



**UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**“DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO”**

REPORTE DE EXPERIENCIA LABORAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

PRESENTA:  
**JAZIEL SAENZ CASTAÑEDA.**

ASESOR:  
**INGENIERO ELECTRICISTA  
IGNACIO FRANCO TORRES**

MORELIA, MICHOACÁN

ABRIL 2019

# Licencia de Uso No Exclusiva

## HOJA DE LICENCIA DE USO NO EXCLUSIVA

### 1. Datos del autor o autores: Llenar un campo por cada autor que se requiera.

Nombre completo: <b>JAZIEL SAENZ CASTAÑEDA</b>	Matrícula: <b>0300709B</b>
CURP: <b>SACJ881214HMNNSZ08</b>	Nacionalidad (solo en caso de ser nacido en el extranjero):
Nombre completo:	Matrícula:
CURP:	Nacionalidad (solo en caso de ser nacido en el extranjero):
Nombre completo:	Matrícula:
CURP:	Nacionalidad (solo en caso de ser nacido en el extranjero):
Nombre completo:	Matrícula:
CURP:	Nacionalidad (solo en caso de ser nacido en el extranjero):

### 2. Datos del asesor o asesores: Llenar un campo por cada asesor que se requiera

Nombre completo: <b>IGNACIO FRANCO TORRES</b>
CURP: <b>FAT1570808HMNRRG01</b>
Nacionalidad (solo en caso de ser nacido en el extranjero):
Nombre completo:
CURP:
Nacionalidad (solo en caso de ser nacido en el extranjero):
Nombre completo:
CURP:
Nacionalidad (solo en caso de ser nacido en el extranjero):
Nombre completo:
CURP:
Nacionalidad (solo en caso de ser nacido en el extranjero):

**HOJA DE LICENCIA DE USO NO EXCLUSIVA**

**Datos del trabajo de titulación:**

Título del trabajo de titulación:	<b>DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO</b>
-----------------------------------	-------------------------------

*(marcar campos requeridos)*

Tipo de documento:	TESIS	<input type="radio"/>	TESINA	<input type="radio"/>	MEMORIA	<input checked="" type="radio"/>
	OTRO (especifique):		<input type="radio"/>			
Grado académico	LICENCIATURA	<input type="radio"/>	MAESTRIA	<input type="radio"/>	DOCTORADO	<input type="radio"/>
	NIVEL TÉCNICO	<input type="radio"/>	ESPECIALIDAD	<input type="radio"/>		

**Condiciones para el otorgamiento de licencia de uso no exclusiva:**

*(marcar campos requeridos)*

<b>SÍ AUTORIZA</b>	<input checked="" type="radio"/>	<b>RESERVA DE PUBLICACIÓN</b>	<input type="radio"/>
Acepta lo descrito en el ACUERDO DE LICENCIA DE USO NO EXCLUSIVA y con base en ello AUTORIZA Y OTORGA LA LICENCIA DE USO NO EXCLUSIVA.		Después de haber leído el ACUERDO DE LICENCIA DE USO NO EXCLUSIVA, SOLICITA UN PERIODO DE RESERVA DE PUBLICACIÓN.	

En caso de haber seleccionado "RESERVA DE PUBLICACIÓN" favor de llenar la siguiente tabla:

TIEMPO DE RESERVA REQUERIDO (en meses):				
Motivo de reserva de publicación:	TRÁMITE DE PATENTE	<input type="radio"/>	PUBLICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE LA OBRA	<input type="radio"/>
OTRO:				

Al vencer el periodo de reserva, el Repositorio Institucional estará facultado para publicar la obra correspondiente. En caso de requerir una prórroga deberá comunicarse con anticipación al área del Repositorio Institucional o acudir personalmente al solicitante.

**4. Otorgamiento de licencia de uso no exclusiva:**

Declaro conocer, comprender y aceptar todo lo contenido en el ACUERDO DE LICENCIA DE USO NO EXCLUSIVA y, con base en ello, haber llenado el presente formato denominado HOJA DE LICENCIA DE USO NO EXCLUSIVA.

**JAZIEL SAENZ CASTAÑEDA**

NOMBRE



FIRMA

Morelia Mich. a 08 de 04 del año 2019

# Agradecimientos

Dicen que la mejor herencia que nos pueden dejar los padres son los estudios, sin embargo, no creo que sea el único legado del cual yo me siento muy agradecido, mis padres me han permitido trazar mi camino y caminar con mis propios pies, logrando de mí una persona de bien, me han enseñado a esforzarme para alcanzar mis sueños.

Ellos son pilares de mi vida, ya que sin ellos no hubiera logrado estudiar mi carrera. Es por ello que les dedico este trabajo de titulación.

Agradezco a mis profesores quienes a lo largo de mi etapa como estudiante inculcaron en mí las herramientas y conocimientos necesarios para poder competir en el campo laboral.

Quiero expresar un sincero agradecimiento a Dios por brindarme salud, fortaleza y capacidad.

# Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico a:

Mis padres Martin Sáenz y Rosa María Castañeda, quienes por su amor, esfuerzo, dedicación, apoyo y sacrificio me han podido permitir estudiar mi carrera; la cual me ha permitido laborar y darle lo mejor a mi familia.

También quiero agradecerles por inculcar en mí el amor y valores que me han permitido ser la persona que ahora soy.

A mi amada esposa Olivia Mejía, por su apoyo, amor, comprensión y ánimo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A mi adorable hijo Martin Uriel, quien me llena de alegría, amor y felicidad, y es mi motor que me impulsa a dar lo mejor de mi cada día.

A mi hermano Martin quien me ha acompañado durante muchos años de mi vida y con el cual he pasado muchos momentos agradables.

También agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

# Índice

Licencia de Uso No Exclusiva .....	i
Agradecimientos .....	iii
Dedicatoria.....	iv
Índice .....	v
Resumen .....	viii
Palabras Clave .....	viii
Abstract.....	i
Keywords .....	i
Lista de Figuras.....	i
Lista de Tablas .....	iii
Glosario de Términos .....	v
<b>CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes Académicos.....	1
1.2 Antecedentes Laborales.....	1
1.2.1 PEPSI – Mantenimiento (2013). .....	1
1.2.2 HONDA de México SA de CV – Facilities Assistant (2013 – 2015).....	1
1.2.3 Kimberly Clark de México - Eléctrico Instrumentista (2015–2016). .....	2
1.2.4 Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (FIDE) – Diagnosticado empresarial (2016-2017).....	2
1.2.5 FIPATERM – Diagnosticador empresarial zona Pátzcuaro (2017- actual).....	2
<b>CAPITULO 2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 Sistema fotovoltaico.....	3
2.1.1 Paneles solares.....	3
2.1.2 Inversor.....	5
2.2 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos.....	5
2.2.1 Sistema aislado.....	5
2.2.2 Sistema Interconectado.....	6
2.3 Contratos de interconexión ante CFE.....	7
2.3.1 Medición Neta (Net Metering).....	8
2.3.2 Facturación Neta (Net Billing).....	9

2.3.3 Venta total de energía.....	11
2.4 Propuesta para sistema Fotovoltaico.....	12
<b>CAPITULO 3 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....</b>	<b>17</b>
3.1 Definición.....	17
3.2 Tipos de Diagnósticos.....	18
3.2.1 Nivel 1.....	19
3.2.2 Nivel 2.....	19
3.2.3 Nivel 3.....	20
3.3. Factor de potencia.....	20
3.4 Perfil de Tensión.....	21
3.5 Perfil de corriente.....	22
3.6 Perfil de potencias.....	22
3.7 Distorsión Armónica total.....	23
3.8 Desbalance voltaje y corriente.....	23
<b>CAPITULO 4 DIAGNOSTICO SUKARNE AGROINDUSTRIAL SA CV.....</b>	<b>25</b>
4.1 Antecedentes.....	25
4.2 Información general del servicio.....	25
4.3 Tarifa Horaria en Media tensión HM.....	26
4.3.1 Aplicación.....	26
4.3.2 Cuotas aplicables.....	26
4.3.3 Mínimo mensual.....	26
4.3.4 Horario.....	26
4.3.5 Demanda Facturable.....	27
4.4 Historial de facturación.....	28
4.4.1 Demandas por periodo y demanda facturable.....	28
4.4.2 FP.....	29
4.5 Resumen del estudio.....	31
4.6 Mediciones eléctricas del servicio.....	32
4.6.1 Medición TRO 018.....	32
4.6.1.1 <i>Perfil de Tensión</i> .....	32

4.6.2 Mediciones TRO 019.....	41
4.6.3 Medición TRO 020. ....	50
<b>CAPITULO 5 CONCLUSIONES</b> .....	<b>59</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>60</b>

## **Resumen**

A lo largo de este trabajo se hablará sobre el diagnóstico energético; los sistemas fotovoltaicos; contratos de interconexión ante CFE

De esto se puede decir que las energías renovables son una fuente alterna de energía que no contamina, de la cual destaca la energía solar

Los sistemas fotovoltaicos hoy en día han tomado mucha importancia debido a las altas tarifas de CFE:

La vida útil de un panel es de 20 a 25 años, es por ello que las industrias han estado optando por esta opción, ya que les disminuye sus altos costos de la factura eléctrica.

El diagnóstico energético ya sea de nivel 1, 2 o 3, es de vital importancia para la industria ya que nos permite observar donde hay oportunidades de mejora para disminuir la factura eléctrica, además de que nos permite detectar problemas en los equipos, instalación o la red eléctrica que puedan ocasionar daños a equipos y o evitar daños futuros.

## **Palabras Clave**

Energía, fotovoltaico, Ahorro, Interconexión, valoración, Medición.

## **Abstract**

Throughout this work we will talk about the energy diagnosis; photovoltaic systems; interconnection contracts before CFE

From this it can be said that renewable energies are an alternative source of energy that does not pollute, of which solar energy stands out

Photovoltaic systems today have become very important due to the high rates of CFE: The useful life of a panel is 20 to 25 years, which is why industries have been opting for this option, since it reduces their high costs of the electricity bill.

The energy diagnosis, whether level 1.2 or 3, is of vital importance for the industry as it allows us to observe where there are opportunities for improvement to reduce the electricity bill, in addition to allowing us to detect problems in the equipment, installation or electrical network that can cause damage to equipment and avoid future damage.

## **Keywords**

Energy, photovoltaic, Savings, Interconnection, valuation, Measurement.

## Lista de Figuras

Figura 1 Ensamble Honda de México .....	1
Figura 2 Tipos de paneles fotovoltaicos. ....	4
Figura 3 Sistema aislado .....	5
Figura 4 Sistema interconectado a la red .....	6
Figura 5 Medición Neta.....	9
Figura 6 Facturación neta .....	10
Figura 7 Ejemplo Facturación Neta.....	10
Figura 8 Venta total de energía .....	11
Figura 9 Datos del SICOM .....	12
Figura 10 Relación energía consumida vs producción fotovoltaica. ....	14
Figura 11 Recuperación de la inversión.....	15
Figura 12 Flujo general de actividades para diagnósticos de energía.....	18
Figura 13 Valores de FP.....	20
Figura 14 FP del servicio .....	30
Figura 15 TRO 018.....	32
Figura 16 Perfil de voltaje de línea TRO 018.....	33
Figura 17 Perfil de voltaje de fase .....	33
Figura 18 Perfil de corriente TRO 018.....	34
Figura 19 Perfil de carga KW TRO 018 .....	35
Figura 20 Perfil de Carga KVAr .....	36
Figura 21 Perfil de KVA TRO 018.....	36
Figura 22 Perfil de FP del TRO 018.....	37
Figura 23 Perfil distorsión armónica total en voltaje del TRO 018.....	38
Figura 24 Perfil de distorsión armónica total de corriente TRO 018.....	39
Figura 25 Desbalance voltaje y corriente TRO 018.....	40
Figura 26 termografías TRO 018 .....	40
Figura 27 TRO 019.....	41
Figura 28 Perfil de voltaje de línea TRO 019.....	42
Figura 29 Voltaje de Fase TRO 019. ....	42
Figura 30 Perfil de corriente TRO 019. ....	44
Figura 31 Perfil de carga KW TRO 019 .....	44
Figura 32 Perfil de KVAr TRO 019. ....	45
Figura 33 Perfil de carga KVA TRO 019. ....	45
Figura 34 Perfil FP del TRO 019.....	46

Figura 35 Perfil armónicos de voltaje TRO 019.....	47
Figura 36 Perfil armónicos en corriente TRO 019.....	48
Figura 37 Termografías TRO 019 .....	49
Figura 38 TRO 020.....	50
Figura 39 Perfil de voltaje de línea TRO 020.....	51
Figura 40 Perfil de voltaje de fase TRO 020.....	51
Figura 41 Perfil de corriente TRO 020. ....	52
Figura 42 Perfil de carga KW TRO 020 .....	53
Figura 43 Perfil KVAr TRO 020 .....	53
Figura 44 Perfil Carga KVA TRO 020.....	54
Figura 45 Perfil FP TRO 020.....	55
Figura 46 Perfil distorsión armónica voltaje TRO 020. ....	56
Figura 47 Perfil distorsión armónica de corriente. ....	56
Figura 48 Desbalance entre líneas Norma IEEE TRO .....	57
Figura 49 Termografías TRO 020. ....	58

# Lista de Tablas

Tabla 1 Bolsa de energía .....	8
Tabla 2 Consumos Kwh .....	12
Tabla 3 Numero de paneles requeridos. ....	13
Tabla 4 Características del sistema.....	13
Tabla 5 Generación Mensual Estimada. ....	14
Tabla 6 Resumen del Proyecto. ....	15
Tabla 7 Datos del servicio .....	25
Tabla 8 Costos Septiembre 2017. ....	26
Tabla 9 Horario de Verano.....	27
Tabla 10 Horario de Invierno. ....	27
Tabla 11 Factor de reducción. ....	28
Tabla 12 Demandas máximas y demanda facturable.....	29
Tabla 13 FP del servicio.....	30
Tabla 14 Desglose TROS del servicio.....	31
Tabla 15 ubicación de lo TROS evaluados. ....	31
Tabla 16 Datos TRO 018.....	32
Tabla 17 Resumen perfil de voltaje TRO 018.....	34
Tabla 18 Resumen perfil de corriente TRO 018.....	35
Tabla 19 Resumen perfil de potencias TRO 018.....	37
Tabla 20 Resumen FP TRO 018. ....	38
Tabla 21 Resumen perfil de distorsión armónica TRO 018. ....	39
Tabla 22 Resumen desbalance TRO 018.....	40
Tabla 23 Información TRO 019. ....	41
Tabla 24 Resumen perfil de voltaje TRO 019.....	43
Tabla 25 Resumen perfil de corriente TRO 019.....	44
Tabla 26 Resumen del perfil de potencia TRO 019.....	46
Tabla 27 Resumen perfil de FP TRO 019.....	47
Tabla 28 Resumen perfil de distorsión armónica TRO 019. ....	48
Tabla 29 Resumen de desbalance de voltaje y corriente. TRO 019 .....	49
Tabla 30 Datos TRO 020.....	50
Tabla 31 Resumen perfil de Tensión TRO 020.....	52
Tabla 32 Resumen perfil de corriente TRO 020.....	53
Tabla 33 Resumen perfil de potencias TRO 020.....	54
Tabla 34 Resumen perfil de FP. ....	56
Tabla 35 Resumen perfil distorsión armónica TRO 020. ....	57

Tabla 36 Resumen de Desbalance IEEE TRO 020.....57

# Glosario de Términos

<b>CA</b>	Corriente Alterna
<b>Carga Instalada</b>	Suma de la capacidad de todos los equipos conectados al servicio de energía
<b>CCM</b>	Centro de Control de Motores
<b>CD</b>	Corriente Directa
<b>CFE</b>	Comisión Federal de Electricidad
<b>CFE SSB</b>	Comisión Federal de Electricidad Suministrador de Servicios Básicos
<b>Contrato de Interconexión</b>	Contrato de un servicio fotovoltaico.
<b>Demanda contratada</b>	Carga contratada a CFE, esta no debe ser menor al 60% de la carga instalada
<b>FIPATERM:</b>	Fideicomiso para el aislamiento térmico de la vivienda
<b>FP</b>	Factor de Potencia.
<b>GDMTH</b>	Gran Demanda Media Tensión Horaria.
<b>KVA</b>	Kilo Volt Amper (Potencia aparente).
<b>KVAr</b>	Kilo Volt Amper Reactivo (Potencia reactiva).
<b>KW</b>	Kilo Watt (Potencia real).
<b>KWH</b>	Kilo Watt Hora.
<b>Kwp</b>	Kilo Watt punta
<b>PML</b>	Precio Marginal Local
<b>RGD</b>	Red General de Distribución
<b>RPU:</b>	Registro Permanente de Usuario
<b>SICOM</b>	Sistema Comercial.
<b>TRO</b>	Transformador

# CAPITULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes Académicos.

- Escuela secundaria Ignacio Manuel Altamirano (2000-2003).
- Colegio Primitivo y Nacional de San Nicolás de Hidalgo (2003-2006).
- Facultad de Ingeniería- Ingeniería en Electrónica.

