

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EL APOYO  
DE LA GESTION ENÉRGICA**

**DOMINGUEZ AGUIRRE YUSSEF JESHUA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BARRANQUILLA - COLOMBIA  
2020**

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EL APOYO  
DE LA GESTION ENÉRGICA**

**DOMINGUEZ AGUIRRE YUSSEF JESHUA**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de  
Ingeniero Mecatrónico**

**ASESOR DISCIPLINAR:**

**ING. SAÚL ANTONIO PÉREZ PÉREZ, MSc.**

**ASESOR METODOLOGICO:**

**ING. CARLOS DÍAZ SÁENZ, MSc.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BARRANQUILLA - COLOMBIA  
2020**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del jurado 1

---

Firma del jurado 2

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABLAS.....	7
LISTA DE ECUACIONES.....	8
GLOSARIO.....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1. ANTECEDENTES.....	13
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE.....	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. MARCO DE REFERENCIA.....	17
3.1. ESTADO DEL ARTE.....	17
3.2. MARCO TEÓRICO.....	22
3.2.1 CORRELACIÓN.....	22
3.2.2 DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN Y CORRELACIÓN LINEAL.....	23
3.2.3 GRÁFICO DE CONSUMO - PRODUCCIÓN (E VS. P).....	24
3.2.4 DIAGRAMA ÍNDICE DE CONSUMO – PRODUCCIÓN (IC VS. P).....	25
3.2.5 GRÁFICO DE CONTROL.....	25
4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	27
4.1. METODLOGÍA.....	27
4.2. TIPO DE ESTUDIO.....	30
4.3. CRONOGRAMA – PLAN DE TRABAJO.....	30
5. PRESUPUESTO.....	31
5.1. PRESUPUESTO GENERAL.....	31
5.2. PERSONAL CIENTÍFICO Y DE APOYO.....	32
5.3. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS.....	33
6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	35
6.1. LECTURA DE DATOS.....	35
6.2. GUARDADO DE DATOS INTRODUCIDOS.....	35
6.3. HERRAMIENTAS PRINCIPALES.....	36

6.3.1.	LÍNEA BASE.....	36
6.3.2.	LÍNEA META .....	36
6.3.3.	ÍNDICE DE CONSUMO.....	37
6.4.	HERRAMIENTAS SECUNDARIAS.....	38
6.4.1.	GUARDAR GRÁFICA.....	38
6.4.2.	COMPARACIÓN DE POTENCIA.....	38
6.5.	MATERIALES.....	39
6.5.1.	MATLAB.....	39
6.6.	RECOLECCIÓN DE DATOS .....	39
6.7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	40
6.7.1.	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL PROTOTIPO DEL SOFTWARE .....	40
6.7.2.	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL DISPOSITIVO FINAL	
	46	
6.7.2.1.	COMPARACIONES DE DATOS DEL HORNO 1 .....	46
6.7.2.2.	COMPARACIONES DE DATOS DEL HORNO 4 .....	47
6.8.	MANUAL DE USUARIO.....	55
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56
	BIBLIOGRAFIA.....	58

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Vista general del Software RenoveTec .....	17
Figura 2 Pantalla principal de Enerlike Control.....	19
Figura 3 Comparación de últimos 3 años en Nemon Energy Empresas.....	20
Figura 4 Seguimiento en tiempo real con Vertiv™ Environet .....	20
Figura 5 Datos estadísticos, EBO Energy Business One .....	21
Figura 6 Humedad (en %) y temperatura (en °C) para los días de un invierno reciente en Riverside, California.....	22
Figura 7 Diagrama de dispersión y correlación lineal.....	23
Figura 8 Gráfico de Consumo Vs Producción (E Vs P) .....	24
Figura 9 Diagrama Índice de Consumo – Producción (IC Vs. P).....	25
Figura 10 Gráfico de control.....	26
Figura 11 Importación de datos desde Microsoft Excel .....	35
Figura 12 Exportar datos a Microsoft Excel.....	35
Figura 13 Línea base y su respectiva grafica.....	36
Figura 14 Línea meta y su respectiva grafica.....	37
Figura 15 Índice de Consumo y su respectiva grafica .....	37
Figura 16 Comparación de potencia .....	38
Figura 17 Datos iniciales Horno 1 en Excel.....	41
Figura 18 Datos iniciales Horno 1 Prototipo AEEnergy .....	41
Figura 19 Grafico Línea base Horno 1 en Excel.....	42
Figura 20 Grafico Línea base Horno 1 Prototipo AEEnergy .....	42
Figura 21 Datos filtrados Horno 1 en Excel.....	43
Figura 22 Datos filtrados Horno 1 Prototipo AEEnergy .....	43
Figura 23 Grafico Línea meta Horno 1 en Excel .....	44
Figura 24 Grafico Línea meta Horno 1 Prototipo AEEnergy .....	44
Figura 25 Grafico Índice de consumo Horno 1 en Excel .....	45
Figura 26 Grafico Índice de consumo Horno 1 Prototipo AEEnergy .....	45
Figura 27 Índice de consumo Horno 1 AEEnergy .....	46
Figura 28 Datos iniciales Horno 4 en Excel.....	47
Figura 29 Datos iniciales Horno 4 AEEnergy .....	47
Figura 30 Grafico Línea base Horno 4 en Excel.....	48
Figura 31 Grafico Línea base Horno 4 AEEnergy .....	48
Figura 32 Datos filtrados Horno 4 en Excel.....	49
Figura 33 Grafico Línea meta Horno 4 en Excel .....	49
Figura 34 Índice de consumo Horno 4 en Excel.....	50
Figura 35 Grafico Índice de consumo Horno 4 en Excel .....	50
Figura 36 Datos filtrados Corregidos Horno 4 en Excel.....	51
Figura 37 Datos filtrados Horno 4 AEEnergy .....	51
Figura 38 Grafico Línea meta Corregido Horno 4 en Excel.....	52
Figura 39 Grafico Línea meta Horno 4 AEEnergy .....	52
Figura 40 Índice de consumo Corregido Horno 4 en Excel .....	53
Figura 41 Índice de consumo Horno 4 AEEnergy .....	53
Figura 42 Grafico Índice de consumo Corregido Horno 4 en Excel.....	54
Figura 43 Grafico Índice de consumo Horno 4 AEEnergy .....	54

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Nivel de confianza vs tamaño de muestra.....	29
Tabla 2 Cronograma de Actividades AEEnergy .....	30
Tabla 3. Presupuesto general. ....	31
Tabla 4. Costo personal científico. ....	32
Tabla 5. Costo personal de apoyo.....	32
Tabla 6. Costo materiales e insumos. ....	33
Tabla 7. Costo equipos usados .....	33
Tabla 8 Costo Bibliografía .....	34

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1.....	23
Ecuación 2.....	23
Ecuación 3.....	23
Ecuación 4.....	27
Ecuación 5.....	28
Ecuación 6.....	28



## GLOSARIO

**Diseño:** es un proceso de prefiguración mental, es decir, de planificación creativa, en el que se persigue la solución para algún problema concreto.

**Eficiencia energética:** es la relación entre los resultados obtenidos y los recursos, en este caso energéticos, utilizados para su consecución.

**MATLAB:** es un sistema interactivo cuyo elemento básico de datos es el arreglo que no requiere de dimensionamiento previo. Esto permite resolver muchos problemas computacionales, específicamente aquellos que involucren vectores y matrices, en un tiempo reducido.

**Optimización:** El procedimiento usado en el diseño de un sistema para maximizar o minimizar algún índice de desempeño.

**Programación:** es el proceso en el cual se toma un algoritmo y se codifica en una notación o un lenguaje de programación, de modo que pueda ser ejecutado por una computadora.

**Software:** es un programa o conjunto de programas de cómputo, así como datos, procedimientos y pautas que permiten realizar distintas tareas en un sistema informático.

## RESUMEN

El presente documento detalla el proceso de diseño, programación y desarrollo de una herramienta computacional para el apoyo de la gestión energética con la finalidad de optimizar y lograr mayor eficiencia en los procesos de la asesoría de una empresa, sin tener necesidad de crear distintos formatos en Excel para cada cliente al que se le esté prestando un servicio.

El software se desarrolló utilizando la interfaz de MATLAB, y apoyándonos en muchas librerías que facilitan el manejo de la información para tareas como exportar e importar datos desde Excel, la capacidad de guardar graficas generadas como archivos de imagen, organizar los datos y realizar un correcto filtrado de estos para posteriormente mostrarlos en tablas en la interfaz.

Los resultados finales fueron satisfactorios evidenciando un excelente funcionamiento del software, arrojando resultados mucho más precisos y exactos debido al uso de todos los decimales por parte del Runtime de MATLAB, esto en comparación con Excel.

**Palabras claves:** software, programación, Runtime, optimizar

## **ABSTRACT**

This document details the process design, programming and development of a computational tool that supports the energy management in order to achieve a greater efficiency in the consultancy processes of a company, without having to create different formats in Excel for each client to whom a service is being provided.

The software is used using the MATLAB interface, and having many libraries as a reliable source to facilitate the management of information for tasks such as exporting and importing data from Excel, the ability to save generated graphics as image files, organize the data and perform correct Filtering these to later show them in tables in the interface.

The results were acceptable showing an excellent operation of this software, having precise and accurate results due to the use of all decimals by the MATLAB runtime.

**Keyword:** software, programming, Runtime, optimize

## INTRODUCCIÓN

Los programas para realizar estudios energéticos no están al alcance de todas las empresas se busca desarrollar una herramienta para brindar asistencia en gestión energética por medio de una interfaz a desarrollar, debido a que el proceso para realizar los debidos estudios lleva demasiado tiempo y estos se encuentran expuestos a errores humanos, y a un tedioso tratado de datos, el desarrollo actual y prospectivo requiere de acciones encaminadas a reducir costos, proteger el medio ambiente, y aumentar la competitividad de las empresas, ante una economía cada vez más abierta y globalizada.

La eficiencia energética es una de las principales áreas de oportunidad para reducir costos, proteger el medio ambiente e incrementar la competitividad de las empresas. La Eficiencia Energética caracteriza la habilidad de lograr objetivos productivos, empleando la menor cantidad de energía posible, es lograr un nivel de producción, con los requisitos de calidad establecidos por el cliente, con el menor consumo y gasto energético, y la menor contaminación ambiental asociada.

La gestión energética persigue lograr un uso más eficiente de la energía sin reducir los niveles de producción, sin mermar la calidad del producto o servicio, ni afectar la seguridad o los estándares ambientales. Esta beneficia a la empresa, contribuyendo a garantizar la calidad de los productos, reduciendo costos de producción y elevando su competitividad; al País, aplazando los requerimientos de financiamiento para la infraestructura energética, promoviendo nuevas tecnologías y la modernización del sector empresarial, y reduciendo la importación de bienes de capital para el desarrollo energético; a la sociedad, conservando recursos para las futuras generaciones, disminuir las emisiones contaminantes al medio ambiente y contribuyendo a la formación de una cultura energética y ambiental [1].

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. ANTECEDENTES**

Muchas de las actividades de gestión energética realizadas a nivel empresarial constituyen procesos discontinuos en el tiempo. Son acciones reactivas que responden principalmente a la oscilación de los precios de la energía primaria y el peso del costo de energéticos en los costos de producción o a los saltos del valor absoluto de la factura de la energía de la empresa, destacándose en este comportamiento mucho más la pequeña y mediana empresa.

La opción más común es manejar el tratamiento de datos en Excel y realizar de manera manual muchos de los procedimientos requeridos para obtener los valores y graficas necesarias, el filtrado de datos es un punto importante y hacerlo manual cuando se tiene una gran cantidad de valores deja a cabo la posibilidad de cometer algún error, con este software se quiere optimizar todo el proceso y así disminuir toda posibilidad de error, además del ahorro en tiempo y análisis que requiere la persona encargada de brindar la asesoría.

### **1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

A nivel nacional existen algunos programas capaces de brindar asesoría para la gestión energética, pero ¿qué tan efectivos y eficaces pueden ser? ¿Están brindando los recursos suficientes para las asesorías? Muchos de los programas mencionados en los antecedentes funcionan de maneras diferentes, están dedicados a algo en específico, aires y bombas, agendado y programación de tareas, uso de check list para guardar datos tomados por el encargado de la auditoria.

Es posible lograr que el diseño y desarrollo de nuestro software pueda cumplir con todas las expectativas y llegar a ser un software potente y confiable, con la capacidad de disminuir en gran magnitud el tiempo utilizado por el auditor y que sea de gran eficacia. Teniendo en cuenta que nuestro principal alcance es a nivel regional, ¿podemos evaluar todos todo tipo de factores que influyan en un buen análisis y toma de datos de la edificación sobre la que se está presentando la auditoria, incluyendo clima época del año, entre otros factores que pueden generar grandes cambios y aumentos en los usos de la energía? Como vamos a desarrollar un software debemos pensar también en la herramienta con la que llevaremos a cabo el desarrollo de este ¿Qué lenguaje de programación e interfaz será más estable, atractiva y puede brindar una excelente experiencia al usuario además de ser compatible en todo tipo de dispositivos electrónicos?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE**

Uno de los motivos para llevar a cabo esta tesis es que a nivel regional no se cuenta con este tipo de herramientas; que permita desarrollar el seguimiento de la gestión energética, lo que lleva a las empresas y personal que realiza labores de auditor a utilizar programas como Excel, o incluso proceder a comprar software en otros países para facilitar la asesoría brindada. Ley 1715 de 2004 uno de los ítems clave en su finalidad es fomento de la inversión, investigación y desarrollo de la eficiencia. Con nuestro software realizaremos una investigación a fondo para lograr su mayor eficiencia y credibilidad, para luego desarrollar un potente programa capaz de brindar una excelente experiencia en la asesoría que se esté realizando. Basándonos en la Ley 697 de 2001 Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y otras disposiciones, con este software se pretende que sea de uso productivo en edificaciones con el fin de apoyar el buen manejo de las energías y realizar las constantes revisiones de estado de equipos.

El desarrollo de un software es una excelente manera de optimizar y volver más eficaz la tarea de llevar la asesoría de una empresa de una manera organizada y sin tener que realizar la creación de nuevos formatos de Excel por cada empresa a la que se le esté prestando el servicio ya que este podrá organizar y crear proyectos distintos sin mayores inconvenientes. Como se mencionó anteriormente se pretende que este software sea manejado en primera instancia por edificaciones y que tenga la capacidad de cubrir todo tipo de equipo que se encuentre en la sección sobre la cual se va a aplicar, además de realizar un estudio individual por equipo también requerirá un estudio visual de todo aquel equipo que se encuentre consumiendo energía y no cuente con especificaciones técnicas que hagan que no sea posible la muestra de pérdidas de energía causadas por estos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una herramienta computacional para el apoyo de la gestión energética.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer el estado actual de las herramientas de apoyo a la gestión energética basadas en estándares internacionales.
- Identificar cuáles son los parámetros relacionados con los indicadores de eficiencia energética.
- Validar la herramienta construida por medio de un análisis de datos reales.



### 3. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1. ESTADO DEL ARTE

En este apartado se detallarán los softwares existentes que trabajen con finalidades semejantes a lo deseado y tomar puntos importantes como guía de nuestro proyecto

- **RenoveTec:** Un primer software corresponde a Renove Tecnología el cual con ayuda de una check list o lista de chequeo que propone el programa, el auditor solo tiene que ir contestando a las diferentes cuestiones que se plantean, reflejando en su respuesta la situación en que se encuentra la instalación analizada. Este software está preparado para auditar todo tipo de edificios e instalaciones industriales consumidoras de energía en cualquier forma [2].

The screenshot displays the 'RESULTADOS' (RESULTS) screen of the RenoveTec software. It features a header with the 'audiener' logo and a 'Generar informe' button. Below the header, there is a dropdown menu for 'Seleccionar auditoria:' and a 'Ruta archivo:' field. The main content area shows a summary table of results and a detailed table for 'Resultados por áreas:'. The summary table includes columns for 'Valoración de la instalación', 'Incertidumbre', 'Diseño', 'Estado', 'Medida', 'Operación', 'Mantenimiento', and 'Otros'. The detailed table lists various areas such as 'Envoltorio', 'Suministro Eléctrico', 'Subestación', 'Sistema Eléctrico Respaldo', 'Suministro GN', 'IPD/GN', 'Iluminación', 'Consumo de energía térmica', 'Climatización', 'Aire comprimido', and 'Ventilación', each with corresponding values for the different categories.

