



Identificación del Trabajo	
Área:	Energía
Categoría:	Alumno
Regional:	Santa Fe

## Desarrollo de herramienta para la determinación de indicadores de desempeño energético en el marco de la norma ISO 50.001

**Danisa ACHKAR, Daniel FRANZOY, Dalma SANCHEZ**

*Grupo de Estudios Sobre Energía (Lavaisse 610, Santa Fe), Facultad Regional SANTA FE, UTN*

*E-mail de autores: danisa.achkar@gmail.com, daniel.franzoy@gmail.com, dalmavsanchez@gmail.com*

*Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección del Ing. Jorge A. Caminos, en el marco del proyecto "DESARROLLO SOSTENIBLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA". (01/01/2017 – 31/12/2019)*

### Resumen

En el presente trabajo se sientan las bases para el desarrollo de una herramienta de gestión energética. Facilita a las organizaciones establecer los sistemas y procesos para mejorar continuamente el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de energía. A través de esta herramienta la organización podrá establecer y alcanzar metas y objetivos energéticos. Para luego tomar acción sobre lo que necesite para mejorar su desempeño energético acorde a un plan de mejora continua.

Se han elaborado tres etapas estudio y consecuentemente se ha conseguido sistematizar un proceso que permitirá su ejecución en cualquier organización y reducir el tiempo de análisis. Estas son: Perfil Energético, Indicadores de Desempeño Energético (IDEn) y una Línea de Base Energética (LBEEn).

**Palabras Claves:** Eficiencia; Energía; Gestión; Indicadores

### 1. Introducción

Para tener un buen desempeño energético es necesario reconocer a la energía como un factor importante dentro de los costos y comprender el impacto ambiental que su uso genera. De esta manera la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) desarrolló una normativa que permite gestionar este recurso mediante un plan de mejora continua.

Estas normativas son "Sistemas de Gestión de Energía – Requerimientos con guía para uso" (ISO 50.001, 2018) y "Medición de desempeño energético usando Líneas de Base Energéticas (LBEEn) e Indicadores de Desempeño Energético (IDEn) – Principios generales y guía" (ISO 50.006, 2014).

El objetivo perseguido es lograr sistematizar el procesamiento de los datos energéticos, acorde a la normativa vigente, con el fin de proporcionar indicadores y líneas de base a las organizaciones. Estos les permitirán sentar las bases para la implementación de un Sistema de Gestión de Energía (SGEn).

La herramienta a desarrollar deberá poder utilizarse en cualquier tipo de organización. Este trabajo está basado en un caso real de una industria frigorífica.

## 2. Metodología

### 2.1. Etapa 1: Revisión Energética

La ISO 50.001 define la revisión energética como “Análisis de la *eficiencia energética*, el *uso de la energía* y el *consumo de energía*, con base en los datos y otra información, orientada a la identificación de los *Usos Significativos de Energía (USE)* y de las oportunidades de mejora del *desempeño energético*”.

Es fundamental recopilar todos los datos posibles acerca del consumo de energía en la organización a analizar. En primera instancia se solicitará disponer de datos administrativos (facturas de energía, régimen tarifario de la empresa proveedora de energía, etc.), es decir, aquellos que nos permitan conocer el consumo, contratación, facturación y evolución en el tiempo.

Conocer estos datos permitirá establecer una primera comprensión de la instalación desde un punto de vista energético (tipos de energía consumida, contratación, costos, entre otros) y obtener un perfil energético de la organización.

Una vez que se ha recabado toda la información disponible, ésta deberá ser procesada para obtener la información necesaria para la revisión energética.

A continuación se presentan algunos de los posibles análisis a realizar.

A. Comparación de capacidades de suministro (Potencia): Se realizará una comparación de capacidades de suministro, contratada - registrada. Esto proporcionará la relación entre la potencia teórica contratada y la potencia real. Mostrará si existen diferencias importantes que pudieran llevar a costos innecesarios.