### 1.2 Antecedentes Laborales.

#### 1.2.1 PEPSI – Mantenimiento (2013).

- Elaboración de mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos.

#### 1.2.2 HONDA de México SA de CV – Facilities Assistant (2013 – 2015).

- Supervisión y operación de subestaciones eléctricas.
- Supervisión y operación de equipos de media tensión.
- Diseño e implementación de normas de operación.
- Diseño e implementación de mantenimientos preventivos a subestaciones eléctricas, tableros de distribución y CCM's.
- Seguimiento de proyectos de ingeniería.
- Supervisión y mantenimiento del sistema vs incendio.



Figura 1 Ensamble Honda de México

### **1.2.3 Kimberly Clark de México - Eléctrico Instrumentista (2015-2016).**

- Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo a sistemas eléctricos, neumáticos e hidráulicos.
- Calibración de instrumentos de medición.
- Supervisión de subestación eléctrica y CCM's
- Supervisión y mantenimiento del sistema vs incendio.
- Diseño e implementación de procedimientos de operación.

### **1.2.4 Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (FIDE) - Diagnosticado empresarial (2016-2017).**

- Realización de diagnósticos energético a empresas y viviendas.
- Realización de propuestas fotovoltaicas.

### **1.2.5 FIPATERM - Diagnosticador empresarial zona Pátzcuaro (2017-actual).**

- Realización de diagnósticos energético a empresas y viviendas.
- Realización de propuestas fotovoltaicas.
- Asesoría a usuarios en materia de tarifas eléctricas, control de la demanda, factor de potencia.
- Realización de propuestas para banco de capacitores.
- Atención a grandes clientes.

# **CAPITULO 2**

## **SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.**

### **2.1 Sistemas fotovoltaicos.**

Los sistemas fotovoltaicos [1] convierten la energía solar en energía eléctrica, se basan en la capacidad de las celdas fotovoltaicas de transformar energía solar en energía eléctrica (CD). Esta energía, mediante el uso de un inversor, es transformada a corriente alterna (CA), la cual puede ser utilizada en residencias y comercios.

La generación de energía eléctrica dependerá de la energía lumínica y la cantidad de horas que el sol actué sobre el panel solar y del tipo y cantidad de módulos instalados, orientación, inclinación.

Los dispositivos a través de los cuales se absorbe la energía solar son los paneles solares. Estos son elementos de los sistemas fotovoltaicos que tienen la capacidad de producir energía eléctrica al aprovechar la irradiación solar que incide en ellos.

#### **2.1.1 Paneles solares.**

Los paneles solares son dispositivos electrónicos que aprovechan la energía solar y la transforman en energía eléctrica [2].

Se fabrican utilizando materias primas tales como el silicio y los semiconductores, están formados por agrupaciones de celdas fotovoltaicas. Estas celdas (de diferentes tecnologías según el tipo de panel) se conectan en serie para conseguir una tensión de salida de un valor deseado (12V, 36V, etc.) y a su vez conectada en varias ramas en paralelo para aumentar la corriente.

En la figura 2 se muestran los 3 tipos de paneles fotovoltaicos que podemos encontrar en el mercado actualmente.

Los monocristalinos se fabrican a partir del silicio puro fundido y dopado con boro. Los policristalinos se fabrican de la misma forma que los monocristalinos, pero disminuyendo el número de fases de cristalización. Los paneles de capa fina, sin embargo, se producen de forma diferente, depositando en forma de lámina delgada sobre un sustrato como vidrio o plástico.

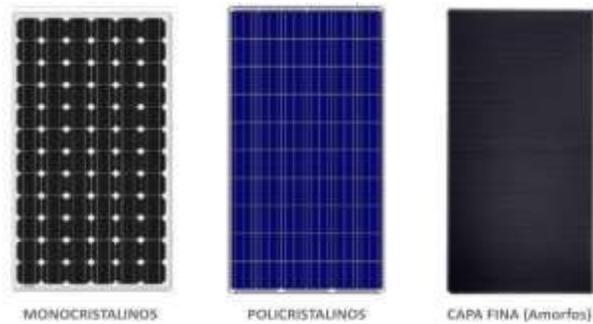


Figura 2 Tipos de paneles fotovoltaicos.

- **Monocrystalinos:**

Tienen una eficiencia mayor que los policristalinos. Su rendimiento de laboratorio es cercano al 24%, y su rendimiento comercial oscila entre 17 y el 20%. Este es un factor importante cuando no disponemos de mucha superficie para instalar paneles, ya que así podemos conseguir mayor potencia con el mismo espacio. Su vida útil también suele ser mayor que la de los paneles Poli cristalinos y generalmente se comportan mejor con radiación difusa. Estos factores hacen que su precio sea ligeramente superior a los policristalinos.

- **Policristalinos:**

Tienen un rendimiento de laboratorio cercano al 19%, y su rendimiento comercial oscila entre 13 y el 15%. A pesar de tener un rendimiento menor, los paneles policristalinos tienen un menor precio que los monocristalinos y un mejor comportamiento a altas temperaturas, con lo que bajo estas condiciones pueden generar más energía que el resto de paneles.

- **De capa fina:**

Tienen un rendimiento de laboratorio cercano al 13%, y su rendimiento comercial oscila entre 7 y el 9%. Estos paneles se crearon básicamente para reducir costos de producción y salir de la posible escasez de silicio, haciendo que se empezara a investigar en celdas de otros materiales. Por lo tanto, una de sus principales ventajas, es que a pesar de necesitar mayor espacio para generar la misma energía que los paneles policristalinos o mono cristalinos, su precio es mucho menor y muy atractivo. Además, tienen un buen comportamiento a temperaturas altas, y su aspecto estético es muy atractivo, lo que hace que se usen constantemente en aplicaciones para arquitectura.

Los paneles de capa fina más importantes son los de capa fina de cobre, indio y selenio (**CIS**) o de cobre, indio, galio y selenio (**CIGS**) y por último los paneles de capa fina a base de cadmio y telurio (**CdTe**).

### 2.1.2 Inversor.

Los paneles solares generan energía en CD, por lo cual es necesario usar un inversor para convertir CD en CA.

Los inversores fotovoltaicos generan el voltaje común de la red eléctrica directamente de los paneles solares. Ampliamente combinables y programables, se puede conectar a sistemas a y 120V, 220V o 380V. La energía solar se inyecta a la red.

## 2.2 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos.

Existen dos tipos de sistemas de energía solar fotovoltaica, los sistemas aislados y los sistemas interconectados a la red eléctrica.

### 2.2.1 Sistema aislado.

En ambos sistemas se utilizan los paneles solares fotovoltaicos para convertir la energía solar en electricidad, sólo que en este caso toda esa energía generada se almacena en un banco de baterías.

Es cuando un sistema es completamente independiente y gracias a que almacenas la energía puedes utilizarla en las noches y durante los días nublados. Este tipo de sistema es muy común en zonas rurales o alejadas de las ciudades, donde no llega la red eléctrica.

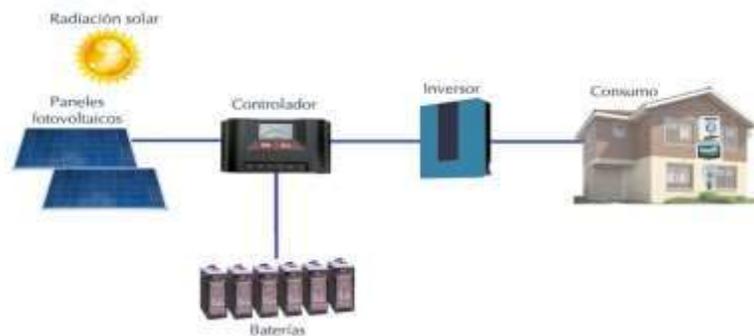


Figura 3 Sistema aislado

En la figura 3 observamos un sistema fotovoltaico aislado, este sistema es más costoso debido a las baterías ya que estas elevan el costo, por eso este sistema se recomienda solo ser usado en zonas rurales donde no se tenga acceso a la red de CFE.

Ventajas de un sistema fotovoltaico aislado:

- Independencia de la red eléctrica.
- Uso tanto por el día como por la noche.
- Puede ser usado en comunidades rurales, donde no haya red de CFE.

Desventajas de un sistema fotovoltaico aislado:

- Se eleva su costo debido a las baterías.
- Las baterías tienen menor vida útil que los paneles fotovoltaicos.
- Si se incrementa los paneles hay que aumentar las baterías.

### 2.2.2 Sistema Interconectado.

Se llaman así porque están interconectados a la red eléctrica. Es decir que toda la energía que genera los paneles solares se inyecta directamente a la red de CFE, es decir que operan en paralelo con la red eléctrica.



Figura 4 Sistema interconectado a la red

Estos sistemas en ocasiones son más económicos ya que no necesitas de un banco de baterías como se aprecia en la figura 4, los dispositivos más costosos del sistema aislado y los que mayor mantenimiento requieren son las baterías.

Ventajas de un sistema interconectado:

- Puede ser usado con otros tipos de energías renovables como eólica e hidráulica.
- Los inversores utilizados son de la máxima tecnología desarrollada en el mundo, ofrecen garantías desde 5 y hasta 20 años.
- Tienen respaldo de energía ya que se intercambia energía con CFE, y no se necesitan baterías.
- Es el más económico y que más incentivos genera.
- El sistema puede ser de cualquier tamaño pues la red puede alimentar las cargas adicionales.
- Rinden más que los sistemas aislados al generar energía mientras exista radiación solar sin el límite de las baterías.
- Su instalación es muy sencilla y prácticamente libre de mantenimiento.
- El exceso de energía es depositado en la red de CFE.
- El sistema tiene protecciones ante problemas en la red.

Desventajas de un sistema interconectado:

- Si hay un problema con la red de CFE, se irá la energía en el servicio.

### **2.3 Contratos de interconexión ante CFE.**

Del día 7 de marzo del 2017 hacia atrás, la modalidad de contratación de servicios de interconexión era la bolsa de energía [3].

Si el usuario genera más de lo que consume en ciertos meses, esa energía CFE lo toma como energía almacenada, podrá ser usada si en algunos meses del año se consume más de lo que se generó se descuenta la energía almacenada, esa energía de que el usuario genera de más e inyecta a la red de CFE se le llama bolsa de energía y el usuario tiene un año para usarla si no se pierde.

En la tabla 1 observamos en lo que consiste la bolsa de energía; del mes de febrero a junio el usuario genero más de lo que consumió por lo cual almaceno 229 Kwh y su recibo de energía tendrá consumo de 0 Kwh; En el mes de agosto consumió más de lo que genero, pero como tenia almacenado 229 Kwh se toma la energía de la bolsa, por lo que ahora en su bolsa de energía tiene almacenada 69 Kwh y su recibo de energía le llegara de 0 Kwh: en

el mes de octubre consumió 620 Kwh y genero 510 Kwh por lo cual se toma los 69 Kwh que tiene en la bolsa de energía donde el usuario ahora tendrá que pagar en su recibo de energía 41 Kwh; al final del año el usuario almaceno 144Kwh pero como ya no la uso al siguiente año la bolsa vuelve a empezar en 0.

**Tabla 1 Bolsa de energía**

Mes	Kwh Consumidos (CFE)	Kwh Generado (Paneles solares)	Diferencia	Bolsa de energía. (Kwh)
Febrero	508	600	+ 92	92
Abril	548	553	+ 5	97
Junio	437	569	+ 132	229
Agosto	680	520	- 160	69
Octubre	620	510	- 110	0
Diciembre	378	563	- 185	144
				144

En el mes de marzo del 2017, la modalidad de bolsa de energía desapareció y ahora la energía de sobra ya se puede vender a CFE, por lo cual el 7 de marzo del 2017 se publicó en el DOF (Diario oficial de la federación) con fecha de aplicación al día siguiente de publicación, las 3 modalidades de venta de energía eléctrica.

Las cuales son:

- Consumo de centros de carga (Net Metering – Medición Neta).
- Venta de excedentes de la energía eléctrica (Net Billing – Facturación Neta).
- Venta total de energía.

### **2.3.1 Medición Neta (Net Metering).**

La central eléctrica y el centro de carga comparten el mismo punto de interconexión.

Si la energía generada supera la consumida el diferencial se considerará como un crédito a favor del generador, el cual se abonará automáticamente a la medición de energía facturada en cada periodo posterior de facturación, hasta un máximo de 12 meses. Una vez concluido ese periodo el generador recibirá la liquidación del crédito vencido (no abonado tras 12 meses) al valor promedio del Precio Marginal Local durante el intervalo en el que se generó el crédito, calculado en el nodo correspondiente al punto de conexión.

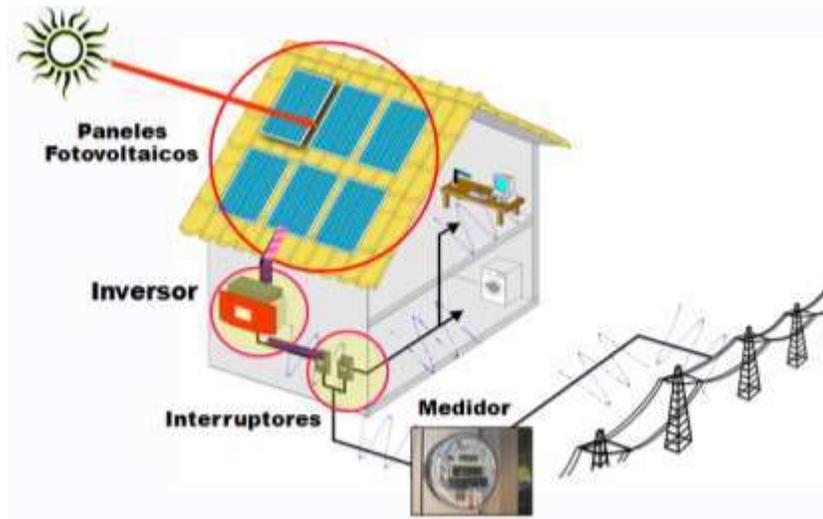


Figura 5 Medición Neta.