RESULTADOS								
Seleccionar auditoria: [11-01-2016, Nueva instalación ejemplo, escada, I]								
Ruta archivo: <input type="text"/> <span>Generar informe</span>								
100% significa la mejor situación posible. 0% significa la peor situación posible. A mayor valor, mejor situación.								
Resultados:								
Valoración de la instalación	Incertidumbre	Diseño	Estado	Medida	Operación	Mantenimiento	Otros	
58,33%	8,33%	66,67%	0,00%	0,00%	50,0...	0,00%	0,00%	
Resultados por áreas:								
Área	Valoración	Incertidumbre	Diseño	Estado	Medida	Operación	Mantenimiento	Otros
Envoltorio	58,33	8,33	66,67	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00
Suministro Eléctrico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Subestación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistema Eléctrico Respaldo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suministro GN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IPD/GN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Iluminación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Consumo de energía térmica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Climatización	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aire comprimido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ventilación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Figura 1 Vista general del Software RenoveTec

Este software se relaciona con la investigación en curso ya que propone un material guía para la mejora en el diseño y desarrollo de un software más completo y eficiente dándonos ideas para mejorar nuestra toma de datos usando una check list.

- **effiMAP:** Un segundo software un poco más avanzado y completo de la empresa effilogs technologies la cual brinda una solución diseñada para empresas que prestan servicios de gestión energética, ESEs, mantenimiento e instalaciones, con implantación de medidas de ahorro con o sin inversión, y precisan medir y verificar ahorros. La nueva versión de effiMAP 3.0 es una herramienta de gestión integral de la energía: facturación, monitorización, análisis, informes, alarmas y control automatizado [3].

Este software brinda recursos como lo son actuación y configuración remota, programación por eventos, análisis específicos preconfigurados, informes genéricos de KPIs customizados, monitorización en tiempo real y control y verificación de facturación y ahorros [3].

- **ECO2.0:** Este software de la empresa Schneider Electric el cual es un programa de evaluación y ahorro de energía para aplicaciones de ventilación y bombeo. Este software con solo ingresar la potencia, el voltaje entre otros datos de funcionamiento efectivo y los datos de funcionamiento actual del equipo nos arroja gráficas y porcentajes de eficiencia de este, otra llamativa opción de este software es que nos ofrece una interfaz online estable, sin embargo, es un software que aún se encuentra en desarrollo [4].
- **SIGEEN:** su objetivo es ofrecer nuevos recursos para la optimización energética. La posibilidad de controlar la Energía en tiempo real permite obtener unos valores que puedan ser analizados para el posible ajuste de los consumos y el mejor rendimiento de las instalaciones. Con el equipo SIGEEN su empresa conseguirá un control del gasto energético y un ahorro en los costes. Otra de sus funciones es realiza un control del consumo de energía gracias a la monitorización que permite medir los diferentes circuitos de la instalación y gestionar los diferentes tipos de energía [5].

- **Enerlike Control:** Herramienta gráfica potente y completa para los grandes consumidores. Automatiza y simplifica la gestión energética con el objetivo de conseguir grandes ahorros de tiempo y costes para las empresas. Identifica de forma automática medidas de ahorro, optimiza parámetros eléctricos, realiza previsiones, simulación de fórmulas [6].

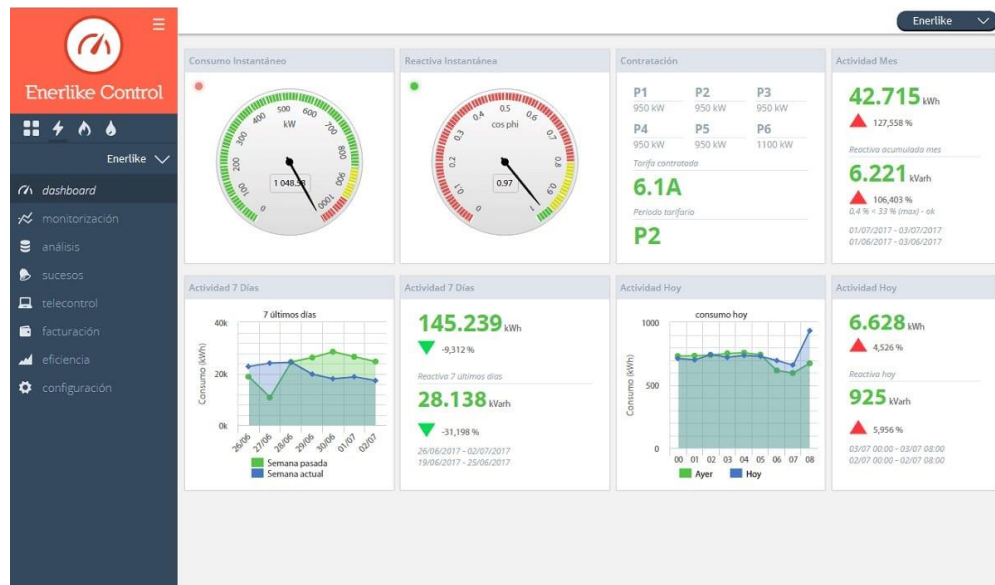


Figura 2 Pantalla principal de Enerlike Control

- **iGSEeSE:** es un software con prestaciones para servicios de asesoría y eficiencia energética, así como para recomendar mejor producto en mercado libre para cliente final, para compra de energía bilateral para sus clientes y facturación de la misma, facturación de honorarios, con prestaciones opcionales para la compra de energía a mercado y para el outsourcing del back-office [7].
- **Nemon Energy Empresas:** permite validar de forma automática tus facturas de electricidad, hacer el seguimiento de reclamaciones, organizar y monitorizar los costes de energía a través de completos informes y gráficos y podrás emprender acciones para el ahorro y ver su efecto. Adaptado para ayudarte en tu camino hacia la ISO 50001 [8].



Figura 3 Comparación de últimos 3 años en Nemon Energy Empresas

- Vertiv™ Environet:** es una solución integral de sistemas de monitoreo que recoge los datos que usted necesita para administrar sus centros de datos de manera eficiente. Al ofrecer visibilidad y gestión del entorno del centro de datos, Environet transforma lo complejo en simple [9].



Figura 4 Seguimiento en tiempo real con Vertiv™ Environet

- EBO Energy Business One:** es una herramienta técnico-económica para una completa gestión energética. Sus prestaciones combinadas la convierten en una herramienta puntera esencial con módulos adaptados a sus necesidades. Las características con las que cuenta son una plataforma multiusuario y multilingüe, sistema modular y parametrizable, información almacenada en la nube, Integración de datos en tiempo real con todos los mercados energéticos, integrable con otros sistemas de información (SCADA, MES, ERP...), accesible desde cualquier dispositivo [10].



Figura 5 Datos estadísticos, EBO Energy Business One

## 3.2. MARCO TEÓRICO

En este apartado se expondrán las herramientas utilizadas en el desarrollo del proyecto.

### 3.2.1 Correlación

Es una forma de describir la relación tan cercana entre dos características físicas. El grado en que los puntos en un diagrama similar tienden a agruparse alrededor de una recta refleja la fuerza de la relación lineal entre X y Y. La impresión visual de una gráfica de puntos puede ser engañosa respecto de lo anterior, debido al cambio de escala de los ejes, lo que puede hacer que el agrupamiento parezca más junto o más disperso. En consecuencia, se define el coeficiente de correlación, que es una medida numérica de la fuerza de la relación lineal entre dos variables. Este coeficiente se denota con la literal  $r$  [11][12].

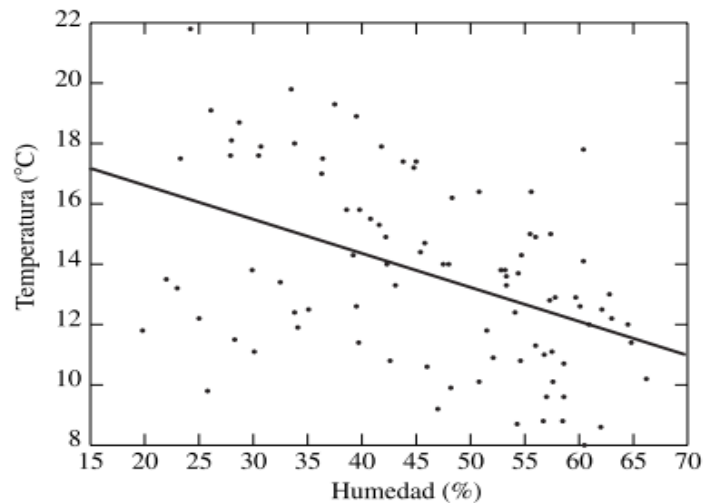


Figura 6 Humedad (en %) y temperatura (en °C) para los días de un invierno reciente en Riverside, California.

Sean  $(x_1, y_1), \dots (x_n, y_n)$  los  $n$  puntos del diagrama de dispersión. Para calcular la correlación, primero se deducen las medias y las desviaciones estándar de las  $x$  y de las  $y$ , que se representan mediante  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$ ,  $S_x$  y  $S_y$ . Después se convierte cada  $X$  y cada  $Y$  a las unidades estándar; en otras palabras, se calculan los puntajes[13]:

$$z : \frac{Xi - \bar{X}}{S_x}, \frac{Yi - \bar{Y}}{S_y}$$

Ecuación 1

El coeficiente de correlación representa el promedio de los productos de los puntajes z, excepto que se divide entre n – 1 en lugar de n:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left( \frac{Xi - \bar{X}}{S_x} \right) \left( \frac{Yi - \bar{Y}}{S_y} \right)$$

Ecuación 2

### 3.2.2 Diagramas de dispersión y correlación lineal

La mide su grado de asociación, es decir mide si hay relación o dependencia entre las variables evaluadas que intervienen, se determina con la siguiente ecuación[14][15]:

$$r = \frac{cov(X,Y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

Ecuación 3

En donde:

El coeficiente de correlación lineal se expresa mediante la letra r.

Sí el coeficiente de correlación lineal (r) toma valores cercanos a 1, la relación es fuerte y directa y sí por el contrario toma valores cercanos a 0 la correlación es débil [11].

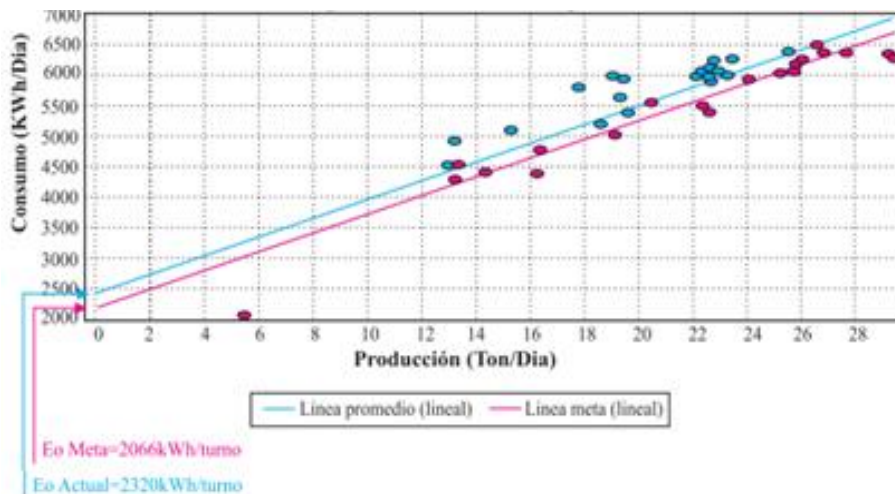


Figura 7 Diagrama de dispersión y correlación lineal

El diagrama de dispersión es una manera fácil de ilustrar gráficamente el comportamiento entre las dos variables a evaluar, mostrando la influencia de los factores cuantitativos productivos sobre los consumos energéticos para así poder establecer variables de control [14].

### 3.2.3 Gráfico de Consumo - Producción (E Vs. P)

Este gráfico se realiza para cada portador energético por área, mes o año con respecto a la producción realizada en el mismo período analizado. Se deben tomar los datos y la producción del mismo período, realizando la gráfica de dispersión y así determinar el coeficiente de variación [11][16].

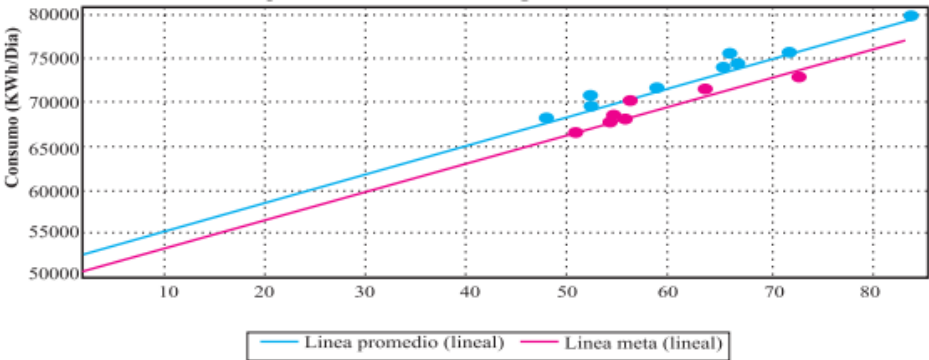


Figura 8 Gráfico de Consumo Vs Producción (E Vs P)

El objetivo de este gráfico es determinar en qué medida la variación de los consumos energéticos se deben a la variación de la producción, para así mostrar que los componentes de este indicador son válidos, además crea una meta alcanzable en la reducción del consumo de energía [17].



### 3.2.4 Diagrama Índice de Consumo – Producción (IC Vs. P)

Diagrama útil para estandarizar procesos productivos en cuanto a la eficiencia energética.

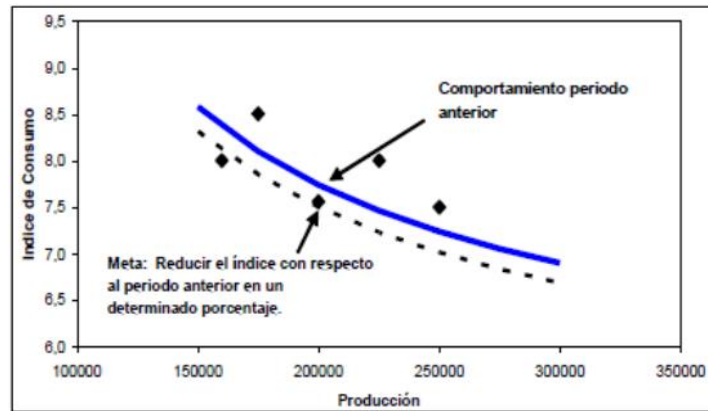


Figura 9 Diagrama Índice de Consumo – Producción (IC Vs. P)

En complemento a la gráfica anterior, en ésta se visualiza las metas de reducción proyectadas para el nuevo período, logrando controlar y evaluar periódicamente [18].

Este gráfico se utiliza para evaluar la eficiencia energética de la empresa en un período específico, logrando determinar el punto crítico de la producción. Principalmente sirve como detector de factores que influyen en las variaciones del índice de consumo, por portador energético [19].

### 3.2.5 Gráfico de control

El gráfico de control es un diagrama para determinar si el modelo es estable o cambia a lo largo del tiempo, se usa para supervisar procesos de producción e identificar fluctuaciones [20].

Se detecta situaciones donde las causas pueden estar generando un efecto no deseado, cuando el gráfico tiene puntos por fuera de los límites de control y de igual manera una tendencia de subida o bajada indica que hay que investigar cuales son las causas del error [16].

