremento del 24.21% anual de media, tomando como referencia el coste de diesel en RD\$. La evolución del precio de la energía eléctrica durante los últimos años en República Dominicana ha sufrido un incremento del 14.75% anual de media, tomando como referencia la tarifa eléctrica en RD\$.



[Fig.1]-Ejemplo de analizador de redes Centro de distribución de Azua. 24h

INTRODUCCIÓN

República Dominicana disfruta de un clima tropical durante todo el año. Dependiendo de la ubicación, un día típico puede tener pleno sol o una combinación de sol/nubes. La temperatura promedio anual es de 25° a 31° C (78° a 88° F). La temporada más fría es entre noviembre y abril, y la más cálida es entre mayo y octubre.

Teniendo en cuenta que la actividad objeto de este estudio se encuentra claramente marcada por el almacenamiento frigorífico de los productos lácteos y sus derivados, el factor climático puede destacarse como el más relevante a la hora de realizar el análisis energético.

Los costos energéticos siguen una tendencia homogénea en el periodo evaluado de un año. Esto es debido al clima tropical del país con variaciones de temperatura poco significativas acentuándose ligeramente en los meses de verano, que coinciden con los periodos de facturación energética más altos.

Prácticamente la totalidad de los consumos de energía primaria, electricidad de red y gasoil de grupos, se destinan a receptores de energía eléctrica a excepción de una pequeña parte en el centro de Santiago que se destina a generación de vapor.

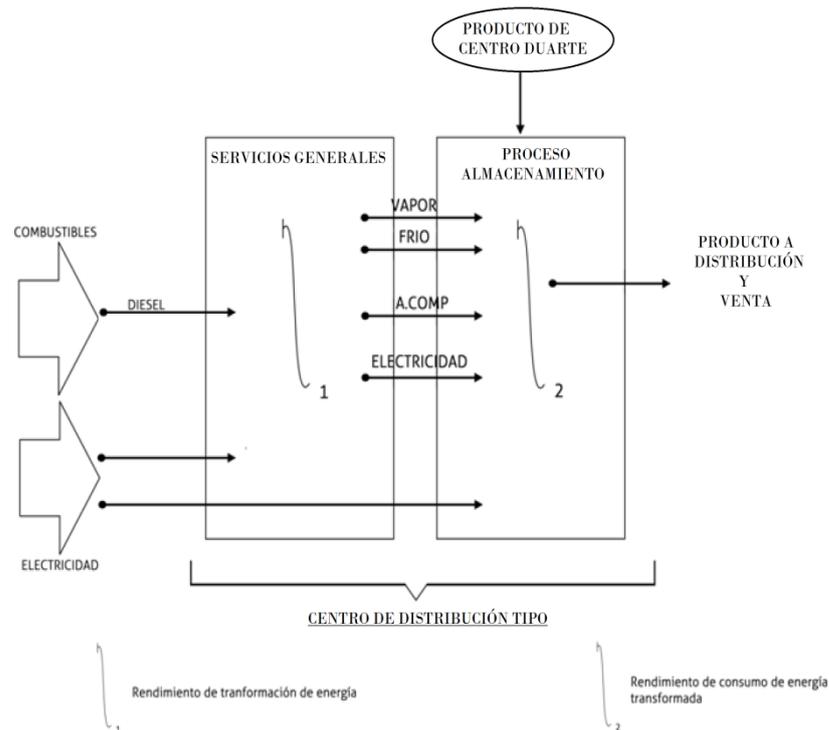
MÉTODO TRABAJO

Para la realización del estudio nos hemos basado en los datos aportados por el departamento de contabilidad interna de la empresa auditada (producción y consumos energéticos), en los levantamientos realizados en las visitas de campo, en los datos de facturación energética y en los análisis de redes llevados a cabo por los ingenieros de planta en cada uno de los centros objeto de estudio.

- Centro de Distribución de Santiago
- Centro de Distribución de Azua

De cada centro se han analizado los siguientes sistemas:

- Generación y consumo de electricidad
- Generación y consumo de vapor
- Generación y consumo de frío
- Generación y consumo de aire comprimido

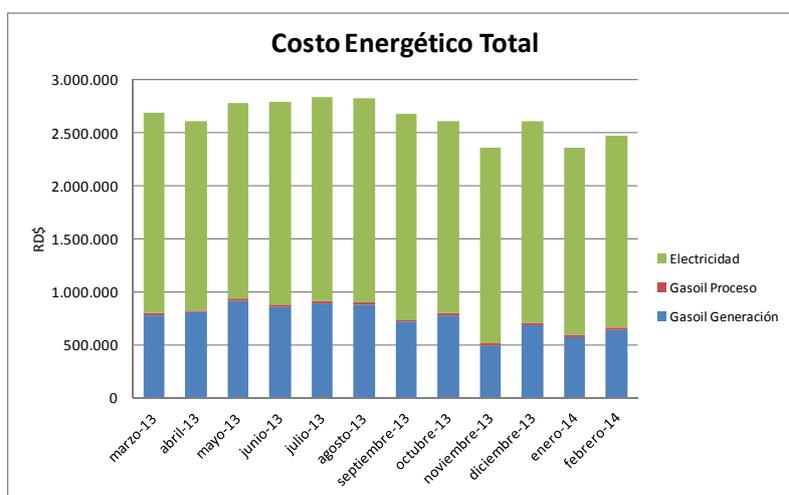


[Fig.2]-Esquema de proceso

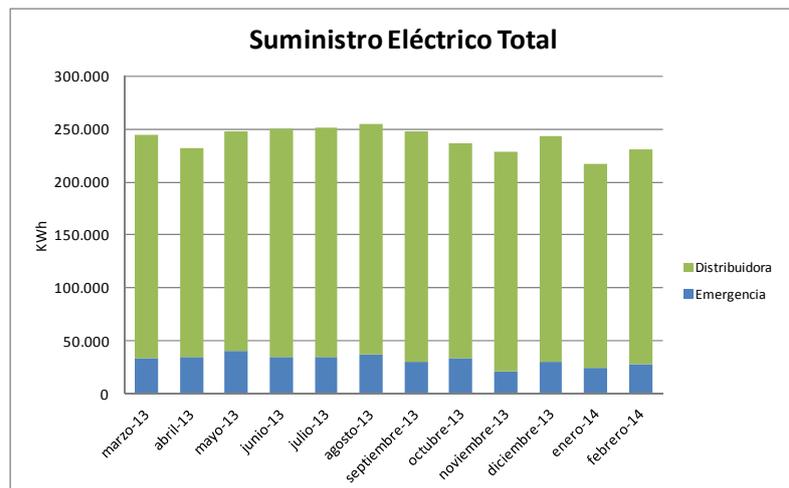
ANÁLISIS DE CONSUMOS Y COSTOS ENERGÉTICOS

Nos centraremos para el análisis de los resultados y las propuestas de mejora en la evaluación de la media global de todos los centros del grupo dada la repetitividad de los mismos.

