

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Electrotecnia y Computación



Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Eléctrico.

Título:

**“Elaboración de Auditoria Eléctrica en la Industria San Francisco S.A para
mejoramiento en la eficiencia eléctrica de sus equipos eléctricos”**

Autores:

Br. Darry Josué Hernández Baltodano. 2014-1121U

Br. Osmara Fabiola Ulloa García. 2014-0706U

Tutor:

Ing. Marlon Gutiérrez Granja

Managua, Nicaragua

Dedicatoria

A nuestro Dios por darnos la vida, las fuerzas para llegar hasta el final y permitirnos realizar este trabajo monográfico.

A nuestros padres por brindarnos el apoyo incondicional desde el principio hasta el final de nuestros estudios.

A nuestro tutor, profesor. Marlon Antonio Gutiérrez Granja y profesora. María Fabiola Vanegas por brindarnos el apoyo para la realización de este trabajo monográfico.

Agradecimiento

A Dios por llenarme de dicha al tener una familia que me apoya siempre en todo momento y que siempre cree en mí, por permitirme culminar.

A mis padres Carlos y Miriam que han sido todo el tiempo mi apoyo incondicional y quienes me alientan a seguir, a ellos les debo todo, a mis hermanas Icela y Lucia por ser la razón de mi vida y logros, a Yader por estar siempre para apoyarme y ayudarme a no desistir. A mi familia entera por sus palabras de aliento, a los maestros por su enseñanza y consejos, a mi compañero Darry Hernández por todo el tiempo que trabajamos juntos y mis compañeros allegados que de una u otra manera me ayudaron en el proceso.

Osmara Fabiola Ulloa García.

Dedico este trabajo primeramente a Dios, creador del cielo y la tierra.

A mis padres y novia (Flor Mojica) que con mucho esfuerzo y sacrificio me apoyaron incondicionalmente para que pudiera llegar a culminar una de mis metas profesionales.

A mis compañeros de universidad por brindar el apoyo necesario y por haberme acompañado hasta el final de la carrera.

A mis hermanos por darme el ejemplo de ser una persona profesional y como personas dedicadas, disciplinadas a cumplir sus metas.

Darry Josué Hernández Baltodano.

Índice

1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Objetivos del Estudio	5
3.1. Objetivo General	5
3.2. Objetivos Específicos	5
4. Justificación	6
5. Marco Teórico	8
5.1. Auditoria eléctrica	8
5.2. Tipos de Auditoria eléctrica	9
5.3. Objetivo de una Auditoria Eléctrica	10
5.4. Beneficios de la realización de una Auditoria Eléctrica	10
5.5. Descripción de las Instalaciones	11
5.6. Descripción breve del consumo de energía	12
6. Análisis de los suministros energéticos	12
6.1. Cuantificación de consumo	12
6.2. Contratación	12
6.3. Consumo eléctrico mensual	13
6.4. Demanda de potencia	16
6.5. Factor de potencia	17
7. Análisis de la calidad de energía	18
8. Panel principal 3x75 kVA, INDUSTRIA SAN FRANCISCO S.A.	19
8.1. Voltaje de suministro por fase para el panel principal de la industria	19
8.2. Análisis por balance de fases por corriente eléctrica	20
8.3. Análisis de factor de carga	21
8.4. Factor de potencia	23
8.5. Consumo de energía 3x75 kVA	24
9. Panel principal 3x100 kVA, INDUSTRIA SAN FRANCISCO S.A.	24
9.1. Voltaje de suministro por fase para el panel principal de la industria	24
9.2. Análisis por balance de fases por corriente eléctrica	25
9.3. Análisis de factor de carga	26
9.4. Factor de potencia	28

9.5. Consumo de energía 3x100 kVA.....	28
10. Armónicos	29
11. Contabilidad energética	31
11.1. Balance de energía eléctrica por áreas y por usos energéticos.....	31
12. Descripción del sistema eléctrico	33
12.1 Consideraciones generales	33
13. Diagrama o esquema unifilar de la industria San Francisco S.A	34
14. Tabla 6 Resumen de mediciones puntuales de paneles en la Industria San Francisco S.A.....	37
14.1. Propuesta de mejora de desbalance de corriente en paneles.	38
15. Metodología y Alcance del Estudio.....	39
15.1 Tipo de Investigación	39
15.2 Programación de los recursos y el tiempo	39
15.3 Recopilar datos y recorrido por la planta	40
15.4 Toma de mediciones en campo	40
15.5 Analizar los datos	40
16. Métodos de medición de puesta a tierra usados en el presente estudio.....	41
16.1 Método con 4 picas	42
16.2 Comprobación sin picas.....	42
17. Parámetros de evolución y recomendaciones a seguir según lo encontrado en la inspección termo gráfica.....	45
18. Propuesta de mejoras	54
1. Propuesta de Generación Fotovoltaica de Energía Eléctrica.....	54
2. Propuesta de motores de eficiencia PREMIUM.....	58
19. Conclusiones y recomendaciones.....	60
19.1 Conclusiones	60
19.2 Recomendaciones	61
20. Bibliografía.....	63
21. ANEXOS	64

1. Introducción

La auditoría eléctrica (AE) consiste en la realización de un estudio completo de las instalaciones eléctricas para poder obtener información objetiva sobre la energía consumida por el mismo, de manera que contempla la valoración tanto de aspectos técnicos como económicos, siendo su objetivo principal poder comprender como el mismo gestiona dicho consumo, detectar las zonas donde se pierde o se emplea de forma inadecuada y proponer medidas de mejora que reduzcan el consumo y mejoren la eficiencia eléctrica.

En el siguiente tema monográfico se realizará un estudio en las instalaciones eléctricas en INDUSTRIA SAN FRANCISCO S.A en la planta de procesamiento de alimento para animales, la cual está ubicada en el Kilómetro 35 carretera panamericana sur en el municipio de San Marcos, departamento de Carazo.

Normalmente la auditoría requiere de varias fases en su desarrollo que se centran en obtener información real sobre las instalaciones y las condiciones que presta, de ese modo poder compararla con la información teórica obtenida mediante un levantamiento y análisis para poder detectar en qué zonas no se gestiona adecuadamente la energía eléctrica.

En este marco cabe resaltar que la energía es uno de los pilares que soportan el desarrollo de la sociedad actual y su disponibilidad y buen uso, son una pieza clave a la hora de determinar la eficiencia, el buen uso y desempeño de la misma.

El proceso a seguir para la realización de esta Auditoría Eléctrica (AE) se describe a continuación:

- Levantamiento de la información técnica de la instalación eléctrica (datos de placa de los equipos y demás elementos que conforman la instalación).
- Medición y análisis de los parámetros eléctricos existentes en la industria (tensión, corriente, factor de potencia etc...)
- Elaboración de un bosquejo del diagrama unifilar de la planta.
- Revisión de los costos facturados en los últimos seis meses por el servicio de energía Eléctrica.

- Presentación de la propuesta de mejora del sistema de instalación.
- Conclusiones y recomendaciones

2. Antecedentes

El esfuerzo de implementar Auditorías Eléctricas (AE) en la industria inició alrededor de 1970, originado en primer lugar por la necesidad de disminuir los costos de operación. A pesar que la energía eléctrica es vital para muchos procesos, es un componente crítico de costos.

La realización de una auditoría eléctrica constituye una interesante vía para incrementar los estudios de eficiencia eléctrica en las industrias, de forma que permita detectar qué factores están afectando e identificar las posibilidades potenciales de ahorro energético que tienen a su alcance y analizar la viabilidad técnica y económica de implantación de tales medidas.

Según el informe mundial de energía 2009 de la ONU, el aumento de la eficiencia energética y las tecnologías limpias permitirán que la cantidad de energía primaria requerida para un servicio dado puede ser reducida, de forma rentable, desde un 25% hasta un 45% del consumo para los próximos 20 años en países en desarrollo.

El Programa Nacional de Electrificación Sostenible y Energía Renovable (PNESER) ha realizado auditorías eléctricas en empresas públicas y privadas de las cuales, veinte han sido en instituciones del Gobierno, así como proyectos demostrativos de iluminación en nueve instituciones públicas. PNESER ha desarrollado todo este trabajo en eficiencia energética desde el 2012.

En Nicaragua como en América Latina se han llevado a cabo seminarios de Eficiencia Eléctrica. Nicaragua en el 2014 fue sede del VI Seminario Latinoamericano y del Caribe con el lema La Eficiencia Energética; reto regional el cual tenía como objetivo Identificar los retos regionales para lograr una contribución de América Latina y el Caribe en la mitigación de los impactos ambientales de la energía, compartiendo experiencias y buenas prácticas de la eficiencia energética.

Cabe mencionar en la industria SAN FRANCISCO S.A no se ha realizado en los últimos seis años un estudio de Auditoría eléctrica o a fines, de igual manera en el área de mantenimiento de la instalación.

En el año 2016 se realizó un cambio de los transformadores, se instalaron dos bancos de transformadores uno de 75 kVA y otro de 100 kVA. Actualmente gracias a la iniciativa de la Corporación Interamericana de Inversiones (CII), se está desarrollando el Programa GREENPYME CENTROAMÉRICA, el cual tiene como objetivo abordar las principales barreras que obstaculizan las inversiones en medidas de eficiencia energética por parte de las empresas nicaragüenses, de tal forma que se les pueda proporcionar servicios de asesoramiento experto como: capacitación y auditorías energéticas, contribuyendo a aumentar su competitividad y reducir sus costos energéticos.