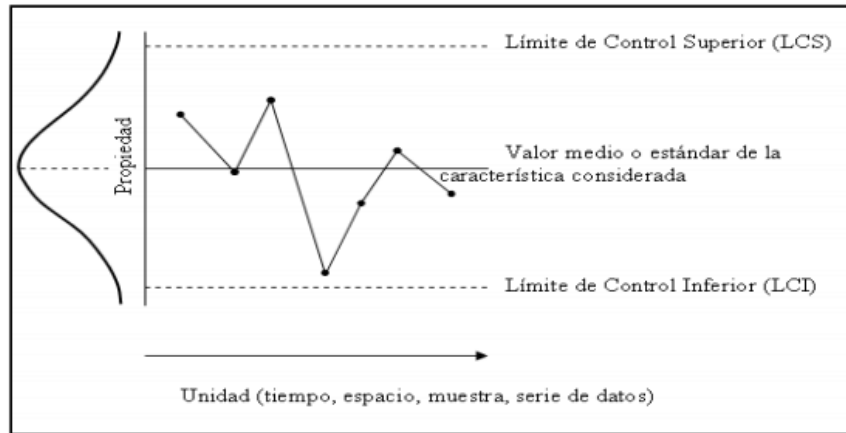


Figura 10 Gráfico de control

Las líneas de control son:

$$LSC = \bar{X} - K\sigma$$

$$\text{Línea central} = \bar{X}$$

$$LIC = \bar{X} + K\sigma$$

Donde

K : La distancia entre los límites.

LSC : Línea superior de control.

LIC : Línea inferior de control.

X : Valor medio.

Este gráfico tiene dos objetivos: reducir la variación energética por portador y determinar si los consumos y costos energéticos tienen un comportamiento estable o un comportamiento anómalo [12].

## 4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

### 4.1. METODOLOGÍA

Para cumplir un primer objetivo se realizó una investigación apoyada en el estado del arte, de las herramientas de apoyo a la gestión energéticas basadas en estándares internacionales para conocer su funcionamiento y puntos clave que nos encaminen al desarrollo optimizado de nuestro software, también como punto clave se tuvo una guía específica basada en lo aprendido y material adquirido en la materia Eficiencia Energética del programa de mecatrónica de la Universidad Autónoma del Caribe.

Uno de los documentos principales que usaremos como guía es “Sistemas de gestión integral de la energía SGIE”

Para cumplir un segundo objetivo fue necesario levantar una investigación acerca de los parámetros relacionados con los indicadores de eficiencia energética:

**Energía Calculada:** Energía que se consume según la ecuación de producción [21]

$$E_{cal} = (b * P_{mes}) + a$$

Ecuación 4

donde:

**b**, representa la pendiente de la recta y en teoría esto representa la línea de consumo total.

**a**, representa la energía no asociada a la producción.

**P<sub>mes</sub>**, es la producción del mes a calcular.

También encontramos parámetros importantes en la ecuación de correlación del consumo de energía como lo son [22]:

$$E_t = m * P + E_o$$

*Ecuación 5*

**Et**, energía que se consume de acuerdo con la producción

**Eo**, energía no asociada a la producción

**m**, energía asociada a la producción

**P**, producción del mes a calcular.

Estos potenciales de ahorro se ejecutarían en la etapa de implementación del SGE con buenas prácticas operacionales en los procesos y cambio tecnológico en las áreas de los procesos. Estimación inicial del número de datos de la muestra para elaborar la línea base [23]:

$$n_o = \frac{z^2 * cv^2}{e^2}$$

*Ecuación 6*

**no**, es la estimación inicial del tamaño de muestra necesario, antes de comenzar el muestreo

**cv**, es el coeficiente de varianza, que se define como la desviación estándar de las lecturas dividida por la media. Hasta que pueda estimarse la media real y la desviación estándar de la población a partir de las muestras reales, se utilizará 0.5 como estimación inicial para el cv.

**e**, es el nivel deseado de precisión.

**z**, es el valor de distribución normal estándar respecto a la Tabla B-1 anterior, con un número infinito de lecturas y para el nivel de confianza deseado. Por ejemplo. z es 1.96 para un nivel de confianza del 95% (1,64 para el 90%. 1.28 para el 80% y 0.67 para el 50% de confianza).

Tabla 1 Nivel de confianza vs tamaño de muestra

Nº de Lecturas (Tamaño muestra)	Nivel de confianza				Nº de lecturas (Tamaño muestra)	Nivel de confianza			
	95%	90%	80%	50%		95%	90%	80%	50%
2	12.71	6.31	3.08	1.00	17	2.12	1.75	1.34	0.69
3	4.30	2.92	1.89	0.82	18	2.11	1.74	1.33	0.69
4	3.18	2.35	1.64	0.76	19	2.10	1.73	1.33	0.69
5	2.78	2.13	1.53	0.74	20	2.09	1.73	1.33	0.69
6	2.57	2.02	1.48	0.73	21	2.09	1.72	1.33	0.69
7	2.45	1.94	1.44	0.72	22	2.08	1.72	1.32	0.69
8	2.36	1.89	1.41	0.71	23	2.07	1.72	1.32	0.69
9	2.31	1.86	1.40	0.71	24	2.07	1.71	1.32	0.69
10	2.26	1.83	1.38	0.70	25	2.06	1.71	1.32	0.68
11	2.23	1.81	1.37	0.70	26	2.06	1.71	1.32	0.68
12	2.20	1.80	1.36	0.70	27	2.06	1.71	1.31	0.68
13	2.18	1.78	1.36	0.70	28	2.05	1.70	1.31	0.68
14	2.16	1.77	1.35	0.69	29	2.05	1.70	1.31	0.68
15	2.14	1.76	1.35	0.69	30	2.05	1.70	1.31	0.68
16	2.13	1.75	1.34	0.69	?	1.96	1.64	1.28	0.67

$E_t + Z * S_{x,y}$  y  $E_t - Z * S_{x,y}$  serán las líneas de tendencia que quedarán una por encima y otra por debajo de la línea de tendencia de la muestra de datos en la gráfica de correlación  $E_i$  vs  $P_i$  [24]

Algunos atributos estadísticos a tener en cuenta son:

**La significación del modelo**, es decir si el modelo pasa la hipótesis de que las variaciones de Y son provocadas por las variaciones de X.

**El valor de r2 o coeficiente de determinación**, que indica la fortaleza de la relación entre Y y X y además la dirección de la relación, o sea, si cuando crece uno también crece el otro o viceversa. El ajustado elimina la influencia del número de variables en el modelo.

**El nivel de confianza**, porcentaje de la población que puede ser representada por el modelo con el grado de precisión obtenido.

**La precisión absoluta del modelo**, que es el intervalo de confianza en que se encuentra el valor real con respecto al estimado calculado por el modelo, para una confiabilidad dada. Es lo que debo sumar o restar al valor estimado por el modelo para lograr que el valor de la muestra se encuentre en ese intervalo.

**Precisión relativa**, es la precisión absoluta expresada en porcentaje del valor medio de consumo.

## 4.2. TIPO DE ESTUDIO

El trabajo de investigación del proyecto de grado titulado: “desarrollo de una herramienta computacional para el apoyo de la gestión energética”, se basó en un tipo de estudio exploratorio, dado que realiza la optimización de un proceso, tomando como guía el Programa Nacional en Sistemas de Gestión Integral de la Energía SGIE [24].

## 4.3. CRONOGRAMA – PLAN DE TRABAJO

La tabla 2, muestra el cronograma de trabajo desarrollado para el proyecto de grado en mención.


Tabla 2 Cronograma de Actividades AEEnergy

	Mes	feb-19				mar-19				abr-19				may-19				jun-19				jul-19				ago-19				sep-19				oct-19				nov-19					
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4						
Selección del proyecto		■																																									
Antecedentes			■	■	■																																						
Formulación del problema			■	■	■																																						
Justificación y alcance				■	■	■																																					
Objetivos			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Marco de referencia						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Procedimiento metodológico												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Selección de toolbox a usar																																											
A Analisis para algoritmo del software	A																																										
C Fase - Adquisición de datos	C																																										
T Fase - Filtrado de datos	T																																										
I Fase - Índice de consumo	I																																										
V Fase - Presupuesto	V																																										
I Fase - Indicadores de eficiencia	I																																										
D Fase - Grafico de tendencia	D																																										
A Estructuración del algoritmo	A																																										
D Diseño GUIE en Matlab	D																																										
Adptación del Algoritmo al GUIDE																																											
Verificación y comparación de datos con los obtenidos en Excel																																											
Verificación y comparación de datos con otros software																																											
Empaquetado del software a un archivo ejecutable .exe																																											
Prueba de correcto funcionamiento del software																																											
Desarrollo del Instructivo																																											

## 5. PRESUPUESTO

### 5.1. PRESUPUESTO GENERAL

Tabla 3. Presupuesto general.

	<b>FORMATO DE PRESUPUESTO PARA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN CONVOCATORIAS INTERNAS</b>				GI-02-PR-03-F02
					Versión 1
					12/06/2019
<b>PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO</b>					
<b>RUBROS</b>	<b>Fuentes de Financiamiento</b>				<b>Total</b>
	<b>Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia</b>	<b>INVESTIGADORES</b>	<b>Otras fuentes Externas</b>	<b>Contrapartida UAC</b>	
1. Personal Científico	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 5,658,528	\$ 5,658,528
2. Personal de Apoyo	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 356,960	\$ 356,960
4. Materiales e Insumos	\$ 0	\$ 247,364	\$ 0	\$ 0	\$ 247,364
6. Equipos	\$ 0	\$ 1,700,000	\$ 0	\$ 0	\$ 1,700,000
7. Bibliografía	\$ 0	\$ 0	\$ 241,918	\$ 0	\$ 241,918
<b>TOTAL, PRESUPUESTO DEL PROYECTO</b>	\$ 0	\$ 1,947,364	\$ 241,918	\$ 6,015,488	\$ 8,204,770

## 5.2. PERSONAL CIENTÍFICO Y DE APOYO

El presupuesto invertido en este rubro consiste en el costo del tiempo empleado por el personal de investigación vinculados a este proyecto, que incluye a los directores y a los auxiliares de investigación.

Tabla 4. Costo personal científico.

1. PERSONAL CIENTIFICO										
Nombres y Apellidos	Tipo de Contrato	Función dentro del Proyecto	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento				
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Saúl Antonio Pérez Pérez	Invest. Principal	Titular	\$ 117,886	3	16				\$ 5,658,528	\$ 5,658,528
<i>SUB-TOTAL</i>						\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 5,658,528	\$ 5,658,528

Tabla 5. Costo personal de apoyo.

2. PERSONAL DE APOYO								
Nombres y Apellidos	Tipo de Vinculación	Función dentro del Proyecto	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento		
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Yussef Jeshua Dominguez Aguirre	Practicante	Auxiliar de Investigación	\$ 2,231.00	8	20		\$ 356,960	\$ 356,960
<i>SUB-TOTAL</i>							\$ 356,960	\$ 356,960



### 5.3. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS

El presupuesto dedicado a esta sección incluye software a utilizar para hacer la programación en este caso MATLAB, y varias herramientas adicionales al software para realizar el análisis, tratamiento y filtrado de datos

Tabla 6. Costo materiales e insumos.

4. MATERIALES E INSUMOS					
Descripción	Justificación	Fuentes de Financiamiento			
		Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
		1.MATLAB and Simulink Student Suite	1	\$ 0	\$ 203,060
2.Curve Fitting Toolbox	1	\$ 0	\$ 22,152	\$ 0	\$ 22,152
3.MATLAB Coder	1	\$ 0	\$ 22,152	\$ 0	\$ 22,152
<i>SUB-TOTAL</i>			<b>\$ 247,364</b>		<b>\$ 247,364</b>

Tabla 7. Costo equipos usados

6. EQUIPOS						
Descripción	Justificación	Cantidad	Fuentes de Financiamiento			
			Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
			1. PC	Equipo con especificaciones necesaria para ejecutar MATLAB	1	\$ 0
<i>SUB-TOTAL</i>			<b>\$ 0</b>	<b>\$ 1,700,000</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 1,700,000</b>

Tabla 8 Costo Bibliografía

7. BIBLIOGRAFÍA					
Descripción	Justificación	Fuentes de Financiamiento			
		Dirección de Investigación y Transferencia	Facultad / Programa	Otras Fuentes Externas	SUB-TOTAL
1.ESTADISTICA PARA INGENIEROS Y CIENTIFICOS	Investigación, métodos, gráficas y formulas			\$ 211,199	\$ 211,199
2.MATEMATICAS AVANZADAS Y ESTADISTICA PARA CIENCIAS E INGENIERIAS	Investigación, métodos, gráficas y formulas			\$ 30,719	\$ 30,719
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 241,918</b>	<b>\$ 241,918</b>

## 6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1. Lectura de datos

Para lograr un cómodo y fácil manejo de datos se complementó el software recibiendo datos desde un archivo de Microsoft Excel y también la posibilidad de introducir los datos de forma manual directamente en la interfaz del software.

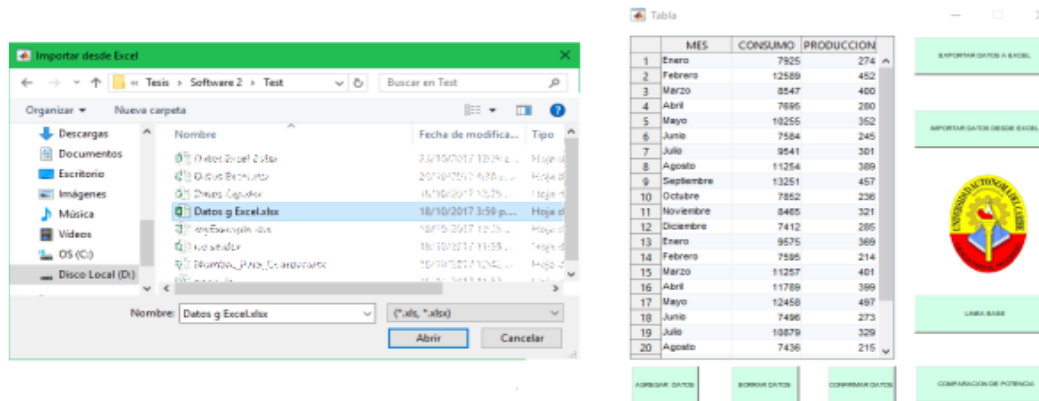


Figura 11 Importación de datos desde Microsoft Excel

### 6.2. Guardado de datos introducidos

Al igual que se implementó la importación de datos desde Microsoft Excel se vio necesidad de exportar los datos introducidos por el operario del software a un archivo .xlsx o .xls (Documento de Excel 97-2003, Documento de Excel; Respectivamente).

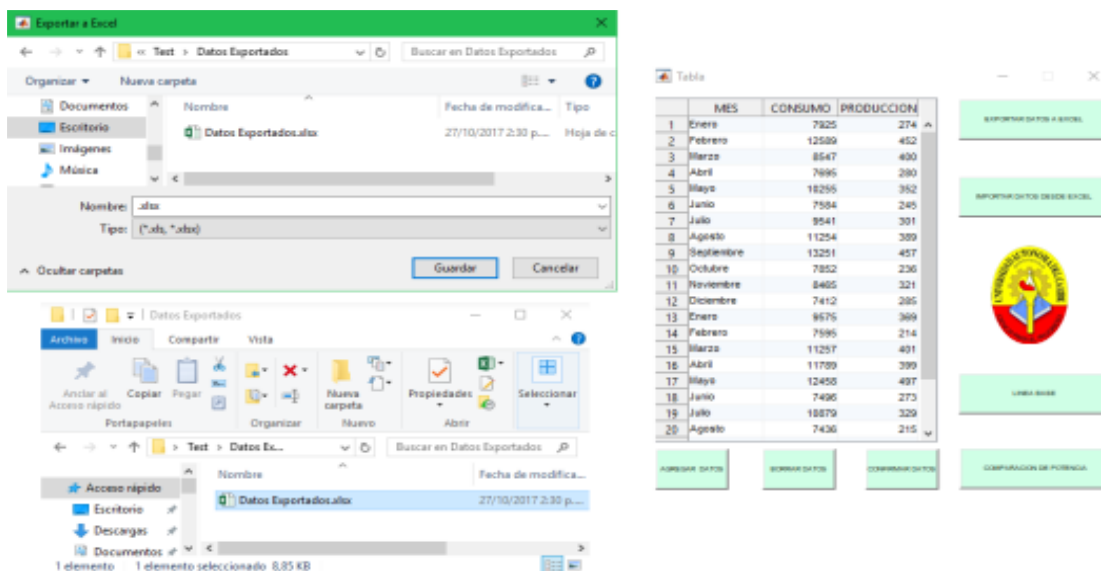


Figura 12 Exportar datos a Microsoft Excel

### 6.3. Herramientas principales

Para estas se pensó una estructura concatenada, aunque en ventanas independientes para mayor fluidez e interpretación de los datos generados por el software.