En Primer lugar analizaremos los costes y consumos energéticos en el periodo de un año (gráficas 1 y 2). En las gráficas que se muestran a continuación, los consumos de gasoil de generación se refieren exclusivamente a la producción de energía eléctrica durante los periodos de caídas de la red eléctrica



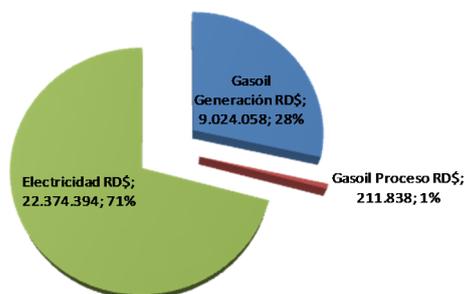
[Gráfica 1]- Costes energéticos RD\$



[Gráfica 2]- Consumos energéticos kWh

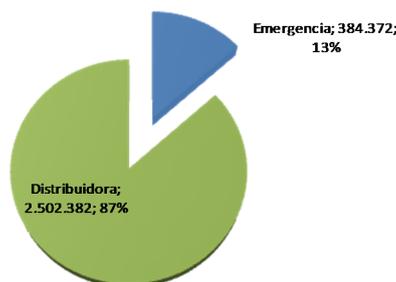
De la factura energética global, el 71% del costo corresponde a la energía eléctrica comprada a la red, un 28% correspondería con el gasto de combustible de gasoil para generación de energía eléctrica, que supone apenas el 15 % de la energía generada y un 1% correspondiente al gasto de gasoil en proceso (solamente se consume en Santiago). (Gráficas 3 y 4).

**Distribución de la factura Energética global
Marzo 2013- Febrero 2014 (RD\$)**



[Gráfica 3]- Distribución de Costes energéticos RD\$

**Distribución de Suministro Eléctrico Global
Marzo 2013- Febrero 2014
(kWh)**

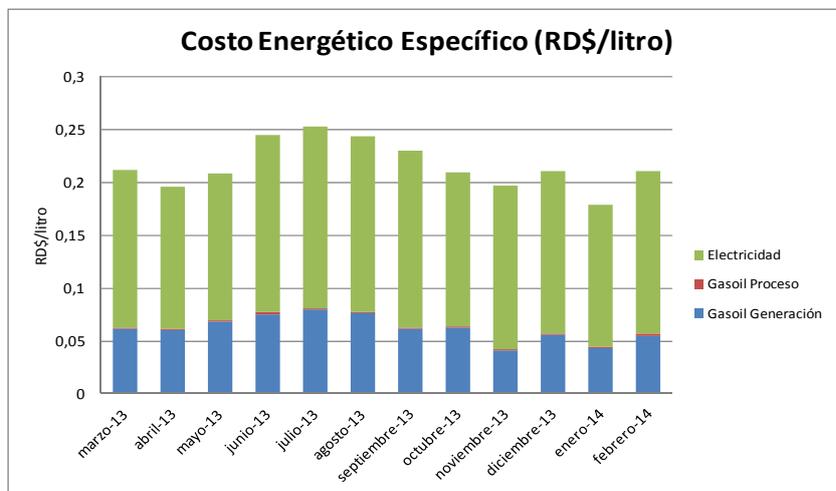


[Gráfica 4]- Distribución de Consumos energéticos kWh

Analizando en los trabajos de campo los rendimientos globales de generación eléctrica para los motores de gasoil, se detectó que estos se encuentran generalmente por debajo del 20%.

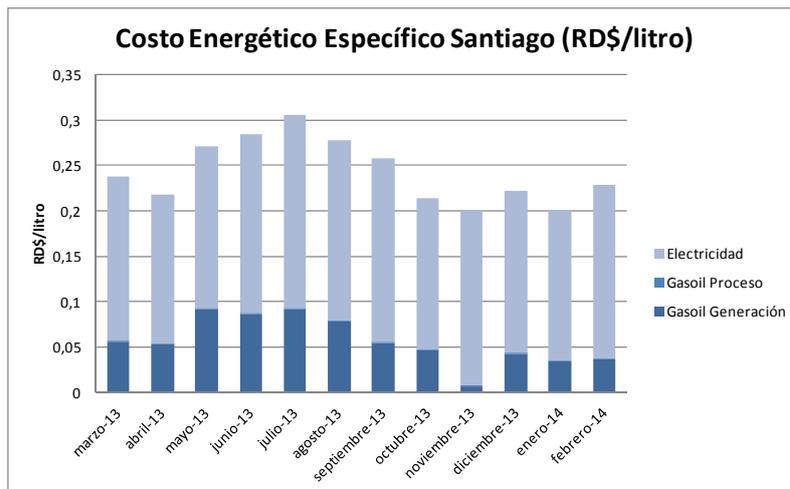
Estos rendimientos tan reducidos son una de las causas principales para que no sea rentable autogenerar la energía eléctrica con grupos electrógenos. Para los niveles de potencia de las instalaciones actuales, los rendimientos de generación deberían encontrarse en valores cercanos al 45%, y teniendo en cuenta funcionamientos a carga parcial, no inferiores al 40%.

Para poder relacionar los costos y consumos energéticos de la totalidad de los centros se emplean indicadores energéticos relacionando la energía consumida con los litros de producto almacenados en cada uno de ellos. El Costo energético específico medio es: 0.21 (RD\$/litro)

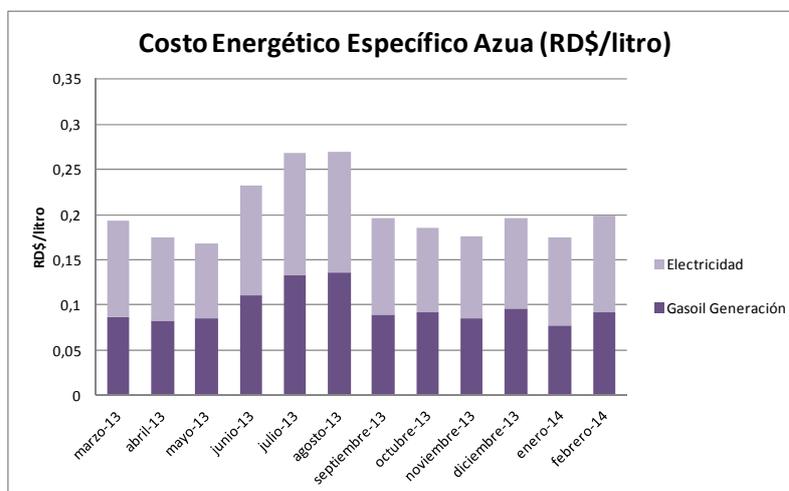


[Gráfica 5]- Costo específico global

En las siguientes gráficas, se aportan los costos específicos de cada uno de los centros estudiados.