La figura 5 nos representa de manera más sencilla en lo que consiste la medición neta; se coloca un medidor bidireccional el cual nos mide la energía que se consume de la red de CFE y la energía que genera la central eléctrica (sistema fotovoltaico), durante cada facturación se realiza el balance de energía consumida-generada, después de 12 meses si existe energía de sobra (bolsa de energía) esta se le paga al usuario.

En los servicios de baja tensión el medidor bidireccional lo instala CFE sin costo alguno, sin embargo, en los servicios de media tensión este debe de comprarlo el usuario.

### **2.3.2 Facturación Neta (Net Billing).**

La energía eléctrica entregada por el suministrador de servicios básicos al usuario final en el punto de interconexión es independiente y se liquidará a valor de la tarifa final de suministro contratada.

La totalidad de la energía que se entregue a las redes se registrará de forma independiente y se liquidará al valor del Precio Marginal Local en el nodo correspondiente en el momento en el cual se entregó la energía eléctrica.

Al final del periodo de facturación el generador recibirá su liquidación mediante transferencia bancaria a la cuenta que designe para tal fin, siempre y cuando haya cumplido con los requisitos fiscales y su acreditación como proveedor.



**Figura 6 Facturación neta**

La figura 6 hace referencia a la facturación neta, en esta modalidad existen 2 medidores uno nos mide la energía suministrada por CFE y el otro nos mide la energía generada, este último debe de ser comprado por el usuario ya que CFE solo proveerá el que registra la energía suministrada.

En esta modalidad cada periodo de facturación se emiten dos facturas, una de lo consumido por el usuario la cual se pagará al costo de la tarifa al cual este y el otro de la energía generada por los paneles la cual se pagará de acuerdo al Precio Marginal Local (PML) el cual es mucho más barato que el precio de la tarifa eléctrica.

Por lo que esta modalidad no es tan recomendable para usuarios.

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	VALOR
Energía suministrada por CFE		kWh	1000	1000	1000000
Energía generada por paneles		kWh	4525	500	2262500
Total a pagar					1000000
Total a recibir					2262500
Saldo a favor del usuario					1262500

**Figura 7 Ejemplo Facturación Neta**

La figura 7 nos muestra un ejemplo donde el usuario a lo largo del año acumulo en la bolsa de energía 4,525 Kwh, si se cambia a la modalidad de medición neta tendrá una utilidad al año de aproximadamente \$2,440.50; pero si en cambio el decide cambiarse a Facturación

neta su utilidad al año será de aproximadamente \$1,867.5 pero hay que pagar el medidor por lo cual no habrá utilidad por lo menos en el primer año.

### 2.3.3 Venta total de energía.

No existe un contrato de suministro eléctrico asociado al mismo punto de Interconexión de la Central Eléctrica.

Al final del periodo de facturación el generador recibirá su liquidación mediante transferencia bancaria a la cuenta que designe para tal fin, siempre y cuando haya cumplido con los requisitos fiscales y su acreditación como proveedor.



Figura 8 Venta total de energía

La figura 8 hace referencia a la venta total de energía donde vemos que la energía total generada se inyecta a las RGD y se paga al PML aplicable o mediante negociación del precio por Kwh inyectado a la red, en esta modalidad el usuario tendrá que comprar el medidor.

## 2.4 Propuesta para sistema Fotovoltaico.

The screenshot shows the SICOM system interface with the following information:

- Header: ESBTFS-180405-59, Versión 6.0.0. 2016/02/02
- System: SICOM, CFE SUMINISTRADOR DE SERVICIOS BASICOS, Módulo De Atención En Ventanilla
- Date: 06/04/18, Time: 15:12:15
- Customer Data:
  - R.P.U. 164020807361, NúmeroMed: 72P5B2, NúmeroCta: 01DF45B018141771
  - Nombre ABARROTES TACAMBA S.A. DE CV, Direcc HIDALGO SUR 255
  - AP: AM: H1: H2:
  - RMU 61650020822ATA980305 001CFE TU: NU: # in
- Financial Data:
  - FeA11a: 020822, Depósito: 842.00, Tar: 02, TAG: 3, Giro: 1311, TFSB: PDBT, %Dap: 0.00, \*-CargaInst: 1.025, \*-DenContr: 2.000
- Historial De Facturación Cargada (Estado):
 

RaMn	Tld	Ann	DR	ConsumoKwh	ImporteTotalF	SituacionFa	FecOpe	ClaveDeOperacion
1709	017			4,751	19,423.00	Pagado	170911	Banconer Ventani
1711	011			5,193	20,653.00	Pagado	171113	Cobranza En Vent
1801	011			5,029	20,419.00	Pagado	180112	Banconer Ventani
1803	013			5,338	15,206.00	Pagado	180316	Banconer Ventani
- Footer: DF07D, Agencia Morelia Sur, Anonin ES8416

Figura 9 Datos del SICOM

La figura 9 nos hace referencia los datos obtenidos del SICOM donde observamos que el servicio ABARROTES TACAMBA S.A. DE CV con RPU: 164020807361, por lo cual se le realizara una propuesta para un sistema fotovoltaico.

Tabla 2 Consumos Kwh

FECHA	CONSUMO FACTURABLE	FACTURACION \$	COSTO MEDIO \$/KWH
MAY	5164.00	17230.00	3.34
JUL	5519.00	17787.00	3.22
SEP	5203.00	18170.00	3.49
NOV	5166.00	18802.00	3.64
ENE	4772.00	17961.00	3.76
MAR	5034.00	19670.00	3.91
MAY	5929.00	25469.00	4.30
JUL	5055.00	20747.00	4.10
SEP	4751.00	19423.00	4.09
NOV	5193.00	20653.00	3.98
ENE	5029.00	20419.00	4.06
MAR	5338.00	15206.00	2.85
<b>TOTAL</b>	<b>31,295</b>	<b>\$121,917.00</b>	<b>\$3.90</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>5,215.83</b>	<b>\$20,319.50</b>	<b>\$3.90</b>

En la tabla 2 observamos que el servicio tiene un consumo promedio bimestral de 5,215 Kwh y un promedio de facturación de \$20,319.

El número de paneles se calculó pretendiendo generar el 99.7% del consumo que tienen las instalaciones actualmente, con datos de la NASA sobre la irradiación promedio anual.

La tabla 3 nos dice que para cubrir ese porcentaje necesitamos de 78 paneles de 250w el equivalente a 19.5 KWp.

**Tabla 3 Numero de paneles requeridos.**

<b>MODULACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DE INTERCONEXIÓN.</b>			
<b>NUMERO DE PANELES REQUERIDOS</b>	<b>Pot. Watts</b>	<b>Panel (W)</b>	<b>No. Paneles</b>
	<b>19270</b>	<b>250</b>	<b>78</b>
	<b>KWp</b>	<b>19.5</b>	

De acuerdo al número de paneles requeridos para la generación deseada es necesario que la instalación cuente con un área mínima de 124.8m.

**Tabla 4 Características del sistema.**

<b>CAPACIDAD DE GENERACION DEL SISTEMA</b>	<b>85.6</b>	<b>Kwh/día</b>
<b>SISTEMA DISEÑADO PARA CUBRIR EL</b>	<b>100%</b>	<b>DEL CONSUMO TOTAL</b>
<b>SISTEMA CONFORMADO POR</b>	<b>78</b>	<b>MODULOS</b>
<b>MINIMO MANTENIMIENTO</b>	<b>UNICAMENTE LIMPIEZA PERIODICA.</b>	
<b>EL MODULO SOLAR FOTOVOLTAICO DE 250 W CON DIMENSIÓN DE 1.6 m2.</b>		

La capacidad de generación del sistema es de 85.6 Kwh/día, y conformado por 78 módulos de 250w como se muestra en la tabla 4, solamente requiere limpieza periódica.

Tabla 5 Generación Mensual Estimada.

PERIODO	KWH CONSUMIDOS	COSTO	IRRADIACIÓN SOLAR KWH/M2/DIA	PRODUCCIÓN KWH MENSUAL	AHORRO
<b>MAY</b>	2965	\$12,735.00	5.9	3174.67	\$13,635.55
<b>JUN</b>	2965	\$12,735.00	5.2	2707.75	\$11,630.10
<b>JUL</b>	2528	\$10,374.00	5	2690.40	\$11,040.42
<b>AGO</b>	2528	\$10,374.00	5.1	2744.20	\$11,261.23
<b>SEP</b>	2376	\$9,712.00	4.9	2551.54	\$10,429.52
<b>OCT</b>	2376	\$9,712.00	4.6	2475.17	\$10,117.34
<b>NOV</b>	2597	\$10,327.00	4.3	2239.10	\$8,903.82
<b>DIC</b>	2597	\$10,327.00	3.7	1990.89	\$7,916.81
<b>ENE</b>	2515	\$10,210.00	4.2	2259.93	\$9,174.52
<b>FEB</b>	2515	\$10,210.00	4.9	2381.44	\$9,667.78
<b>MAR</b>	2669	\$7,603.00	5.5	2959.44	\$8,430.35
<b>ABR</b>	2669	\$7,603.00	5.8	3020.19	\$8,603.40
<b>PROMEDIO</b>	2608	\$10,160.17	4.9	2599.56	\$10,067.57
<b>TOTAL</b>	31,300	\$121,922.00	4.9	31,194.72	\$120,810.84

el mes de mayo del 2017 al mes de abril del 2018 el usuario tuvo un consumo total de 31,300 Kwh por lo cual se espera que el sistema fotovoltaico nos genere un total de 31,194.72 Kwh por lo que se cubriría aproximadamente el 99.6%, como se muestra en la tabla 5.

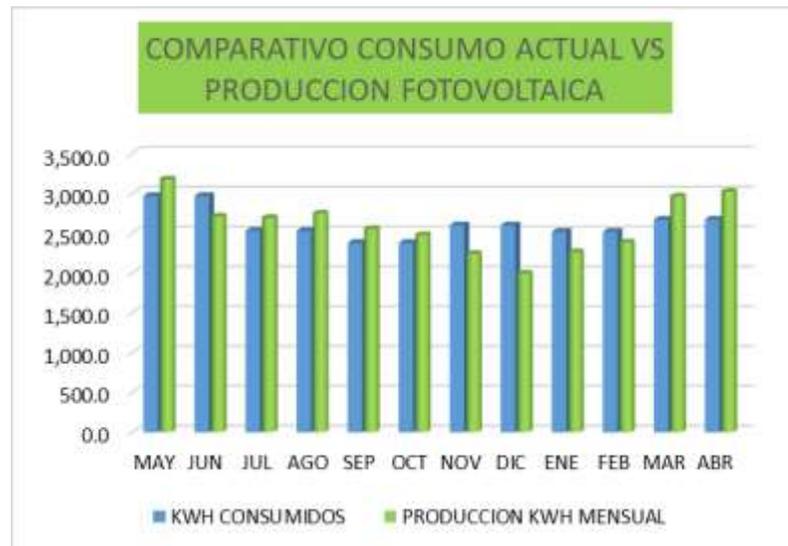


Figura 10 Relación energía consumida vs producción fotovoltaica.

Debido a que la radiación solar es diferente para cada mes habrá meses donde los paneles generaran más de lo que se consumió y viceversa otros donde se consuma más de lo que se genera como se observa en la figura 10.

En el mes de mayo se prevé que se genere más de lo consumido, por lo cual tiene energía a favor el cual puede ser utilizada en el mes de junio donde se consume más de lo generado.

Tabla 6 Resumen del Proyecto.

RESUMEN DEL PROYECTO	
AHORRO ANUAL EN KWH	31195
NÚMERO DE PANELES A INSTALAR	78
ÁREA TOTAL REQUERIDA EN M2	124.8
AHORRO ECONOMICO ANUAL	\$120,810.84
COSTO DEL SISTEMA	\$760,500.00
PSR	6.29

El ahorro a anual esperado en Kwh es de 31,195Kwh, el número de paneles a instalar será de 78 módulos de 250w como se muestra en la tabla 6; el área total requerida para el sistema es de 124.8 m<sup>2</sup>; en el mercado el Kwp ya instalado anda alrededor de los \$39,000, por lo cual ese valor se tomó para esta propuesta, por consiguiente el sistema ya instalado tendrá un costo aproximado de \$760,500 por lo cual se espera un ahorro económico anual de alrededor de los \$120,810.84; por lo que el sistema tiene un sistema de recuperación de 6.29 años.



Figura 11 Recuperación de la inversión.

En aproximadamente 6.29 años el sistema se pagará con los ahorros, por lo cual en los siguientes 18.71 años se obtendrá un ahorro de aproximadamente \$4,071,933 como se ilustra en la figura 11.

# **CAPITULO 3**

## **DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.**

### **3.1 Definición.**

Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permita determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía. A fin de determinar áreas de oportunidad y potenciales de ahorro por tipo de medida, evaluando su rentabilidad.

El ahorro de la energía en todas sus manifestaciones, en los últimos años ha jugado un papel de suma importancia dentro del desarrollo de la humanidad. Sin embargo, en Centro América los índices energéticos (producción entre unidad de energía), siguen siendo altos comparados contra los respectivos valores de los países altamente industrializados, el mejorar estos índices depende de aprovechar al máximo la energía que se requiere en los procesos de producción. Probablemente la parte de mayor relevancia para el ahorro de energía sea el diagnóstico energético, puesto que de la certeza y atención en que sea desarrollado dependerá en gran medida el éxito de las acciones que posteriormente sean emprendidas. Por el contrario, el pretender ahorrar energía sin haber pasado antes por un diagnóstico energético suele llevar a estrepitosos fracasos. En este capítulo serán proporcionados los elementos necesarios para desarrollar diagnósticos energéticos en instalaciones diversas.

Cuyo objetivo es:

- Establecer metas de ahorro de energía.
- Diseñar y aplicar un sistema para el ahorro de energía.
- Evaluar técnica y económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía.
- Disminuir el consumo de energía, sin afectar los niveles de producción y/o confort.