#### 6.3.1. Línea Base

Aquí al pulsar el botón llamado línea base se realiza todo lo que es el tratado de datos y en la nueva ventana que nos abre no muestra los resultados calculados por el software, de igual manera nos habilita el botón para mostrar el grafico de la línea base.

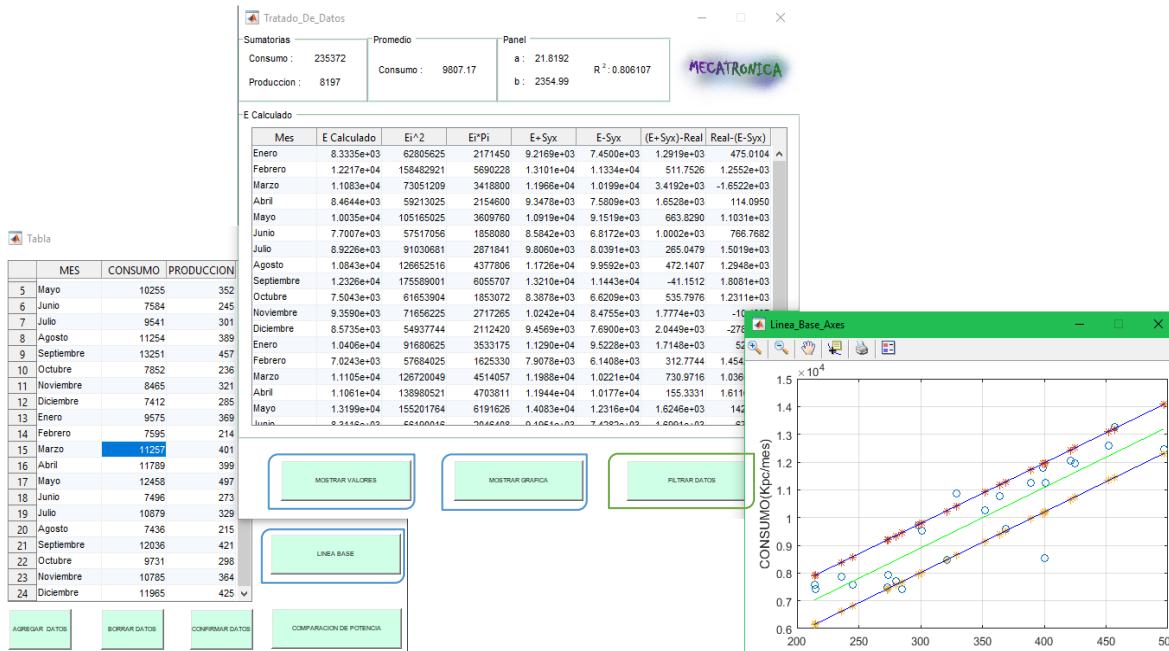


Figura 13 Línea base y su respectiva grafica

#### 6.3.2. Línea Meta

Continuando con lo anterior al pulsar filtrar datos se nos abrirá una nueva ventana con nuevos valores calculados y filtrados, de igual manera nos habilita el botón para mostrar el grafico de la línea meta.

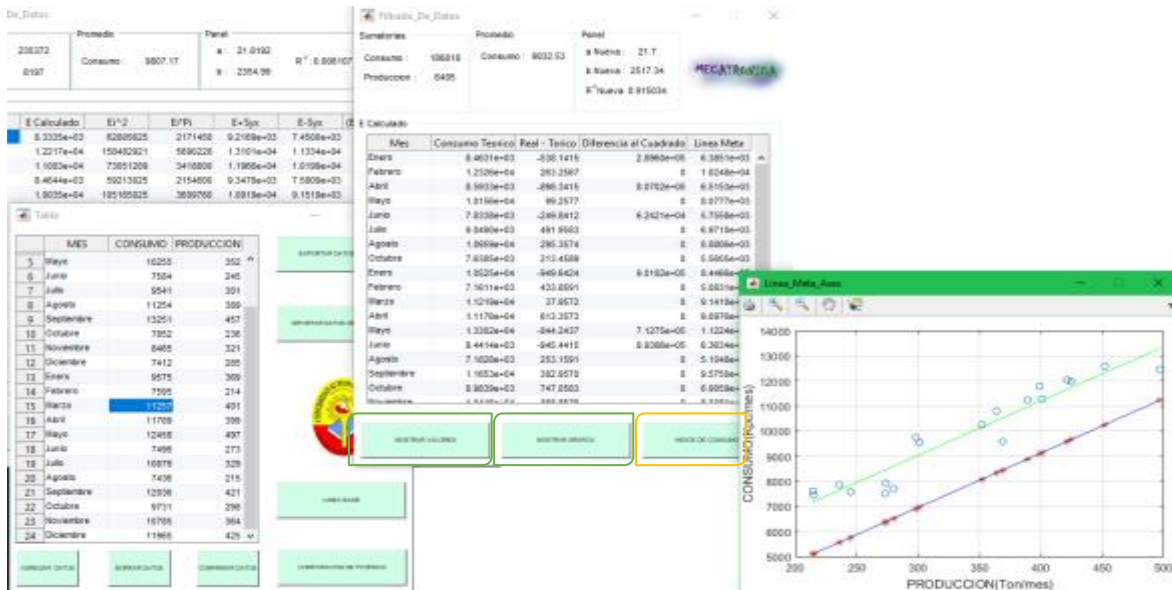


Figura 14 Linea meta y su respectiva grafica

### 6.3.3. Índice de consumo

Continuando con lo anterior al pulsar índice de consumo se nos abrirá una nueva ventana con nuevos valores calculados del índice de consumo para nuestros datos anteriormente filtrados, de igual manera nos habilita el botón para mostrar el grafico de Índice de consumo vs Producción.

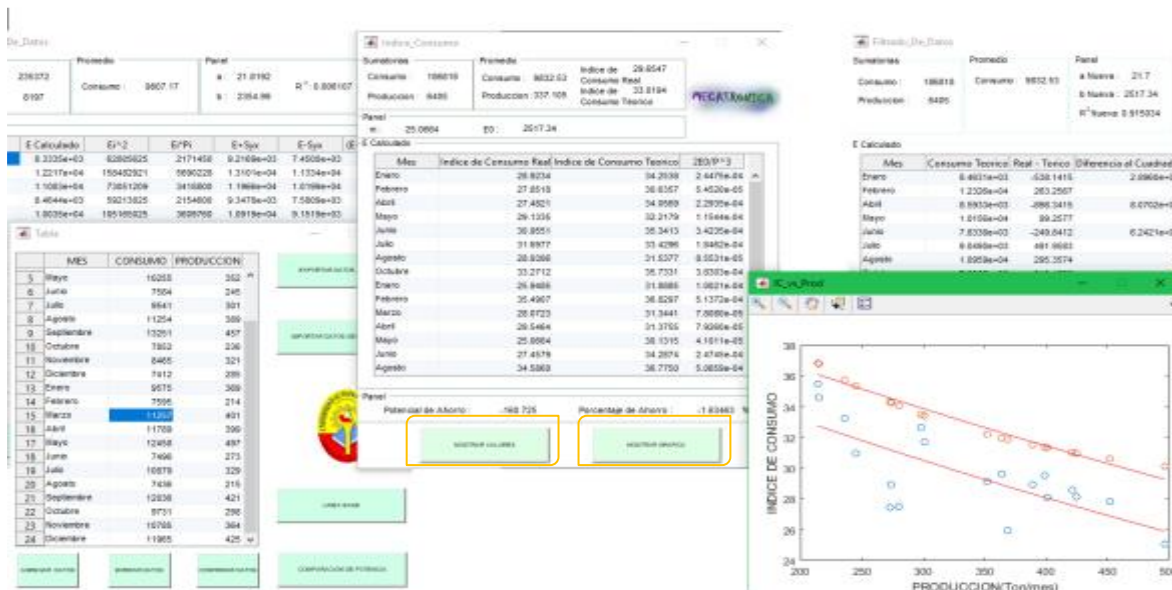


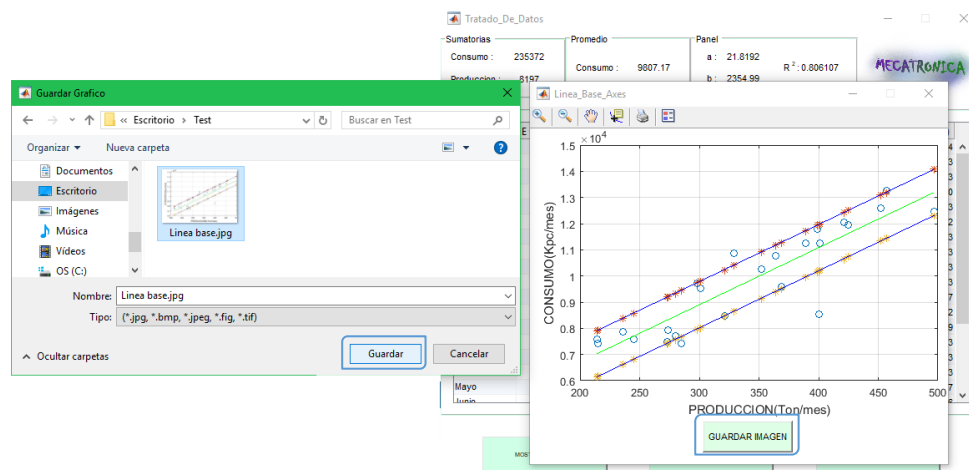
Figura 15 Índice de Consumo y su respectiva grafica

## 6.4. Herramientas secundarias

Para estas se pensó una estructura concadenada, aunque en ventanas independientes para mayor fluidez e interpretación de los datos generados por el software.

### 6.4.1. Guardar gráfica

Se tomo en cuenta la posibilidad de usar las gráficas generadas por el software fuera de este teniendo la posibilidad de guardar un archivo de imagen .jpg, .png, .bmp, .tif.



### 6.4.2. Comparación de potencia

Se agrego una ventana con la que se puede realizar un proceso de comparación de potencia entre lo medido y lo indicado en la ficha técnica del equipo, también se agregaron menús para seleccionar las unidades que más se adapten al equipo que se está evaluando.

The image shows a software window titled 'Potencia'. The main heading is 'Adquisición de datos de Potencia'. Below this, there is a prompt: 'Digite los valores obtenidos de la ficha tecnica y los medidos del equipo'. The window is divided into four sections for data entry:

- VOLTAJE FICHA TECNICA:** A text input field for 'Voltaje Ficha tecnica' followed by a dropdown menu set to 'mV'.
- CORRIENTE FICHA TECNICA:** A text input field for 'Corriente Ficha tecnica' followed by a dropdown menu set to 'mA'.
- VOLTAJE MEDIDO:** A text input field for 'Voltaje medido' followed by a dropdown menu set to 'mV'.
- CORRIENTE MEDIDA:** A text input field for 'Corriente medida' followed by a dropdown menu set to 'mA'.

At the bottom of the window, there are two large green buttons: 'POTENCIAS' and 'RELACION DE POTENCIA'. A 'MECATRONICA' watermark is visible in the top right corner of the window.

Figura 16 Comparación de potencia

## **6.5. MATERIALES**

### **6.5.1. MATLAB**

Millones de ingenieros y científicos de todo el mundo usan MATLAB® para analizar y diseñar los sistemas y productos que transforman nuestro mundo. MATLAB está presente en sistemas de seguridad activa de automóviles, naves espaciales interplanetarias, dispositivos de monitorización de la salud, redes eléctricas inteligentes y redes móviles LTE. Se utiliza para aprendizaje automático, procesamiento de señales, procesamiento de imágenes, visión artificial, comunicaciones, finanzas computacionales, diseño de control, robótica y muchos otros campos [25].

La plataforma de MATLAB está optimizada para resolver problemas científicos y de ingeniería. El lenguaje de MATLAB, basado en matrices, es la forma más natural del mundo para expresar las matemáticas computacionales. Las gráficas integradas facilitan la visualización de los datos y la obtención de información a partir de ellos. Una vasta biblioteca de herramientas (Toolboxes) integradas le permite empezar a trabajar inmediatamente con algoritmos esenciales para su dominio [26].

## **6.6. RECOLECCIÓN DE DATOS**

Los datos utilizados para evaluar el correcto funcionamiento de nuestro software hacen parte de una empresa dedicada a la transformación de metales de la cual se cuenta con los valores de consumo y producción mensual de 5 hornos; se tiene información de 2 años.

## **6.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El primer objetivo se cumplió realizando una investigación la cual se encuentra en el estado del arte, acerca de las herramientas de apoyo a la gestión energéticas basadas en estándares internacionales, se pudo notar que aunque hay muchas herramientas que se enfocan en brindar soluciones para lograr mejoras en cuanto a la eficiencia energética, no funcionaban bajo el concepto de brindar asesoría cumpliendo lo establecido por los sistemas de gestión, la gran mayoría de estas herramientas muestran datos estadísticos de consumo mes a mes y la variación que se presenta sin tener en cuenta ni generar línea base, línea meta, índices de consumo, ni potenciales de ahorro.

El segundo objetivo se cumplió investigando todas las variables que afectan nuestro proceso, esta información se encuentra detallada en la metodología, cada una seguida de su respectivo significado.

Para cumplir el tercer objetivo se tuvo en cuenta un primer análisis en el cual se realizaron comparaciones solamente para el horno 1, posteriormente para validación del software se realizó la comparación con las cifras obtenidas por los análisis realizados en Excel para los 5 hornos.