En el caso de Nicaragua, GREENPYME en conjunto con el BAC y el Centro de Producción más Limpia de Nicaragua (CPML-N), este último como operador del proyecto, dio inicio a la primera etapa del programa donde se espera se ejecuten hasta un total de 70 Auditorías Energéticas Sencillas en los distintos sectores del país, financiadas totalmente por los fondos de la Corporación Interamericana de Inversiones (CII).

3. Objetivos del Estudio

3.1. Objetivo General

- Realizar una auditoría Eléctrica en la Industria San Francisco S.A con el fin de determinar las afectaciones en el sistema eléctrico y brindar recomendaciones para mejorar la eficiencia en sus equipos eléctricos.

3.2. Objetivos Específicos

- Ejecutar el levantamiento de datos del sistema eléctrico y los equipos (motores y lámparas).
- Realizar mediciones de calidad de energía en el sistema eléctrico principal de los dos bancos de transformadores de la empresa.
- Presentar análisis de calidad de energía para las mediciones realizadas en los main breakers de los dos bancos de transformadores.
- Identificar los puntos donde haya posibles pérdidas de energía.
- Identificar las oportunidades de ahorro de energía eléctrica en la industria.

4. Justificación

La energía eléctrica es actualmente esencial por nuestra forma de vida, esta forma de energía es considerada por los historiadores como la que dio gran impulso al desarrollo y a la revolución industrial.

Actualmente el uso eficiente de la energía Eléctrica en el sector industrial del país es de gran importancia, esto por el elevado costo de la energía eléctrica representando un porcentaje significativo en los costos de producción de cualquier industria, ya sea productiva o de servicio. Esto supone mejorar la vida útil de las instalaciones eléctricas, de igual manera la de sus equipos y componentes que comprenden la instalación.

Usar eficientemente la energía eléctrica significa realizar las mismas actividades aprovechando al máximo la energía eléctrica, siendo necesario la adopción de medidas continuas de mejora y uso eficiente de las instalaciones eléctricas por parte de las empresas o instituciones las que se pueden obtener al efectuar una auditoría eléctrica constituyendo una práctica habitual en las empresas o instituciones comprometidas con la seguridad de su personal y su confiabilidad eléctrica, con el fin de identificar y analizar los diversos aspectos de la situación actual de dicha industria o institución.

Las auditorías eléctricas han sido de gran importancia a nivel nacional e internacional para las industrias de hoy en día, con base a buenos resultados de eficiencia de la energía eléctrica. Debido a esto se plantea la realización de una AE en la industria SAN FRANCISCO S.A con el objetivo de analizar las oportunidades de ahorro de energía eléctrica que existan en la industria y brindar recomendaciones para su buen uso.

Para poder realizar el estudio de la auditoría eléctrica tomaremos el historial de facturación de los últimos 12 meses a partir de junio 2018 a mayo 2019. Con esta información podemos determinar cómo realizar los cambios de tarifa de ser necesario y cómo influyen económicamente en la empresa la tarifa establecida vs la tarifa a proponer.

Actualmente INDUSTRIA SAN FRANCISCO S.A es una de las empresas más importante en el departamento de Carazo debido a que ha sido una de la industria más confiable en los

últimos años en su preparación de alimentos para animales, por la magnitud de su trabajo consideramos pertinente realizar dicho estudio en sus instalaciones.

De igual manera cabe destacar que los costos de facturación resultan ser muy elevados y al realizar este estudio pretendemos proveer soluciones para disminuir los mismos.

5. Marco Teórico

La energía eléctrica es de suma importancia para la humanidad. En la sociedad actual, la electricidad es utilizada para el funcionamiento de todas las máquinas o equipos que permitan realizar acciones o procesos para el desarrollo. Por consiguiente, los disturbios y variaciones de voltaje que se producen afectan la vida de una u otra forma por tanto es necesario buscar alternativas para mecanismos que mejoren el funcionamiento en los diferentes sectores que trabajan con energía eléctrica.

Para ello entenderemos por Auditoría Eléctrica como un procedimiento sistemático que sirve para obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente de un edificio o grupo de edificios, de una instalación industrial y/o de un servicio privado o público para determinar y cuantificar las posibilidades de un ahorro de energía rentable y elaborar un informe al respecto.

Por lo tanto, el objetivo de una AE es el de recomendar acciones que permitan un uso más eficiente de la energía, debido a esto se realizará la AE en la INDUSTRIA SAN FRANCISCO S.A con el fin de determinar en qué zonas no se está aprovechando la energía y proveer con el estudio un ahorro energético.

5.1. Auditoria eléctrica

Es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía de un edificio que permite determinar dónde y cómo se utiliza la energía, así como el estudio de parámetros de una red eléctrica; integrando a todos los equipos y sistemas que forman parte de ella y evaluando y verificando las condiciones de la instalación como tal.

Consiste en un procedimiento sistemático que busca obtener un óptimo conocimiento del perfil de los consumos energéticos en una instalación identificando y valorando las posibilidades de ahorro de energía.

5.2. Tipos de Auditoría eléctrica

Existen varias designaciones para los diferentes tipos de Auditoría según la profundidad de análisis, sin embargo, lo más común es lo siguiente:

Tabla 1. Tipos de auditoría

	Auditorías Nivel I	Auditoría Nivel II
Objetivo	Promover el uso adecuado de la energía.	Establecer un proceso Conservación de la energía completamente.
Tipo de estudio	Visita general a la planta Identificación de oportunidades de cambio.	Visita a la planta, mediciones, análisis de proceso, datos e identificación y cuantificación de oportunidades de cambio.
Tiempo	Visita a la planta medio o un día	Visita a la planta 1 a 2 semanas
Seguimiento	4-6 meses después de la entrega de informe.	Reunión con el personal encargado del mantenimiento de la planta y seguimiento de 4-6 meses.
Reporte	Introducción. Descripción de la planta. Datos de consumo de energía. Oportunidades de cambio. Recomendaciones generales.	Evaluación. Plan de ejecución. Descripción de la planta y proceso. Perfil de consumo de energía. Descripción de oportunidades de cambio y ahorro. Recomendaciones generales y específicas.

Fuente: Elaboración propia

Auditoría eléctrica preliminar o de nivel I

Auditoría eléctrica preliminar o de nivel II

La diferencia entre cada una, se da, básicamente en la magnitud del estudio que se hace. La Auditoría de nivel I consiste en una visita de medio día o un día con el propósito de hacer un levantamiento muy general de la información, en la cual se determina la necesidad de continuar con la de nivel II.

Con base en la definición de cada tipo de Auditoría, este trabajo está orientado a desarrollarse en ambos niveles (nivel I y II) debido a la magnitud y al tiempo que requiere la investigación para llevarse a cabo.

5.3. Objetivo de una Auditoria Eléctrica

El objetivo general de las auditorías es determinar los puntos donde las industrias tienen un uso inadecuado de la energía eléctrica y proponer medidas de mejoras que puedan reducir el consumo y mejorar la eficiencia eléctrica.

Al realizar el mencionado estudio de Auditoría Eléctrica debemos conocer el funcionamiento de los equipos dentro del proceso para brindar recomendaciones que tengan como fin proveer soluciones de ahorro de energía que se reflejan en los valores de facturación, para lo cual debemos tener en consideración los siguientes parámetros:

- Obtención de un conocimiento fiable de los consumos energía eléctrica.
- Identificar dónde y cómo se consume la energía y los factores que afectan su consumo.
- Optimizar el suministro de energía.
- Eliminar las pérdidas de energía eléctrica.
- Maximizar la eficiencia de la instalación.
- Evaluar las oportunidades de diversificación de la energía y la repercusión en el costo energético.

5.4. Beneficios de la realización de una Auditoria Eléctrica

La energía, posee importancia descomunal en cualquier rubro de una empresa y/o industria; debido a ella una Auditoría Eléctrica permitirá de manera acertada identificar las fugas de energía eléctrica y utilizarla de manera eficiente y adecuada; algunos beneficios son:

- Disminución de los costos energéticos mediante la optimización de los consumos de energía eléctrica.
- Aumento de la vida útil de los equipos.

- Mejora la imagen corporativa debido a la contribución al cuidado y preservación del medio ambiente.

5.5. Descripción de las Instalaciones

La infraestructura corresponde a las de una nave industrial de tipo bodega de almacenamiento y producción, de alimentos para animales, con áreas de oficinas, áreas verdes, estacionamiento de visitantes y estacionamiento para carga y descarga de camiones de transporte pesado de los productos almacenados y posteriormente distribuidos por la INDUSTRIA SAN FRANCISCO S.A.

Las instalaciones eléctricas cuentan con dos bancos de transformadores eléctricos trifásico de 3 x 75 kVA y 3x 100 kVA para suministrar la carga eléctrica para todos los equipos utilizados en la empresa: los equipos de oficina, de fuerza, Iluminación, climatización, refrigeración y otros equipos, todo esto bajo un mismo medidor en media tensión con tarifa T-5E Industrial Mayor Binomia, con medición horaria estacional lo que beneficia a la empresa, ya que contempla los siguientes rubros comerciales:

- 1- Activa punta kWh
- 2- Activa valle kWh
- 3- Demanda punta
- 4- Comercialización
- 5- Regulación INE
- 6- IVA

No se presenta el rubro de alumbrado público debido a la ubicación de la Industria, Kilómetro 35 carretera panamericana San Marcos, Carazo. Realizamos el análisis de facturación desde junio 2018 hasta mayo 2019. Con el objetivo de examinar en la facturación la variación de la demanda en dependencia del tiempo.

5.6. Descripción breve del consumo de energía

A continuación, se refleja la distribución general del consumo energético en las instalaciones, en el periodo de junio 2018 a mayo 2019.

Tabla 2. Distribución general de consumos energéticos.