[Gráfica 6]- Costo específico Santiago



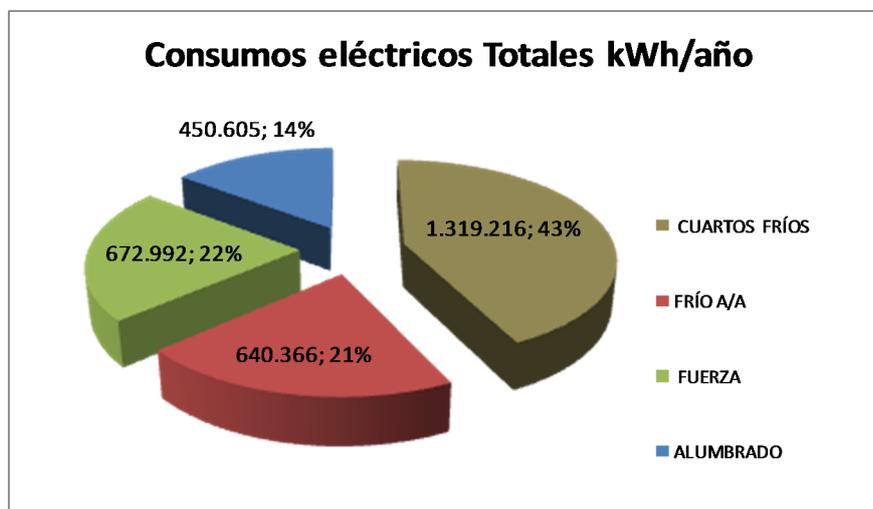
[Gráfica 7]- Costo específico Azua

DISTRIBUCIÓN DE CONSUMOS DE ENERGÍA

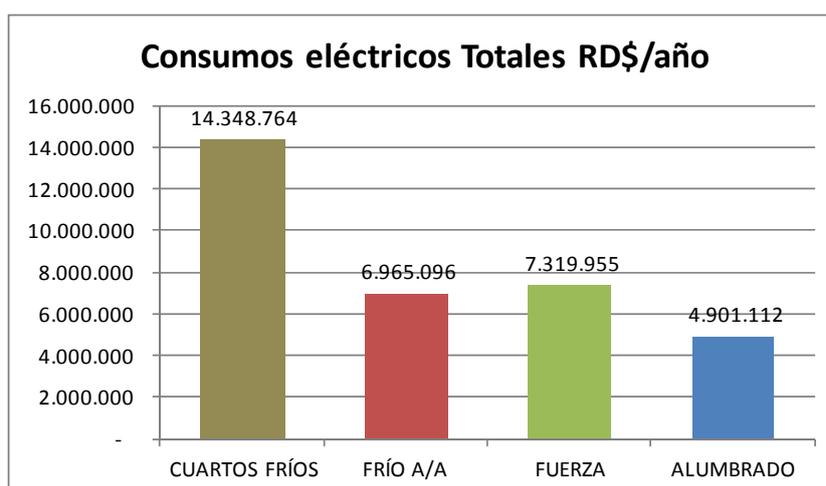
Como contrapartida se puede observar la distribución de los consumos eléctricos medios de la totalidad de los centros. Por orden de importancia, el principal consumidor eléctrico dentro de los centros de distribución vendría asociado a la producción de frío de cámaras con un 43%, seguido del consumo eléctrico asociado a la producción de frío de climatización, que le sigue con un 21%. También se han considerado los consumos asociados a la fuerza y alumbrado, con un 22% y 14% respectivamente.

Dentro de los consumos de fuerza, toma especial importancia la carga de camiones frigoríficos, bombeo de agua y oficinas. Por otra parte, el alumbrado se puede dividir en diferentes zonas, cámaras, naves, oficinas y exterior.

Para el análisis de la generación y consumo de frío, se ha tenido en cuenta el levantamiento de equipos, asociando a cada uno de ellos una serie de características, tales como potencia frigorífica, rendimiento o eficiencia y potencia eléctrica consumida, horas estimadas de funcionamiento, y consumos totales estimados. A continuación se presenta el levantamiento, con los valores asociados a cada uno de los grupos considerados. Gráficas 8 y 9.



[Gráfica 8]- Distribución de consumidores eléctricos totales kWh/año



[Gráfica 9]- Distribución de costes eléctricos totales por consumidores RD\$/año

MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA

Antes de entrar de lleno en las medidas de mejora y ahorro, se expone una pequeña descripción de los sistemas de sub-medición de variables, y por qué son tan necesarios para poder establecer una “contabilidad energética”, de manera que podamos analizar si las medidas que se están tomando están obteniendo el efecto deseado.

- El objetivo de la sub-medición es utilizar la información para ver el comportamiento energético de la empresa y tomar decisiones encaminadas al uso eficiente de la energía
- Detectar oportunidades de ahorro
- Convertir datos históricos en información valiosa
- Tomar decisiones en base a costos reales
- Sistema multi-vendor para lectura de prácticamente todos los equipos comerciales de medición

- Compatible con los exploradores de Internet como el Windows Explorer, Mozilla FireFox
- Cuenta de acceso y código de seguridad (password).

Las mejoras propuestas serán analizadas individualmente centro a centro ya que cada una de ellas tiene diferente incidencia en función de las necesidades de cada centro.

A continuación se muestran las tablas resumen de las medidas propuestas.

Tabla 1- Mejoras Santiago

		kWh	RD\$	RD\$/kWh
GASTO ANUAL		1.458.792	14.049.288	9,63
SISTEMA	MEDIDA DE MEJORA	INVERSIÓN ESTIMADA (US\$)	AHORRO ANUAL (US\$)	PAY-BACK (años)
CUARTOS FRÍOS	Cambio de sistemas de producción de frío: nuevos compresores	65.238	49.085	1,3
	Mejora general de la instalación: reubicación y limpieza de condensadoras, mejora aislamiento tuberías de refrigerante, sistemas de desescarche en evaporadores, etc.	-	22.906	-
	Mejora del aislamiento de cuartos fríos			
	Mejora en cuartos actuales	330.325	76.900	4,3
	Nuevos cuartos de producto refrigerado	576.936	76.900	7,5
FRÍO A/A	Mejora general de las instalaciones	-	16.869	-
FUERZA	Implementación de variadores de frecuencia en sistemas de bombeo de agua	11.000	4.506	2,4
	Recomendaciones generales y cultura del ahorro para reducción de consumo en oficinas	-	1.835	-
ALUMBRADO	Cambio de luminarias poco eficientes por tecnología LED y sistemas de detección de presencia y apagado automático	98.157	24.094	4,1
RENOVABLES	Generación solar fotovoltaica. Instalación de 80 kWp en cubierta	124.012	26.599	4,7
HORIZONTE DE MEJORA			122.988	36,77%

Tabla 2- Mejoras Azua

		kWh	RD\$	RD\$/kWh
GASTO ANUAL		240.824	3.430.489	14,24
SISTEMA	MEDIDA DE MEJORA	INVERSIÓN ESTIMADA (US\$)	AHORRO ANUAL (US\$)	PAY-BACK (años)
CUARTOS FRÍOS	Cambio de sistemas de producción de frío: nuevos compresores	16.190	10.289	1,6
	Mejora general de la instalación: reubicación y limpieza de condensadoras, mejora aislamiento tuberías de refrigerante, sistemas de desescarche en evaporadores, etc.	-	3.601	-
	Mejora del aislamiento de cuartos fríos			
	Mejora en cuartos actuales	41.300	12.090	3,4
	Nuevos cuartos de producto refrigerado	82.600	12.090	6,8
FRÍO A/A	Mejora general de las instalaciones	-	1.667	-
FUERZA	Implementación de variadores de frecuencia en sistemas de bombeo de agua	5.000	1.247	4,0
	Recomendaciones generales y cultura del ahorro para reducción de consumo en oficinas	-	254	-
ALUMBRADO	Cambio de luminarias poco eficientes por tecnología LED y sistemas de detección de presencia y apagado automático	36.629	5.097	7,2
RENOVABLES	Generación solar fotovoltaica. Instalación de 50 kWp en cubierta	82.915	17.484	4,7
HORIZONTE DE MEJORA			36.039	44,12%

A continuación se pasa a describir brevemente las mejoras propuestas:

1. GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Presentamos un resumen del estudio técnico y económico para la realización de una Central Fotovoltaica en modo “Medición Neta” de acuerdo al “Reglamento de Medición Neta” de Julio de 2012. Este Reglamento reemplaza y sustituye al Reglamento de Julio de 2011 con el mismo nombre.