### **6.7.1. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL PROTOTIPO DEL SOFTWARE**

En el prototipo se logró un resultado muy cercano a lo comparado con Excel, a excepción de fallos presentados en el índice de consumo, potencial de ahorro, porcentaje de ahorro y en la gráfica tal como se puede notar en las siguientes figuras.



	a	2355	b	21.819	Sy,x	883.91			
PERIODOS	E=CONSUMO (KWh/mes)	P=PRODUCCION N (Lit/mes)	E calculado (Kwh/mes)	E <sup>2</sup>	E*Pi	Ec+Sy,x	Ec-Sy,x	(E+Syx)-Real	Real-(E-Syx)
1 Enero	7325	274	8333.41	62805625	2171450	9217.31	7443.50	1292.31	475.50
2 Febrero	12589	452	12217.19	158482921	5690228	13101.10	11333.28	512.10	1255.72
3 Marzo	8547	400	11082.60	73051209	3418800	11966.51	10198.69	3419.51	-1651.69
4 Abril	7895	280	8464.32	59213025	2154600	9348.23	7580.41	1653.23	114.59
5 Mayo	10255	352	10035.29	105165025	3609760	10919.20	9151.38	664.20	1103.62
6 Junio	7584	245	7700.66	57517056	1858080	8584.56	6816.75	1000.56	767.25
7 Julio	9541	301	8922.52	91030681	2871841	9806.43	8038.61	285.43	1502.39
8 Agosto	11254	389	10842.59	126652516	4377806	11726.50	9958.68	472.50	1295.32
9 Septiembre	13251	457	12326.28	175589001	6055707	13210.19	11442.38	-40.81	1808.62
10 Octubre	7852	236	7504.28	61653904	1853072	8388.19	6620.38	536.19	1231.62
11 Noviembre	8465	321	9358.90	71656225	2717265	10242.81	8474.99	1777.81	-3.99
12 Diciembre	7412	285	8573.42	54937744	2112420	9457.32	7689.51	2045.32	-277.51
13 Enero	9575	369	10406.21	91680625	3533175	11290.12	9522.30	1715.12	52.70
14 Febrero	7595	214	7024.27	57684025	1625330	7908.17	6140.36	313.17	1454.64
15 Marzo	11257	401	11104.42	126720049	4514057	11988.33	10220.51	731.33	1036.49
16 Abril	11789	399	11060.78	138980521	4703811	11944.69	10176.87	155.69	1612.13
17 Mayo	12458	497	13199.04	155201764	6191626	14082.95	12315.14	1624.95	142.86
18 Junio	7496	273	8311.59	56190016	2046408	9195.49	7427.68	1699.49	68.32
19 Julio	10879	329	9533.45	118352641	3579191	10417.36	8649.54	-461.64	2229.46
20 Agosto	7436	215	7046.09	55294096	1598740	7929.99	6162.18	493.99	1273.82
21 Septiembre	12036	421	11540.80	144865296	5067156	12424.71	10656.89	388.71	1379.11
22 Octubre	9731	298	8857.06	94692361	2899838	9740.97	7973.15	9.97	1757.85
23 Noviembre	10785	364	10297.12	116316225	3925740	11181.02	9413.21	396.02	1371.79
24 Diciembre	11965	425	11628.08	143161225	5085125	12511.98	10744.17	546.98	1220.83
Sumatoria	235372	8197		2396893776	83661226				
Promedio	9807.166667								
ENA	2355								

Figura 17 Datos iniciales Horno 1 en Excel

**Tratado\_De\_Datos**

<b>Sumatorias</b> Consumo : 235372 Produccion : 8197	<b>Promedio</b> Consumo : 9807.17	<b>Panel</b> a : 21.8192 b : 2354.99 R <sup>2</sup> : 0.806107
--	--------------------------------------	---

MECATRONICA

---

**E Calculado**

Mes	E Calculado	Ei <sup>2</sup>	Ei*Pi	E+Syx	E-Syx	(E+Syx)-Real	Real-(E-Syx)
Enero	8.3335e+03	62805625	2171450	9.2169e+03	7.4500e+03	1.2919e+03	475.0104
Febrero	1.2217e+04	158482921	5690228	1.3101e+04	1.1334e+04	511.7526	1.2552e+03
Marzo	1.1083e+04	73051209	3418800	1.1966e+04	1.0199e+04	3.4192e+03	-1.6522e+03
Abril	8.4644e+03	59213025	2154600	9.3478e+03	7.5809e+03	1.6528e+03	114.0950
Mayo	1.0035e+04	105165025	3609760	1.0919e+04	9.1519e+03	663.8290	1.1031e+03
Junio	7.7007e+03	57517056	1858080	8.5842e+03	6.8172e+03	1.0002e+03	766.7682
Julio	8.9226e+03	91030681	2871841	9.8060e+03	8.0391e+03	265.0479	1.5019e+03
Agosto	1.0843e+04	126652516	4377806	1.1726e+04	9.9592e+03	472.1407	1.2948e+03
Septiembre	1.2326e+04	175589001	6055707	1.3210e+04	1.1443e+04	-41.1512	1.8081e+03
Octubre	7.5043e+03	61653904	1853072	8.3878e+03	6.6209e+03	535.7976	1.2311e+03
Noviembre	9.3590e+03	71656225	2717265	1.0242e+04	8.4755e+03	1.7774e+03	-10.4937
Diciembre	8.5735e+03	54937744	2112420	9.4569e+03	7.6900e+03	2.0449e+03	-278.0012
Enero	1.0406e+04	91680625	3533175	1.1290e+04	9.5228e+03	1.7148e+03	52.1829
Febrero	7.0243e+03	57684025	1625330	7.9078e+03	6.1408e+03	312.7744	1.4542e+03
Marzo	1.1105e+04	126720049	4514057	1.1988e+04	1.0221e+04	730.9716	1.0360e+03
Abril	1.1061e+04	138980521	4703811	1.1944e+04	1.0177e+04	155.3331	1.6116e+03
Mayo	1.3199e+04	155201764	6191626	1.4083e+04	1.2316e+04	1.6246e+03	142.3207
Junio	8.3115e+03	56190016	2046408	9.1951e+03	7.4282e+03	1.6001e+03	67.8206

Figura 18 Datos iniciales Horno 1 Prototipo AEEnergy

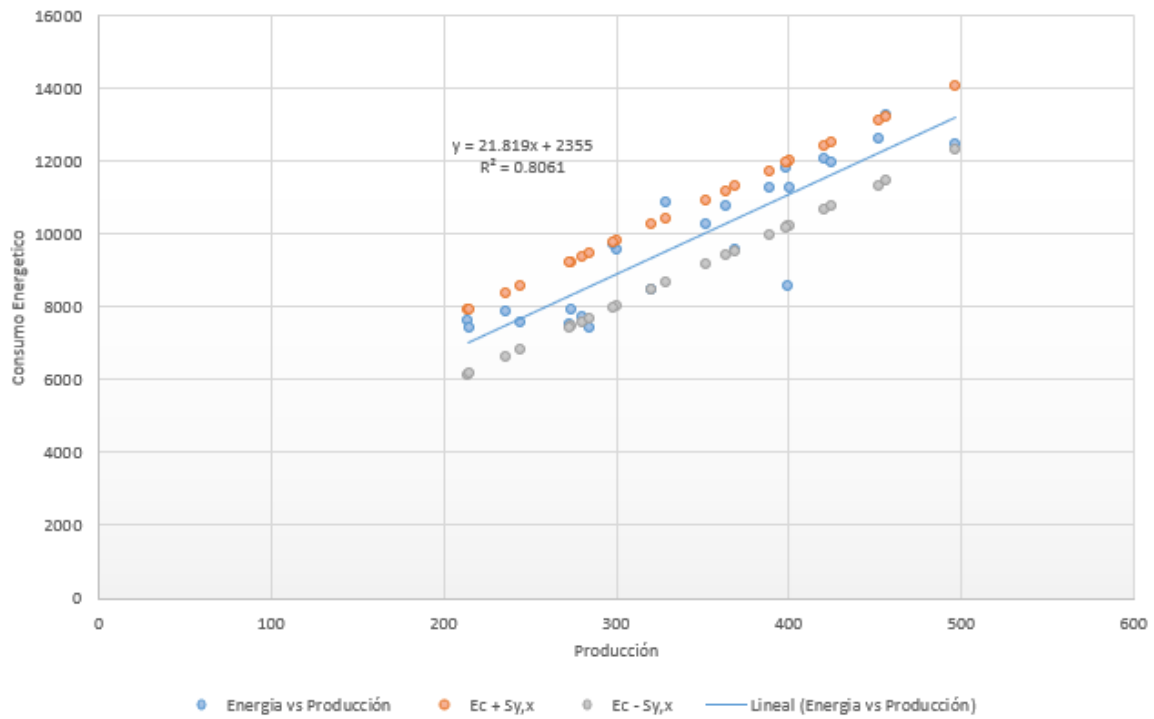


Figura 19 Grafico Línea base Horno 1 en Excel

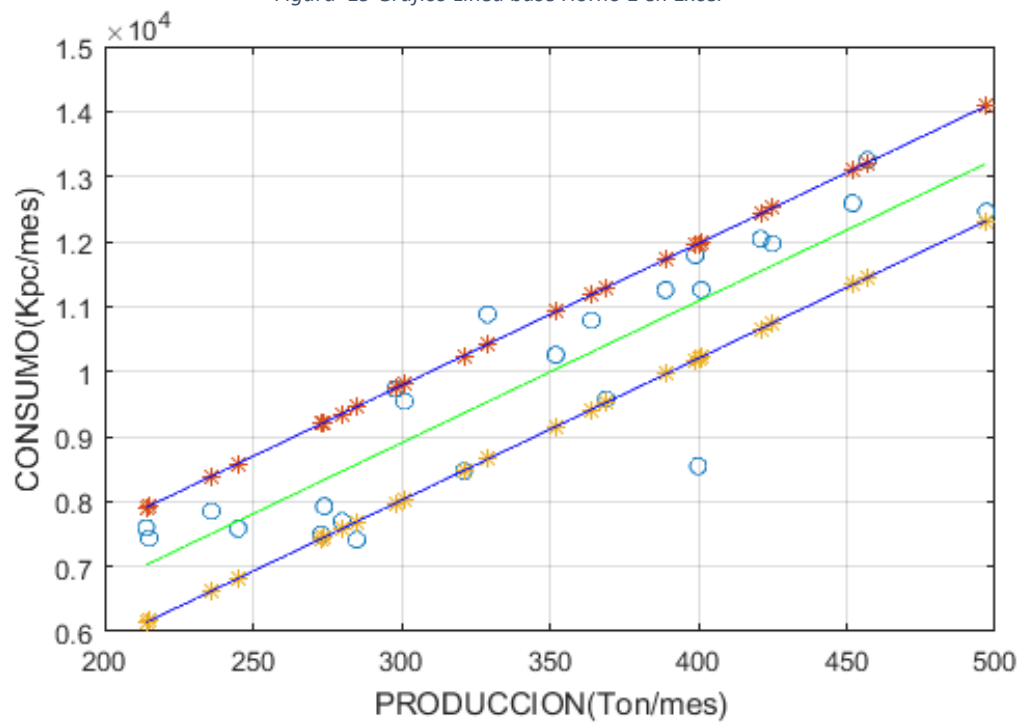


Figura 20 Grafico Línea base Horno 1 Prototipo AEEnergy

PERIODOS	E=CONSUMO (KWh/mes)	P=PRODUCCION (Lt/mes)	Consumo Teorico	Real-Teorico	Diferencia al cuadrado	Linea meta	
1	Enero	7925	274	8462.8	-537.8	289228.84	6663.327
2	Febrero	12589	452	12325.4	263.6		10531.93
3	Abril	7695	280	8593	-898	806404	6793.527
4	Mayo	10255	352	10155.4	93.6		8361.927
5	Junio	7584	245	7833.5	-249.5	62250.25	6040.027
6	Julio	9541	301	9048.7	492.3		7255.227
7	Agosto	11254	389	10958.3	295.7		9164.827
8	Octubre	7852	236	7638.2	213.8		5844.727
9	Enero	9575	369	10524.3	-949.3	901170.49	8730.827
10	Febrero	7595	214	7160.8	434.2		5367.327
11	Marzo	11257	401	11218.7	38.3		9425.227
12	Abril	11789	399	11175.3	613.7		9381.827
13	Mayo	12458	497	13301.9	-843.9	712167.21	11508.43
14	Junio	7496	273	8441.1	-945.1	893214.01	6647.627
15	Agosto	7436	215	7182.5	253.5		5389.027
16	Septiembre	12036	421	11652.7	383.3		9859.227
17	Octubre	9731	298	8983.6	747.4		7190.127
18	Noviembre	10785	364	10415.8	369.2		8622.327
19	Diciembre	11965	425	11739.5	225.5		9946.027
	Sumatoria	186818	6405		Varianza	523490.69	
	Promedio	9832.526316			D. Estandar	723.52656	
	ENA	2355					
				Potencial de ahorro	Valor de E0	1793.4734	KW-h mes

Figura 21 Datos filtrados Horno 1 en Excel

Sumatorias	Promedio	Panel
Consumo : 186818	Consumo : 9832.53	a Nueva : 21.7
Produccion : 6405		b Nueva : 2517.34
		R <sup>2</sup> Nueva 0.915034

MECATRONICA

E Calculado

Mes	Consumo Teorico	Real - Torico	Diferencia al Cuadrado	Linea Meta
Enero	8.4631e+03	-538.1415	2.8960e+05	6.3851e+03
Febrero	1.2326e+04	263.2567	0	1.0248e+04
Abril	8.5933e+03	-898.3415	8.0702e+05	6.5153e+03
Mayo	1.0156e+04	99.2577	0	8.0777e+03
Junio	7.8338e+03	-249.8412	6.2421e+04	5.7558e+03
Julio	9.0490e+03	491.9583	0	6.9710e+03
Agosto	1.0959e+04	295.3574	0	8.8806e+03
Octubre	7.6385e+03	213.4589	0	5.5605e+03
Enero	1.0525e+04	-949.6424	9.0182e+05	8.4466e+03
Febrero	7.1611e+03	433.8591	0	5.0831e+03
Marzo	1.1219e+04	37.9572	0	9.1410e+03
Abril	1.1176e+04	613.3573	0	9.0976e+03
Mayo	1.3302e+04	-844.2437	7.1275e+05	1.1224e+04
Junio	8.4414e+03	-945.4415	8.9386e+05	6.3634e+03
Agosto	7.1828e+03	253.1591	0	5.1048e+03
Septiembre	1.1653e+04	382.9570	0	9.5750e+03
Octubre	8.9839e+03	747.0583	0	6.9059e+03
Noviembre	1.0416e+04	268.8576	0	8.2281e+03