Suministro Energético.	Instalaciones	Consumo energético anual (kWh/año)	Costo energético anual (USD/año)	Costo de la energía promedio (USD/kWh)	Emisiones anuales de CO ₂ (tCO ₂ eq/año)
Electricidad	INDUSTRIA SAN FRANCISCO S.A	366,240	66,561.55	0.23	194.1

Fuente: Elaboración Propia.

Según la tabla anterior, en el periodo que ha sido evaluado se ha tenido un costo promedio de energía eléctrica, para las instalaciones de la industria de 2.203 por kWh, para un consumo total de 366,240kWh/año para el periodo de tiempo analizado. Tal consumo de energía ha representado la generación indirecta de 194.1 toneladas de dióxido de carbono (uno de los gases más responsable que contribuyen al calentamiento global) hacia la atmosfera.

6. Análisis de los suministros energéticos

6.1. Cuantificación de consumo

La INDUSTRIA SAN FRANCISCO S.A cuenta con un medidor 17900468IT con medición primaria o en media tensión (NIS: 2674180), para cuantificar el consumo de energía eléctrica suministrado por la distribuidora DISSUR.

6.2. Contratación

La tarifa eléctrica a la cual están sujetas las instalaciones de la INDUSTRIA SAN FRANCISCO S.A es la T-5E media tensión, industrial mayor Binomia con medición horaria. Esta tarifa tiene la siguiente descripción.

Tabla 3. Datos de facturación eléctrica

Descripción			Energía USD/kWh	Demanda USD/kW
Tarifa	T-5E Media tensión, industrial mayor Binomia con medición horaria.	Verano punta	0.2380	24.1460 15.0790 0.0000 0.0000
		Invierno punta	0.2307	
		Verano fuera de punta	0.1575	
		Invierno fuera de punta	0.1524	
		Verano punta		
		Invierno punta		
		Verano fuera de punta		
		Invierno fuera de punta		
Compañía suministradora	Distribuidora del Sur S.A			
Código de cliente (NIS)	2674180			
Consumo anual (kWh)	366,240			
Costo anual (USD)	66,561.55			

Fuente: Pliego tarifario INE

Según la tabla anterior, la tarifa eléctrica que posee la industria es del tipo Binomia con medición horaria, es decir: tiene menores costos de energía y demanda con respecto a la tarifa industrial T-5D y si se utiliza en los horarios fuera de punta principalmente llegaría a comportarse como una tarifa monomia al no tener costos de demanda en la hora punta.

6.3. Consumo eléctrico mensual

A continuación, se presenta el consumo de energía eléctrica en el periodo de junio 2018 a mayo 2019.

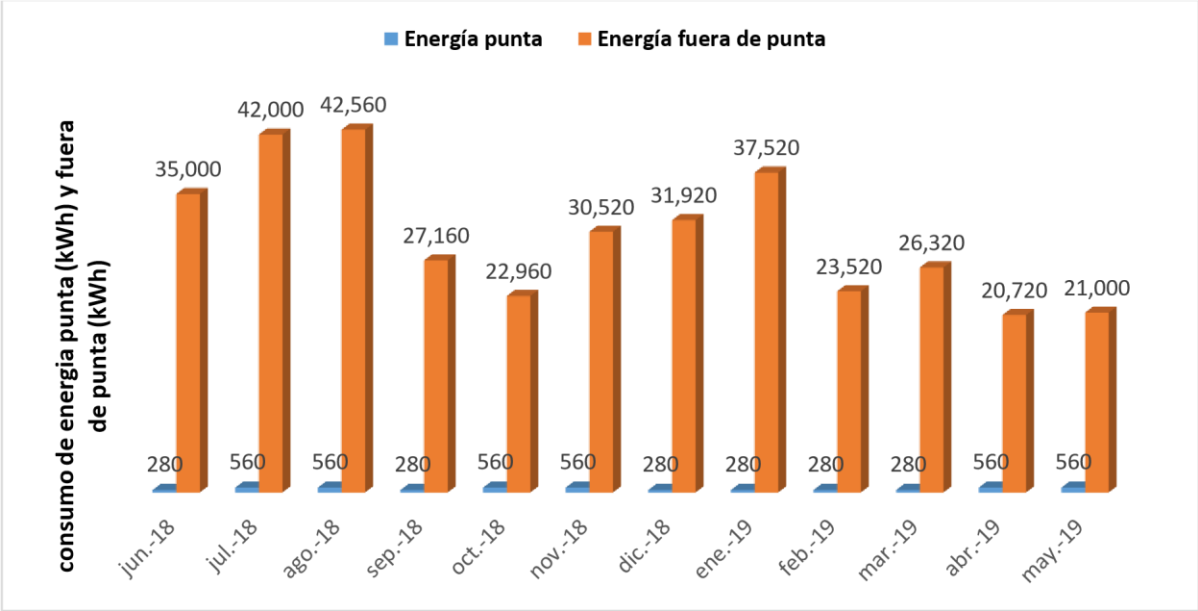
Tabla 4. Consumo histórico de energía eléctrica.

Suministro Energético	Consumo eléctrico (kWh/mes)	Costo eléctrico (USD/mes)	Costo de la energía promedio USD/kWh)	Emisiones mensuales de CO2 (tCO2eq/mes)
Jun-18	35,280	\$5,720.75	0.162	18.7
Jul-18	42,560	\$7,520.12	0.177	22.6
Ago-18	43,120	\$7,513.66	0.174	22.9
Sep-18	27,440	\$4,893.94	0.178	14.5
Oct-18	23,520	\$4,238.61	0.180	12.5
Nov-18	31,080	\$5,468.68	0.176	16.5
Dic-18	32,200	\$5,856.99	0.182	17.1
Ene-19	37,800	\$7,022.22	0.186	20.0
Feb-19	23,800	\$4,552.68	0.191	12.6
Mar-19	26,600	\$5,151.31	0.194	14.1
Abr-19	21,280	\$4,264.98	0.200	11.3
May-19	21,560	\$4,357.59	0.202	11.4
Total	366,240	66,561.55	2.203	194.1
Promedio	43,120	5,546.80	0.184	16.2
Máximo	30,520	7,520.12	0.202	22.9
Mínimo	21,280	4,238.61	0.162	11.3

Fuente: Pliego tarifario aplicado por Disnorte-Dissur

La tabla anterior proporciona el consumo de energía eléctrica en el periodo evaluado, donde se han consumido 366,240 kWh/año, con una generación anual equivalente a 194.1 toneladas de dióxido de carbono.

Ilustración 1 Consumo histórico de energía eléctrica punta (kWh) y fuera de punta (kWh) junio 2018-mayo 2019.



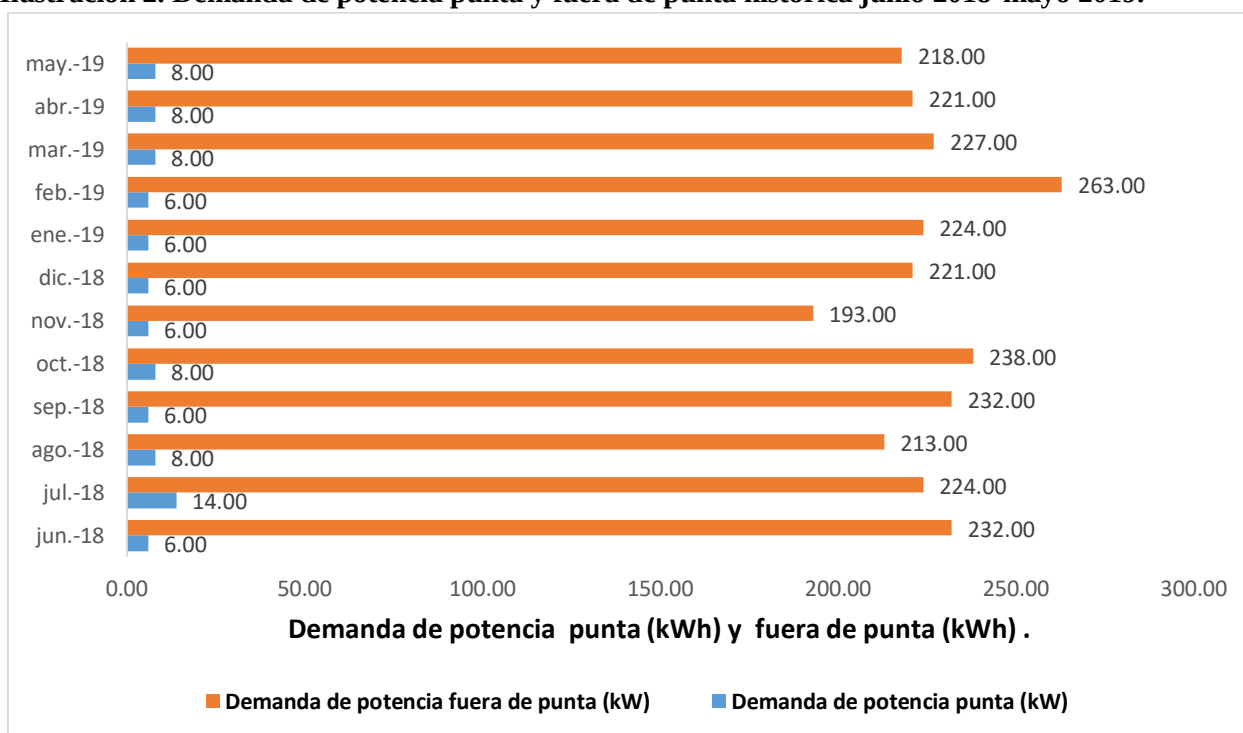
Fuente: Elaboración propia

De la ilustración anterior obtenida a partir de las mediciones realizadas cabe destacar que julio, agosto, octubre, noviembre, abril y mayo registraron el mayor consumo de energía punta con 560 kWh, mientras que el resto de meses evaluados junio, julio, septiembre, diciembre, enero, febrero, marzo presentaron el menor consumo con 280 kWh. También se puede observar el comportamiento de la variación del consumo de energía eléctrica fuera de punta así tenemos que agosto 2018 representa el mayor consumo con 42,560 kWh de igual manera los meses correspondientes a junio 2018, julio 2018 y enero 2019 en el periodo de tiempo estimado que comprende junio 2018 a mayo 2019, no obstante abril 2019 representa el menor consumo registrado con 20,720 kWh así mismo los meses restantes presentan un consumo relativamente bajo.