La Medición Neta es un procedimiento que le permite conectar la instalación solar fotovoltaica a la red eléctrica interna. De esta manera se podrá consumir la energía propia manteniendo la conexión a la red eléctrica.

Este procedimiento posibilita seguir consumiendo de la red eléctrica la energía necesaria, cuando la demanda de energía sea superior a la energía producida por su instalación solar fotovoltaica.

En resumen, cuando la producción de energía sea superior al consumo, se verterá la energía sobrante a la red de distribución, obteniendo un crédito de energía por la totalidad de kWh inyectados a red.

Cuando la producción de energía sea inferior al consumo, se recibirá la energía necesaria de la red eléctrica, pero se podrá utilizar el crédito obtenido anteriormente para compensar en la factura.

Para hacer la Medición Neta se instala un Contador Bidireccional, que mide la energía comprada de la red eléctrica y la energía fotovoltaica vendida a la red eléctrica, de forma que a final de mes en la factura se realice la diferencia entre la energía comprada y la vendida.

A continuación se expone de forma somera y a modo de ejemplo el modelo de negocio de Santiago:

Se propone realizar una Central Fotovoltaica de 80 kW en base a 320 módulos policristalinos de alta eficiencia de 250 W cada uno. Para ello será necesario verificar que se dispone de la superficie útil necesaria donde ubicar los módulos. Esta superficie dependerá de las características de la cubierta y se estima en 750 m².

Datos central fotovoltaica

Potencia instalada (kWp): 80,00

Rendimiento anual (kWh/kWp): 1.450

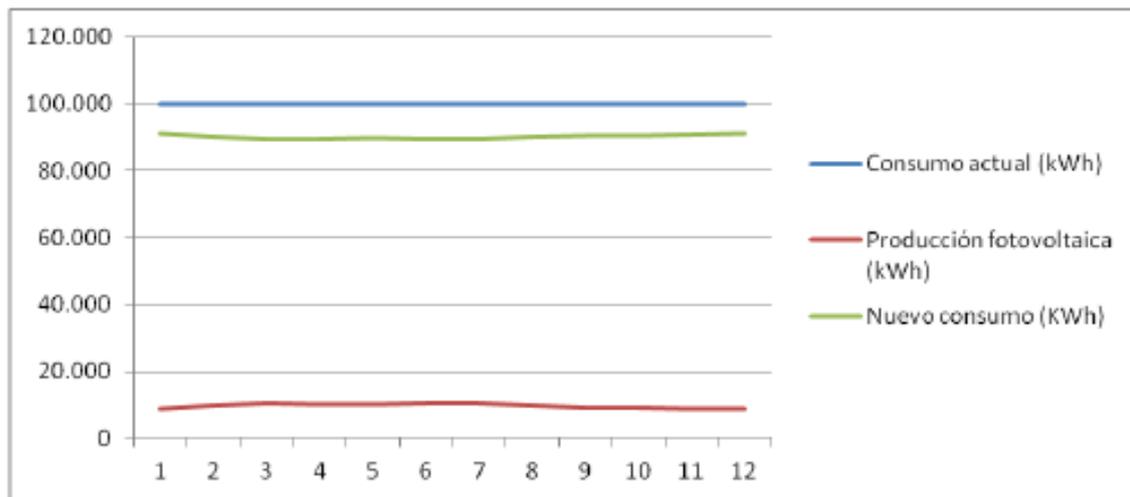
Producción eléctrica anual (kWh/año): 116.000

Período	Consumo		Producción fotovoltaica		Balance
	Consumo de red actual (kWh)	Coste electricidad (US\$)	Rendimiento (kWh/kWp)	Producción fotovoltaica (kWh)	Balance mensual (kWh)
Enero	99.845	17.136	109	8.720	-91.125
Febrero	99.845	17.136	121	9.680	-90.165
Marzo	99.845	17.136	131	10.480	-89.365
Abril	99.845	17.136	129	10.320	-89.525
Mayo	99.845	17.136	126	10.080	-89.765
Junio	99.845	17.136	131	10.480	-89.365
Julio	99.845	17.136	131	10.480	-89.365
Agosto	99.845	17.136	122	9.760	-90.085
Septiembre	99.845	17.136	115	9.200	-90.645
Octubre	99.845	17.136	116	9.280	-90.565
Noviembre	99.845	17.136	111	8.880	-90.965
Diciembre	99.845	17.136	108	8.640	-91.205
TOTAL	1.198.145	205.635	1.450	116.000	-1.082.145

De esta forma, la producción de la instalación fotovoltaica sirve para ahorrar y disminuir el consumo eléctrico alrededor de un 10%.

La gráfica siguiente muestra la evolución de la energía en kWh a lo largo de un año:

- En azul se observa el consumo de electricidad existente.
- En marrón la producción eléctrica de la instalación fotovoltaica.
- En verde el nuevo consumo de la red eléctrica tras descontar la producción fotovoltaica.