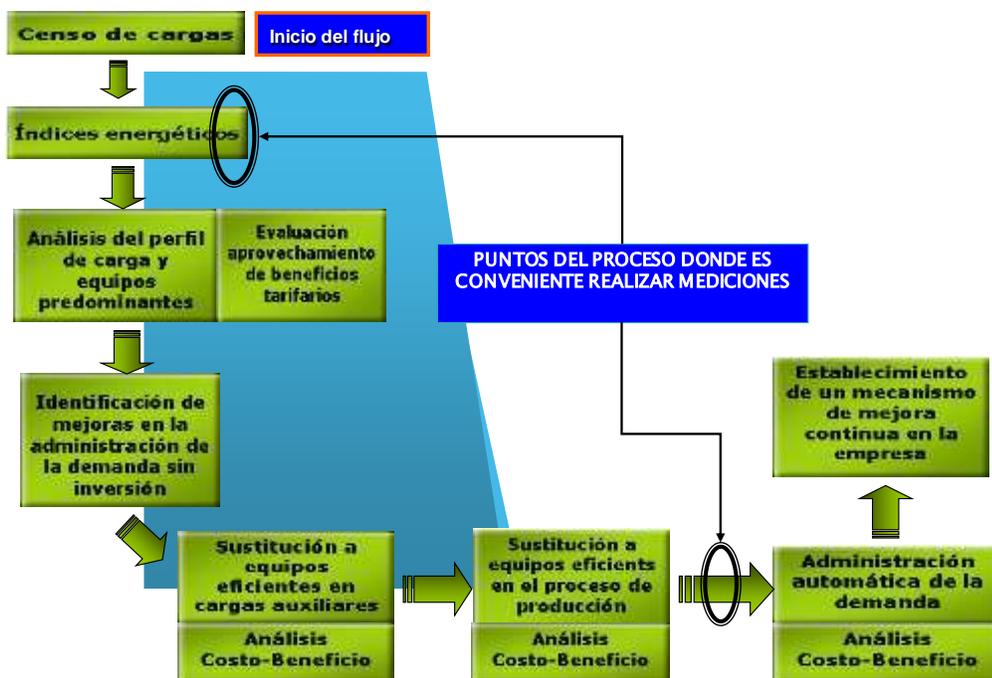


Figura 12 Flujo general de actividades para diagnósticos de energía.

Para realizar un diagnóstico energético hay que llevar un orden como se muestra en la figura 12

### 3.2 Tipos de Diagnósticos.

El uso eficiente de la Energía Eléctrica es una oportunidad para mejorar la rentabilidad de las empresas.

Ante la diversidad de giros de actividad industrial, la intensidad en el consumo de energía varía de acuerdo al equipo eléctrico predominante en los procesos de producción y demás cargas auxiliares.

La identificación de las oportunidades para el ahorro de energía parte del estudio denominado Diagnóstico de Energía, cuyo objetivo es conocer las condiciones de eficiencia bajo las cuales se está operando y a partir de ellas determinar las mejoras en las instalaciones eléctricas y procesos correspondientes, donde parte relevante es la medición.

Existen tantos tipos y niveles de diagnósticos como procesos; pueden variar en función del tamaño, complejidad, enfoque, precisión y costos. Dependen también de los energéticos considerados y de las necesidades del proceso.

Sin embargo, se acepta comúnmente que la clasificación de cualquier diagnóstico energético puede darse en tres niveles: "A", "B", "C", o bien "1", "2" y "3".

De tal manera que estas acciones permitan la disminución de los índices energéticos sin menoscabo del confort del ser humano, así como de la capacidad y calidad en la producción.

Es conveniente realizar un diagnóstico energético particular por empresa, dado que cada giro de industria tiene diferente tipo de carga predominante y por tanto diferente intensidad energética y oportunidades de eficientización

### **3.2.1 Nivel 1**

El primer nivel, "A" ó "1" comúnmente referido como nivel de inspección, se lleva a cabo mediante un examen visual del proceso industrial de que se trate, reconociéndolo y revisando el diseño original, para dar una idea cualitativa de los ahorros potenciales, obvios, de energía, que pueden lograrse por medio de procedimientos de mantenimiento y operación.

Este nivel es el menos costoso de los tres y da idea del impacto económico de los energéticos empleados en esa instalación y su impacto en el costo total de producción.

En un diagnóstico de este nivel es posible detectar rubros importantes de ahorro, como fugas de energía, mala operación de los equipos o instrumentos, mal funcionamiento de ellos, etcétera.

### **3.2.2 Nivel 2**

El nivel intermedio, "B" ó "2", ofrece el punto de vista del consumo de energía por áreas funcionales o procesos específicos de operación.

Este nivel provee datos acerca del ahorro de energía y de la reducción de costos, determinando de esta forma metas específicas en este rubro.

El costo de realización es mayor que el del nivel "A", pero menor que el del nivel "C". Este nivel proporciona una idea cuantitativa de los ahorros potenciales de energía y, en general, de las características energéticas de cada subsistema.

Para la aplicación del diagnóstico de nivel "B" será necesario contar con la instrumentación suficiente para obtener la información que permita aplicar la metodología de análisis

energético y evaluar los potenciales energéticos y económicos resultado de cada una de las propuestas de ahorro.

### 3.2.3 Nivel 3

El último de los tres niveles, el nivel "C", proporciona información precisa y comprensible, de todos y cada uno de los puntos relevantes del diagrama del proceso (entradas y salidas de energía), así como las pérdidas de energía en cada uno de los equipos. Este nivel está caracterizado por el uso de instrumentación extensiva, por la adquisición de datos y por los estudios de ingeniería involucrados.

Se le conoce también como micro-diagnóstico y es, evidentemente, el más intensivo en recursos humanos y materiales y, por lo tanto, es el más costoso de los tres niveles. Permite analizar y detallar todas las pérdidas de energía.

Provee, además, suficiente información para justificar los proyectos de inversión de capital para obtener un uso eficiente de la energía, o bien, recuperar energía desperdiciada. A diferencia del macro-diagnóstico, el micro-diagnóstico proporciona la cuantificación clara y precisa de la energía en el sistema.

### 3.3. Factor de potencia.

El factor de potencia es la relación que guarda la energía activa que consumen los equipos para producir el trabajo deseado y la energía reactiva que necesitan estos equipos para mantenerse encendidos, lo cual es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía, de manera coloquial el factor de potencia corresponde a la cantidad de energía que se ha convertido en un trabajo útil.



Figura 13 Valores de FP.

La Figura 13, nos muestra, que el valor ideal del factor de potencia correspondería a 100%, lo cual indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo, mientras que un factor de potencia menor a 100% significa mayor consumo de energía para producir el mismo trabajo útil.

Como se indicó anteriormente en la practica el bajo factor de potencia corresponde a una elevada demanda de energía reactiva la cual no se traduce en un trabajo útil, sin embargo dicha energía utiliza las líneas de transmisión disminuyendo su capacidad de transportar energía útil, por esta razón CFE aplicara un porcentaje de recargo a quienes presenten un factor de potencia inferior al 90%, y bonificara un porcentaje a los que operen con un factor de potencia superior al 90%, para lo cual hará uso de las siguientes formulas:

**Fórmula de Recargo, para factor de potencia menores al 90%**

$$\% \text{ de recargo} = \frac{3}{5} \times \left[ \left( \frac{90}{FP} \right) - 1 \right] \times 100$$

**Fórmula de Bonificación, para factor de potencia igual o mayor al 90%**

$$\% \text{ de bonificación} = \frac{1}{4} \times \left[ 1 - \left( \frac{90}{FP} \right) \right] \times 100$$

**Donde:**

**FP** es el Factor de Potencia expresado en por ciento.

El valor que resulte de la aplicación de estas fórmulas se redondearán a un decimal, según sea o no menor que 5 el segundo decimal, así mismo en ningún caso se aplicarán porcentajes de recargo superiores a 120%, ni porcentajes de bonificación superiores a 2.5%.

Ahora bien, al momento de calcular el factor de potencia, CFE hará uso de la energía real en KWH consumida en el mes, y la energía reactiva en KVAR consumidos en el mismo periodo, integrando estos dos valores con la formula mostrada a continuación.

$$FP = \frac{KWH}{\sqrt{KWH^2 + KVARH^2}} \times 100$$

### **3.4 Perfil de Tensión.**

La tensión eléctrica o diferencia de potencial, mejor conocido como voltaje es un parámetro de medición que nos permite cuantificar la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, esta diferencia de potencial es la encargada de generar el flujo de energía desde el punto de generación con mayor potencial hasta el punto de consumo con menor potencial.

Un servicio de energía eléctrica puede contar con dos niveles de potencial eléctrico, con la finalidad de poder instalar equipos que operen en diferentes voltajes, mismos que se cuantifican de la manera:

- **Voltaje de fase:** corresponde a la diferencia de potencial eléctrico entre una línea viva denominada fase, y un punto de 0 potencial denominado neutro.
- **Voltaje de línea:** corresponde a la diferencia de potencial eléctrico entre dos líneas vivas denominadas fases.

Lo ideal es mantener los niveles de voltaje siempre en el valor nominal para que los equipos operen en condiciones óptimas, sin embargo, este valor se puede ver perturbado por diferentes variables, razón por la cual es de suma importancia su análisis.

### **3.5 Perfil de corriente.**

La corriente eléctrica es un parámetro de medición que nos permite contabilizar el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo, consiste esencialmente en contabilizar la cantidad de energía que fluye desde las plantas generadoras hasta los centros de consumo.

Su análisis nos permite realizar un correcto dimensionamiento de conductores a fin de minimizar las pérdidas técnicas de energía y los abatimientos y variaciones de los niveles de tensión.

### **3.6 Perfil de potencias.**

La potencia eléctrica es el parámetro que nos permite cuantificar cuanta energía eléctrica se ha transformado en un trabajo útil para la empresa, ya sea como un sistema de iluminación o como el movimiento de un motor, lo cual nos permite tener un parámetro cuantitativo del trabajo realizado.

La potencia eléctrica se divide en dos tipos los cuales son potencia real o Watts (W) y potencia reactiva o Volts Amperes Reactivos (VAR), mismas que al combinarse resultan en la potencia aparente o Volts Amperes (VA) que corresponden a la potencia total consumida en el servicio. De manera general estas potencias se definen como se muestra a continuación:

**Potencial Real (W)** Corresponde a la energía que directamente se transforma en un trabajo.

**Potencia Reactiva (VAR)** Es la energía necesaria para magnetizar los campos magnéticos de motores, balastos, etc. No se transforma directamente en trabajo útil sin embargo es necesaria para que operen los equipos.

**Potencia Aparente (VA)** Es la potencia resultante de combinar las dos anteriores, y es la potencia neta consumida por cada equipo.

### **3.7 Distorsión Armónica total.**

Las armónicas corresponden a frecuencias múltiplos de la frecuencia fundamental de trabajo de la red eléctrica, y cuya amplitud va decreciendo conforme aumenta el múltiplo. En el caso de sistemas alimentados por la red de 60 Hz, pueden aparecer armónicos de 120, 180, 240 Hz etc.

De igual manera estos pueden estar presentes tanto en los voltajes como en las corrientes, siendo los armónicos de corriente los más preocupantes, ya que éstas generan efectos negativos que representan peligro en la integridad de la instalación eléctrica.

De acuerdo a la **NORMA IEEE-519- 2009** [4] y la **NORMA CFE L000045**, el rango permitido de distorsión armónica total en voltajes es del 3% promedio en individual y el 5% total, mientras que para la corriente el rango permitido es del 8% total y 5% promedio en individual. Las consecuencias de permanecer fuera de los parámetros de la NORMA son:

- Sobrecarga de los conductores neutros.
- Sobrecalentamiento de los transformadores.
- Disparos intempestivos de los interruptores automáticos.
- Sobrecarga de los bancos de capacitores de corrección del factor de potencia.
- Riesgos de resonancia con los bancos de capacitores para compensación del factor de potencia
- Torques oscilatorios en motores y generadores.
- Distorsión de la tensión de alimentación, causando perturbaciones en los equipos más sensibles
- Incremento del valor de corriente Irms, lo que genera sobrecargas, calentamiento y pérdidas.

### **3.8 Desbalance voltaje y corriente.**

Acorde a la **NORMA IEEE-1159-2009**, la cual indica que el desbalance máximo permitido entre voltajes no debe exceder el 5%.

Acorde a la **NORMA IEEE-1159-2009**, la cual indica que el desbalance máximo permitido entre corrientes no debe exceder el 15%.

La **NOM-001-SEDE-2012** [5] no menciona el desbalance entre fases máximo permitido, simplemente menciona que la carga debe estar distribuida equitativamente.

Sin embargo, entre menor sea el desbalance de las fases serán menores las corrientes de desbalance en el neutro y se disminuirá la caída de tensión de los conductores.

# CAPITULO 4

## DIAGNOSTICO SUKARNE AGROINDUSTRIAL SA CV.

### 4.1 Antecedentes.

Desde hace más de 47 años, SuKarne ha sido un factor clave en la transformación de la industria cárnica en México y en el mundo, al mantener los más altos estándares de calidad y perseguir la continua innovación de sus procesos [6].

En el primer cuatrimestre del año 2017 la directiva de SuKarne solicitó a CFE Suministrador de Servicios Básicos (CFE SSB) la actualización del diagnóstico energético realizado en 2015, por Comisión Federal de Electricidad y FIDE.

CFE SSB, siempre atento a las necesidades de sus clientes, programó la actividad y durante los meses de agosto y septiembre 2017 se realizaron las mediciones necesarias para atender dicha solicitud, cuyos resultados se plasman en el presente reporte.

### 4.2 Información general del servicio.

Con la finalidad de identificar cada servicio de energía eléctrica se cuenta con los datos generales de su ubicación y tipo de suministro. En la Tabla 7, se presentan los datos generales del servicio contratado por la empresa.

**Tabla 7 Datos del servicio**

<b>DATOS DE LA EMPRESA</b>	
<b>Nombre:</b>	SuKarne Agroindustrial SA CV
<b>RPU:</b>	181050801955
<b>Zona de distribución CFE:</b>	La Piedad
<b>Dirección:</b>	Carret VH-La Piedad km 3.1
<b>Entidad:</b>	Michoacán
<b>Tarifa:</b>	Horaria en Media Tensión HM
<b>Fecha de alta:</b>	2005
<b>Tensión del Suministro:</b>	Entregado en Alta – Medido en Alta
<b>Carga Instalada:</b>	7000 KW
<b>Demanda Contratada:</b>	7000 KW

### 4.3 Tarifa Horaria en Media tensión HM.

Cabe señalar que este diagnóstico se realizó en septiembre del 2017, cuando aun no entraba en vigor el nuevo esquema tarifario.

Por lo cual para la tarifa HM en el nuevo esquema es Gran Demanda Media Tensión Horaria (GDMTH) el cual se factura de manera diferente ya que tiene nuevos criterios [7].

#### 4.3.1 Aplicación.

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

#### 4.3.2 Cuotas aplicables.

Se aplicarán cargos por demanda facturable y energía consumida. En la Tabla 8, se muestra los costos que aplican a la tarifa HM.

Tabla 8 Costos Septiembre 2017.

Costos para la tarifa HM en septiembre 2017				
Región	kW de demanda facturable	kWh de energía consumida		
		Punta	Intermedia	Base
Sur	\$219.90	\$2.27	\$1.11	\$0.93

#### 4.3.3 Mínimo mensual.

El importe que resulta de aplicar el cargo por kilowatt de demanda facturable al 10% de la demanda contratada.

#### 4.3.4 Horario.

Para los efectos de la aplicación de esta tarifa, se utilizarán los horarios locales oficialmente establecidos, entendiendo por días festivos aquellos de descanso obligatorio, establecidos en el artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo, a excepción de la fracción IX, así como los que se establezcan por Acuerdo Presidencial.

Horario de Verano, el cual comprende del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre. En la Tabla 9 se muestra la distribución horaria de la tarifa HM para el periodo de verano.

Tabla 9 Horario de Verano.

HORARIOS PARA LA TARIFA HM EN VERANO			
DÍA DE LA SEMANA	HORARIO BASE	HORARIO INTERMEDIO	HORARIO PUNTA
lunes a viernes	00:00 - 06:00	06:00 - 20:00	20:00 - 22:00
		22:00 - 24:00	
sábado	00:00 - 07:00	07:00 - 24:00	--
domingo y festivo	00:00 - 19:00	19:00 - 24:00	--

Horario de Invierno o Fuera de Verano, comprende del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril. En la Tabla 10, se muestra la distribución horaria de la tarifa HM en el periodo fuera de verano.