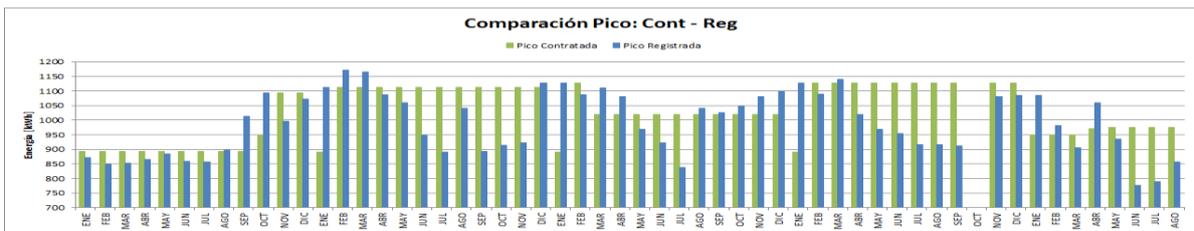


Figura 1. Comparación: Pico Cont -Reg

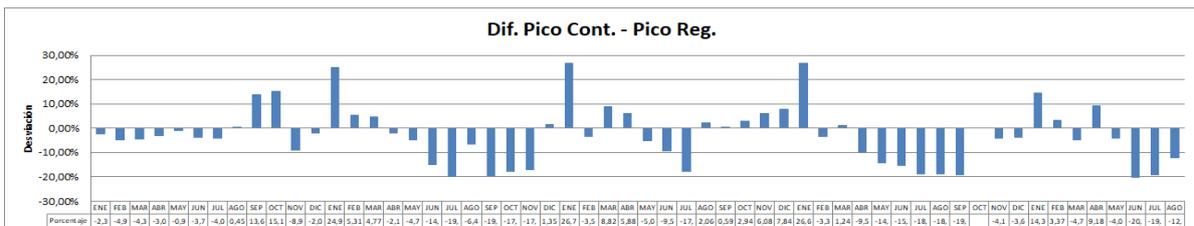


Figura 2. Diferencia porcentual Pico Cont - Reg

B. Naturaleza del consumo: Permite determinar cómo está compuesto el consumo respecto del horario tarifario (Valle, Pico, Resto) fijado por la empresa proveedora.

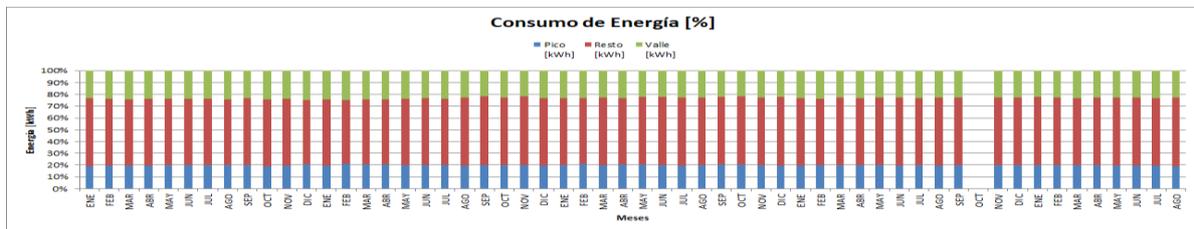


Figura 3. Consumo de energía expresado en porcentaje

C. Comparación de consumos: Se seleccionará un período (por ejemplo, un año calendario) y se graficará el consumo durante este lapso. Es importante contar con datos que se remonten varios años para poder realizar una comparación significativa. Se obtendrá una gráfica la cual comparará los distintos valores de consumo dados para un momento determinado en el período elegido (por ejemplo, mismo mes para distintos años). De existir una diferencia notable en estos valores, éstos se convertirán en puntos de interés para un estudio más detallado.