Análisis económico

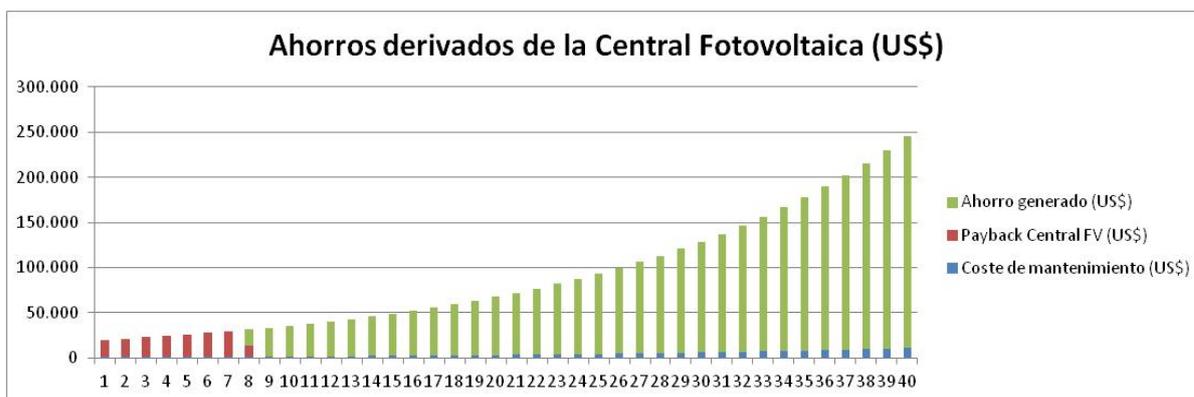
DATOS CENTRAL FOTOVOLTAICA														
Precio (US\$/Wp): 2,21				Potencia instalada (kWp): 80,00										
Coste instalación fotovoltaica (US\$): 177.160				Rendimiento anual (kWh/kWp): 1.450										
IPC tarifa eléctrica anual (%): 7,50%				Producción eléctrica anual (kWh/año): 116.000										
Tasa mantenimiento sobre el ahorro anual (%): 4,50%				Degradación del módulo anual (%): 0,83%										
(primeros 12 años. Resto 0.77%)														
Año	Datos actuales sin Medición Neta				Ahorro fotovoltaico con Medición Neta					Datos con Medición Neta			Emisiones CO2	
	Consumo de red (kWh)	Tarifa eléctrica (US\$/kWh)	Coste electricidad (US\$)	Coste electricidad acumulado (US\$)	Producción fotovoltaica (kWh)	Ahorro fotovoltaico antes de gastos (US\$)	Mantenimiento (US\$)	Ahorro Neto (US\$)	Ahorro Neto acumulado (US\$)	Consumo de red (kWh)	Coste electricidad + Mantenimiento (US\$)	Coste electricidad + Mantenimiento acumulado (US\$)	Ahorro emisiones CO2 (kg)	Ahorro emisiones CO2 acumulado (kg)
1	1.198.145	0,1716	205.635	205.635	116.000	19.909	896	19.013	19.013	1.082.145	186.622	186.622	46.400	46.400
2	1.198.145	0,1845	221.058	426.693	115.033	21.224	955	20.269	39.282	1.083.112	200.789	387.412	46.013	92.413
3	1.198.145	0,1983	237.637	664.330	114.075	22.625	1.018	21.607	60.889	1.084.071	216.030	603.442	45.630	138.043
4	1.198.145	0,2132	255.460	919.790	113.124	24.120	1.085	23.034	83.923	1.085.021	232.426	835.867	45.250	183.293
5	1.198.145	0,2292	274.619	1.194.410	112.181	25.712	1.157	24.555	108.478	1.085.964	250.064	1.085.931	44.873	228.165
6	1.198.145	0,2464	295.216	1.489.626	111.247	27.410	1.233	26.177	134.655	1.086.899	269.039	1.354.970	44.499	272.664
7	1.198.145	0,2649	317.357	1.806.983	110.319	29.221	1.315	27.906	162.561	1.087.826	289.451	1.644.422	44.128	316.792
8	1.198.145	0,2847	341.159	2.148.142	109.400	31.151	1.402	29.749	192.310	1.088.745	311.410	1.955.832	43.760	360.552
9	1.198.145	0,3061	366.746	2.514.887	108.489	33.208	1.494	31.713	224.023	1.089.657	335.032	2.290.864	43.395	403.947
10	1.198.145	0,3291	394.252	2.909.139	107.584	35.401	1.593	33.808	257.831	1.090.561	360.444	2.651.308	43.034	446.981
11	1.198.145	0,3537	423.821	3.332.960	106.688	37.739	1.698	36.041	293.871	1.091.458	387.780	3.039.088	42.675	489.656
12	1.198.145	0,3803	455.607	3.788.567	105.799	40.231	1.810	38.421	332.292	1.092.347	417.186	3.456.275	42.320	531.976
13	1.198.145	0,4088	489.778	4.278.345	104.985	42.916	1.931	40.985	373.277	1.093.160	448.793	3.905.068	41.994	573.970
14	1.198.145	0,4394	526.511	4.804.856	104.177	45.780	2.060	43.719	416.996	1.093.968	482.792	4.387.860	41.671	615.641
15	1.198.145	0,4724	565.999	5.370.855	103.376	48.834	2.198	46.637	463.633	1.094.769	519.362	4.907.222	41.350	656.991
16	1.198.145	0,5078	608.449	5.979.304	102.581	52.093	2.344	49.749	513.382	1.095.565	558.700	5.465.922	41.032	698.023
17	1.198.145	0,5459	654.083	6.633.387	101.792	55.569	2.501	53.069	566.451	1.096.354	601.014	6.066.937	40.717	738.740
18	1.198.145	0,5869	703.139	7.336.527	101.009	59.278	2.667	56.610	623.061	1.097.137	646.529	6.713.466	40.404	779.144
19	1.198.145	0,6309	755.875	8.092.401	100.232	63.233	2.845	60.388	683.449	1.097.914	695.487	7.408.953	40.093	819.236
20	1.198.145	0,6782	812.585	8.904.967	99.461	67.453	3.035	64.417	747.866	1.098.685	748.148	8.157.100	39.784	859.021
21	1.198.145	0,7290	873.508	9.778.474	98.696	71.954	3.238	68.716	816.582	1.099.450	804.792	8.961.892	39.478	898.499
22	1.198.145	0,7837	939.021	10.717.495	97.936	76.756	3.454	73.302	889.884	1.100.209	865.719	9.827.611	39.175	937.674
23	1.198.145	0,8425	1.009.447	11.726.942	97.183	81.878	3.684	78.193	968.077	1.100.962	931.254	10.758.865	38.873	976.547
24	1.198.145	0,9057	1.085.156	12.812.098	96.436	87.341	3.930	83.411	1.051.488	1.101.710	1.001.745	11.760.610	38.574	1.015.121
25	1.198.145	0,9736	1.166.543	13.978.641	95.694	93.170	4.193	88.977	1.140.465	1.102.452	1.077.566	12.838.176	38.277	1.053.399
TOTAL	29.953.636		13.978.641		2.633.496		53.739	1.140.465		27.320.140		12.838.176	1.053.399	

Amortización

El principal interés para realizar la Central Fotovoltaica, es la generación de importantes ahorros sin necesidad de una inversión adicional.

Es decir, durante los primeros años de funcionamiento de la Central Fotovoltaica, el ahorro generado en la factura eléctrica es utilizado para hacer frente al pago de la propia Central Fotovoltaica y en un segundo término a los costes de mantenimiento. Del mismo modo, se recomienda utilizar la totalidad del crédito fiscal del 40% según la Ley 57-07 al pago acelerado de la Central Fotovoltaica.

De esta manera y suponiendo una financiación del 100% del coste de la Central Fotovoltaica al 7% de interés, esta queda totalmente amortizada en 6 años y 9 meses sin ningún sobre costo. A partir de ese momento los costes de mantenimiento son mínimos respecto al ahorro en la factura eléctrica.



2. MEJORA GENERAL DE LA INSTALACIÓN: REUBICACIÓN Y LIMPIEZA DE CONDENSADORAS, MEJORA AISLAMIENTO DE LAS TUBERÍAS DE REFRIGERANTE, CAMBIO DE COMPRESORES, ETC.

En el caso de que se quisieran sustituir los equipos de pistones por unas necesidades de frío crecientes, se debe buscar siempre sustituciones por equipos de alto rendimiento, tipo chiller centrífugo, con rendimientos que rondan los 0,56 kW/usRT. Los equipos actuales de compresión por pistones presentan valores de rendimiento del entorno de 0,9-1 kW/usRT.

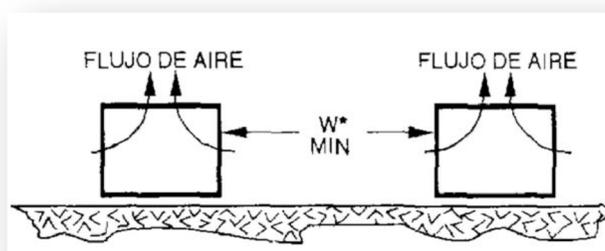
Las condensadoras de toma y expulsión de aire para la climatización se encuentran en la cubierta del edificio. Su colocación es muy próxima entre sí, observándose una distancia entre cada torre de aproximadamente igual al ancho de cada uno de ellos.

Estos sistemas expulsan el aire caliente del interior a través de los ventiladores superiores y toman el aire para el circuito de refrigeración a través de las aperturas laterales.

Esto crea una bolsa de aire sobrecalentado sobre los equipos que hace bajar el rendimiento de los mismos.

Por esta razón es importante colocar las unidades condensadoras (unidades exteriores) de tal modo que haya una buena circulación de aire. Ésta deberá proveer la cantidad suficiente de aire ambiente al condensador y disipar el aire caliente del área de la unidad condensadora o condensador remoto. De no seguirse estas recomendaciones se obtendrán valores más altos en la presión de descarga provocando mal funcionamiento y fallos en la potencia del equipo.