Figura 22 Datos filtrados Horno 1 Prototipo AEEnergy

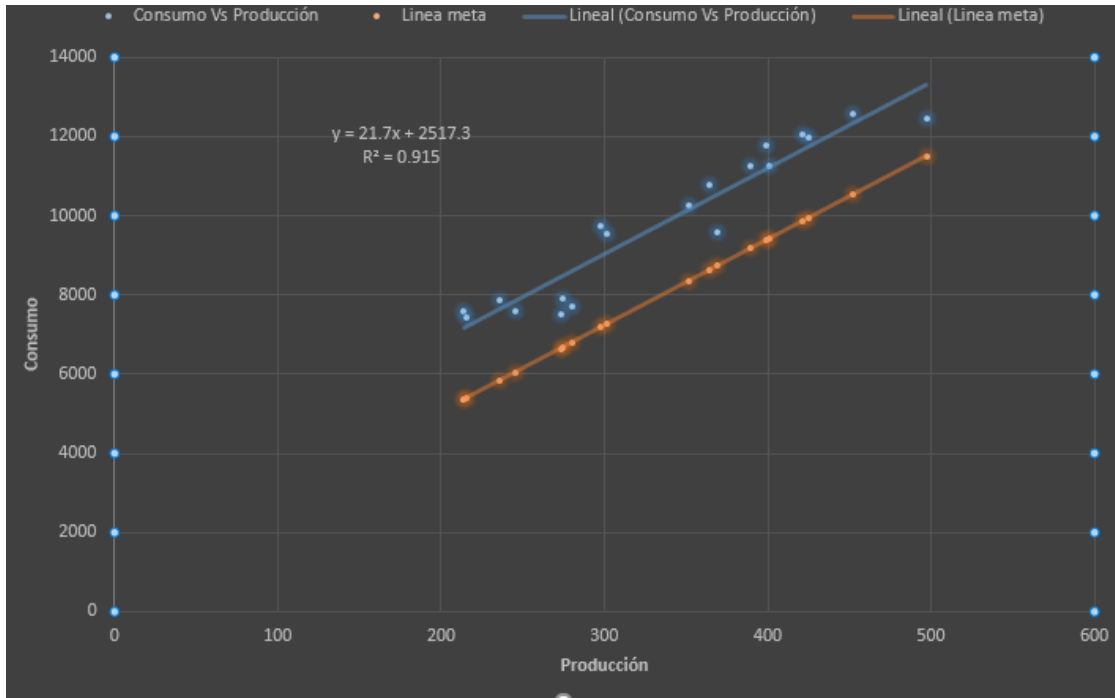


Figura 23 Grafico Línea meta Horno 1 en Excel

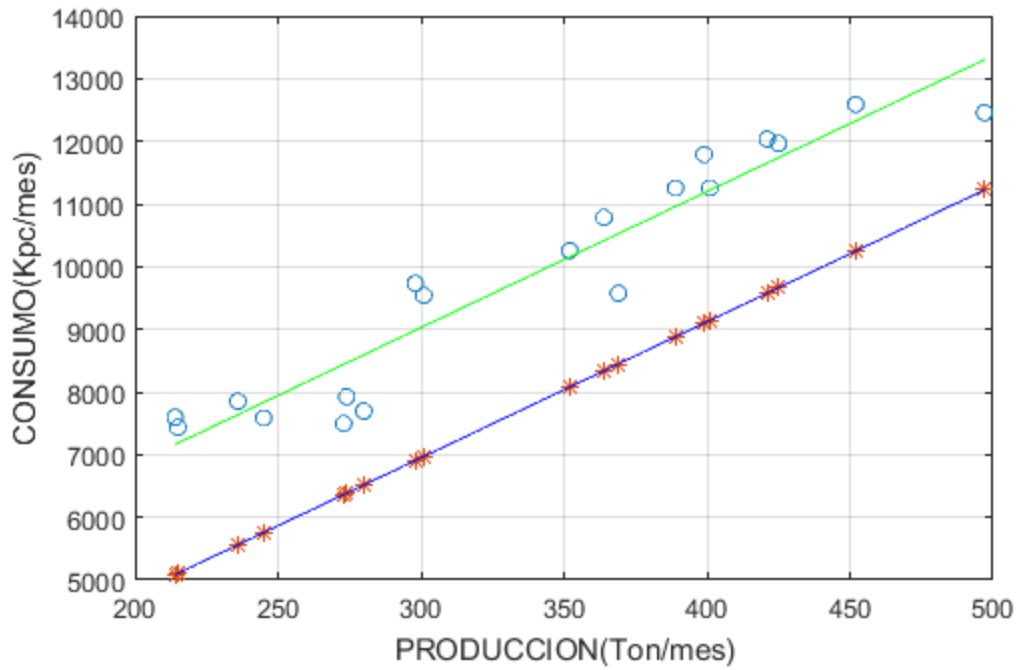


Figura 24 Grafico Línea meta Horno 1 Prototipo AEEnergy

	a=E0	2517	b=m	21.7	Rata Critic	0.380556
					Rata de Produccion	0.468202
PERIODOS	E=CONSUMO (Kwh/mes)	P=PRODUCCION N (Lt/mes)	IC real	IC teorico	2E0/P^3	
1	Enero	7925	274	28.9234	30.8861	0.0002447
2	Febrero	12589	452	27.8518	27.2686	5.451E-05
3	Abril	7695	280	27.4821	30.6893	0.0002293
4	Mayo	10255	352	29.1335	28.8506	0.0001154
5	Junio	7584	245	30.9551	31.9735	0.0003423
6	Julio	9541	301	31.6977	30.0621	0.0001846
7	Agosto	11254	389	28.9306	28.1704	8.552E-05
8	Octubre	7852	236	33.2712	32.3653	0.0003883
9	Enero	9575	369	25.9485	28.5211	0.0001002
10	Febrero	7595	214	35.4907	33.4617	0.0005137
11	Marzo	11257	401	28.0723	27.9768	7.807E-05
12	Abril	11789	399	29.5464	28.0083	7.925E-05
13	Mayo	12458	497	25.0664	26.7644	4.101E-05
14	Junio	7496	273	27.4579	30.9198	0.0002474
15	Agosto	7436	215	34.5860	33.4070	0.0005065
16	Septiembre	12036	421	28.5891	27.6786	6.746E-05
17	Octubre	9731	298	32.6544	30.1463	0.0001902
18	Noviembre	10785	364	29.6291	28.6148	0.0001044
19	Diciembre	11965	425	28.1529	27.6224	6.558E-05
	Consumo Promedio	9832.526316	365.4385965		28.5876	0.0001032
	Promedio de P		337.1052632		Potencial de ahorro	1546.7356 Kw/hmes
	Promedio IC real		29.6547		Porcentaje de Ahorro	15.73%

Figura 25 Grafico Índice de consumo Horno 1 en Excel

Sumatorias	Promedio	Indice de Consumo Real	29.6547
Consumo : 186818	Consumo : 9832.53	Indice de Consumo Teorico	33.0194
Produccion : 6405	Produccion : 337.105		

Panel

m : 25.0664	E0 : 2517.34
-------------	--------------

E Calculado

Mes	Indice de Consumo Real	Indice de Consumo Teorico	2E0/P^3
Enero	28.9234	34.2538	2.4475e-04
Febrero	27.8518	30.6357	5.4520e-05
Abril	27.4821	34.0569	2.2935e-04
Mayo	29.1335	32.2179	1.1544e-04
Junio	30.9551	35.3413	3.4235e-04
Julio	31.6977	33.4296	1.8462e-04
Agosto	28.9306	31.5377	8.5531e-05
Octubre	33.2712	35.7331	3.8303e-04
Enero	25.9485	31.8885	1.0021e-04
Febrero	35.4907	36.8297	5.1372e-04
Marzo	28.0723	31.3441	7.8080e-05
Abril	29.5464	31.3755	7.9260e-05
Mayo	25.0664	30.1315	4.1011e-05
Junio	27.4579	34.2874	2.4745e-04
Agosto	34.5860	36.7750	5.0659e-04

Panel

Potencial de Ahorro :	-160.725	Porcentaje de Ahorro :	-1.63463 %
-----------------------	----------	------------------------	------------

Figura 26 Grafico Índice de consumo Horno 1 Prototipo AEEnergy

Al comparar la figura 26 y la figura 27 se hizo notable un error presente en el prototipo es cual posteriormente fueron solucionados.

## 6.7.2. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL DISPOSITIVO FINAL

A continuación, se mostrarán las imágenes donde se evidencia que correcto funcionamiento de la herramienta, para esto fue necesario hacer el análisis de datos para los 5 hornos en Excel y luego en nuestra herramienta, en este documento solamente estarán presentes las comparaciones para el horno 1 y horno 4, como anexo de este documento se tendrán las comparaciones para los demás hornos.

### 6.7.2.1. COMPARACIONES DE DATOS DEL HORNO 1

Para el horno 1 solamente se mostrarán las comparaciones del índice de consumo porque en esta sección se realizó la corrección al prototipo.

The screenshot shows a software window titled "Indice\_Consumo" with the following data:

Sumatorias		Promedio		Indice de Consumo Real
Consumo :	186818	Consumo :	9832.53	29.6547
Produccion :	6405	Produccion :	337.105	Indice de Consumo Teorico
				29.653

Panel	
m :	25.0664
E0 :	2517.34

E Calculado				
Mes	Indice de Consumo Real	Indice de Consumo Teorico	2E0/P^3	
Enero	28.9234	30.8874	2.4475e-04	
Febrero	27.8518	27.2693	5.4520e-05	
Abril	27.4821	30.6905	2.2935e-04	
Mayo	29.1335	28.8515	1.1544e-04	
Junio	30.9551	31.9749	3.4235e-04	
Julio	31.6977	30.0633	1.8462e-04	
Agosto	28.9306	28.1713	8.5531e-05	
Octubre	33.2712	32.3667	3.8303e-04	
Enero	25.9485	28.5221	1.0021e-04	
Febrero	35.4907	33.4633	5.1372e-04	
Marzo	28.0723	27.9777	7.8080e-05	
Abril	29.5464	28.0091	7.9260e-05	
Mayo	25.0664	26.7651	4.1011e-05	
Junio	27.4579	30.9210	2.4745e-04	
Agosto	34.5860	33.4086	5.0659e-04	

Panel			
Potencial de Ahorro :	1546.74	Porcentaje de Ahorro :	15.7308 %

Figura 27 Índice de consumo Horno 1 AEEnergy

Comparando la figura 26 con la figura 28 se puede concluir que la herramienta cumple con el propósito requerido.

## 6.7.2.2. COMPARACIONES DE DATOS DEL HORNO 4

PERIODOS	E=CONSUMO (Kwh/mes)	P=PRODUCCION N (Lt/mes)	E calculado (Kwh/mes)	E <sup>2</sup>	Ei*Pi	Ec+Syx	Ec-Syx	(E+Syx)-Real	Real-(E-Syx)
	a	-1211.5	b	35.218	Sy <sub>x</sub>	176.36			
1 Enero	3214	122	3085.10	10329796	392108	3261.46	2908.74	47.46	305.26
2 Febrero	3251	125	3190.75	10569001	406375	3367.11	3014.39	116.11	236.61
3 Marzo	2352	100	2310.30	5531904	235200	2486.66	2133.94	134.66	218.06
4 Abril	1452	87	1852.47	2108304	126324	2028.83	1676.11	576.83	-224.11
5 Mayo	5214	179	5092.52	27185796	933306	5268.88	4916.16	54.88	297.84
6 Junio	3652	132	3437.28	13337104	482064	3613.64	3260.92	-38.36	391.08
7 Julio	2598	103	2415.95	6749604	267594	2592.31	2239.59	-5.69	358.41
8 Agosto	2732	110	2662.48	7463824	300520	2838.84	2486.12	106.84	245.88
9 Septiembre	1979	89	1922.90	3916441	176131	2099.26	1746.54	120.26	232.46
10 Octubre	1999	97	2204.65	3996001	193903	2381.01	2028.29	382.01	-29.29
11 Noviembre	4001	149	4035.98	16008001	596149	4212.34	3859.62	211.34	141.38
12 Diciembre	2025	99	2275.08	4100625	200475	2451.44	2098.72	426.44	-73.72
13 Enero	4562	162	4493.82	20811844	739044	4670.18	4317.46	108.18	244.54
14 Febrero	1973	89	1922.90	3892729	175597	2099.26	1746.54	126.26	226.46
15 Marzo	1938	81	1641.16	3755844	156978	1817.52	1464.80	-120.48	473.20
16 Abril	2973	115	2838.57	8838729	341895	3014.93	2662.21	41.93	310.79
17 Mayo	3007	128	3296.40	9042049	384896	3472.76	3120.04	465.76	-113.04
18 Junio	4730	172	4846.00	23272900	813560	5022.36	4669.64	292.36	60.36
19 Julio	3013	119	2979.44	9078169	358547	3155.80	2803.08	142.80	209.32
20 Agosto	2780	111	2697.70	7284000	308580	2874.06	2521.34	94.06	258.66
21 Septiembre	2509	108	2532.04	6295081	270972	2768.40	2415.68	253.40	93.32
22 Octubre	1990	94	2098.99	3960100	187060	2275.35	1922.63	285.35	67.37
23 Noviembre	3507	130	3366.84	12293049	455930	3543.20	3190.48	36.20	316.52
24 Diciembre	4901	179	5092.52	24019801	877279	5268.88	4916.16	367.88	-15.16
Sumatoria	72352	2880		243391036	9380467				
Promedio	3014.666667								
ENA	-1211.5								

Figura 28 Datos iniciales Horno 4 en Excel

Tratado\_De\_Datos

Sumatorias	Promedio	Panel
Consumo : 72352	Consumo : 3014.67	a : 35.2177
Produccion : 2880		b : -1211.46
		R <sup>2</sup> : 0.972938

MECATRONICA

E Calculado

Mes	E Calculado	Ei <sup>2</sup>	Ei*Pi	E+Syx	E-Syx	(E+Syx)-Real	Real-(E-Syx)
Enero	3.0851e+03	10329796	392108	3.2614e+03	2.9088e+03	47.4223	305.2180
Febrero	3.1908e+03	10569001	406375	3.3671e+03	3.0144e+03	116.0755	236.5647
Marzo	2.3103e+03	5531904	235200	2.4866e+03	2.1340e+03	134.6319	218.0083
Abril	1.8525e+03	2108304	126324	2.0288e+03	1.6762e+03	576.8012	-224.1610
Mayo	5.0925e+03	27185796	933306	5.2688e+03	4.9162e+03	54.8337	297.8065
Junio	3.4373e+03	13337104	482064	3.6136e+03	3.2610e+03	-38.4003	391.0405
Julio	2.4160e+03	6749604	267594	2.5923e+03	2.2396e+03	-5.7149	358.3551
Agosto	2.6625e+03	7463824	300520	2.8388e+03	2.4862e+03	106.8094	245.8309
Septiembre	1.9229e+03	3916441	176131	2.0992e+03	1.7466e+03	120.2367	232.4035
Octubre	2.2047e+03	3996001	193903	2.3810e+03	2.0283e+03	381.9787	-29.3384
Noviembre	4.0360e+03	16008001	596149	4.2123e+03	3.8597e+03	211.3014	141.3389
Diciembre	2.2751e+03	4100625	200475	2.4514e+03	2.0988e+03	426.4142	-73.7739
Enero	4.4938e+03	20811844	739044	4.6701e+03	4.3175e+03	108.1321	244.5082
Febrero	1.9229e+03	3892729	175597	2.0992e+03	1.7466e+03	126.2367	226.4035
Marzo	1.6412e+03	3755844	156978	1.8175e+03	1.4649e+03	-120.5052	473.1455
Abril	2.8386e+03	8838729	341895	3.0149e+03	2.6623e+03	41.8981	310.7422
Mayo	3.2964e+03	9042049	384896	3.4727e+03	3.1201e+03	465.7288	-113.0885
Junio	4.8460e+03	23272900	813560	5.0223e+03	4.6697e+03	292.2305	60.2305

Figura 29 Datos iniciales Horno 4 AEnergy

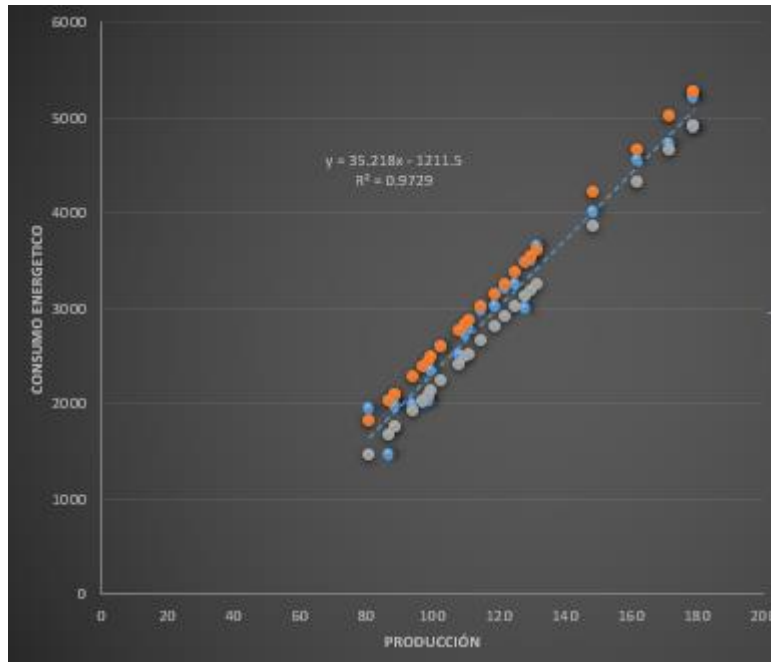


Figura 30 Grafico Línea base Horno 4 en Excel

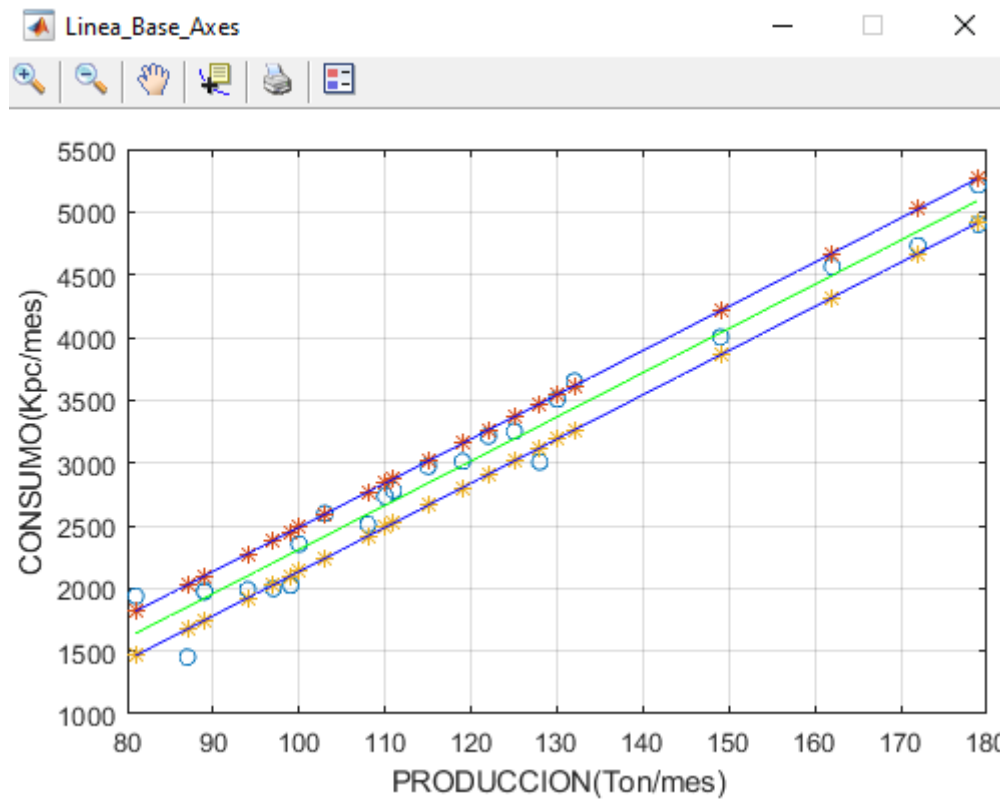


Figura 31 Grafico Línea base Horno 4 AEEnergy



PERIODOS	E=CONSUMO (KWh/mes)	P=PRODUCCION (Lt/mes)	Consumo Teorico	Real-Teorico	Diferencia al cuadrado	Linea meta	
1	Enero	3214	122	5474.712	-2260.712	5110818.747	6468.13595
2	Febrero	3251	125	5580.45	-2329.45		6573.87395
3	Marzo	2352	100	4699.3	-2347.3	5509817.29	5692.72395
4	Mayo	5214	179	7483.734	-2269.734		8477.15795
5	Agosto	2732	110	5051.76	-2319.76	5381286.458	6045.18395
6	Septiembre	1979	89	4311.594	-2332.594		5305.01795
7	Noviembre	4001	149	6426.354	-2425.354		7419.77795
8	Enero	4562	162	6884.552	-2322.552		7877.97595
9	Febrero	1973	89	4311.594	-2338.594	5469021.897	5305.01795
10	Abril	2973	115	5227.99	-2254.99		6221.41395
11	Junio	4730	172	7237.012	-2507.012		8230.43595
12	Julio	3013	119	5368.974	-2355.974		6362.39795
13	Agosto	2780	111	5087.006	-2307.006	5322276.684	6080.42995
14	Septiembre	2509	108	4981.268	-2472.268	6112109.064	5974.69195
15	Octubre	1990	94	4487.824	-2497.824		5481.24795
16	Noviembre	3507	130	5756.68	-2249.68		6750.10395
	Sumatoria	50780	1974		Varianza	4700761.448	
	Promedio	3173.75			D. Estandar	2168.123947	
	ENA	-1211.5					