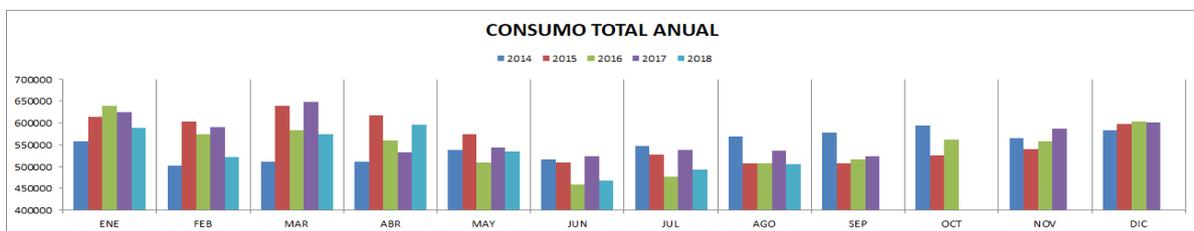


Figura 4. Comparación de consumos anuales

D. Factor de potencia: Determina cuánta potencia es aprovechada en forma activa. Es un parámetro importante dado que un mal factor de potencia conlleva un recargo importante en el importe de la factura.

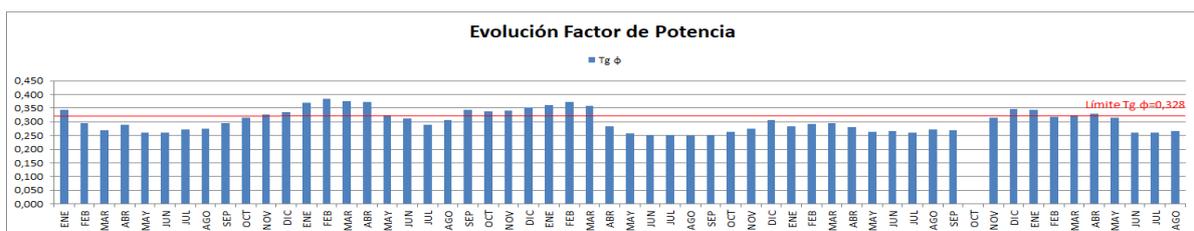


Figura 5. Evolución del factor de potencia

Debe recordarse que este análisis se ha realizado en base a datos extraídos de facturas, contratos, tarifas, entre otros. Su obtención es relativamente fácil, dependiendo del orden de la organización.

Sin embargo, es de vital importancia realizar una auditoría energética para lograr una comprensión más detallada del perfil energético de la organización. Esto permitirá conocer cuáles son los factores y variables a tener en cuenta en la búsqueda de la eficiencia energética.

## 2.2. Etapa 2: Indicadores de Desempeño Energético (IDEn)

La ISO 50.001 define el Indicador de Desempeño Energético (IDEn) como la “medida o unidad de desempeño energético”. Siendo este último definido como los “resultados medibles relacionados con la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de la energía”.

Este indicador, también llamado Indicador de Intensidad Energética o de Consumo Específico, es un Macro-indicador de la Organización, ya que refiere a lo que ocurre en la Instalación y su análisis se reserva al nivel de la Dirección.

Para la determinación del mismo se requieren datos de producción y de consumo de los distintos tipos de energía utilizados en el proceso productivo.

La relación entre estas dos variables permitirá conocer cuál es el consumo energético promedio asignable a la fabricación de una unidad de producto. Dicha información es clave para establecer una relación recurso – producto para el factor energético que de otra forma no sería apreciable.

A tal efecto se crea una planilla dividida en dos secciones. En la primera se ubican los datos recabados por la revisión energética, mientras que en la segunda estos datos son procesados para obtener indicadores específicos de consumo.

En la primera sección encontramos información acerca del consumo de los distintos tipos de energía utilizados y los niveles de producción, expresados en las unidades que se consideran relevantes para el análisis de los resultados. En las filas se disponen los datos correspondientes a los meses de análisis seguidos de una suma que corresponde al total anual.