En función de la marca y modelo de los mismos se deberán redistribuir las condensadoras sobre la cubierta respetando las indicaciones de los fabricantes. En esta redistribución se considerarán tanto las distancias entre máquinas como con paredes, muretes y otras obstrucciones.



Como se indicó anteriormente la colocación demasiado cercana de estas unidades implica una temperatura del aire de entrada a las contiguas superior a la temperatura del aire ambiente. Este aumento de la temperatura implica una disminución de la eficiencia de la misma. El porcentaje de disminución depende tanto del tipo de máquina en concreto como de la variación de temperatura. A modo de ejemplo se incluye la siguiente figura, según la cual un aumento de 10°C implica una disminución del rendimiento del 12% para casi todos los modelos consultados.

3. MEJORA DEL AISLAMIENTO DE CUARTOS FRÍOS

La sala de máquinas ha de estar lo más cerca posible a la zona de demanda de frío para evitar pérdidas y disminuir la inversión inicial.

Si hay varias cámaras, se deben instalar en bloque, para conseguir el máximo de paredes comunes para ahorrar en aislamiento y en gastos de funcionamiento por pérdidas de calor.

Optimizar la orientación respecto de los puntos cardinales de las cámaras.

En cerramientos y falsos techos, evitar o minimizar las pérdidas por transmisión mediante el pintado con color blanco y una buena ventilación que contrarreste la radiación.

Diseño y ejecución del aislamiento de las cámaras:

- Aislamiento.
- Barrera antivapor.

- Revestimientos.

Aislamiento

Suele ser de poliuretano, poliestireno expandido o poliestireno extrusionado.

El aislamiento de la cámara se puede conseguir con dos tipos de construcciones:

a) Aislamiento de cerramientos constituidos por elementos de fábrica: Los cerramientos verticales se construyen con ladrillos o bloques de hormigón de fábrica y protegidos por un bordillo o murete.

- El interior se chapa con piezas cerámicas o de fácil limpieza como, las placas de yeso las metálicas o de poliéster.
- Los techos se construyen en materiales ligeros si no han de soportar carga.
- Los suelos deben ser protegidos contra la congelación, en el caso de cámaras con temperatura negativa.

b) Aislamiento con paneles prefabricados:

Son los más utilizados actualmente.

- Los paneles de poliestireno tienen un espesor de 50 mm a 250 mm y los de poliuretano de 30 mm a 180 mm.
- Se caracterizan por su fácil instalación, gran rapidez de montaje, fácil mantenimiento y precio económico.

Barrera antivapor

Son necesarias para:

- Mantener el valor de la conductividad térmica del aislante
- Evitar deterioros en el aislante y en los paramentos verticales y horizontales.
- Reducir el consumo energético.
- Alargar la vida útil tanto de cerramientos y materiales aislantes como de la maquinaria frigorífica.

Deben cumplir:

- Estar situadas en la cara caliente del aislamiento.
- No dejar discontinuidades en ningún punto del perímetro aislado.
- Estar constituidas por materiales muy impermeables al vapor de agua. El uso de cada material se recomienda para algunas aplicaciones, desaconsejándose para otras

Revestimientos

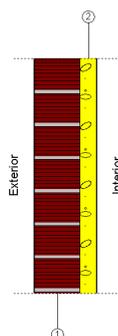
Se hacen necesarios por varias razones:

- Razones mecánicas. Las protecciones evitan la rotura accidental del material aislante.
- Son una protección contra la penetración del agua, acción de un posible fuego y evitan el crecimiento de microorganismos en el aislante.
- Presentan superficies lisas que facilitan su limpieza y permiten cumplir con las reglamentaciones técnico-sanitarias

OPCION 1: Mejora de aislamiento de cuartos actuales

Cerramiento Actual

Cerramiento simple, revestido con mortero, con hoja exterior de bloque cerámico de 11.5 cm con mortero aislante y enfoscado interior, aislamiento de espuma de poliuretano de 4 cm de espesor.



Listado de capas:

1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	11.5 cm
PUR Proyección con CO2 celda cerrada [0.035 W/[mK]]	4 cm

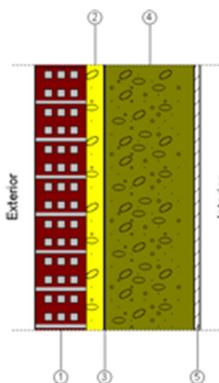
Espesor total: 15.5 cm

Limitación de demanda energética

$U_m: 0.70 \text{ W/m}^2\text{K}$

Cerramiento propuesto

Cerramiento simple, revestido con mortero, con hoja exterior de bloque cerámico de 11.5 cm con mortero aislante y enfoscado interior, aislamiento de espuma de poliuretano de 4 cm de espesor, barrera de vapor, aislamiento de poliestireno extruido de 20 cm, placa de yeso laminado.



Listado de capas:

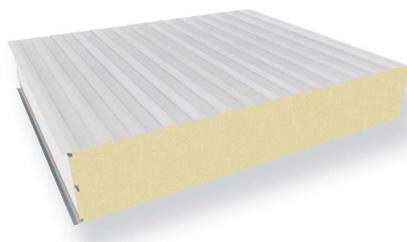
1 - 1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	11.5 cm
2 - PUR Proyección con CO2 celda cerrada [0.035 W/[mK]]	4 cm
3 - Polietileno alta densidad [HDPE]	0.2 cm
4 - XPS Expandido con dióxido de carbono CO3 [0.038 W/[mK]]	20 cm
5 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.3 cm

Espesor total: 37 cm

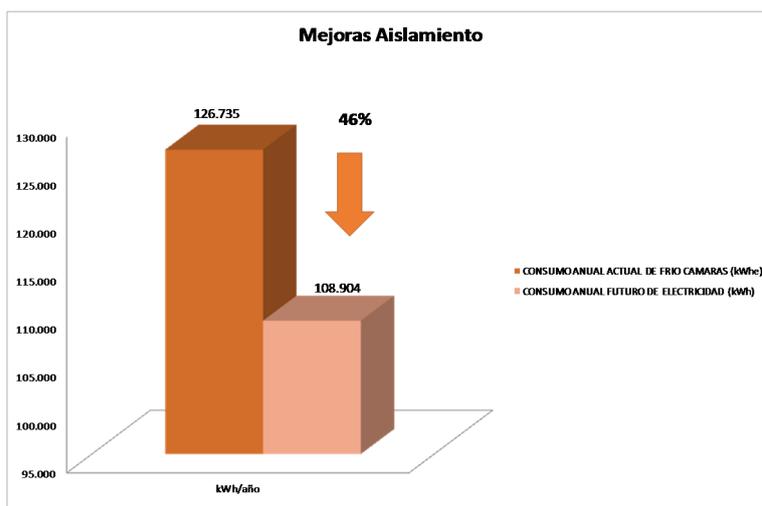
Limitación de demanda energética $U_m: 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$

OPCION 2: Ejecución de cuartos fríos nuevos

En caso de ejecutarse nuevas cámaras frigoríficas, se recomienda el empleo de grandes espesores de aislamiento, del orden de 20 cm con tipología constructiva bien de obras de fábrica o bien de elementos prefabricados con panel tipo sandwich.



Una vez implementadas las medidas de aislamiento térmico, se esperan obtener ahorros del orden del 46% aproximadamente.