Tabla 10 Horario de Invierno.

HORARIOS PARA LA TARIFA HM FUERA DE VERANO			
DÍA DE LA SEMANA	HORARIO BASE	HORARIO INTERMEDIO	HORARIO PUNTA
lunes a viernes	00:00 - 06:00	06:00 - 18:00	18:00 - 22:00
		22:00 - 24:00	
sábado	00:00 - 08:00	08:00 - 19:00	19:00 - 21:00
		21:00 - 24:00	
domingo y festivo	00:00 - 18:00	18:00 - 24:00	--

#### 4.3.5 Demanda Facturable.

La demanda facturable se define como se establece a continuación:

$$DF = DP + FRI \times \max(DI - DP, 0) + FRB \times \max(DB - DPI, 0)$$

Donde:

**DP** es la demanda máxima medida en el periodo de punta.

**DI** es la demanda máxima medida en el periodo intermedia.

**DB** es la demanda máxima medida en el periodo de base.

**DPI** es la demanda máxima entre los periodos de punta e intermedia.

**FRI** es el factor de reducción para la demanda intermedia.

**FRB** es el factor de reducción para la demanda base.

Los factores de reducción para afectar a las demandas en los periodos base e intermedia, son establecidos acorde a la región tarifaria de CFE, para la Ciudad de Colima perteneciente a la División de Distribución Centro Occidente le corresponde la Región Sur, la cual tiene los siguientes valores:

**Tabla 11 Factor de reducción.**

Región	Factor de reducción por demanda	
	Intermedia FRI	Base FRB
Sur	0.300	0.150

## **4.4 Historial de facturación.**

El historial de facturación de un servicio contiene información sobre el comportamiento energético que ha mantenido conforme han evolucionado sus procesos y hábitos de operación, por lo cual es de suma importancia su análisis e interpretación en busca de potenciales áreas de oportunidad para el ahorro de energía eléctrica.

### **4.4.1 Demandas por periodo y demanda facturable.**

El concepto de Demanda hace referencia a la potencia eléctrica en watts que requieren los diferentes equipos eléctricos para su operación, medida en kilowatts (KW) para facilitar su manejo (kilowatt =1,000 watts), y cuyo valor corresponde a la suma de las potencias de todos los equipos que se enciendan de forma simultánea.

Esta Demanda conlleva la capacidad que tiene CFE de suministrar la cantidad de potencia eléctrica que se espera utilizar, para lo cual se dimensiona la capacidad de las líneas eléctricas, de los transformadores, y de otros equipos de las subestaciones, y de esta forma contar con las condiciones para proporcionar esta potencia en el momento que las empresas lo requieran, ya sea para un periodo único de 15 minutos o durante un período más extenso.

Ahora bien, para la medición de este parámetro CFE instala equipos de medición con la capacidad de registrar la máxima demanda suministrada al servicio de forma mensual en cada uno de los periodos de la tarifa HM.

**Tabla 12 Demandas máximas y demanda facturable.**

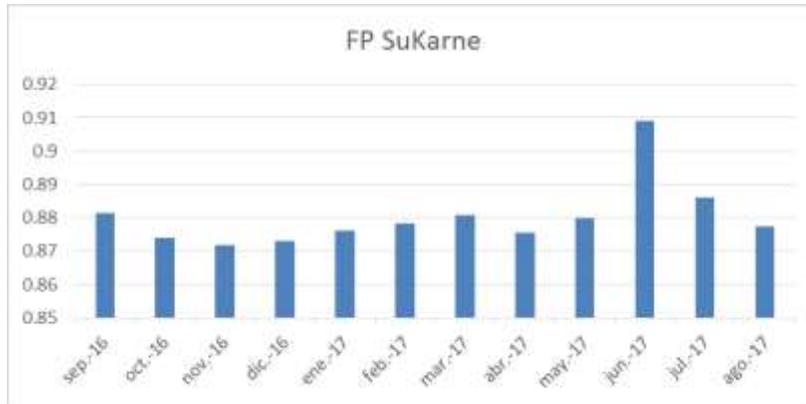
Periodo	Demandas kW			
	Base	Intermedio	Punta	Facturable
sep-16	5,141	5,996	5,878	5,398
oct-16	4,886	5,728	5,909	5,166
nov-16	5,057	6,168	6,023	5,391
dic-16	4,983	5,951	5,849	5,274
ene-17	4,736	5,902	5,765	5,086
feb-17	4,740	5,856	5,700	5,075
mar-17	4,900	6,009	5,697	5,233
abr-17	4,887	5,848	5,561	5,176
may-17	4,982	5,952	5,724	5,273
jun-17	4,908	5,965	5,736	5,226
jul-17	5,095	6,018	5,836	5,372
ago-17	5,047	6,218	5,948	5,399

La Tabla 12, presenta las demandas máximas registradas por el servicio de septiembre 2016 a agosto 2017, las cuales se registran de forma mensual para cada uno de los periodos de la tarifa HM, mismas que son integradas mediante la fórmula mostrada en el Punto 4.3.5 con la cual obtenemos la Demanda Facturada.

#### **4.4.2 FP.**

Como ya se explicó en el punto 3.3 el factor de potencia es la relación que guarda la energía activa que consumen los equipos para producir el trabajo deseado y la energía reactiva que necesitan estos equipos para mantenerse encendidos, lo cual es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía, de manera coloquial el factor de potencia corresponde a la cantidad de energía que se ha convertido en un trabajo útil.

Mediante el uso de la fórmula de la Figura 14, se calcula mes con mes el factor de potencia en el servicio, lo cual nos arroja los valores mostrados en la figura 15 de septiembre del 2016 al mes de agosto del 2017, mismos que a fin de analizarlos de forma puntual resumimos mediante la Tabla13.



**Figura 14 FP del servicio**

**Tabla 13 FP del servicio.**

Periodo	FP
sep-16	0.88
oct-16	0.87
nov-16	0.87
dic-16	0.87
ene-17	0.88
feb-17	0.88
mar-17	0.88
abr-17	0.88
may-17	0.88
jun-17	0.91
jul-17	0.89
ago-17	0.88

Al analizar la información de la Tabla 13, observamos que el servicio ha presentado factores de potencia inferiores al 90%, que, como se mostró anteriormente es motivo de penalización en su facturación.

## 4.5 Resumen del estudio.

Se realizó estudio de los parámetros eléctricos mediante múltiples mediciones eléctricas con equipos analizadores de redes, de marca AEMC, modelo 8335. El uso de estos equipos permitió obtener el perfil de carga de los transformadores (TROS) que se listan a continuación Tabla 14

De igual manera se realizó estudio termo gráfico mediante múltiples mediciones térmicas obtenidas con una cámara termo gráfica, marca FLIR y modelo E65.

Se realizaron mediciones eléctricas en 12 de los 14 transformadores evaluados en 2015, ya que se discontinuó el uso de 1 (ubicado en planta de silos) y en otro no fue posible ubicar el analizador de redes, debido a la fuga de aceite que presentó el TRO.

El servicio cuenta con 43 TROS en total, sin embargo, el estudio se enfoca en los que representan la mayor carga. El desglose se muestra en las siguientes tablas

**Tabla 14 Desglose TROS del servicio.**

Descripción	Capacidad kVA	Cantidad	Total instalado kVA	Aportación aproximada	
TROS evaluados	1500	3	4500	29%	75%
	1000	4	4000	25%	
	750	3	2250	14%	
	500	2	1000	6%	
TROS no evaluados	1000	1	1000	6%	25%
	300	4	1200	8%	
	225	1	225	1%	
	150	3	450	3%	
	112.5	3	337.5	2%	
	75	4	300	2%	
	45	7	315	2%	
	30	2	60	0%	
15	6	90	1%		
Total		43	15727.5	100%	100%

**Tabla 15 ubicación de lo TROS evaluados.**

Planta TIF embarques		Planta TIF sacrificios		Alim., oficinas y silos		Alim., melaza y molinos		RENPRO	
TRO	kVA's	TRO	kVA's	TRO	kVA's	TRO	kVA's	TRO	kVA's
18	1,000	29	1,000	113	750	110	750	RENPRO	1,500
19	1,000	30	1,500	114	500	111	500		
20	500	31	1,500						
		33	1,000						

## 4.6 Mediciones eléctricas del servicio.

### 4.6.1 Medición TRO 018.



Figura 15 TRO 018

La alimentación al servicio la proporciona un transformador del tipo pedestal (Figura 15), mismo que cuenta con las características técnicas que se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16 Datos TRO 018.

SERIE DEL TRANSFORMADOR	KVA'S	ECONOMICO	TAP	Relación Transformación	
				Nominal	Tap
KJA121-07-001	1000	MBT-C018	04	13200/7620	12870/7430
				440/254	440/254
				30	29.25
ORIGEN DE DATOS INGRESADOS:			Perfil: 26/07/2017 al 02/08/2017		

De acuerdo a los datos técnicos de placa y a la posición actual del tap, el rango de voltajes esperados a la salida del transformador sería de 496.41/286.56 Volts como límite superior y 406.15/234.46 Volts como rango inferior de acuerdo al nivel de tensión correspondiente a los compromisos de suministro de CFE en media tensión (14,520 máx., 11,880 min y 13,200 nominal).

#### 4.6.1.1 Perfil de Tensión.

A continuación, se muestran los perfiles de voltaje, tanto de línea como de fase, correspondientes a este transformador como se ilustra en la figura 16 y 17:

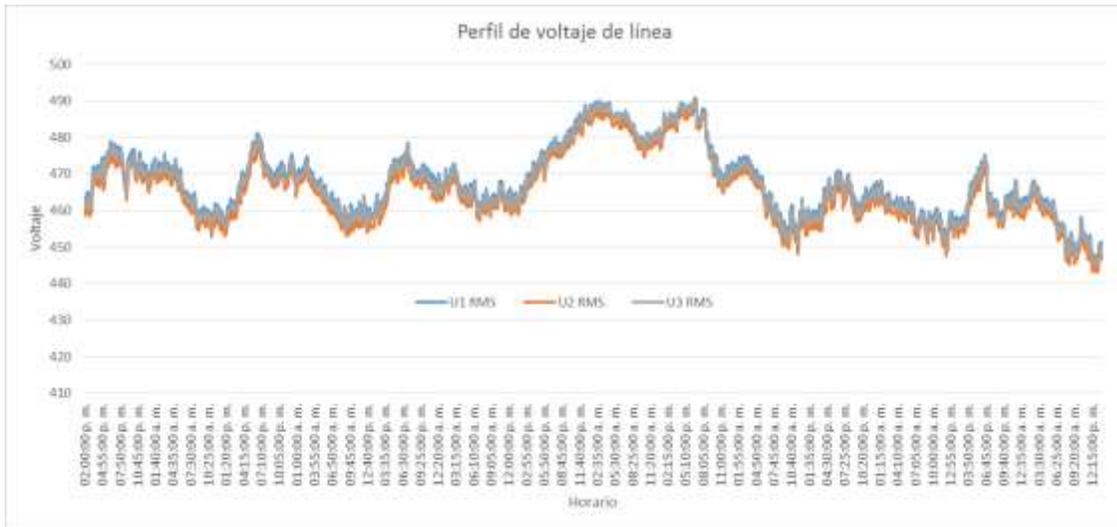


Figura 16 Perfil de voltaje de línea TRO 018



Figura 17 Perfil de voltaje de fase

Se presentan eventos transitorios el domingo 27 a las 11 am, jueves 31 a las 7:20 am y el viernes 01 de agosto a las 7:20 am, en la fase 2 debidos a arranques de alguna carga eléctrica alimentada por este TRO.

Se recomienda revisar las curvas de arranque de los motores y el uso de arrancadores a tensión reducida, que proporcionen un arranque progresivo.

En la tabla 17, se muestra un resumen de la información obtenida durante el periodo de medición:

Tabla 17 Resumen perfil de voltaje TRO 018.

Voltaje de fase V				Voltaje de línea U			
	Máximo	Promedio	Mínimo		Máximo	Promedio	Mínimo
L1	284.60	271.65	259.20	L1-L2	490.80	468.23	446.20
L2	282.10	268.85	256.00	L1-L3	488.70	465.32	443.10
L3	281.90	268.14	255.40	L3-L2	490.30	467.14	445.40

Puntos a considerar:

- Los valores máximos de voltaje registrados en el servicio rondan los 282 volts, los cuales se encuentran al límite del 110% del voltaje nominal. Por esta razón es recomendable revisar que las protecciones de los equipos se encuentren calibradas a estos voltajes.
- Los valores mínimos registrados durante la medición se mantuvieron por encima de los 230 volts, que se encuentra dentro del 90% del voltaje nominal.
- En promedio se cuenta con un voltaje de 270 volts, que se encuentran en un rango adecuado.

#### 4.6.1.2 Perfil de corriente.

En la figura 18, observamos que los valores de corriente en el servicio toman valores máximos de 893.60 amperes. Este evento pudo ser ocasionado por un arranque repentino o una carga anormal que forzó a algún equipo o inclusive un corto circuito en esa fase, por lo que se recomienda revisar que los conductores y protecciones sean las adecuadas para estos niveles corrientes, así mismo en la tabla 18 observamos el resumen de.