**Tabla I. Información de consumos energéticos y de producción**

		INFORMACIÓN					
		CONSUMO				PRODUCCIÓN	
Año	Mes	Consumo EE (kWh)	Consumo Gas (m <sup>3</sup> )	Consumo Gas Eq. (kWh)	Consumo Total (kWh)	Producción (Kg)	Producción (cabezas)
2017	enero	624.480	80.400	776.053	1.400.533	1.425.178	6.772
	febrero	589.920	76.689	740.235	1.330.155	1.341.511	6.333
	marzo	648.960	91.044	878.792	1.527.752	1.503.147	7.162
	abril	533.040	88.566	854.874	1.387.914	1.275.298	6.077
	mayo	543.840	95.828	924.967	1.468.807	1.500.190	7.208
	junio	524.400	93.420	901.726	1.426.126	1.360.196	6.460
	julio	537.360	86.332	833.306	1.370.666	1.214.704	5.956
	agosto	536.160	85.251	822.879	1.359.039	1.434.672	6.812
	septiembre	523.200	84.762	818.154	1.341.354	1.162.552	5.694
	octubre	568.189	88.529	854.516	1.422.705	1.403.600	6.691
	noviembre	586.800	88.371	852.994	1.439.794	1.525.991	7.068
	diciembre	601.920	82.370	795.068	1.396.988	1.464.201	6.982
<b>TOTAL</b>		<b>6.818.269</b>	<b>1.041.561</b>	<b>10.053.564</b>	<b>16.871.833</b>	<b>16.611.240</b>	<b>79.215</b>
2018	enero	589.440	86.800	837.828	1.427.268	1.605.406	7.487
	febrero	522.240	75.008	724.011	1.246.251	1.393.706	6.562
	marzo	574.080	93.297	900.538	1.474.618	1.655.399	7.725
	abril	595.200	95.865	925.324	1.520.524	1.625.016	7.700
	mayo	534.960	86.266	832.678	1.367.638	1.411.867	6.813
	junio	468.000	93.451	902.023	1.370.023	1.481.496	7.004
	julio	493.200	94.401	911.196	1.404.396	1.563.129	7.285
	agosto	505.200	93.606	903.518	1.408.718	1.597.443	7.654
	<b>TOTAL</b>		<b>4.282.320</b>	<b>718.693</b>	<b>6.937.116</b>	<b>11.219.436</b>	<b>12.333.462</b>

En la segunda sección, los indicadores se dividen en Indicadores Específicos de Consumo e Indicadores de Consumo Global.

Los indicadores específicos a su vez se subdividen según el tipo de energía consumida (Electricidad o Gas) y a su vez, éstos según la variable a relacionar. Para este caso en particular Kg de producto y cabezas de ganado a la entrada.

**Tabla II. Indicadores específicos**

		INDICADORES ESPECÍFICOS DE CONSUMO						INDICADORES DE CONSUMO GLOBAL	
		EE		GAS					
Año	Mes	Indicador EE (kWh/Kg)	Indicador EE (kWh/cabezas)	Indicador Gas (kWh/Kg)	Indicador Gas (kWh/cabezas)	Indicador Gas (m <sup>3</sup> /kg)	Indicador Gas (m <sup>3</sup> /cabezas)	Total (kWh/kg)	Total (kWh/cabezas)
2017	enero	0,4382	92,2150	0,5445	114,5973	0,0564	11,8724	0,9827	206,8123
	febrero	0,4397	93,1502	0,5518	116,8854	0,0572	12,1095	0,9915	210,0355
	marzo	0,4317	90,6116	0,5846	122,7020	0,0606	12,7121	1,0164	213,3136
	abril	0,4180	87,7143	0,6703	140,6737	0,0694	14,5740	1,0883	228,3881
	mayo	0,3625	75,4495	0,6166	128,3250	0,0639	13,2946	0,9791	203,7745
	junio	0,3855	81,1765	0,6629	139,5860	0,0687	14,4613	1,0485	220,7625
	julio	0,4424	90,2216	0,6860	139,9104	0,0711	14,4949	1,1284	230,1320
	agosto	0,3737	78,7082	0,5736	120,7984	0,0594	12,5149	0,9473	199,5065
	septiembre	0,4500	91,8862	0,7038	143,6871	0,0729	14,8862	1,1538	235,5733
	octubre	0,4048	84,9184	0,6088	127,7112	0,0631	13,2310	1,0136	212,6296
	noviembre	0,3845	83,0221	0,5590	120,6839	0,0579	12,5030	0,9435	203,7060
	diciembre	0,4111	86,2103	0,5430	113,8740	0,0563	11,7975	0,9541	200,0843
<b>ANUAL</b>		<b>0,4105</b>	<b>86,0730</b>	<b>0,6052</b>	<b>126,9149</b>	<b>0,0627</b>	<b>13,1485</b>	<b>1,0157</b>	<b>212,9879</b>
2018	enero	0,3672	78,7285	0,5219	111,9044	0,0541	11,5934	0,8890	190,6329
	febrero	0,3747	79,5855	0,5195	110,3338	0,0538	11,4307	0,8942	189,9193
	marzo	0,3468	74,3146	0,5440	116,5745	0,0564	12,0773	0,8908	190,8891
	abril	0,3663	77,2987	0,5694	120,1720	0,0590	12,4500	0,9357	197,4707
	mayo	0,3789	78,5205	0,5898	122,2189	0,0611	12,6620	0,9687	200,7394
	junio	0,3159	66,8190	0,6089	128,7868	0,0631	13,3425	0,9248	195,6058
	julio	0,3155	67,7008	0,5829	125,0784	0,0604	12,9583	0,8985	192,7792
	agosto	0,3163	66,0047	0,5656	118,0452	0,0586	12,2296	0,8819	184,0499
	<b>ANUAL</b>		<b>0,3472</b>	<b>73,5415</b>	<b>0,5625</b>	<b>119,1330</b>	<b>0,0583</b>	<b>12,3423</b>	<b>0,9097</b>