[Gráfica 10]- Ahorros aislamiento

4. MEJORA GENERAL DE LAS INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONADO

En el ámbito de los sistemas o instalaciones de climatización las últimas normas internacionales tienen su concreción en dos principios específicos: Ahorro Energético y Confort Térmico. El primero, el ahorro energético se centra en disminuir el consumo energético derivado de la climatización. Por su parte el confort térmico, intenta lograr unas temperaturas en las distintas estancias dentro de una serie de parámetros establecidos.

Las condiciones de confort consideradas en la normativa se centran en los siguientes parámetros:

- Temperatura del aire [°C]
- Humedad relativa del aire [%]

- Actividad metabólica, calculada como diferencia entre la tasa metabólica de la persona y la potencia mecánica efectiva desarrollada por la misma

Considerando las condiciones climatológicas de República Dominicana la temperatura óptima de trabajo podría estar establecida alrededor de los 25°C, no representando una gran pérdida de confort el aumento de 1°C en la temperatura de consigna. En este sentido es fundamental analizar el sistema buscando mejoras en la eficiencia energética pero considerando en todo momento las condiciones de confort antes planteadas.

Un sistema de climatización orientado hacia el ahorro energético debe contar con equipos eficientes y realizar una buena operación, tanto en lo relativo a la producción de los fluidos portadores como a la zonificación de los espacios, la flexibilidad del funcionamiento y el adecuado control de temperaturas, velocidad de distribución y tiempos de utilización.

Por otro lado, es indiscutible que las posibilidades de ahorro energético asociadas a los sistemas de climatización están íntimamente relacionadas con las características arquitectónicas del edificio, las propiedades térmicas de la envolvente, orientación de las fachadas, la distribución interior, así como la eficiencia del aislamiento térmico y la hermeticidad de los cerramientos.

5. RECOMENDACIONES GENERALES Y CULTURA DEL AHORRO PARA REDUCCIÓN DE CONSUMO EN OFICINAS

Energía eléctrica en oficinas

Se recomienda configurar adecuadamente el modo de ahorro de energía de los ordenadores, impresoras, fotocopadoras y resto de equipos ofimáticos, con lo que se puede ahorrar hasta un 50% del consumo de energía del equipo.

Por otro lado, es importante que los empleados adquieran una serie de pautas de gestión eficiente de los equipos para optimizar su consumo:

- Al hacer paradas cortas, de unos 10 minutos, apagar la pantalla del monitor, ya que es la parte del ordenador que más energía consume (entre el 70-80%).
- Para paradas de más de una hora se recomienda apagar por completo el ordenador.
- Al ajustar el brillo de la pantalla a un nivel medio se ahorra entre un 15-20% de energía. Con el brillo a un nivel bajo, fijado así en muchos portátiles por defecto cuando funcionan con la batería, el ahorro llega hasta el 40%.
- Al imprimir o fotocopiar documentos, es conveniente acumular los trabajos de impresión (ya que durante el encendido y apagado de estos equipos es cuando más energía se consume), y realizar los trabajos de impresión a doble cara y en calidad de borrador. Además de papel, se ahorra también energía, agua y tóner / tinta.
- Los empleados deberán asegurarse que los equipos permanecen correctamente apagados al finalizar la jornada laboral.

Aqua

Ya existe la tecnología necesaria para realizar un uso más eficiente de este recurso y reducir su consumo entre un 20 y un 40 % en estos centros. Sin embargo, para poder reducir este consumo hay que realizar un análisis inicial para ver cuál es el estado de las instalaciones en cuanto a consumos y gestión de agua. Este análisis incluye la definición de los componentes del sistema, la descripción de las instalaciones existentes, el inventario de los usos y la distribución del agua.

Una vez analizada la situación, se pueden determinar diferentes medidas de ahorro aplicables según los casos y teniendo en cuenta las repercusiones económicas. A continuación se incluyen una serie de medidas generales, de fácil aplicación e importantes resultados.

En el cuadro siguiente están contemplados los principales elementos de fontanería que pueden ser modificados eficientemente para el consumo de agua en los centros:

- Los economizadores de agua para grifos son una solución eficaz para controlar el caudal de salida. Estos economizadores sustituyen a los atomizadores o filtros normales de agua, del grifo. La mezcla de agua con aire añade confort y volumen al caudal de salida.
 - Limitadores de descarga: Se trata un dispositivo en el tubo de rebosadero o sobre la válvula del descargador del inodoro. Este accesorio cerrará automáticamente la válvula cuando se hayan descargado cierta cantidad que será suficiente para limpiar la mayoría de las veces el sanitario.
 - Limitadores de llenado: Estos mecanismos de descarga impiden que la cisterna se llene hasta el total de su capacidad, ya que tienen un tubo de rebosadero regulable.
6. CAMBIO DE LUMINARIAS POCO EFICIENTES POR TECNOLOGÍA LED Y SISTEMAS DE DETECCIÓN DE PRESENCIA Y APAGADO AUTOMÁTICO

¿Cómo conseguir una iluminación eficaz?

- Mayor concienciación y sensibilización.
- Utilizando fuentes de luz eficaces.
- Utilizando equipos auxiliares eficaces.
- Utilizando sistemas de gestión, control y regulación de la luz natural.

Dentro de este apartado, se describen todas aquellas medidas encaminadas a reducir el consumo eléctrico de los aparatos de iluminación. Estas medidas van dirigidas en dos sentidos fundamentalmente:

- Reducción de la potencia de los consumidores: Sustitución de Luminarias convencionales por tecnología LED
- Reducción del tiempo de utilización: Instalación de detectores de presencia

Instalación de detectores de presencia

Se propone como medida para reducir el tiempo de funcionamiento de los equipos de iluminación instalados en zonas comunes y de paso, tales como pasillos, escaleras, etc, la instalación de equipos detectores de presencia.

De esta manera, la iluminación de estas áreas entrará en funcionamiento cuando dichos detectores actúen a modo de interruptor, detectando la presencia por movimiento de personas dentro de su área de acción.

Este sistema reduce significativamente el consumo del alumbrado en las zonas de tránsito común, suponiendo un ahorro importante, a tener en cuenta para su aplicación.

Sustitución de luminarias convencionales por luminarias con tecnología LED

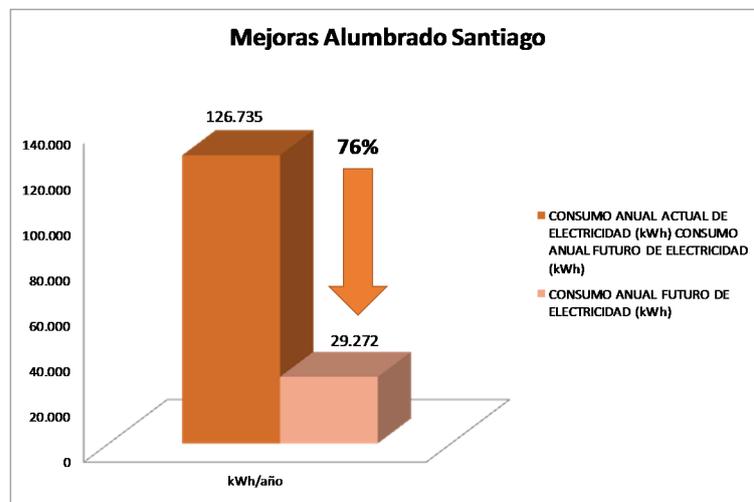
Sustitución progresiva de las lámparas convencionales existentes por otras de tecnología LED y alto rendimiento, para lograr optimizar de esta manera la vida útil de los elementos ya existentes.