Figura 18 Perfil de corriente TRO 018

Tabla 18 Resumen perfil de corriente TRO 018

Corriente A			
	Maximo	Promedio	Minimo
L1	413.60	325.84	192.60
L2	425.30	341.59	201.70
L3	893.60	323.50	199.00

**4.6.1.3 Perfil de potencia.**

A continuación, se presentan las gráficas, correspondientes a los perfiles de KW, KVAR, y KVA respectivamente:

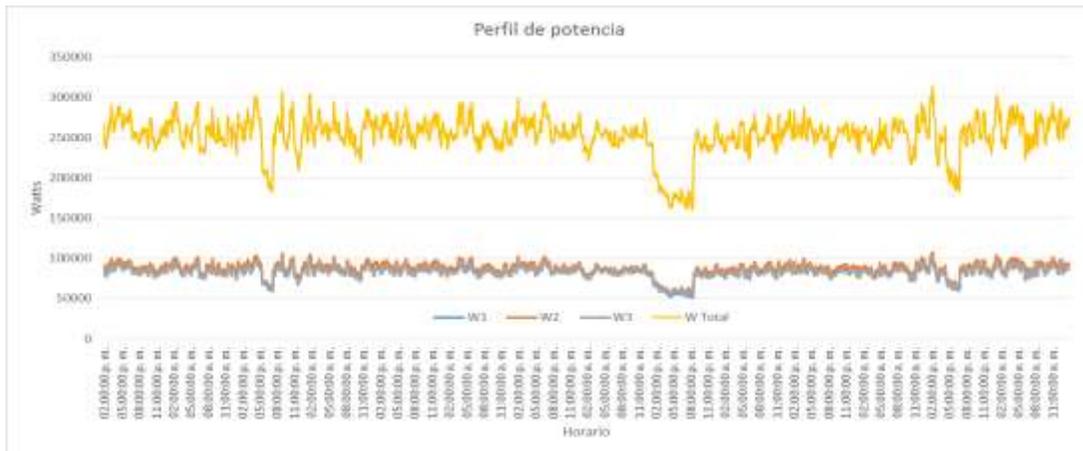
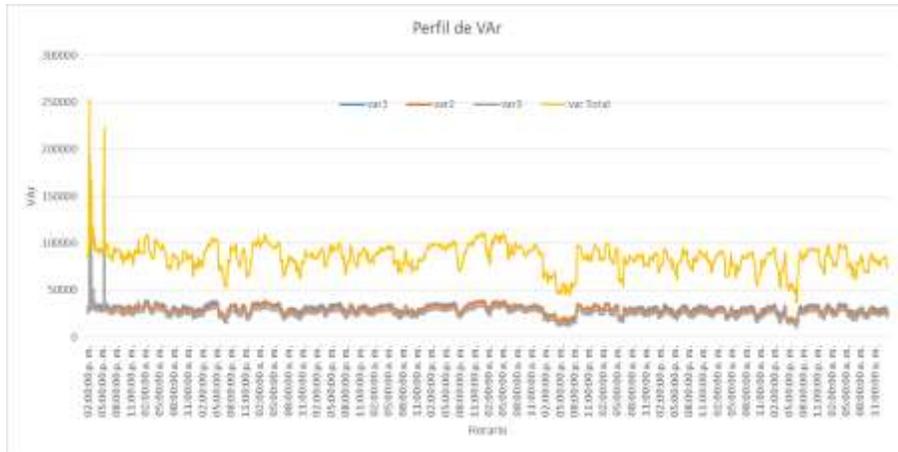


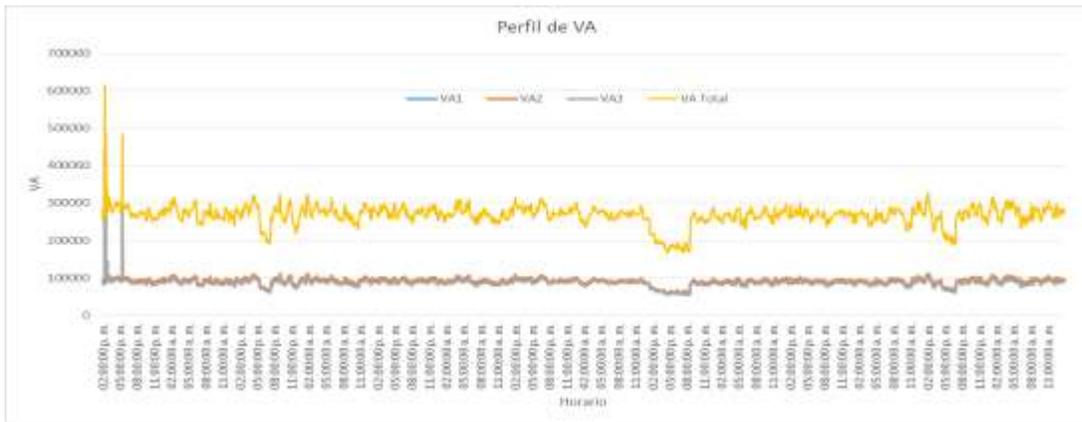
Figura 19 Perfil de carga KW TRO 018

En la figura 19 se muestra un comportamiento típico de una carga balanceada, con paros y arranques de los equipos, acorde a las necesidades de sus procesos, puntualizando el día domingo que sale el 40% de la carga alimentada, el resto de los días con valores promedio de 82 KW por fase y un requerimiento promedio total de 253 KW en este TRO.



**Figura 20 Perfil de Carga KVAR**

En la figura 20 se muestra que la potencia reactiva presenta valores promedio de 84.99 KVAR equivalente al 5.42% del total de energía suministrada por este transformador, lo que infiere un buen valor de aprovechamiento de la energía eléctrica con un 94.57%.



**Figura 21 Perfil de KVA TRO 018**

En la figura 21 podemos observar el perfil de KVA donde se aprecia un comportamiento normal excepto por una caída de la carga el día domingo.

Integrando la información de las figuras 19,20 y 21, se presenta a continuación la Tabla 19. Ésta muestra en resumen la potencia real y la potencia aparente correspondiente al TRO evaluado. Además, se incluye el factor de utilización, el cual nos indica que porcentaje del TRO es aprovechado.

Tabla 19 Resumen perfil de potencias TRO 018.

Carga KW'S				Carga KVA'S				Factor de utilizacion
	Maximo	Promedio	Minimo		Maximo	Promedio	Minimo	
L1	104.35	82.98	51.09	L1	109.95	88.46	54.37	66.02%
L2	106.84	87.01	54.11	L2	111.57	91.77	56.67	
L3	101.91	82.66	53.23	L3	438.64	86.91	55.44	
Total	313.10	252.65	158.43	Total	660.17	267.14	166.49	

Referente a los perfiles de potencia en el servicio se presentan las siguientes observaciones:

- El factor de utilización del transformador, nos indica que está sobredimensionado y que con la carga actual no opera dentro de su rango de mayor eficiencia (85% de utilización).
- En el resumen de la tabla 19 observe como aun cuando la potencia promedio real es de 252.65 KW, la potencia aparente toma valores de 267.14 KVA, lo cual es el resultado de la aportación de reactivos.
- La potencia reactiva puede disminuirse mediante la aplicación de bancos de capacitores, los cuales idealmente deben ser colocados lo más cercano a la carga que nos sea posible. Por ejemplo, a pie de motor.
- Se propone la identificación de los 158.43 KW, que se mantienen como el mínimo consumo en el perfil de la figura 20 esto con la finalidad de descartar una posible fuga de corriente.

#### 4.6.1.4 Perfil de Factor de Potencia.



Figura 22 Perfil de FP del TRO 018.

La figura 22, nos refleja el área de oportunidad para mejorar el factor de potencia, ya que mantiene un valor promedio del 94.7%, si bien el valor del 100% es ideal, un valor diferente a este nos indica un mayor consumo de energía para realizar el mismo trabajo. En la Tabla 20 se muestra el resumen de esta información:

**Tabla 20 Resumen FP TRO 018.**

Factor de Potencia %			
	Máximo	Promedio	Mínimo
L1	97.70%	93.79%	90.50%
L2	97.80%	94.77%	91.40%
L3	98.70%	95.52%	60.50%
<b>Total</b>	<b>98.07%</b>	<b>94.69%</b>	<b>80.80%</b>

Como se observa en la tabla 20, el factor de potencia promedio en las instalaciones se encuentra por debajo del 94.69 %, podríamos decir que por cada \$100 que se pagan de electricidad \$5.31 se desperdician o son pérdidas, lo cual nos presenta un área de oportunidad con la finalidad de disminuir el pago por concepto de factura eléctrica.

#### 4.6.1.5 Perfil de distorsión armónica.

En las figuras 23 y 24 se observan las gráficas correspondientes a los perfiles de distorsión armónica total en voltaje y corriente, respectivamente.



**Figura 23 Perfil distorsión armónica total en voltaje del TRO 018.**



Figura 24 Perfil de distorsión armónica total de corriente TRO 018.

Con la finalidad de evaluar el servicio con base a las normas, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 21 Resumen perfil de distorsión armónica TRO 018.

	Armónicos V %				Armónicos U %				Armónicos A %		
	Máximo	Promedio	Mínimo		Máximo	Promedio	Mínimo		Máximo	Promedio	Mínimo
L1	1.80%	1.06%	0.50%	L1-L2	1.50%	0.93%	0.50%	L1	27.40%	11.86%	4.60%
L2	1.40%	0.89%	0.50%	L1-L3	1.50%	0.92%	0.50%	L2	28.00%	12.39%	4.80%
L3	2.20%	1.31%	0.70%	L3-L2	1.70%	1.08%	0.60%	L3	22.60%	11.22%	5.00%

Considerando los valores promedio de la tabla 21, se aprecia que los voltajes quedan dentro de la tolerancia, al no rebasar el 3% individualmente ni el 5% en suma. Sin embargo, la distorsión armónica en corrientes rebasa el criterio del 5% individualmente, por lo que se recomienda instalar filtros de armónicos adecuados, que permitan corregir este fenómeno.

#### 4.6.1.6 Desbalance de voltaje y corriente.

Considerando los valores promedio de la Tabla 22 y los de la figura 25, se aprecia que el desbalance en los voltajes queda dentro del 5% de tolerancia, y las corrientes dentro del 15% admisible, por lo que el transformador opera dentro de valores adecuados

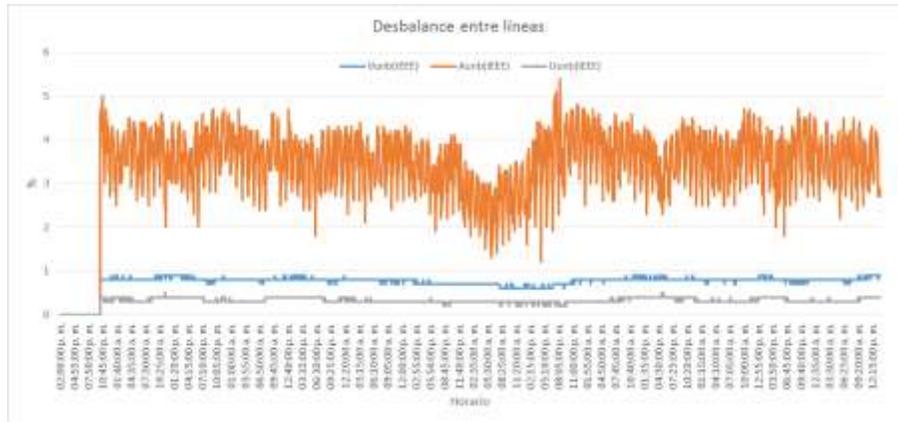


Figura 25 Desbalance voltaje y corriente TRO 018

Tabla 22 Resumen desbalance TRO 018.

Desbalanciamiento IEE			
	Máximo	Promedio	Mínimo
V	0.90%	0.78%	0.60%
A	5.40%	3.51%	1.20%
U	0.50%	0.33%	0.20%

#### 4.6.1.7 Análisis Termo gráfico TRO 018

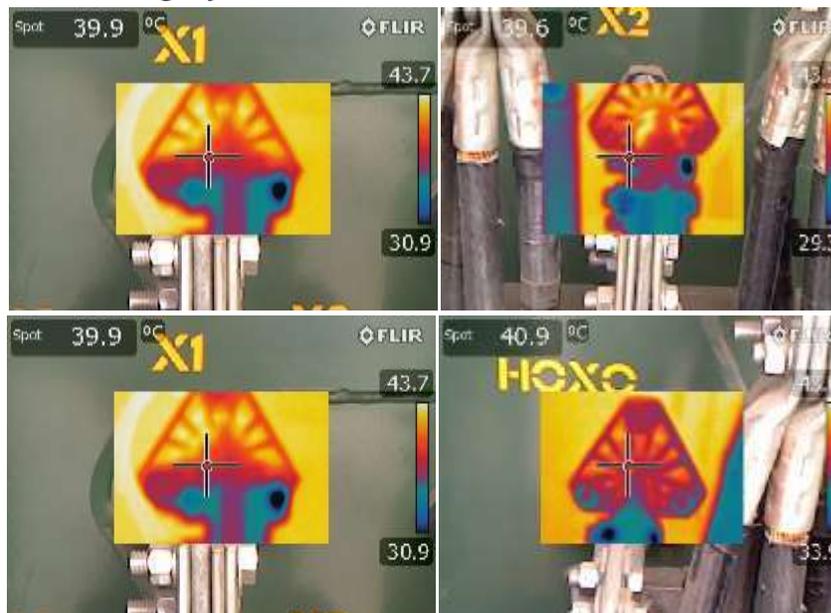


Figura 26 termografías TRO 018

Como se muestra en la figura 26, las temperaturas en las terminales de las 3 fases y neutro tienen valores muy similares (43°C), lo que indica la sujeción de las mismas es apropiada y que opera en un rango normal.

#### 4.6.2 Mediciones TRO 019.

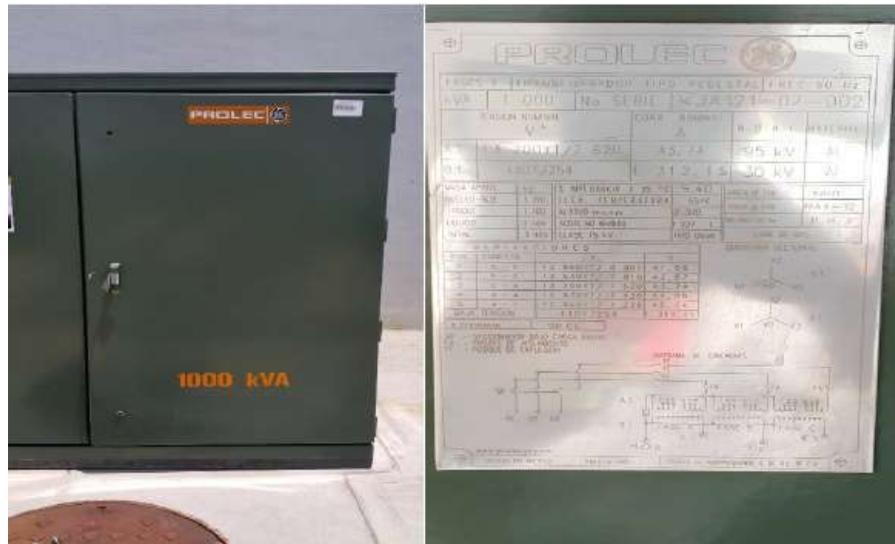


Figura 27 TRO 019.

La alimentación al servicio la proporciona un transformador del tipo pedestal (Figura 27), mismo que cuenta con las características técnicas que se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23 Información TRO 019.

SERIE DEL TRANSFORMADOR	KVA'S	ECONOMICO	TAP	Relación Transformación	
				Nominal	Tap
KJA121-07-002	1000	MBT-C019	04	13200/7620	12870/7430 440/254
				440/254	
				30	29.25
ORIGEN DE DATOS INGRESADOS:			Perfil: 26/07/2017 al 02/08/2017		

De acuerdo a los datos técnicos de placa y a la posición actual del tap, el rango de voltajes esperados a la salida del transformador sería de 496.41/286.56 Volts como límite superior y 406.15/234.46 Volts como rango inferior de acuerdo al nivel de tensión correspondiente a los compromisos de suministro de CFE en media tensión (14,520 máx., 11,880 min y 13,200 nominal).

#### 4.6.2.1 Perfil de Tensión.

A continuación, se muestran los perfiles de voltaje, tanto de línea (figura 28) como de fase (Figura 29), correspondientes a este transformador.



Figura 28 Perfil de voltaje de línea TRO 019.

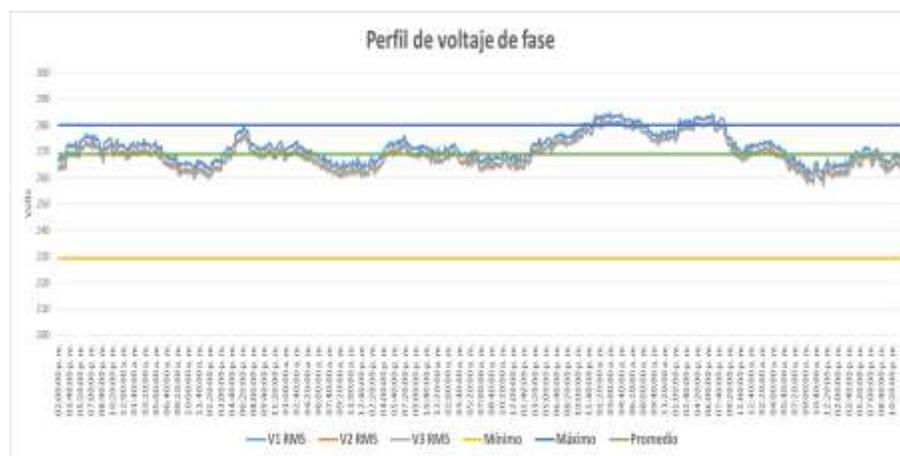


Figura 29 Voltaje de Fase TRO 019.