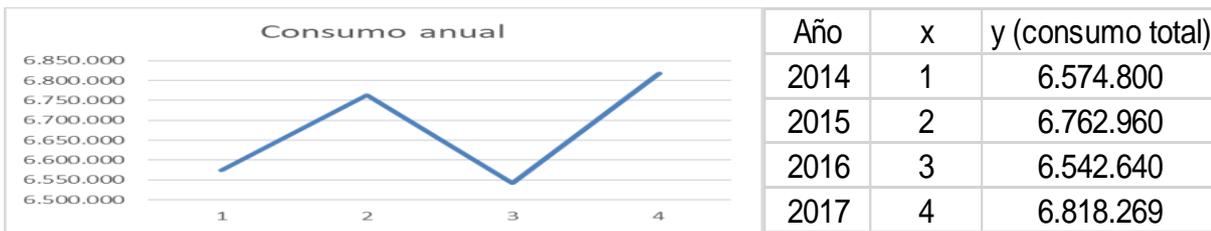
### 2.3. Etapa 3: Línea de Base Energética (LBEn)

La ISO 50.001 define Línea de Base Energética como la “referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético”. Se forma por el consumo histórico seguido de la línea base de consumo y refleja un período específico.

Para determinar la línea de base se requiere de la etapa uno de estudio, la revisión energética. Se procede entonces a la realización de una estimación del consumo de energía utilizando herramientas de Pronóstico de demanda. Los métodos aplicados para tal fin variarán de acuerdo a la naturaleza y cantidad de los datos disponibles.

En el caso de la energía eléctrica se lleva a cabo un Ajuste Lineal de tendencia tomando valores anuales, para pronosticar el consumo total del año en el que se pretende realizar la línea de base.

A continuación, se muestra el procedimiento para la realización del Ajuste Lineal de Tendencia y se visualiza en color Rojo el pronóstico final.



**Figura 6.** Consumos anuales

$y = mx + b$ ; siendo:  $a = 6547145,5$ ;  $b = 51008,7$

(1)



**Figura 7.** Proyección de consumo

Se denota a partir de la gráfica de consumo (Figura 4) que la energía eléctrica presenta un patrón de estacionalidad, se realiza un Ajuste de Estacionalidad en el que se afecta el total anual a una serie de coeficientes para determinar los consumos mensuales que se muestran en rojo.