Los leds presentan muchas ventajas sobre las fuentes de luz incandescente, mercurio y fluorescente, principalmente por el bajo consumo de energía, mayor tiempo de vida, tamaño reducido, durabilidad, resistencia a las vibraciones, reducen la emisión de calor, no contienen mercurio (el cual al exponerse en el medio ambiente es altamente venenoso), en comparación con la tecnología fluorescente, no crean campos magnéticos altos como la tecnología de inducción magnética; no les afecta el encendido intermitente (es decir pueden funcionar como luces estroboscópicas).

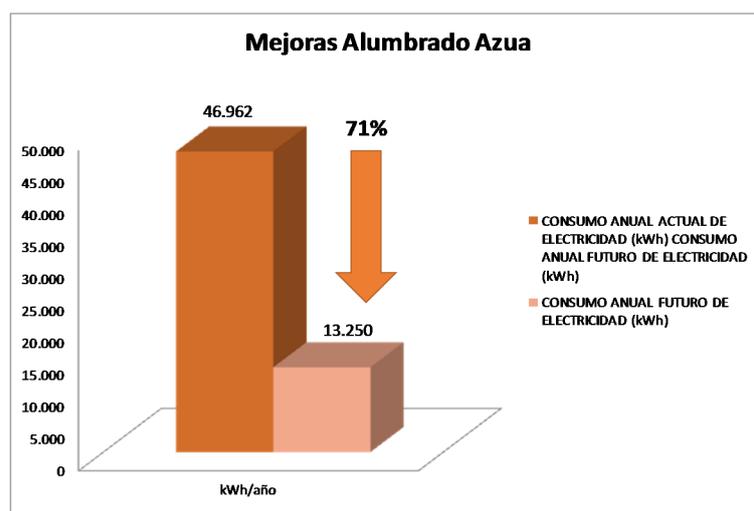
A continuación se aporta la propuesta de cambios para cada uno de los centros, las fichas de fabricante de cada luminaria. No se ha contemplado el cambio de las luminarias exteriores por los elevados costes de los báculos, no obstante, se aportan alternativas con tecnología LED a modo informativo.

Es recomendable, para las nuevas construcciones, llevar a cabo, junto con la implementación de la tecnología Led, un estudio detallado de los niveles de iluminación requeridos para cada zona de trabajo y la correcta selección de la tipología de luminaria a instalar en base a las directrices marcadas en este informe.

A continuación se muestran las gráficas del horizonte de ahorro energético en la instalación de alumbrado.



[Gráfica 11]- Ahorros Alumbrado Santiago



[Gráfica 12]- Ahorros Alumbrado Santiago

7. REDUCCIÓN DEL CARGO DE POTENCIA MÁXIMA MEDIANTE INSTALACIÓN DE SISTEMA DIGITAL DE CONTROL DE DEMANDA MÁXIMA

En las facturas eléctricas, para clientes con cierto nivel de consumo, existen tres términos:

- Consumo de energía activa (kW·h)
- Consumo de energía reactiva (kVAR·h)
- Término de potencia o potencia contratada o Máxima demanda.

Tradicionalmente, los consumidores han centrado sus esfuerzos de ahorro energético en dos factores:

- Reducción de la cantidad de kWh consumidos
- Mejora del cosφ o factor de potencia.

Sin embargo, existe un tercer factor para reducir el coste del recibo eléctrico: Una buena gestión de la potencia necesaria.

Una óptima gestión de la potencia contratada nos permite:

- Reducir la potencia contratada y ajustarnos a la nueva potencia realmente necesaria
- Evitar penalizaciones por Máxima demanda (si se tiene contratado por maxímetro)

La máxima demanda es la potencia acumulada durante un determinado período que generalmente es de entre 8 y 30 minutos. El período más habitual en la gran mayoría de países es de 15 minutos. Esta potencia es calculada por el maxímetro, el cual registra el mayor valor de un mes, que es el que se factura.

Cálculo de la máxima demanda

Hay distintas formas para calcular la máxima demanda:

- Ventana fija

La empresa suministradora de energía proporciona cada período un impulso para sincronizar el inicio del período de la máxima demanda.

- Ventana deslizante

No hay impulso de sincronización, por eso se toman siempre los últimos 15 min (si el período es 15 min). Cada segundo se actualiza el valor con los últimos 15 min.

- Ventana sincronización de tiempo

Es una variante de la ventana fija. La empresa suministradora proporciona un impulso de sincronización al inicio del día que indica el inicio del primer período. A continuación, y el resto del día, las sincronizaciones de cada período ya no las da la compañía eléctrica sino el propio reloj del equipo. Al final del día habrá un nuevo impulso de la compañía que permitirá reajustar el reloj del equipo con el de la compañía.

- Demanda térmica

La demanda térmica es la calculada por un maxímetro analógico bimetálico o la simulación electrónica de un bimetálico.

¿Cómo controlar la máxima demanda?

El objetivo de un control de potencia es no superar el límite de máxima demanda contratada. Para ello, se procede a la desconexión de cargas que el proceso de trabajo permita.

Posibles cargas a desconectar:

- Luces
- Compresores
- Aires acondicionados
- Bombas
- Ventiladores y extractores

- Otros consumidores

Ventajas y aplicaciones del sistema

- Permite controlar los consumos parciales de las diferentes cargas monofásicas y trifásicas en horarios productivos y no productivos.
- Controlar los consumos de la instalación 24 h / 365 días y localizar los consumos residuales en horarios no productivos
- Contrastar el nivel de potencia contratada de la instalación
- Supervisar el nivel de armónicos y carga reactiva de la instalación
- Alarmas por sobre consumo o incidencias de su red eléctrica
- Sin necesidad de ordenador
- Posibilidad de conexión cuando se precise, el sistema actúa automáticamente
- Permite conocer el valor de la factura antes de recibirla.

CONCLUSIONES

En la Republica Dominicana el suministro de la red eléctrica presenta numerosas caídas, el coste de autogeneración es excesivamente elevado y las condiciones climáticas son muy desfavorables para el sector de almacenamiento de productos lácteos.

Se hace por tanto imprescindible un exhaustivo diagnóstico energético orientado al ahorro de energía con medidas como el aislamiento térmico de cuartos fríos, implantación de energías renovables fotovoltaicas y la implantación de la cultura del ahorro entre los trabajadores así como medidas orientadas a la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones como en cambio de compresores de máquinas frigoríficas, implementación de tecnología Led en las instalaciones de alumbrado y variadores de frecuencia en motores.

Estas medidas podrían suponer unos ahorros en la factura energética entre el 36% y el 60% en función del horizonte de mejora disponible en cada uno de los centros estudiados, con retornos de la inversión relativamente cortos que oscilan entre 1 y 8 años en función del tipo de medida derivada de las estrategias empresariales.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo de trabajo formado por: Vicente Carballido García; Francisco Gonzalez Romero; Pedro Carballido Garrido.

REFERENCIAS

- [1] “Reglamento de Medición Neta” de Julio de 2012. Comisión Nacional de la Energía de la República Dominicana
- [2] Instituto Eduardo Torroja, 2008, “Catálogo de elementos constructivos del CTE”
- [3] Manuales técnicos y de instrucción para la conservación de la energía nº 6. Producción de frío industrial. IDAE
- [4] Cámara de almacenamiento de producto congelado y su instalación frigorífica en "Pastisart, S.A." IDAE