6.4. Demanda de potencia

La demanda de potencia facturada equivale a la suma de potencia de cada equipo eléctrico funcionando en un mismo instante de tiempo, al final de mes se factura la máxima registrada en ese periodo. El medidor censa la demanda de potencia para todas las horas durante el día. Basado en el análisis de las facturas de consumo de energía eléctrica de los meses de junio 2018 a mayo 2019 se realizó la siguiente ilustración de la demanda de potencia:

Ilustración 2. Demanda de potencia punta y fuera de punta histórica junio 2018-mayo 2019.



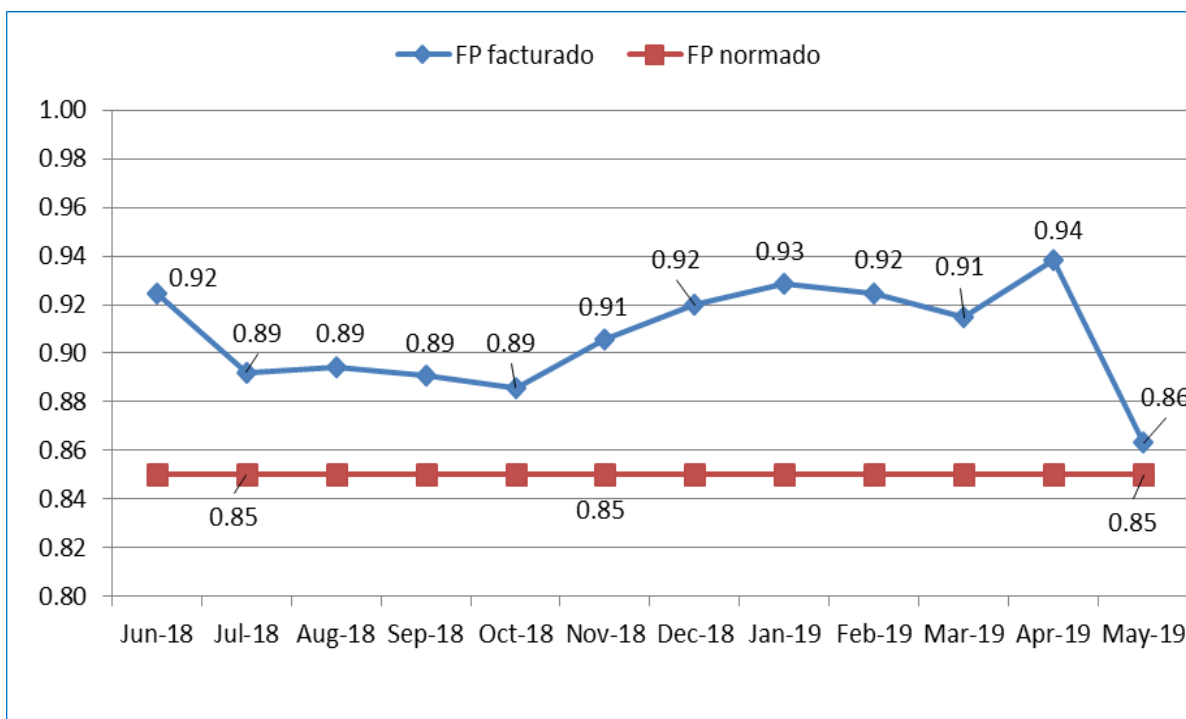
Fuente: Elaboración propia

En la anterior ilustración se denota la demanda de potencia punta en la cual el mes de julio 2018 presentó una demanda de potencia de 14 kW seguido de los meses de agosto y octubre 2018 y marzo, abril y mayo 2019; los meses restantes presentaron una demanda de 6 kW. De igual manera se denota la demanda de potencia fuera de punta siendo febrero de 2019 el mes con mayor demanda de potencia, seguido de octubre 2018 con 238 kW y el mes que presentó menor demanda de potencia registró 193 kW siendo este el mes de noviembre 2018.

6.5. Factor de potencia

El factor de potencia mide el aprovechamiento de la energía por los equipos. Si este factor es menor a 0.85, la empresa distribuidora (Disnorte-Dissur) emitirá un recargo o multa por tener un bajo factor de potencia. En la siguiente ilustración se muestra el comportamiento histórico del factor de potencia para el periodo en análisis.

Ilustración 3. Factor de potencia histórico junio 2018-mayo 2019



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración se denota el comportamiento del factor de potencia en el transcurso del tiempo de las mediciones realizadas, como podemos observar se denota un comportamiento positivo o bien acorde al estándar, esto es debido a la existencia de dos bancos de capacitores los cuales ayudan a la disminuir las pérdidas en conductores, reducir las caídas de tensión, aumentar la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores, de igual manera a incrementar la vida útil de la instalación. El valor de factor de potencia promedio registrado equivale a 0.91 siendo este un valor permitido ya que sobrepasa el umbral de penalización establecido en 0.85.

7. Análisis de la calidad de energía

El análisis de la calidad de energía se realizó mediante el uso del equipo FLUKE 435¹, para identificar el voltaje real de operación, potencia, factor de potencia y consumo eléctrico, esto durante el periodo del 22 al 29 de junio de 2019.

Dicho equipo fue colocado en el lado secundario del banco trifásico de cada uno de los bancos trifásicos de transformadores de 225kVA (3x75 kVA) y 300 kVA (3x100) que suministra de energía las áreas de la empresa: producción PELLET, frijoles y soya ex cruzado, taller de soldadura, oficinas y áreas exteriores; con el fin de conocer las condiciones reales de los equipos alimentados por única acometida que alimenta a la industria que involucra los lugares mencionados.

Ilustración 4. Analizador de energía FLUKE 435



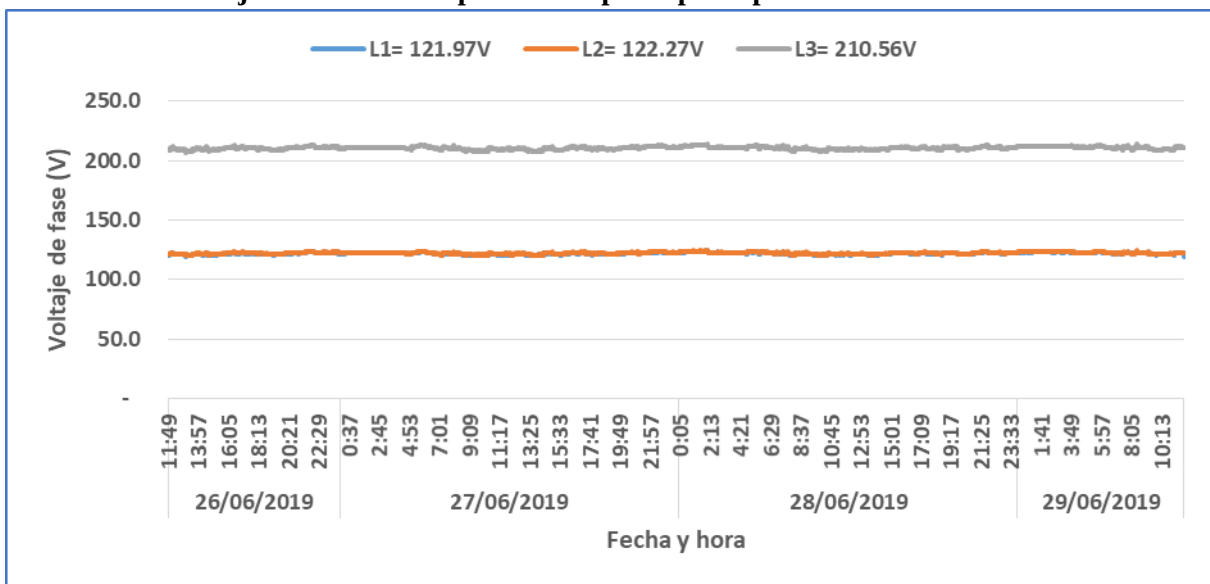
¹ www.fluke.com

8. Panel principal 3x75 kVA, INDUSTRIA SAN FRANCISCO S.A

8.1. Voltaje de suministro por fase para el panel principal de la industria

El desbalance trifásico es el fenómeno en donde las tensiones y ángulos entre fases consecutivas no son iguales. El balance perfecto entre fases es inalcanzable, sin embargo se puede realizar una aproximación dentro de rangos aceptables como el 3% dentro de las instalaciones eléctricas de la industria después del medidor en baja tensión, o 5% incluyendo la acometida y circuitos derivados². A continuación, se detalla el comportamiento del voltaje de fases registrado en la alimentación para la medición realizada en el lado secundario del banco de transformador de 3x75 kVA³ de la industria:

Ilustración 5. Voltajes de suministro por fase en panel principal de la subestación de 225kVA