**Tabla III. Consumos de EE**

Consumo de EE (kWh)					
Mes	2014	2015	2016	2017	TOTAL
ENE	558.720	614.160	638.400	624.480	2.435.760
FEB	501.360	602.640	574.560	589.920	2.268.480
MAR	511.200	639.840	582.720	648.960	2.382.720
ABR	511.200	618.320	559.440	533.040	2.222.000
MAY	538.800	573.840	509.280	543.840	2.165.760
JUN	516.240	508.800	458.640	524.400	2.008.080
JUL	547.200	527.520	476.160	537.360	2.088.240
AGO	569.280	506.800	506.880	536.160	2.119.120
SEP	577.920	507.600	515.760	523.200	2.124.480
OCT	594.240	525.600	561.360	568.189	2.249.389
NOV	565.920	540.240	557.280	586.800	2.250.240
DIC	582.720	597.600	602.160	601.920	2.384.400
TOTAL	6.574.800	6.762.960	6.542.640	6.818.269	<b>26.698.669</b>

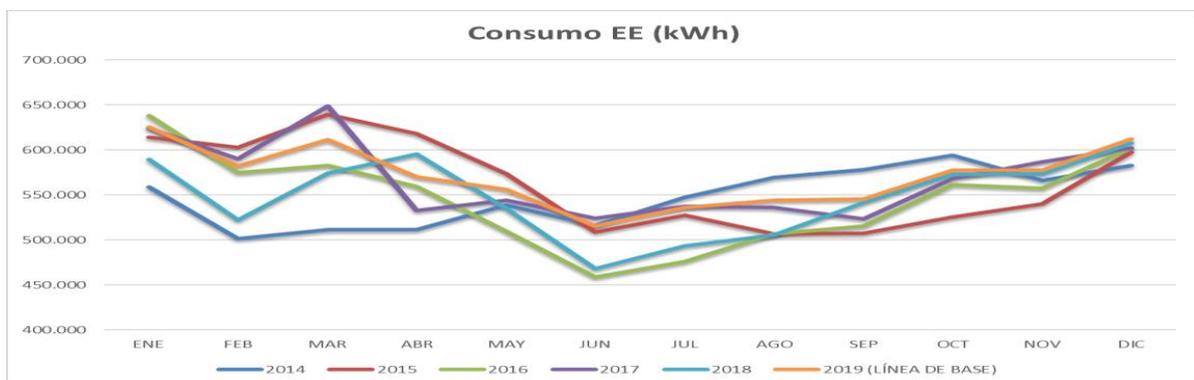
**Tabla IV. Ajuste de estacionalidad**

S1=	0,0912315
S2=	0,0849660
S3=	0,0892449
S4=	0,0832251
S5=	0,0811187
S6=	0,0752127
S7=	0,0782151
S8=	0,0793717
S9=	0,0795725
S10=	0,0842510
S11=	0,0842829
S12=	0,0893078

**Tabla V. Pronóstico de consumo**

Pronóstico		
Mes	2018	2019
ENE	589.440	625.228
FEB	522.240	582.289
MAR	574.080	611.613
ABR	595.200	570.358
MAY	534.960	555.922
JUN	468.000	515.448
JUL	493.200	536.024
AGO	505.200	543.950
SEP	541.267	545.326
OCT	573.091	577.389
NOV	573.308	577.607
DIC	607.489	612.044

Como se puede ver en el siguiente gráfico se muestran los consumos de energía eléctrica a lo largo de los años y el pronóstico del consumo del año 2019 que representa la Línea Base Energética para ese mismo año.



**Figura 8. Consumo y pronóstico 2019**

La línea de base no sólo se utiliza a modo de referencia sino también es muy útil a la hora de calcular ahorros energéticos, como un punto de inflexión, en la implementación de acciones de mejora del desempeño energético.

#### 2.4. Etapa 4: Normalización de Línea de Base Energética

Normalizar una Línea de Base significa identificar variables que afecten el uso significativo y/o al consumo de la energía (ya sea en cada equipo o proceso) Algunos factores incluyen, estacionalidad, temperatura, tipo o calidad de materia prima, nivel de producción, etc.

Esto significa encontrar una variable relevante para definir el consumo en función de la misma y encontrar una correlación lineal ( $y=mx+b$ ) entre dicha variable y el consumo.

Para ello se consideran las variables relevantes y se analizan si son lo suficientemente significativas como para definir el consumo de energía eléctrica. Una de las variables estudiadas, debido a la estacionalidad que presenta la demanda de energía eléctrica, es la Temperatura Ambiente.