Figura 32 Datos filtrados Horno 4 en Excel

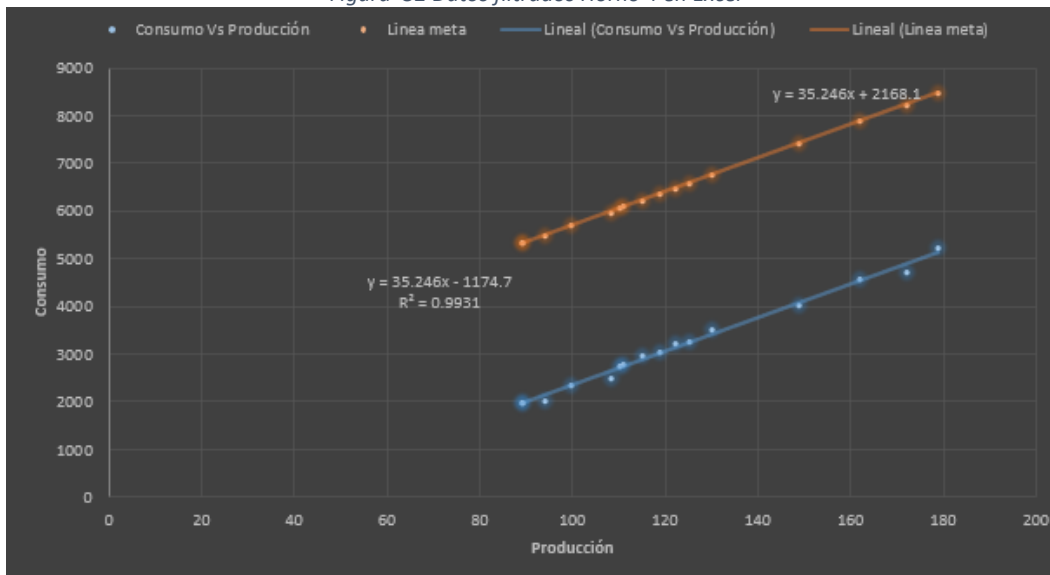


Figura 33 Grafico Línea meta Horno 4 en Excel

En la figura 33 y figura 34 se muestra un error muy común, como es no tener en cuenta uno de los signos al momento de sacar los valores de a y b de la ecuación de tendencia, sin embargo, se adjunta grafico de Índice de consumo con el error.

	a=E0	1174.7	b=m	35.246		Rata Critic	0.169444
						Rata de Produccion	0.171354
PERIODOS	E=CONSUMO (KWh/mes)	P=PRODUCCION (Lt/mes)	IC real	IC teorico	2E0/P^3		
1	Enero	3214	122	26.3443	44.8747	0.0012938	
2	Febrero	3251	125	26.0080	44.6436	0.0012029	
3	Marzo	2352	100	23.5200	46.9930	0.0023494	
4	Mayo	5214	179	29.1285	41.8086	0.0004096	
5	Agosto	2732	110	24.8364	45.9251	0.0017651	
6	Septiembre	1979	89	22.2360	48.4449	0.0033326	
7	Noviembre	4001	149	26.8523	43.1299	0.0007102	
8	Enero	4562	162	28.1605	42.4972	0.0005526	
9	Febrero	1973	89	22.1685	48.4449	0.0033326	
10	Abril	2973	115	25.8522	45.4608	0.0015448	
11	Junio	4730	172	27.5000	42.0757	0.0004617	
12	Julio	3013	119	25.3133	45.1174	0.0013942	
13	Agosto	2780	111	25.0450	45.8289	0.0017179	
14	Septiembre	2509	108	23.2315	46.1229	0.001865	
15	Octubre	1990	94	21.1702	47.7428	0.0028286	
16	Noviembre	3507	130	26.9769	44.2822	0.0010694	
	Consumo Promedio	3173.75	117.075		45.2797	0.0014641	
	Promedio de P		123.375		Potencial de ahorro	506.03964	Kwh/mes
	Promedio IC real		25.2719		Porcentaje de Ahorro	15.94%	

Figura 34 Índice de consumo Horno 4 en Excel

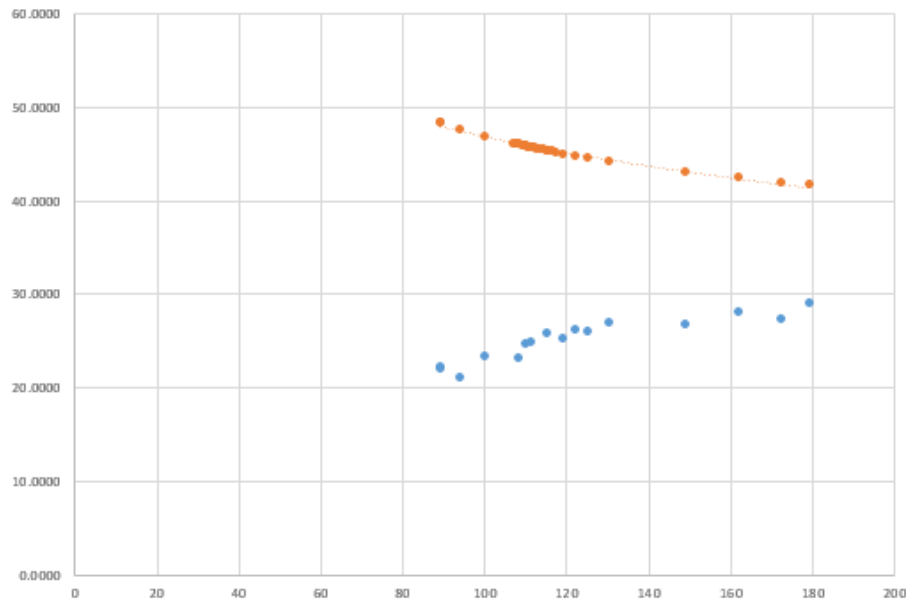


Figura 35 Grafico Índice de consumo Horno 4 en Excel

A continuación, se agregan las imágenes para su comparación con sus respectivas correcciones.

PERIODOS	E=CONSUMO (KWh/mes)	P=PRODUCCION (Lt/mes)	Consumo Teorico	Real-Teorico	Diferencia al cuadrado	Linea meta	
1	Enero	3214	122	3125.312	88.688	7865.561344	4360.67391
2	Febrero	3251	125	3231.05	19.95		4466.41191
3	Marzo	2352	100	2349.9	2.1	4.41	3585.26191
4	Mayo	5214	179	5134.334	79.666		6369.69591
5	Agosto	2732	110	2702.36	29.64	878.5296	3937.72191
6	Septiembre	1979	89	1962.194	16.806		3197.55591
7	Noviembre	4001	149	4076.954	-75.954		5312.31591
8	Enero	4562	162	4535.152	26.848		5770.51391
9	Febrero	1973	89	1962.194	10.806	116.769636	3197.55591
10	Abril	2973	115	2878.59	94.41		4113.95191
11	Junio	4730	172	4887.612	-157.612		6122.97391
12	Julio	3013	119	3019.574	-6.574		4254.93591
13	Agosto	2780	111	2737.606	42.394	1797.251236	3972.96791
14	Septiembre	2509	108	2631.868	-122.868	15096.54542	3867.22991
15	Octubre	1990	94	2138.424	-148.424		3373.78591
16	Noviembre	3507	130	3407.28	99.72		4642.64191
	Sumatoria	50780	1974		Varianza	3679.866749	
	Promedio	3173.75			D. Estandar	60.66190525	
	ENA	-1211.5					