Fuente: Elaboración propia

De la figura se obtiene que el porcentaje de desbalance entre cada una de las fases es de 0.1% dicho valor es excelente para el sistema ya que es menor al 3% máximo aceptado, según los estándares establecidos por la normativa IEC 61000-2-12, la línea L3 mostrada equivale a

² Ver normativa IEC 61000-2-12

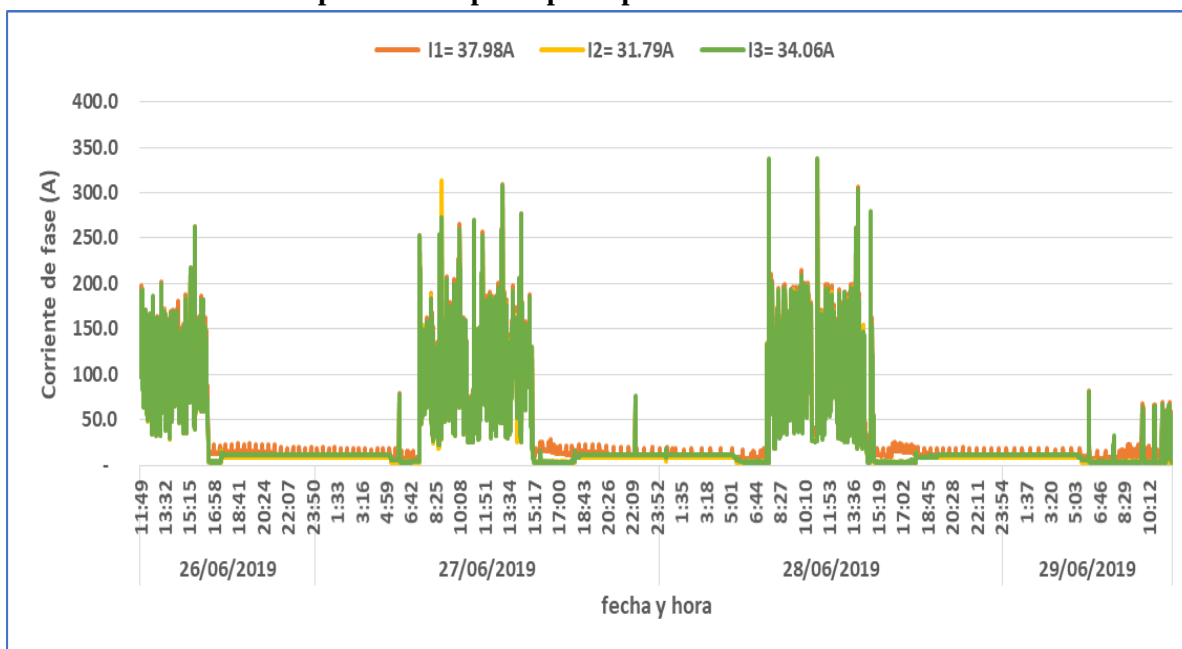
³ kVA (kilovolt ampere)

la línea griega en conexión estrella delta. Cabe mencionar que según el alimentador de voltaje del secundario debería ser 120 V con un nivel de tolerancia de $\pm 10\%$, por lo que los valores máximos y mínimos encontrados rondaron entre los 108 y 132 V, el valor se encuentra estable dentro del rango nominal del sistema y se considera normal para las operaciones de los equipos alimentado al sistema de la planta.

8.2. Análisis por balance de fases por corriente eléctrica

Para analizar los desbalances en las mediciones realizadas, se analizó la situación de la carga de cada una de las fases que alimentan a los equipos en las instalaciones de la planta que trabajan con voltajes de 120 V.

Ilustración 6. Corrientes por fase del panel principal de la subestación trifásica de 225kVA



Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de desbalance máximo de corriente es de 9.7% entre los valores promedios máximos y mínimos de cada fase registrado durante la medición principalmente en la línea 1, en la línea 2 de 8.2% y la línea 3 de 1.6% por lo tanto están en un buen balance ya que no pasa del 10% a plena carga establecido según el NEC y otras normas internacionales como la IEC 61000-2-5, ANSI C84.1 Anexo 1, Nema MG1, sin embargo, existe una corriente

máxima de 4A en el neutro desestabilizando el sistema mediante una pequeña corriente de fuga, lo cual permite que esa cantidad de corriente se transfiera a tierra en forma de pérdida de energía, ya que el neutro de toda instalación se encuentra conectada con la tierra física para proteger a los equipos y a las personas.

8.3. Análisis de factor de carga

Las curvas de cargas permiten obtener información sobre qué nivel de carga se encuentra una variable a lo largo del tiempo o de la forma que evoluciona una variable a lo largo de un periodo definido⁴.

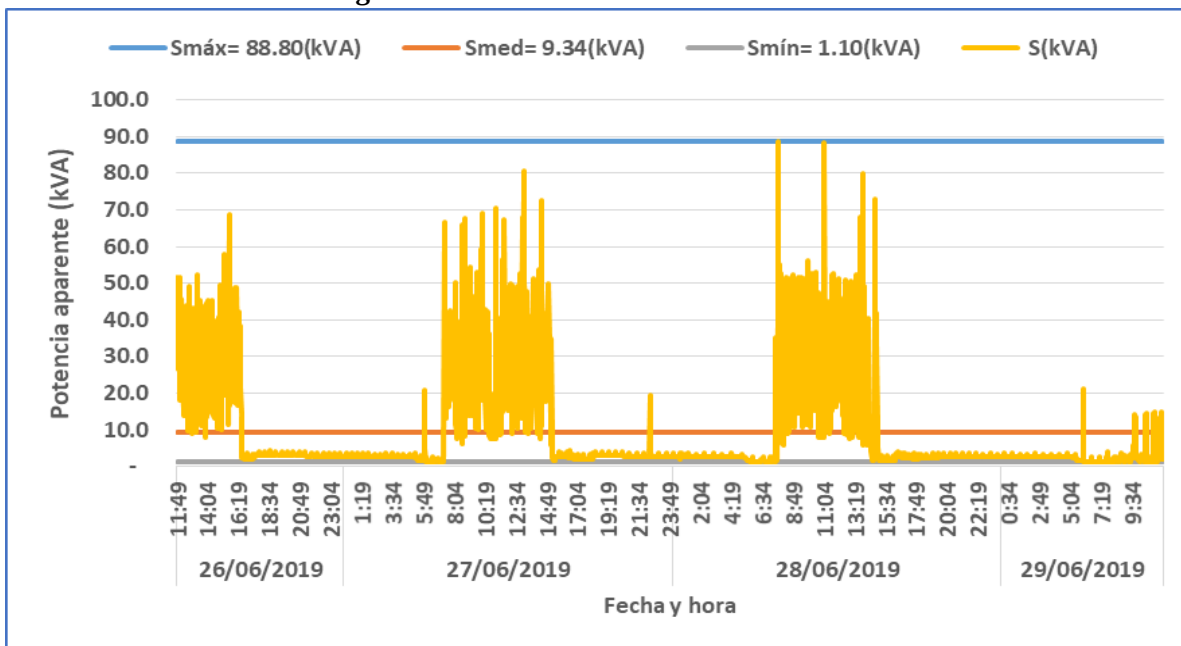
Se conectó a la subestación de 225 kVA y a la de 300 kVA un contactor de energía activa “FLUKE 435” durante un período de 7 días y 27 minutos del 22 al 29 de junio de 2019, instalado 3 días completos en la subestación de 225kVA y 4 días y 27 minutos en el de 300 kVA, la medición engloba todos los equipos involucrados de toda la planta (climatización, iluminación, equipos ofimáticos, equipos de fuerza y otros equipos). Toda la potencia instalada entre ambos transformadores es de 525 kVA, durante este período se pudo determinar que en el banco de transformadores de 300 kVA el nivel de tensión de línea a línea alcanza los 234V lo cual debería ser 240V, sin embargo eso se debe a la falta de mantenimiento de los bancos de transformadores y regulación del TAP⁵ de dichos transformadores.

A continuación, se presenta la curva de carga registrada en la subestación de 225 kVA por el equipo analizador de calidad de la energía para esta acometida alimentada por el transformador de potencia:

⁴ (Aillón, 2010; Ramírez, 2000).

⁵ TAP (selector mecánico que le sobrepone al bobinado primario un número de espiras para que la tensión de salida sea la adecuada). <https://m.monografias.com>

Ilustración 7. Curva de carga de la acometida conectada al banco de transformador 225kVA



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración anterior, se muestra el resultado real que el equipo de medida ha indicado a diferentes consumos durante los días típicos en los que se realizó la medición dibujando una **línea anaranjada** que permite comparar esos consumos y determinar el grado de utilización del equipo. A ese valor se le conoce como **factor de carga**. Basado en la ilustración, se tienen los siguientes comentarios:

- El factor de carga máximo que esta acometida somete al banco de transformadores de 225 kVA es de **39.5 %** que corresponde a las horas en que se enciende los equipos (motores trifásicos, iluminación y de oficinas) del área de la mezcladora, producción y oficinas. Este bajo FC se debe a que la línea griega está en la L3 por lo tanto, para tener un mejor FC la línea griega deberá estar en la L2.
- En promedio, el resto del tiempo que corresponde a **4.2%** de carga por la acometida de la empresa. Este bajo factor de carga afecta la eficiencia total de operación del transformador de potencia (disminuyéndola), ya que para tener una eficiencia cercana