##### A. Temperatura Ambiente

**Tabla VI. Temperaturas y consumos de EE**

Mes	2016		2017		2018	
	Temperaturas (°C)	Consumo EE (kWh)	Temperaturas (°C)	Consumo EE (kWh)	Temperaturas (°C)	Consumo EE (kWh)
ENE	26,4	638.400	25,2	624.480	25,9	589.440
FEB	25,4	574.560	24,7	589.920	26,3	522.240
MAR	21,1	582.720	22,3	648.960	23,1	574.080
ABR	18,8	559.440	18,6	533.040	23,5	595.200
MAY	13,6	509.280	16,0	543.840	17,0	534.960
JUN	11,0	458.640	14,3	524.400	11,6	468.000
JUL	11,7	476.160	14,5	537.360	10,8	493.200
AGO	15,1	506.880	15,5	536.160	12,1	505.200
SEP	15,2	515.760	16,5	523.200		
OCT	18,4	561.360	18,5	568.189		
NOV	21,0	557.280	21,3	586.800		
DIC	24,5	602.160	25,1	601.920		

Se obtienen los valores de temperaturas mensuales promedios medidas por organismos nacionales con radares meteorológicos ubicados en la cercanía de la organización que se toma como estudio. Se procede a graficar la relación entre consumo y temperatura de cada mes, agrupadas en su año correspondiente. Luego en cada caso se saca el Factor de correlación  $R^2$ . Los valores obtenidos para  $R^2$  son los siguientes: 0,9098 para 2016; 0,7226 para 2017 y 0,6451 para 2018.

Para el caso de la Temperatura Ambiente, se observan valores mucho más cercanos a la unidad que en el caso de estudio de la relación entre el consumo y la producción. Es por esto que se lo ha reflejado en este trabajo.

En el año 2016 se evidencia que la temperatura representa una variable significativa mientras que en los años 2017 y 2018 representa una variable menos significativa pero aún confiable (ISO 50006:2014). Esto significa que la temperatura ambiente puede considerarse como una variable relevante y significativa en el consumo de energía eléctrica

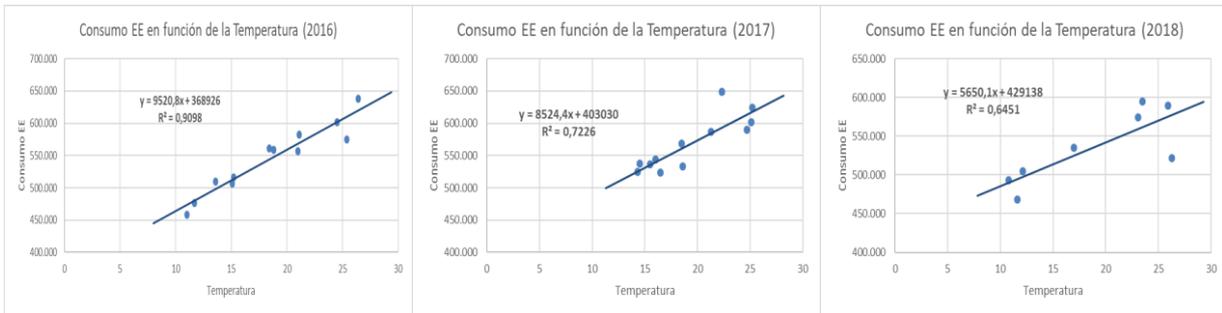


Figura 9. Consumos de EE en función de la temperatura

### 3. Resultados

Se encontró una dependencia del consumo respecto de la temperatura lo suficientemente relevante como para de aquí en adelante crear líneas de base que sirvan como parámetro y permitan calcular costos y ahorros energéticos.

La norma ISO 50.006 establece que cada indicador debe tener su línea de base. Se combinan los indicadores obtenidos en la etapa 2 y las metodologías aplicadas en la etapa 3, para la determinación de una línea de base para el Indicador de consumo.