Como se observa en las figuras 28 y 29 los días 30 y 31 de agosto se presentaron salidas de carga, que repercuten en el valor del voltaje suministrado por el TRO, el cual rebasa los valores admisibles. Se recomienda el ajustar la posición del tap a la posición 3, que significaría disminuir aproximadamente 6 volts el perfil de voltaje suministrado por el transformador u optar por recalibrar las protecciones para los equipos que quedan operando cuando la carga sale e incrementa el voltaje de suministro a fin de evitar el daño de estos equipos.

A continuación, se muestra un resumen de la información obtenida durante el periodo de medición:

**Tabla 24 Resumen perfil de voltaje TRO 019.**

Voltaje de fase V				Voltaje de línea U			
	Máximo	Promedio	Mínimo		Máximo	Promedio	Mínimo
L1	284.90	271.64	259.80	L1-L2	491.00	468.26	447.60
L2	282.30	269.13	257.10	L1-L3	489.30	466.17	445.20
L3	282.10	268.65	256.50	L3-L2	490.70	467.62	447.00

Puntos a considerar:

- Los valores máximos de voltaje registrados en el servicio rondan los 282 volts, los cuales se encuentran dentro del 110% del voltaje nominal.
- Los valores mínimos registrados durante la medición se mantuvieron por encima de los 230 volts, que se encuentra sobre el 90% del voltaje nominal.
- En promedio se cuenta con un voltaje de 270 volts, que se encuentran en un rango adecuado.

#### **4.6.2.2 Perfil de corriente.**

De la figura 30 observamos que los valores de corriente en el servicio toman valores máximos de 950 amperes. Nótese que no existe corriente en el neutro, lo que demuestra que el sistema está bien balanceado. Se recomienda revisar que el calibre de los conductores sea el adecuado y sea capaz de trabajar con estos valores de corriente.

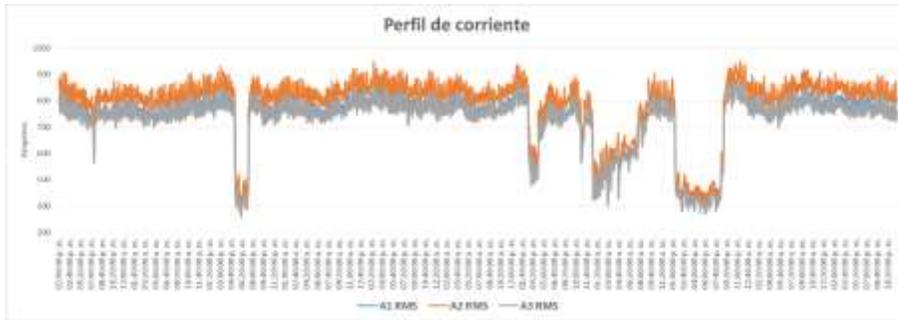


Figura 30 Perfil de corriente TRO 019.

Tabla 25 Resumen perfil de corriente TRO 019.

Corriente A			
	Máximo	Promedio	Mínimo
L1	891.40	734.27	376.30
L2	950.00	784.25	404.70
L3	881.60	721.38	357.20

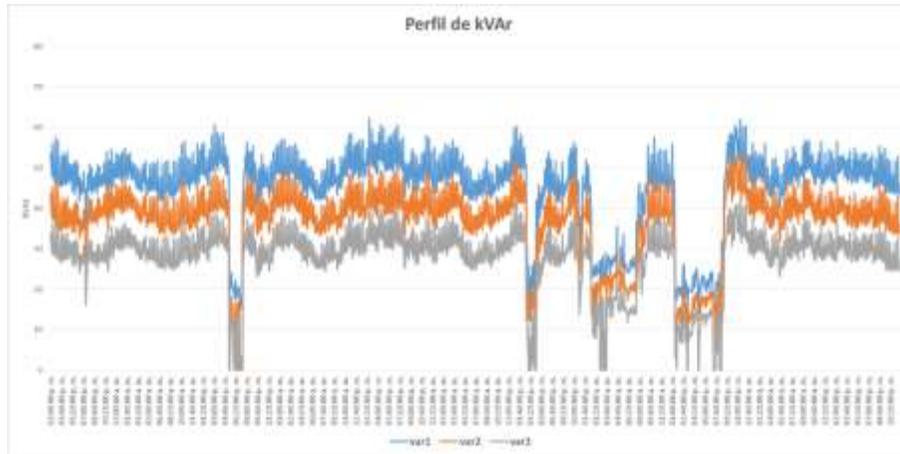
En la tabla 25 observamos el resumen del perfil de corriente del TRO 019, donde el valor mínimo que tuvo fue de 357.20 A en la línea 3 y el máximo de 950A en la línea 2.

#### 4.6.2.3 Perfil de potencias.



Figura 31 Perfil de carga KW TRO 019

De la figura 31 se muestra un comportamiento típico de la carga eléctrica con paros y arranques acorde a sus procesos. Gráficamente se aprecia que la fase 2 es la más cargada de este TRO.



**Figura 32 Perfil de KVAr TRO 019.**

Como se puede apreciar en la figura 32 la potencia reactiva presenta valores promedio de 40 KVAr equivalente al 1.74% del total de energía suministrada por este transformador, lo que infiere un buen valor de aprovechamiento de la energía eléctrica con un 98.25%.



**Figura 33 Perfil de carga KVA TRO 019.**

Integrando la información de las figuras 31,32 y 33, se presenta a continuación la tabla 26. Ésta muestra en resumen la potencia real y la potencia aparente correspondiente al TRO evaluado. Además, se incluye el factor de utilización, el cual no indica que porcentaje del TRO es aprovechado.

Tabla 26 Resumen del perfil de potencia TRO 019.

Carga KW'S			Carga KVA' S			Factor de utilización		
	Máximo	Promedio	Mínimo		Máximo		Promedio	Mínimo
L1	230.96	193.89	102.44	L1	239.13	199.08	104.32	72.66%
L2	247.26	207.39	109.82	L2	253.06	210.65	111.08	
L3	230.50	191.35	97.03	L3	234.37	193.42	97.84	
Total	708.72	592.63	309.29	Total	726.56	603.15	313.24	

Referente a los perfiles de potencia en el servicio se presentan las siguientes observaciones:

- El factor de utilización del transformador, nos indica que está sobredimensionado y que con la carga actual opera de forma incorrecta dentro de su rango de mayor eficiencia (85%).
- En el resumen de la tabla 26 observe como aun cuando la potencia promedio real es de 592.63 KW, la potencia aparente toma valores máximos de 726.56 KVA, lo cual es el resultado de la aportación de reactivos.
- La potencia reactiva puede disminuirse mediante la aplicación de bancos de capacitores, los cuales idealmente deben ser colocados lo más cercano a la carga que nos sea posible. Por ejemplo, a pie de motor.
- Se propone la identificación de los 309.29 KW, que se mantienen como el mínimo consumo en el perfil de la figura 31, esto con la finalidad de descartar una posible fuga de corriente.

#### 4.6.2.4 Perfil de Factor de Potencia.



Figura 34 Perfil FP del TRO 019.

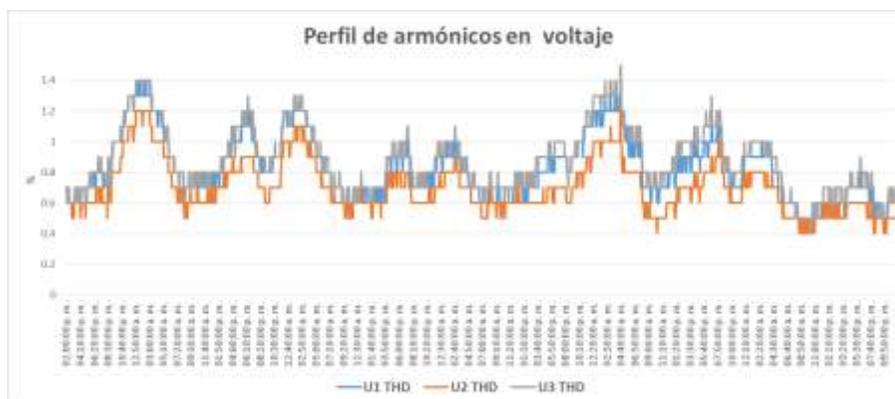
La figura 34, nos refleja el área de oportunidad para mejorar el factor de potencia, ya que mantiene un valor promedio del 98.25%, si bien el valor del 100% es ideal, un valor diferente a este nos indica un mayor consumo de energía para realizar el mismo trabajo. En la Tabla 27 se muestra el resumen de esta información

**Tabla 27 Resumen perfil de FP TRO 019**

Factor de Potencia %			
	Máximo	Promedio	Mínimo
L1	99.30%	97.40%	73.30%
L2	99.60%	98.44%	74.40%
L3	99.70%	98.90%	74.70%
Total	99.53%	98.25%	74.13%

#### 4.6.2.5 Perfil distorsión armónica.

A continuación, se presentan las figuras 35 y 36, correspondientes a los perfiles de distorsión armónica total en voltaje y corriente, respectivamente.



**Figura 35 Perfil armónicos de voltaje TRO 019.**



Figura 36 Perfil armónicos en corriente TRO 019.

Tabla 28 Resumen perfil de distorsión armónica TRO 019.

	Armonicos V %			Armonicos U %			Armonicos A %				
	Máximo	Promedio	Mínimo		Máximo	Promedio	Mínimo		Máximo	Promedio	Mínimo
L1	1.90%	0.99%	0.50%	L1-L2	1.60%	0.83%	0.40%	L1	20.00%	5.77%	2.10%
L2	1.40%	0.75%	0.40%	L1-L3	1.40%	0.70%	0.40%	L2	21.40%	6.11%	2.40%
L3	2.20%	1.12%	0.60%	L3-L2	1.60%	0.88%	0.40%	L3	17.60%	5.68%	2.30%

Considerando los valores promedio de la Tabla 28, se aprecia que los voltajes quedan dentro de la tolerancia, al no rebasar el 3% en individual, ni el 5% en distorsión armónica total. Sin embargo, la distorsión armónica en corriente rebasa el criterio del 5% en individual, por lo que se recomienda instalar filtros de armónicos adecuados, que permitan corregir este fenómeno y evitar el daño de equipos o el deterioro prematuro de los mismos.

#### 4.6.2.6 Desbalance de voltaje y corriente.

Considerando los valores promedio de la Tabla 29, se aprecia que el desbalance en los voltajes queda dentro del 5% de tolerancia, y las corrientes dentro del 15% admisible, por lo que el transformador opera dentro de valores adecuados.

Tabla 29 Resumen de desbalance de voltaje y corriente. TRO 019

Desbalanceamiento IEE			
	Máximo	Promedio	Mínimo
V	0.80%	0.67%	0.50%
A	6.70%	5.02%	4.10%
U	0.40%	0.25%	0.20%

**4.6.2.7 Análisis termo grafico TRO 019.**

Como se muestra en la figura 37, las temperaturas en las terminales de 2 de las 3 fases y neutro tienen valores muy similares (71°C), lo que indica la sujeción y torque de las mismas es apropiado y que opera en un rango normal. Sin embargo, la terminal de la fase “X2” sí presenta un calentamiento superior de (80.9 °C). Se recomienda el realizar el mantenimiento preventivo correspondiente y verificar la sujeción y torque adecuado en esta terminal.



Figura 37 Termografías TRO 019

### 4.6.3 Medición TRO 020.

La alimentación al servicio la proporciona un transformador del tipo pedestal (figura 38), mismo que cuenta con las características técnicas que se muestran en la tabla 30:

Tabla 30 Datos TRO 020.

SERIE DEL TRANSFORMADOR	KVA'S	ECONOMICO	TAP	Relación Transformación	
				Nominal	Tap
312133	500	MBT-C020	04	13200	12870 220/127
				220/127	
				60	58.5
ORIGEN DE DATOS INGRESADOS:			Perfil: 26/07/2017 al 02/08/2017		



Figura 38 TRO 020.

De acuerdo a los datos técnicos del transformador y a la posición actual del tap, el rango de voltajes esperados a la salida del transformador sería de 253/146.07 Volts como límite superior y 207/119.51 Volts como rango inferior de acuerdo al nivel de tensión correspondiente a los compromisos de suministro de CFE en media tensión (15,180 máximo, 12,420 mínimo, y 13,800 nominal).

#### 4.6.3.1 Perfil de Tensión TRO 020.

A continuación, se muestran los perfiles de voltaje, tanto de línea (figura 39) como de fase (figura 40), correspondientes a este transformador:



Figura 39 Perfil de voltaje de línea TRO 020.



Figura 40 Perfil de voltaje de fase TRO 020.

Se presentan eventos transitorios el domingo 27 a las 11 am, jueves 31 a las 7:20 am y el viernes 01 a las 7:20 am, en la fase 3 debido a arranques de alguna carga eléctrica alimentada por este TRO.

Se recomienda revisar las curvas de los motores y usar arrancadores a tensión reducida, que proporcionen un arranque progresivo.

A continuación, en la tabla 31, se muestra un resumen de la información obtenida durante el periodo de medición:

Tabla 31 Resumen perfil de Tensión TRO 020.

Voltaje de fase V				Voltaje de línea U			
	Máximo	Promedio	Mínimo		Máximo	Promedio	Mínimo
L1	141.50	135.05	128.90	L1-L2	245.60	234.75	224.30
L2	141.40	135.27	129.20	L1-L3	244.50	233.65	222.90
L3	141.00	134.50	128.20	L3-L2	244.20	232.86	222.10

Puntos a considerar:

- Los valores máximos de voltaje registrados en el servicio rondan los 140 volts, los cuales se encuentran dentro del 110% del voltaje nominal.
- Los valores mínimos registrados durante la medición se mantuvieron por encima de los 114.3 volts, que se encuentra dentro del 90% del voltaje nominal.
- En promedio se cuenta con un voltaje de 135 volts, que se encuentran en un rango adecuado.

#### 4.6.3.2 Perfil de corriente TRO 020.



Figura 41 Perfil de corriente TRO 020.

De la figura 41 y la tabla 32 observamos que los valores de corriente en el servicio toman valores máximos de 321 amperios. Nótese que no existe corriente en el neutro, lo que demuestra que el sistema está bien balanceado. Se recomienda revisar el calibre de los conductores sea el adecuado y sea capaz de trabajar con estos valores de corriente

Tabla 32 Resumen perfil de corriente TRO 020.

Corriente A			
	Máximo	Promedio	Mínimo
L1	397.00	351.27	295.30
L2	292.60	249.80	197.40
L3	321.70	272.50	212.60

#### 4.6.3.3 Perfil de Potencias.



Figura 42 Perfil de carga KW TRO 020

En la figura 42 se muestra un comportamiento típico de una carga balanceada, con paros y arranques de las cargas, acorde a sus procesos. Nótese que la fase 1 se encuentra más cargada que las otras dos.