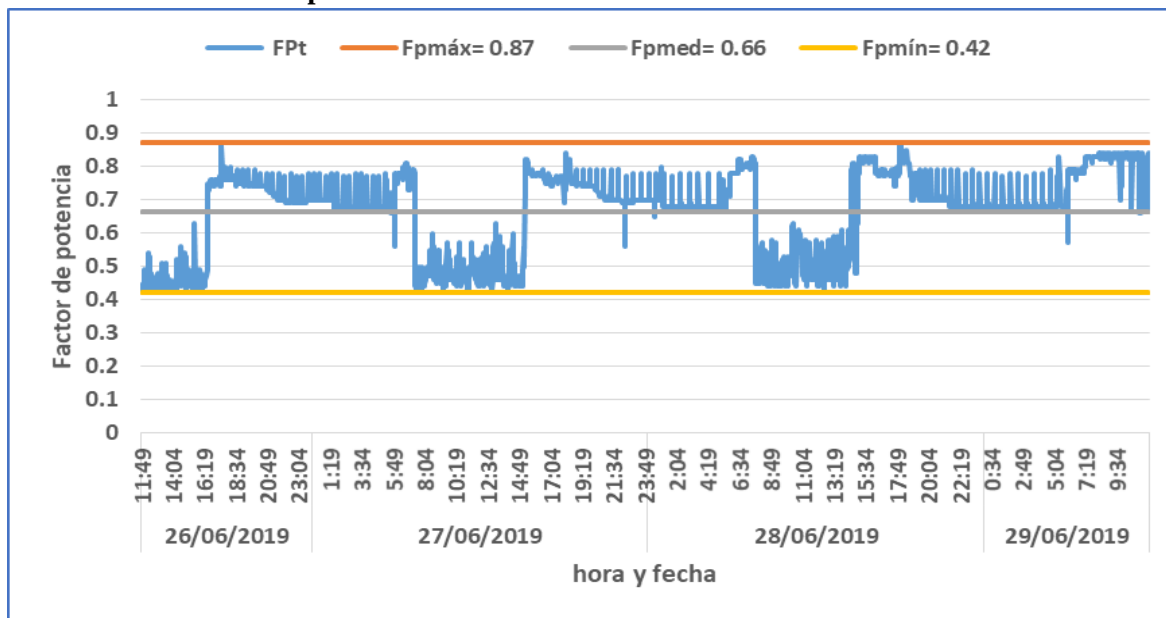
a la nominal esta máquina eléctrica (transformador de potencia) debe operar entre el 50% al 100%⁶

Este bajo factor de carga se debe a que las mediciones se realizaron en un fin de semana, en donde la planta no trabaja en su totalidad.

8.4. Factor de potencia

El comportamiento del factor de potencia de la acometida que alimenta al banco de transformadores de 3 x 75 kVA, registrado por el equipo analizador FLUKE se muestra en la figura siguiente:

Ilustración 8. Factor de potencia del banco de transformador de 225kVA



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se puede observar que el factor de potencia promedio es de 0.66 por lo cual está por debajo de lo normado (0.85) establecida por el Instituto Nacional de Energía (INE) comprendida en los artículos TRF6.1.4, TRF6.1.5 (recargo por incumplimiento

⁶ Artículo del libro “Métodos prácticos para lograr ahorros de energía eléctrica” y la normativa NMX-J-287-ANCE

de FP), sin embargo esta subestación consta con un banco de capacitores de 12 .5 kVAR⁷ cada uno por lo que ayuda a mejorar el sistema de la industria con un factor de potencia de 0.91, no obstante, en el momento de la realización de la medición estuvo desconectado para obtener los valores reales.

8.5. Consumo de energía 3x75 kVA

Durante se realizó la medición en esta subestación se obtuvo un consumo promedio de energía de: **164.72 kWh/día**, para un mes típico de este comportamiento de: **4,351.36 kWh/mes**.

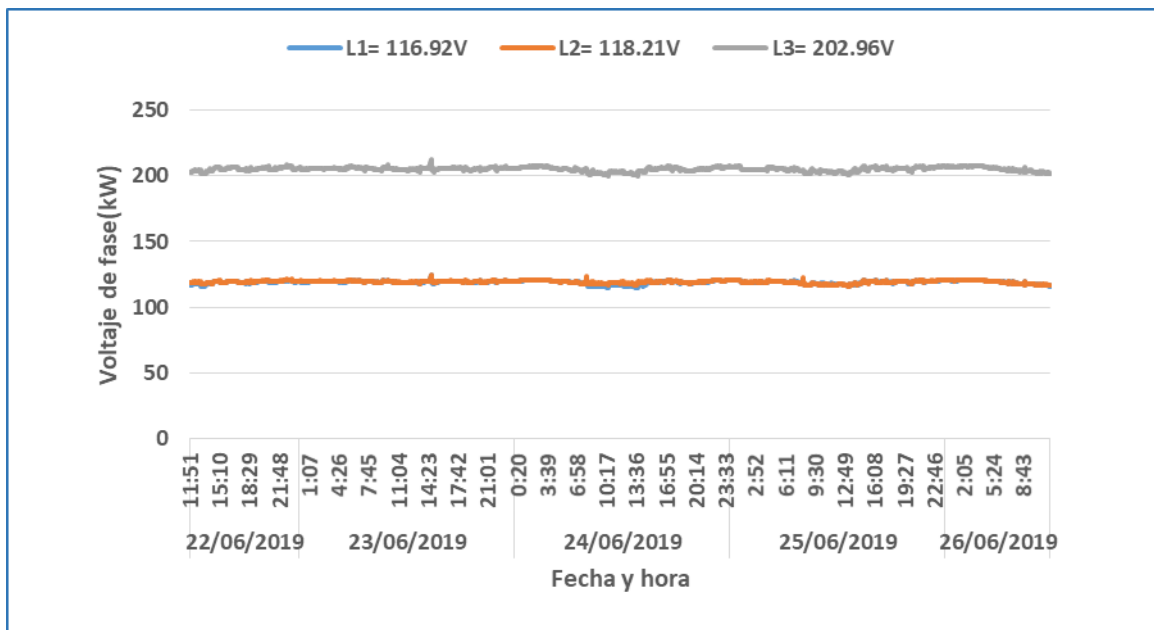
9. Panel principal 3x100 kVA, INDUSTRIA SAN FRANCISCO S.A.

9.1. Voltaje de suministro por fase para el panel principal de la industria

A continuación, se detalla el comportamiento del voltaje de fases registrado en la alimentación para la medición realizada en el lado secundario del banco de transformador de 3x75 kVA de la industria:

⁷ kVAR (kilo volt ampere reactivo)

Ilustración 9. Voltajes de suministro por fase en panel principal de la subestación 300kVA



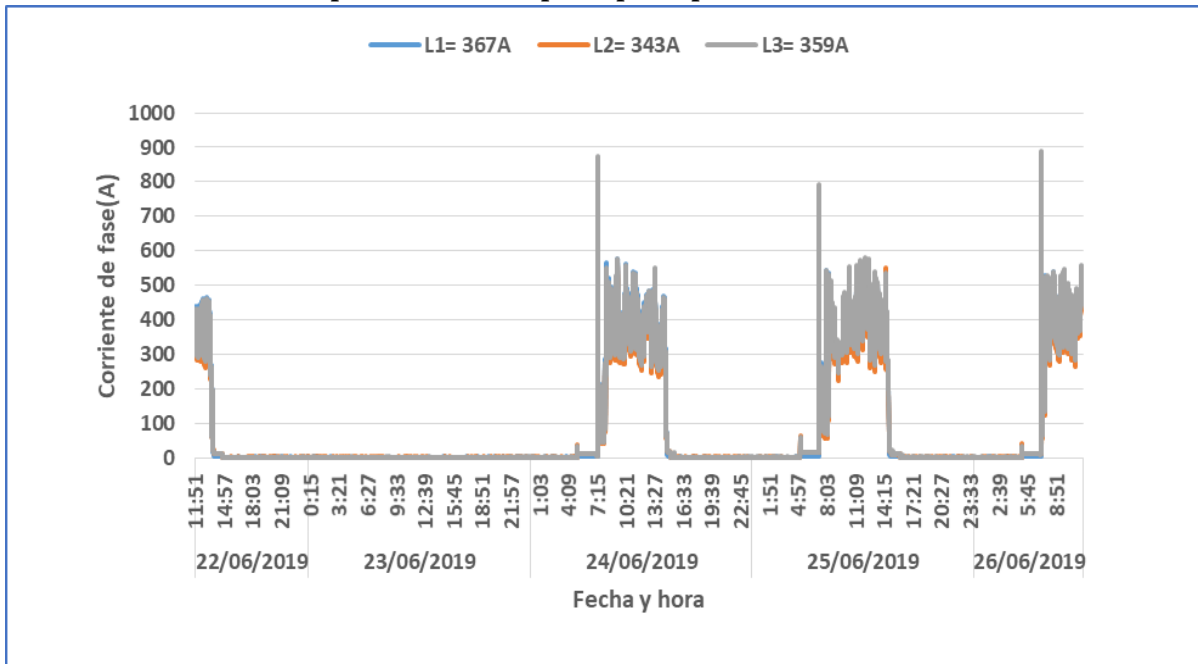
Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se puede observar el análisis de medición de la subestación de 3 x 100 kVA que el porcentaje de desbalance entre cada una de las fases es de 0.1% dicho valor es excelente para el sistema ya que es menor al 3% máximo aceptado, según los estándares Establecidos. La línea tres (L3) se encuentra la línea griega es decir el voltaje 208, por lo que lo recomendable y según normado debería estar en la línea dos (L2).

9.2. Análisis por balance de fases por corriente eléctrica

Para analizar los desbalances en las mediciones realizadas, se analizó la situación de la carga de cada una de las fases que alimentan a los equipos en las instalaciones de la planta que trabajan con voltajes de 120 V.