Figura 36 Datos filtrados Corregidos Horno 4 en Excel

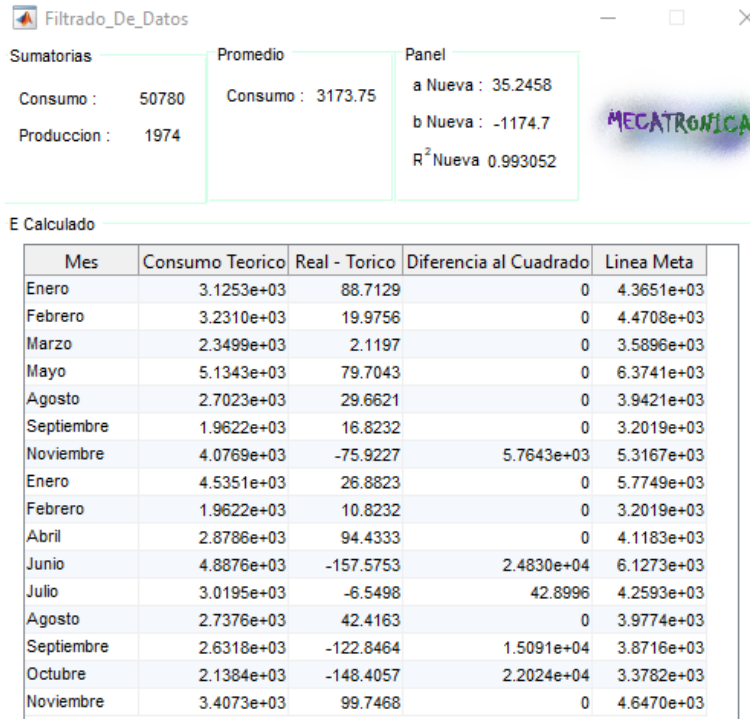


Figura 37 Datos filtrados Horno 4 AEEnergy

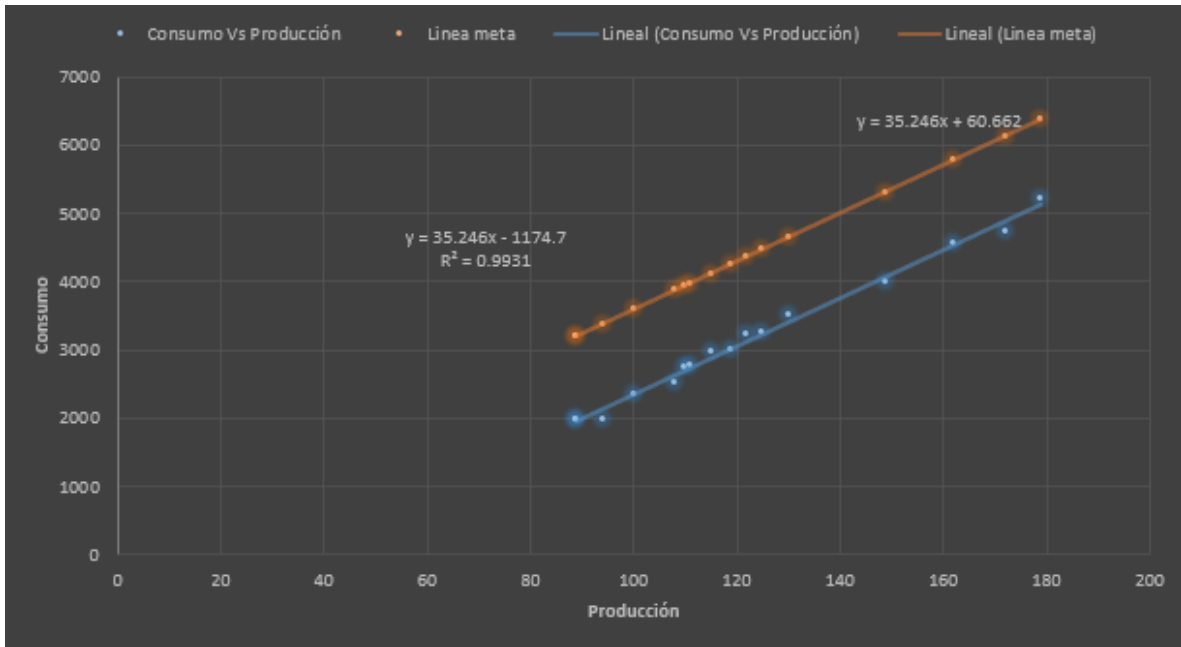


Figura 38 Grafico Línea meta Corregido Horno 4 en Excel

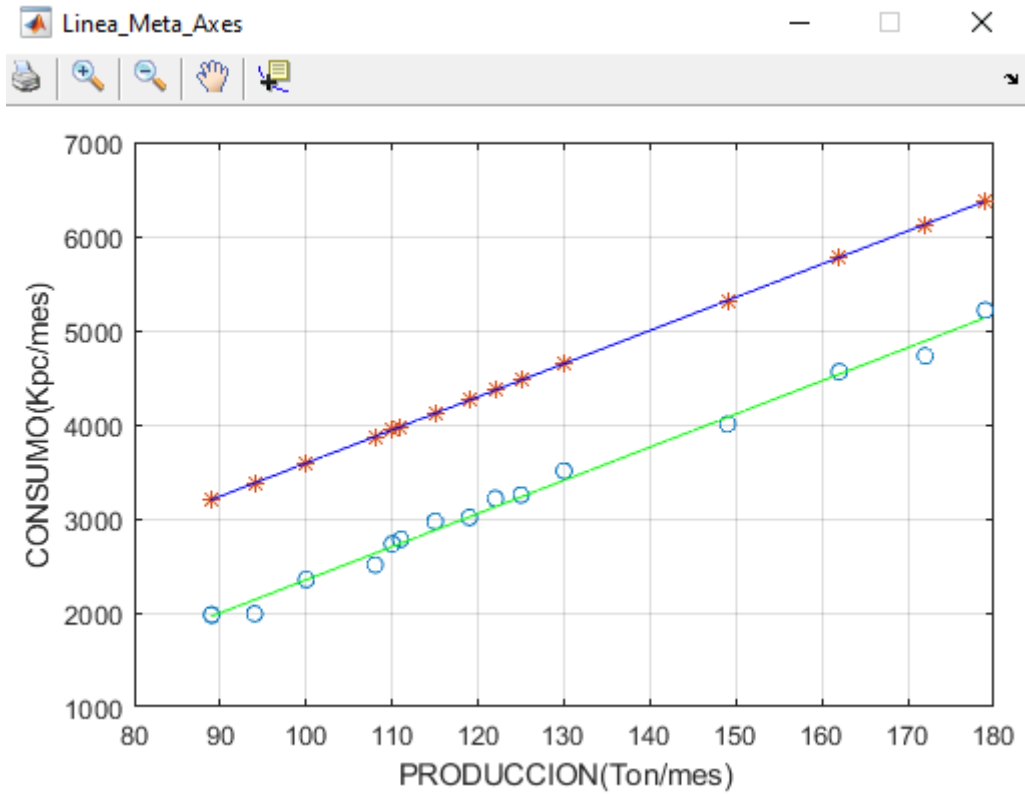


Figura 39 Grafico Línea meta Horno 4 AEEnergy

	a=E0	-1174.7	b=m	35.246		Rata Critic	0.163444
						Rata de Produccion	0.171354
PERIODOS	E=CONSUMO (KWh/mes)	P=PRODUCCION N (Lt/mes)	IC real	IC teorico	2E0/P^3		
1	Enero	3214	122	26.3443	25.6173	-0.001294	
2	Febrero	3251	125	26.0080	25.8484	-0.001203	
3	Marzo	2352	100	23.5200	23.4990	-0.002349	
4	Mayo	5214	179	29.1285	28.6834	-0.00041	
5	Agosto	2732	110	24.8364	24.5669	-0.001765	
6	Septiembre	1979	89	22.2360	22.0471	-0.003333	
7	Noviembre	4001	149	26.8523	27.3621	-0.00071	
8	Enero	4562	162	28.1605	27.9948	-0.000553	
9	Febrero	1973	89	22.1685	22.0471	-0.003333	
10	Abril	2973	115	25.8522	25.0312	-0.001545	
11	Junio	4730	172	27.5000	28.4163	-0.000462	
12	Julio	3013	119	25.3193	25.3746	-0.001394	
13	Agosto	2780	111	25.0450	24.6631	-0.001718	
14	Septiembre	2509	108	23.2315	24.3691	-0.001865	
15	Octubre	1990	94	21.1702	22.7492	-0.002829	
16	Noviembre	3507	130	26.9769	26.2098	-0.001069	
	Consumo Promedio	3173.75	117.075		25.2123	-0.001464	
	Promedio de P		123.375		Potencial de ahorro	506.03964	Kwh/mes
	Promedio IC real		25.2719		Porcentaje de Ahorro	15.94%	

Figura 40 Índice de consumo Corregido Horno 4 en Excel

**Indice\_Consumo**

<b>Sumatorias</b>		<b>Promedio</b>	
Consumo : 50780	Produccion : 1974	Consumo : 3173.75	Produccion : 123.375
		Indice de Consumo Real : 25.2719	Indice de Consumo Teorico : 25.2798

Panel  
m : 21.1702      E0 : -1174.7

**E Calculado**

Mes	Indice de Consumo Real	Indice de Consumo Teorico	2E0/P^3
Enero	26.3443	25.6171	-0.0013
Febrero	26.0080	25.8482	-0.0012
Marzo	23.5200	23.4988	-0.0023
Mayo	29.1285	28.6832	-4.0963e-04
Agosto	24.8364	24.5667	-0.0018
Septiembre	22.2360	22.0469	-0.0033
Noviembre	26.8523	27.3619	-7.1023e-04
Enero	28.1605	27.9946	-5.5260e-04
Febrero	22.1685	22.0469	-0.0033
Abril	25.8522	25.0310	-0.0015
Junio	27.5000	28.4161	-4.6171e-04
Julio	25.3193	25.3744	-0.0014
Agosto	25.0450	24.6629	-0.0017
Septiembre	23.2315	24.3689	-0.0019
Octubre	21.1702	22.7490	-0.0028

Panel  
Potencial de Ahorro : 506.04      Porcentaje de Ahorro : 15.9445 %

Figura 41 Índice de consumo Horno 4 AEEnergy

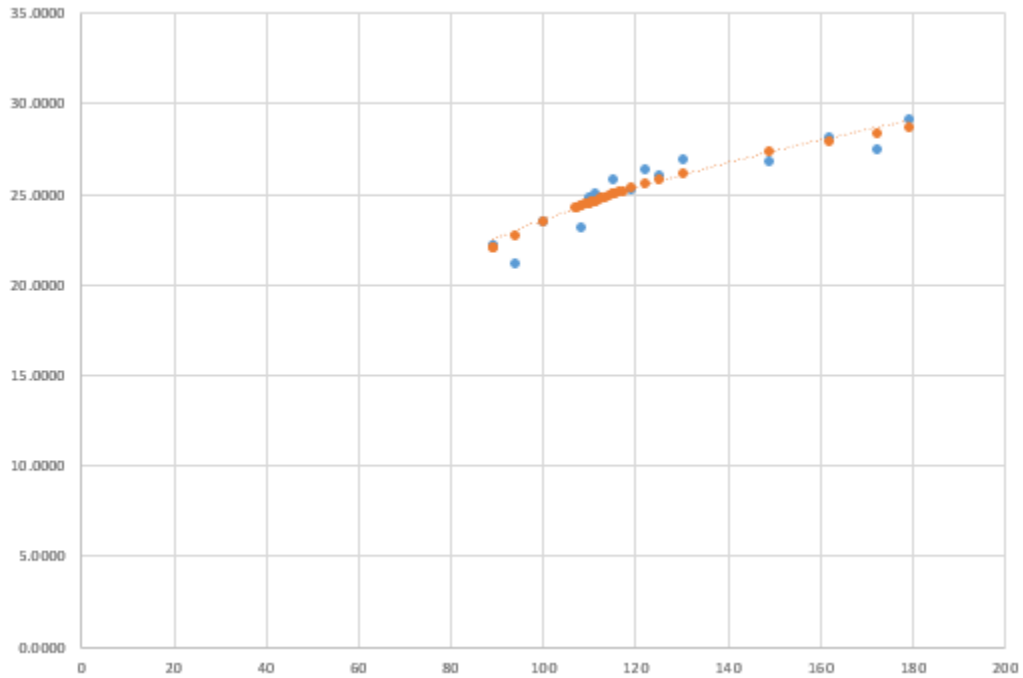


Figura 42 Grafico Índice de consumo Corregido Horno 4 en Excel

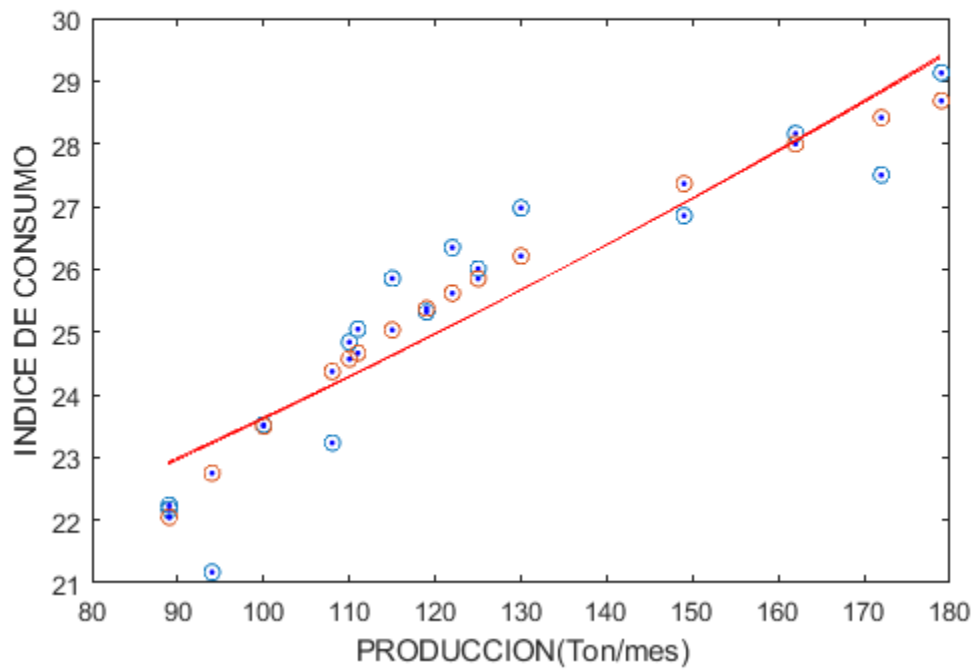
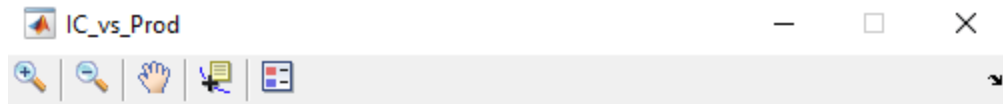


Figura 43 Grafico Índice de consumo Horno 4 AEEnergy

## **6.8. MANUAL DE USUARIO**

El manual corresponde a instalación y utilización del software y este se anexa al documento.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

AEEnergy el software como herramienta computacional para el apoyo de la gestión energética en grandes edificaciones se desarrolló satisfactoriamente y arroja resultados mucho más precisos y exactos debido al uso de todos los decimales por parte del Runtime de MATLAB, esto en comparación con Excel.

AEEnergy es capaz de realizar en un análisis energético en cuestión de minutos, la optimización lograda con este software es notable en comparación al tiempo que toma realizar este análisis con el formato que se trabaja actualmente en Excel.

Para lograr una mejor interpretación de los datos y brindar una mejor asesoría, en el software se mostrarán los datos más importantes para que el asesor sea capaz de dar respuestas más asertivas.

Un punto para destacar que se logró con esta herramienta computacional es la estandarización de un formato para aplicarlo a distintas empresas y/o clientes, reduciendo de esta manera el tiempo de respuesta, y dejando de lado la generación o modificación de una hoja de cálculo dedicada a nuevos filtrados de datos.

Una ventaja que posee AEEnergy es que es capaz de analizar grandes cantidades de datos sin tener un aumento representativo en el tiempo de generación del análisis de la gestión energética.

Por último, podemos destacar la posibilidad de dar respuesta a la empresa o cliente en la misma visita esto gracias a todos los puntos en los que AEEnergy representa una mejora en el proceso del análisis energético.



Para apoyo a futuras investigación sería punto clave probar en otros entornos de programación para lograr una mayor rapidez al instalar y usar la herramienta, esto con el fin de lograr optimizar los tiempos de respuesta, así como tener una interfaz más limpia y nativa del sistema operativo para el que se valla a desarrollar.

Se recomienda instalar el Runtime de Matlab en un disco de estado sólido SSD, con esto se mejora notablemente los tiempos de respuesta del software.

El software cuenta con 7 botones y una tabla donde se pueden editar, agregar o eliminar valores, además brinda la opción de importar datos desde una hoja de Excel y editarlos o pasar a tratarlos.

Este software en comparación a otros softwares sigue con las herramientas para la gestión energética del programa nacional Sistema de Gestión Integral de Energía:

- Levantamiento de datos
- Censo de carga.
- Indicadores energéticos
- Modelo de balance de energía.
- Línea base.
- Producción equivalente.
- Filtrado de datos
- Gráfico E vs P.
- Gráfico IC vs P.
- Gráfico de tendencia.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] et al. A. Borroto, “La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial,” *Rev. Energética*, vol. 33, no. 30 mayo 2005, pp. 65–69, 2005.
- [2] “Análisis de vibraciones madrid,” pp. 1–15, 2017, [Online]. Available: <http://www.renovetec.com>.
- [3] “EFFI ERP Software de Gestión Empresarial.” [Online]. Available: <https://effi.com.co/>.
- [4] E. C. O. De Eficiencia, “Software para la ayuda al diseño de instalaciones eléctricas,” pp. 0–2, [Online]. Available: <https://www.schneider-electric.es/es/product-range-presentation/7589-eco2.0/>.
- [5] “Sigeen – Software control energético.” [Online]. Available: <http://sigeen.net/>.
- [6] V. Vii, “Enerlike Control Soluciones para el Control.” [Online]. Available: <https://www.enerlike.com/>.
- [7] “iGSEeSE.” [Online]. Available: <http://www.igse.innova-soft.com/>.
- [8] “Nemon Trade Energy.” [Online]. Available: <https://www.nemontradeenergy.com/>.
- [9] “Vertiv Environet Solution.” [Online]. Available: [www.vertiv.com/](http://www.vertiv.com/).
- [10] “EBO - ENERGY BUSINESS ONE.” [Online]. Available: <https://www.asociacion3e.org/>.
- [11] William Navidi, *Estadística para ingenieros y científicos*. McGraw-Hill, 2006.
- [12] L. Salazar, V. Guzman, and A. Bueno, “Análisis de medidas de ahorro de energía en una empresa de producción,” *Ingenius*, no. 19. pp. 40–50, 2018, doi: 10.17163/ings.n19.2018.04.
- [13] Marta, “Coeficiente de correlacion.” [Online]. Available: <https://www.superprof.es/apuntes/escolar/matematicas/estadistica/disbidime>

nsion/coeficiente-de-correlacion.html.

- [14] D. G. Zill and M. R. Cullen, *Matemáticas avanzadas para ingeniería, Ecuaciones diferenciales*, Tercera ed. McGraw-Hill, 2008.
- [15] D. Betancourt, "Diagrama de dispersión:," *26 de Julio*. 2016, [Online]. Available: [https://ingenioempresa.com/diagrama-de-dispersion/#Que\\_es\\_un\\_diagrama\\_de\\_dispersion%0Ahttps://ingenioempresa.com/diagrama-de-dispersion/](https://ingenioempresa.com/diagrama-de-dispersion/#Que_es_un_diagrama_de_dispersion%0Ahttps://ingenioempresa.com/diagrama-de-dispersion/).
- [16] C. Dolores Flores and I. Cuevas, "Lectura e interpretación de gráficas socialmente compartidas," *RELIME. Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, vol. 10, no. 1. pp. 69–96, 2007.
- [17] Á. Carvajal, "Diseño, innovación y moda: entre la tecnología y el arte," *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, vol. 1, no. 22. 2017, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4779/477951390003/html/index.html>.
- [18] "Eficiencia Energetica IC vs P." [Online]. Available: <http://www.energiaysociedad.es/>.
- [19] E. Barragán-Escandón, E. Zalamea-León, J. Terrados-Cepeda, and P. Vanegas-Peralta, "Factores que influyen en la selección de energías renovables en la ciudad," *Eure*, vol. 45, no. 134. pp. 259–277, 2019, doi: 10.4067/S0250-71612019000100259.
- [20] "Estadística y Control de calidad - 4.1 Grafica de control y conceptos estadísticos." [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/arturoprieto14/16623-graficosdecontrol>.
- [21] J. C. Campos Avella *et al.*, "Guía para la Implementación de Sistemas de Gestión Integral de la Energía," p. 32, 2007.
- [22] RECIEE, "Sistemas de gestión integral de la energía," pp. 1–24, 2014.
- [23] O. Prias and J. C. Campos Avella, *Sistema de Gestión Integral de la*

*Energía*. 2008.

- [24] Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética, “Sistemas De Gestión Integral De La Energía Sgie,” p. 36, 2014, [Online]. Available: [http://reciee.com/pdf/SGIE Beneficios para la industria \(2\).pdf](http://reciee.com/pdf/SGIE_Beneficios_para_la_industria_(2).pdf).
  
- [25] MATLAB & Simulink, “MATLAB & Simulink - MathWorks América Latina.” 2020, [Online]. Available: [https://es.mathworks.com/help/matlab/learn\\_matlab/product-description.html%0Ahttps://es.mathworks.com/help/matlab/learn\\_matlab/product-description.html%0Ahttps://la.mathworks.com/help/matlab/learn\\_matlab/product-description.html](https://es.mathworks.com/help/matlab/learn_matlab/product-description.html%0Ahttps://es.mathworks.com/help/matlab/learn_matlab/product-description.html%0Ahttps://la.mathworks.com/help/matlab/learn_matlab/product-description.html).
  
- [26] Matlab, “Academia MATLAB for Student Use Become a MATLAB,” 2017. <https://www.mathworks.com/academia/students.html>.