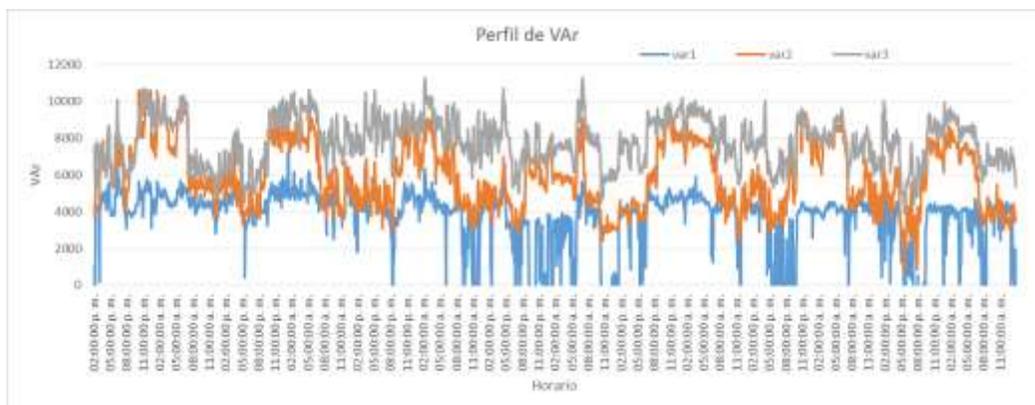


Figura 43 Perfil KVAR TRO 020

Como se puede apreciar en la figura 43 la potencia reactiva presenta valores promedio de 17.39 KVar equivalente al 1.37% del total de energía suministrada por este transformador, lo que infiere un buen valor de aprovechamiento de la energía eléctrica con un 98.62%.

Nótese que la fase 1 llega a valores negativos para este parámetro, lo que significa tiene carga capacitiva.

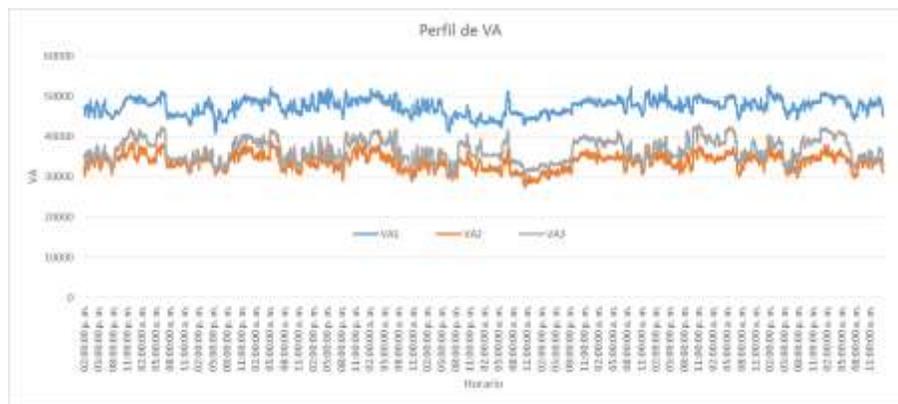


Figura 44 Perfil Carga KVA TRO 020.

Integrando la información de las Gráficas 42,43 y 44, se presenta a continuación la tabla 33. Ésta muestra en resumen la potencia real y la potencia aparente correspondiente al TRO evaluado. Además, se incluye el factor de utilización, el cual no indica que porcentaje del TRO es aprovechado.

Tabla 33 Resumen perfil de potencias TRO 020.

Carga KW'S			Carga KVA'S			Factor de utilización		
	Máximo	Promedio	Mínimo		Máximo		Promedio	Mínimo
L1	52.36	47.24	40.52	L1	52.57	47.43	40.65	26.94%
L2	38.12	33.22	27.22	L2	39.12	33.78	27.33	
L3	41.95	35.79	28.87	L3	42.99	36.65	29.34	
Total	132.43	116.24	96.62	Total	134.69	117.86	97.33	

Referente a los perfiles de potencia en el servicio se presentan las siguientes observaciones:

- El factor de utilización del transformador, nos indica que está sobredimensionado y que con la carga actual opera de forma incorrecta dentro de su rango de mayor eficiencia (85%).
- En el resumen de la tabla 33 observe como aun cuando la potencia promedio real es de 116.24 KW, la potencia aparente toma valores de 117.86 KVA, lo cual es el resultado de la aportación de reactivos.
- La potencia reactiva puede disminuirse mediante la aplicación de bancos de capacitores, los cuales idealmente deben ser colocados lo más cercano a la carga que nos sea posible. Por ejemplo, a pie de motor.
- Se propone la identificación de los 96.62 KW, que se mantienen como el mínimo consumo en el perfil de la figura 43, esto con la finalidad de descartar una posible fuga de corriente.

#### 4.6.3.4 Perfil de FP.

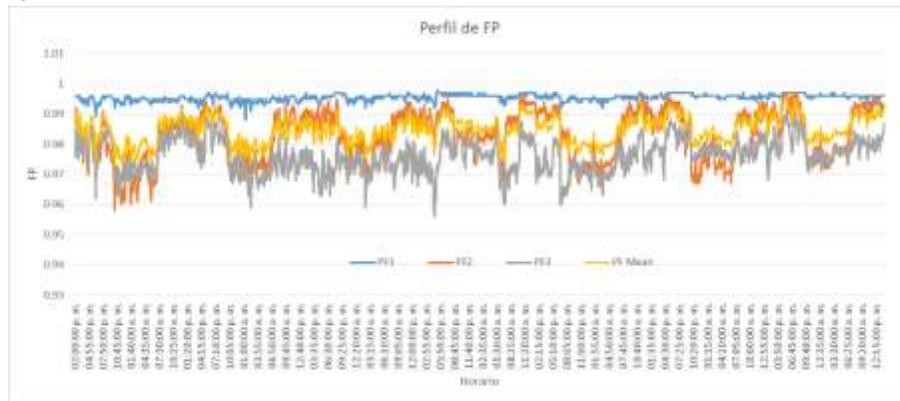


Figura 45 Perfil FP TRO 020

La figura 45, nos refleja el área de oportunidad para mejorar el factor de potencia, ya que mantiene un valor promedio del 98.5%, si bien el valor del 100% es ideal, un valor diferente a este nos indica un mayor consumo de energía para realizar el mismo trabajo. En la Tabla 34 se muestra el resumen de esta información

Tabla 34 Resumen perfil de FP.

Factor de Potencia %			
	Máximo	Promedio	Mínimo
L1	99.8%	99.5%	98.8%
L2	99.7%	98.3%	95.8%
L3	99.2%	97.6%	95.6%
Total	99.6%	98.5%	96.7%

**4.6.3.5 Perfil de distorsión armónica.**

A continuación, se presentan las figuras 46 y 47, correspondientes a los perfiles de distorsión armónica total en voltaje y corriente, respectivamente.

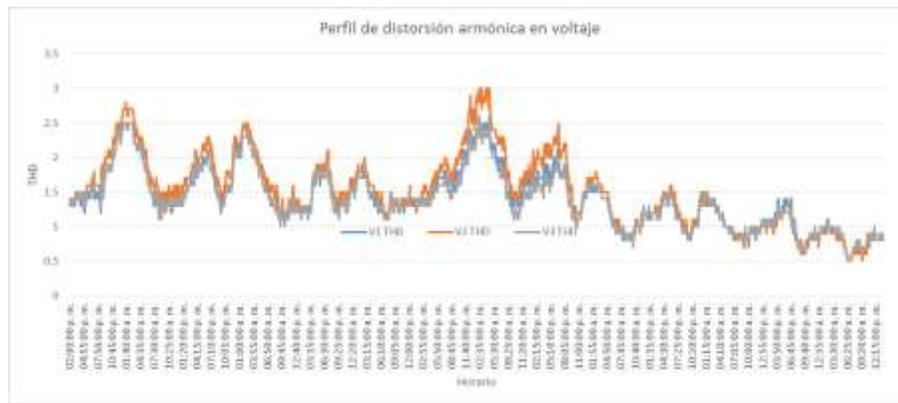


Figura 46 Perfil distorsión armónica voltaje TRO 020.

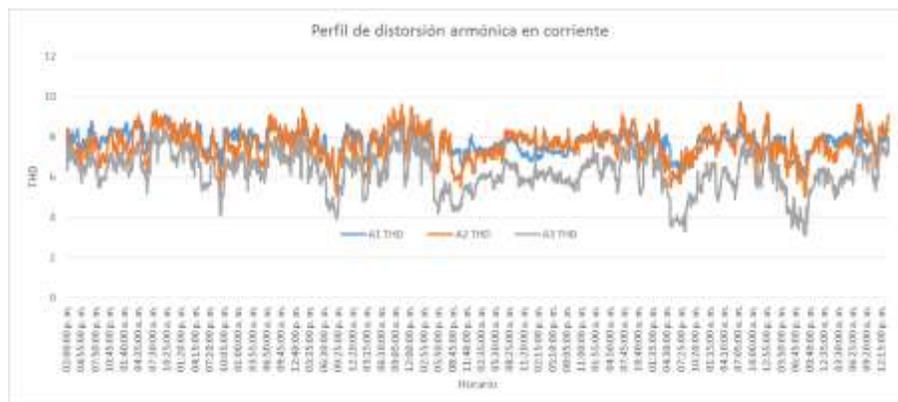


Figura 47 Perfil distorsión armónica de corriente.

Tabla 35 Resumen perfil distorsión armónica TRO 020.

Armonicos V %			Armonicos U %			Armonicos A %					
	Máximo	Promedio	Mínimo		Máximo	Promedio	Mínimo		Máximo	Promedio	Mínimo
L1	2.60%	1.42%	0.50%	L1-L2	2.80%	1.49%	0.50%	L1	9.30%	7.75%	5.90%
L2	3.00%	1.52%	0.50%	L1-L3	2.80%	1.47%	0.50%	L2	9.70%	7.61%	5.00%
L3	2.50%	1.40%	0.50%	L3-L2	2.60%	1.39%	0.50%	L3	8.50%	6.25%	3.10%

Considerando los valores promedio de la tabla 35, se aprecia que las armónicas en voltaje quedan dentro de la tolerancia, al no rebasar el 3% individualmente ni el 5% en suma. Sin embargo, la distorsión armónica en corrientes rebasa el criterio del 5% individualmente, por lo que se recomienda instalar filtros de armónicos adecuados, que permitan corregir este fenómeno.

#### 4.6.3.6 Desbalance de voltaje y corriente.



Figura 48 Desbalance entre líneas Norma IEEE TRO

Tabla 36 Resumen de Desbalance IEEE TRO 020

Desbalanciamiento IEE			
	Máximo	Promedio	Mínimo
V	0.50%	0.32%	0.20%
A	28.90%	20.77%	14.10%
U	0.60%	0.42%	0.30%

Considerando los valores promedio de la Tabla 36, se aprecia que el desbalance en los voltajes queda dentro del 5% de tolerancia, sin embargo, las corrientes fuera del 15% admisible, por lo que el transformador opera dentro de valores no adecuados.

#### 4.6.3.7 Análisis termográfico

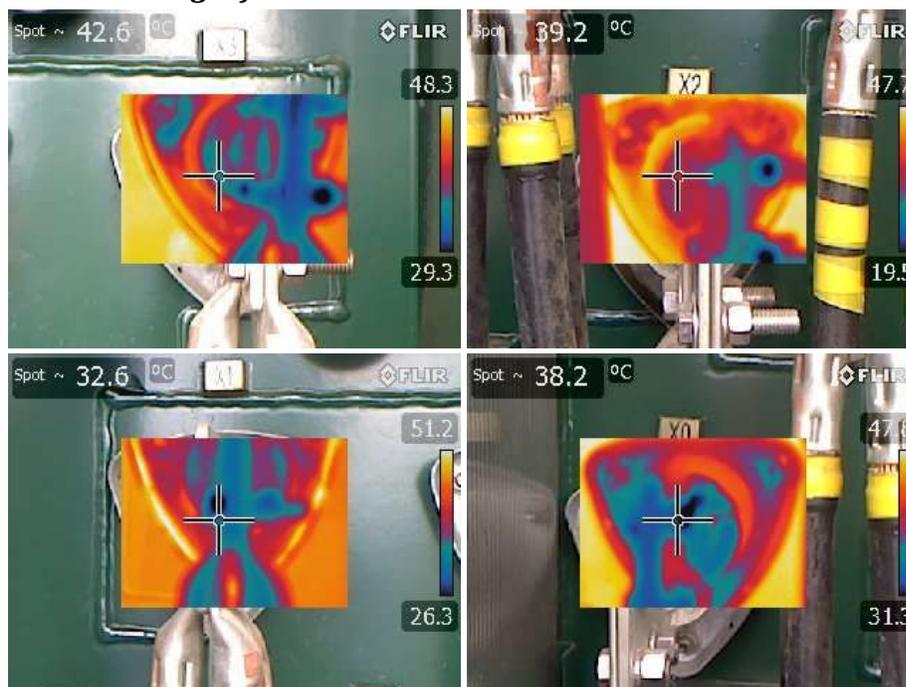


Figura 49 Termografías TRO 020.

Como se muestra en la figura 49, las temperaturas en las terminales de las 3 fases y neutro tienen valores muy similares (48°C), lo que indica la sujeción de las mismas es apropiada y que opera en un rango normal.

## **CAPITULO 5 CONCLUSIONES.**

Como se mostró a lo largo de este trabajo, el realizar un diagnóstico energético es fundamental para la industria; tan solo con observar el recibo de CFE se puede percatar uno si existe algún problema con la empresa que ocasione que la factura eléctrica se eleve, ya sea que se aprecie un bajo factor de potencia, que se encuentre pagando más por concepto de demanda que energía, un bajo factor de carga etc.

Ahora bien, si se realizan mediciones es de mucha mejor ayuda, ya que de esta manera se puede dar un diagnóstico más certero sobre lo que esté pasando. Al poder medir se puede encontrar alguno de los siguientes problemas.

- Bajo factor de potencia.
- Desbalanceo de fases.
- Transformador sobre dimensionado.
- Armónicas.
- Puntos calientes en uniones, transformadores, líneas etc.
- Etc.

De las mediciones realizadas a la empresa SuKarne se obtuvo las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda seguir las indicaciones señaladas en cada uno de los TROS medidos, para cubrir las áreas de oportunidad que presentan los mismos.
- La principal área de oportunidad detectada es la corrección del bajo factor de potencia en algunos de los TROS, que tiene como consecuencia un incremento en la facturación del servicio.
- De implementar las correcciones mencionadas se espera que los equipos eléctricos de la instalación operen en su mayor eficiencia energética y alarguen su tiempo de vida útil.

## Bibliografía.

- [1] FIDE, *Sistemas Fotovoltaicos.*, 2016.
- [2] FIDE, *Análisis del funcionamiento de paneles solares.*
- [3] CFE, *Modalidades de contratos de interconexion*, 2018.
- [4] IEEE, «IEEE 1159-2009 - IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality,» 2009.
- [5] «NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas,» 2012.
- [6] SuKarne, 3 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.sukarne.com/historia>.
- [7] CFE, «Comision Federal de Electricidad,» [En línea]. Available: [www.cfe.mx](http://www.cfe.mx).