Ilustración 10. Corrientes por cada fase en panel principal de la subestación trifásica 300kVA



Fuente: Elaboración propia

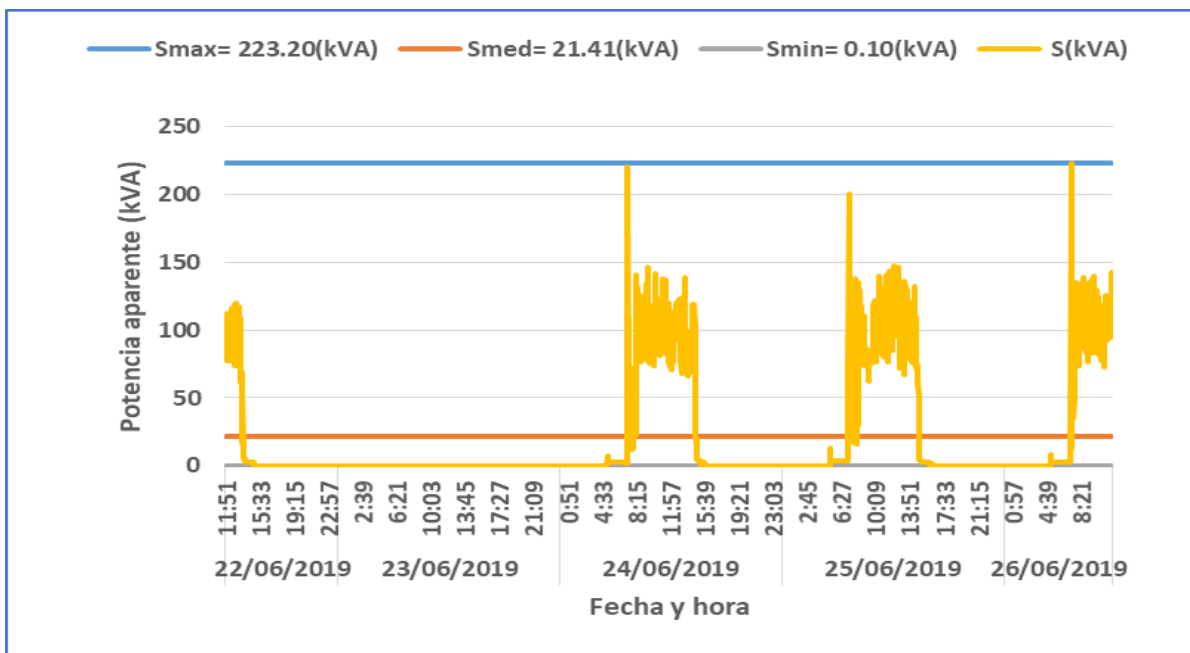
El porcentaje de desbalance máximo de corriente es de 42.3% entre los valores máximos, promedios y mínimos y es en la L3. L2 tiene un valor máximo del 2.8% y L1 de 0.9%. Se debe mencionar que la línea tres (L3) sobre pasa el porcentaje del valor de desbalance normado según el NEC y algunas normas internacionales como IEC 61000-2-5, ANSI C84.1 Anexo 1, Nema MG1.

Durante la medición se dieron picos de corrientes en el neutro siendo la máxima de 55A, siendo esta una corriente de fuga presentándose en el sistema como pérdida de energía, ya que en toda instalación eléctrica trifásica no debe circular corriente sobre el neutro y se encuentra conectada con la tierra física para proteger a los equipos y a las personas.

9.3. Análisis de factor de carga

Se realizó la medición en la subestación de 3x100 kVA, el resultado fue en el siguiente:

Ilustración 11. Curva de carga de la acometida conectada a la subestación trifásica 300kVA



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración anterior, se muestra el resultado real que el equipo de medida ha indicado a diferentes consumos durante los días típicos en los que se realizó la medición, incluyendo sábado y domingo por lo tanto se obtiene los siguientes comentarios del factor de carga de dicha subestación:

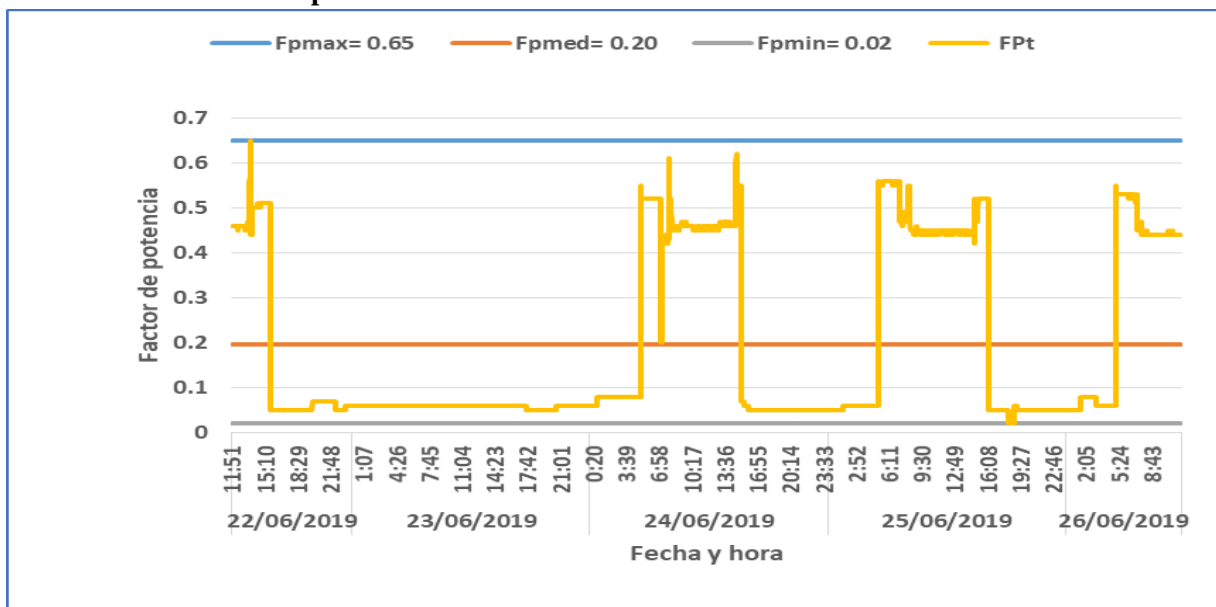
- El factor de carga máximo que somete la acometida al banco de transformadores de 300 kVA es de **74%** que corresponde a las horas que se encienden los equipos (motores trifásicos) del área de pelletizado y materia prima.
- El factor de carga promedio es de **7.13%** dicho FP es demasiado bajo por ende el banco de transformadores no está trabajando con eficiencia (disminuye).⁸

⁸ Según Artículo del libro “Métodos prácticos para lograr ahorros de energía eléctrica” este deberá operar entre un 50% al 100%.

9.4. Factor de potencia

El comportamiento del factor de potencia de la acometida que alimenta al banco de transformadores de 3 x 100 kVA, registrado por el equipo analizador FLUKE se muestra en la figura siguiente:

Ilustración 12. Factor de potencia del banco de transformador trifásico de 300kVA



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se puede observar que el factor de potencia promedio es de 0.20 el cual está por debajo de lo normado, cabe mencionar que esta subestación consta con un banco de capacitores de 12 kVAR lo cual alcanza a los 0.91.

9.5. Consumo de energía 3x100 kVA

Durante se realizó la medición en esta subestación se obtuvo un consumo promedio de energía de: **355.76 kWh/día**, para un mes típico de este comportamiento **7,974.98 kWh/mes**.

10. Armónicos

Los armónicos son distorsiones de las ondas sinusoidales de tensión y/o corriente de los sistemas eléctricos, debido al uso de cargas con impedancia no lineal, a materiales ferromagnéticos, y en general al uso de equipos que necesiten realizar conmutaciones en su operación normal. La aparición de corrientes y/o tensiones armónicas en el sistema eléctrico crea problemas tales como, el aumento de pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores, errores de medición, mal funcionamiento de protecciones, daño en los aislamientos, deterioro de dieléctricos, disminución de la vida útil de los equipos, entre otros.

La tasa de distorsión armónica (en porcentaje) tiene el siguiente comportamiento:

Tabla 1. Tasas de distorsión armónicas registradas por el equipo analizador Fluke 435-II.

	THD V L1	THD V L2	THD V L3	1.70	THD A L1	THD A L2	THD A L3	Promedio
Máximo	8.61	15.70	8.76	11.02	35.11	10.96	10.60	18.89
Promedio	2.55	2.23	2.50	2.43	4.78	4.09	4.23	4.36
Mínimo	1.12	0.71	1.06	0.96	1.86	1.40		1.65

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se muestran los valores en porcentaje registrados por el equipo analizador Fluke de la tasa de distorsión armónica de voltaje (THD V) y de la tasa de distorsión armónica de corriente (THD A) por cada una de las líneas del sistema trifásico que alimenta a todos los equipos del banco de transformadores. Los valores de interés son los valores promedio (en negrita), y con respecto a la THD de voltaje se encuentra dentro del rango aceptable menor al 5% con un promedio global de **2.43%**, lo cual es muy bueno para la onda senoidal de voltaje que suministra energía a los equipos dentro de las instalaciones eléctricas de los bancos de transformadores instalados en la industria en su totalidad, este valor está dentro del *rango admisible permitido*⁹.

⁹ Según norma IEC -555

Con respecto a los armónicos de corriente, para cada una de las tres fases está por debajo del 15%, valor mínimo admisible para realizar inversión en filtros de armónicos¹⁰, registrando un valor de **4.36%**, inferior a la normativa del 15% y por lo tanto este valor no justifica la inversión en filtros de armónicos, por la cual no se hace necesario instalar filtros para las armónicas que más afectan la onda senoidal de corriente.