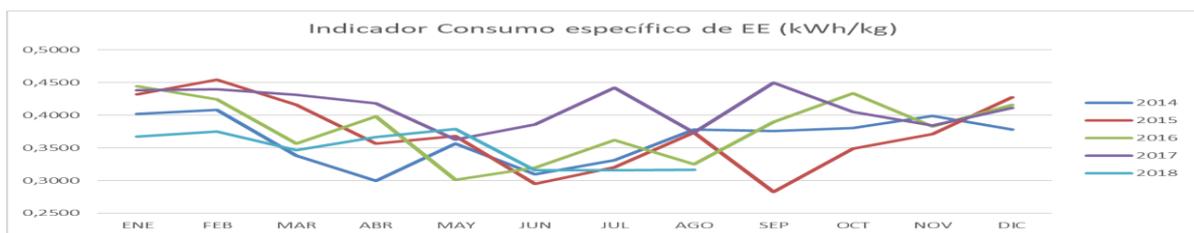


Figura 10. Indicador de consumo específico

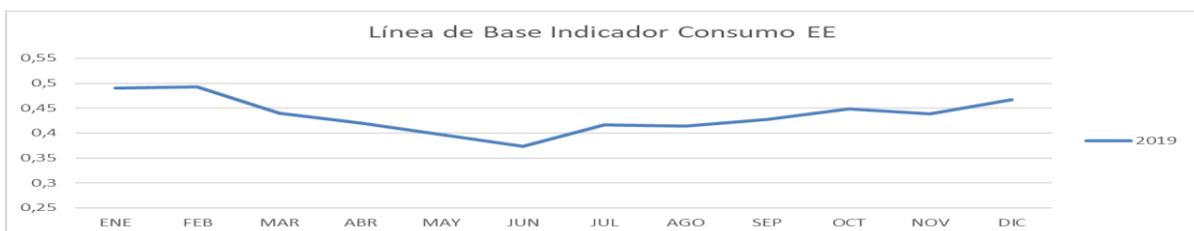


Figura 11. Línea de base indicador

Las tres etapas representan un resultado general buscado en la sistematización mientras que el indicador de consumo específico y la línea de base indicador son la culminación de este estudio.

#### **4. Discusión**

Se considera que se ha alcanzado el objetivo propuesto, es decir, desarrollar las bases de una herramienta de fácil manejo que permita analizar de forma rápida los datos proporcionados con la finalidad de obtener un perfil energético. A partir del cual se pueden realizar recomendaciones que mejoren el desempeño energético.

En esta etapa del desarrollo sólo se limita a ofrecer un diagnóstico básico del perfil energético y la carga de datos fue pensada para el sector industrial.

Se propone como siguiente paso crear una herramienta más sofisticada, que permita un nivel de análisis más detallado sin comprometer su simplicidad. Además, puede modificarse para proveer diagnósticos a otros sectores.

Se desarrollará una versión pre-alfa de un software de gestión que permitirá una mejor comunicación con el usuario.

#### **5. Conclusiones**

Es fundamental sistematizar el procesamiento de datos para lograr una base de análisis y disminuir el tiempo necesario para realizar los mismos.

Es menester contar con el indicador de consumo específico y su línea de base correspondiente para indicar un punto de referencia en el sistema de gestión de energía.

De esta manera se obtienen las bases para desarrollar un prototipo de software de gestión que brinde a las organizaciones diagnóstico, control y monitoreo energético.

#### **Reconocimientos**

Agradecemos al Grupo de Estudios Sobre Energía (GESE) de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe por el asesoramiento, espacio y recursos brindados en la elaboración de esta herramienta.

#### **Bibliografía**

International Organization for Standardization. (2018). ISO 50001:2018 Energy management systems – Requirements with guidance for use. Ginebra, Suiza: Secretaría Central de ISO.

International Organization for Standardization. (2014). ISO 50006:2014 Energy management systems – Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and Energy performance indicators (EnPI) – General principles and guidance. Ginebra, Suiza: Secretaría Central de ISO.

<https://inta.gob.ar/documentos/datos-meteorologicos-mensuales-ano-2018>

<https://inta.gob.ar/documentos/datos-meteorologicos-mensuales-ano-2017>

<https://inta.gob.ar/documentos/datos-meteorologicos-mensuales-ano-2016>