Las armónicas presentes en el sistema eléctrico de la industria que ocasionan más problemas son las armónicas del orden: **3, 5, 7**, según la medición realizada con el equipo analizador de calidad de la energía Fluke 435-Serie 1.

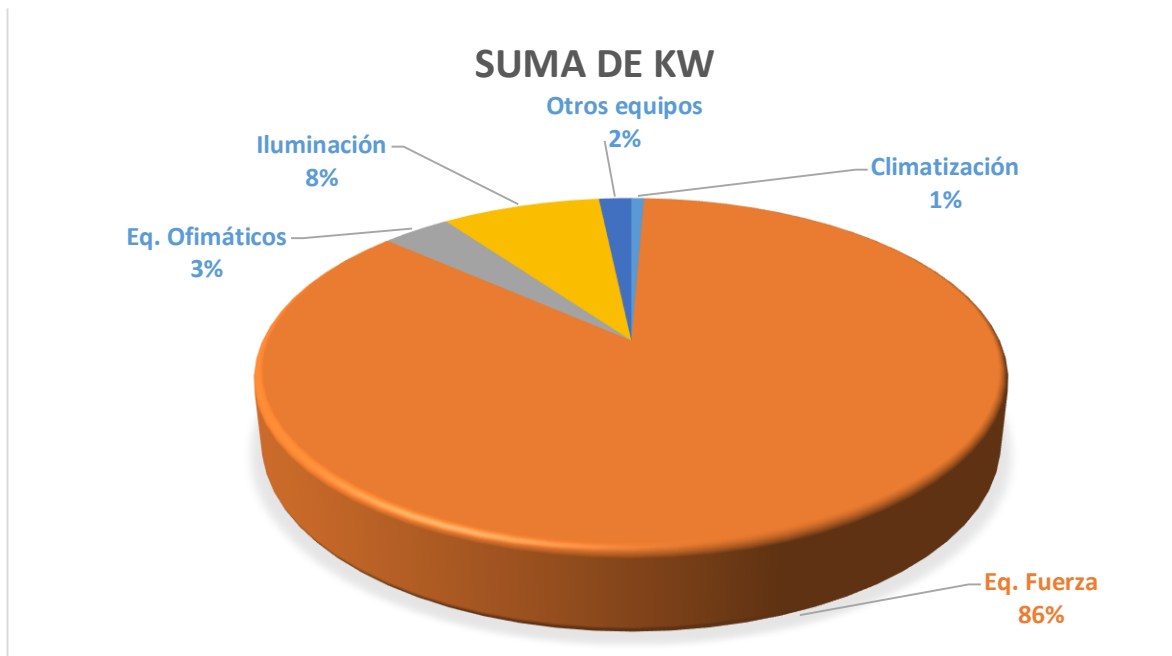
¹⁰ Según instituto catalán de energía, ver en <http://icaen.gencat.cat/ca/>

11. Contabilidad energética

11.1. Balance de energía eléctrica por áreas y por usos energéticos

El consumo promedio mensual de la INDUSTRIA SAN FRANCISCO S.A es de 420 kWh/mes, durante la realización del estudio, que comprende desde junio 2018 hasta mayo 2019, en la siguiente ilustración se presenta el consumo de energía eléctrica por consumidor energético:

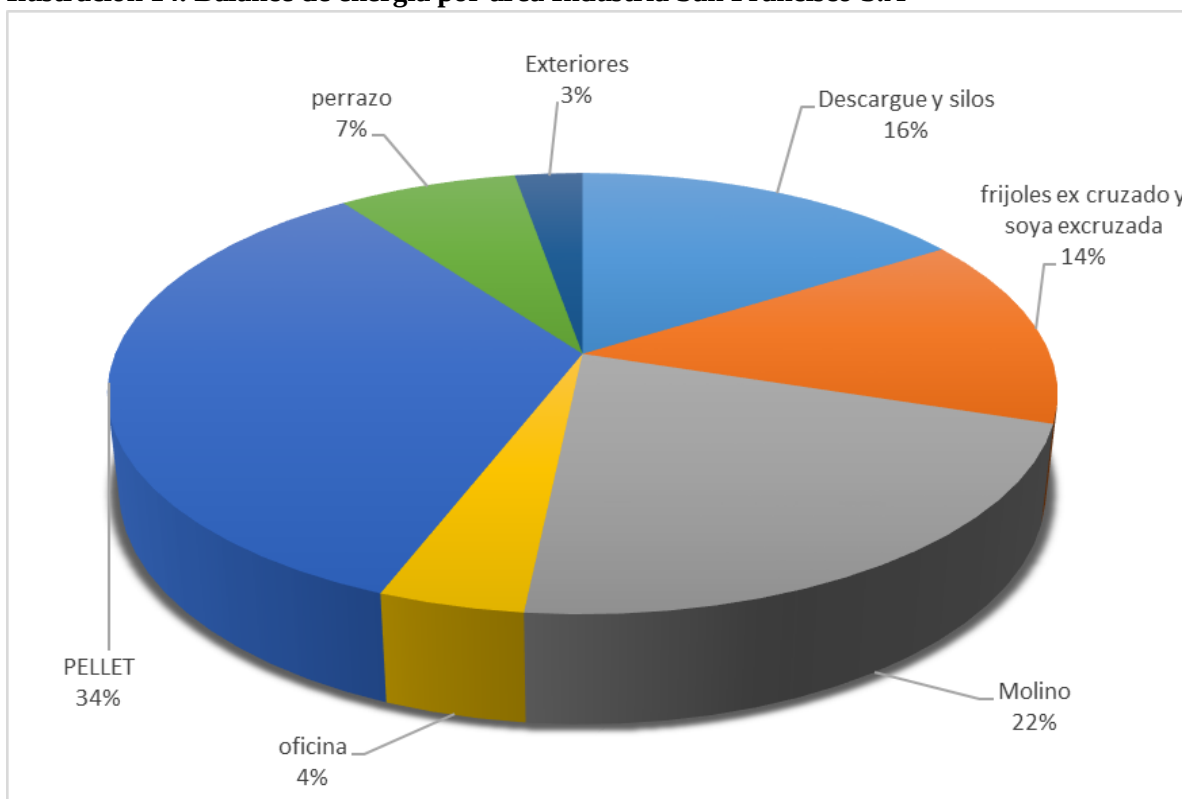
Ilustración 13. Balance de energía por uso energético en Industria San Francisco S.A (ver anexo).



Fuente: Elaboración propia

Según la descripción el mayor consumidor son los equipos de fuerza con un 86% que equivale a 64144.14 kWh/mes, iluminación con un 8% equivale al 1341.612 kWh/mes, los equipos ofimáticos con 3% que equivalen al 278.38 kWh/mes, climatización (abanicos) 1% equivale al 50.288 kWh/mes y otros equipos 2% al 118.536 kWh/mes.

Ilustración 14. Balance de energía por área Industria San Francisco S.A



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 5, las áreas consumidoras quedarían distribuidos de la siguiente manera de mayor a menos consumidor:

Tabla 5. Distribución de consumidores energéticos por áreas (kWh/mes).

Áreas	Energía (kWh/mes)	%
PELLET	17282.01	34%
Molino	10937.64	22%
Descargue y silos	8082	16%
Frijoles ex cruzado y soya ex cruzada	7098.69	14%
Perrazo	3663.84	7%
Oficina	2130.056	4%
Exteriores	1382.92	3%
Total general	16325.64	100%

Fuente: Elaboración propia

12. Descripción del sistema eléctrico

En la industria San Francisco S.A consta de una línea primaria, el cual la medición por parte de la distribuidora es en media tensión a 13.2/7.6 kV, posee dos banco de transformadores trifásicos uno de 3x75 kVA conectado en estrella-delta aterrizado con voltaje de 208/ 120V y el otro de 3x100 kVA conectado en estrella-delta aterrizado con voltaje de 208/120V, cabe mencionar que la industria consta de un generador o planta de emergencia de 75 kVA con transferencia manual, esta es encargada de garantizar la continuidad del servicio eléctrico en el área de oficina y en el área del molino.

12.1 Consideraciones generales

En resumen, la industria San Francisco S.A consta con ambas subestaciones con voltajes de 208/120V con el objetivo de alimentar las cargas monofásicas (equipos ofimáticos, climatización entre otros) y cargas trifásicas (equipos de fuerza).



Ilustración 14. Banco de transformadores 3x 775 kVA y 3 x 100 kVA.

Se observó que los transformadores no se han diagnosticado para identificar si necesitan o no mantenimiento preventivo o si están a punto de fallar, ocasionando el paro de las instalaciones o áreas a las que alimentan. En general las condiciones del sistema eléctrico desde los subpaneles a las cargas como luminarias, abanicos, se encuentra en malas condiciones desde el punto de vista de mantenimiento.

Es necesario realizar un diagnóstico de la condición de operación de los transformadores para identificar fallas cercanas o futuras y así prevenir la no operación del personal en un día de trabajo, ya que se considera primero la seguridad de las vidas de las personas y los equipos, pero también es muy importante conocer cuánto dinero perdería o dejaría de percibir la empresa si alguno de sus transformadores o parte de su sistema eléctrico falla por falta de mantenimiento oportuno a la subestación eléctrica con la que cuenta la industria.

13. Diagrama o esquema unifilar de la industria San Francisco S.A

Un esquema o diagrama unifilar es una representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella. El esquema unifilar se distingue de otros tipos de esquemas eléctricos en el conjunto de conductores de un circuito, ya que se representa mediante una única línea, independientemente de la cantidad de dichos conductores. Típicamente el esquema unifilar tiene una estructura de árbol.

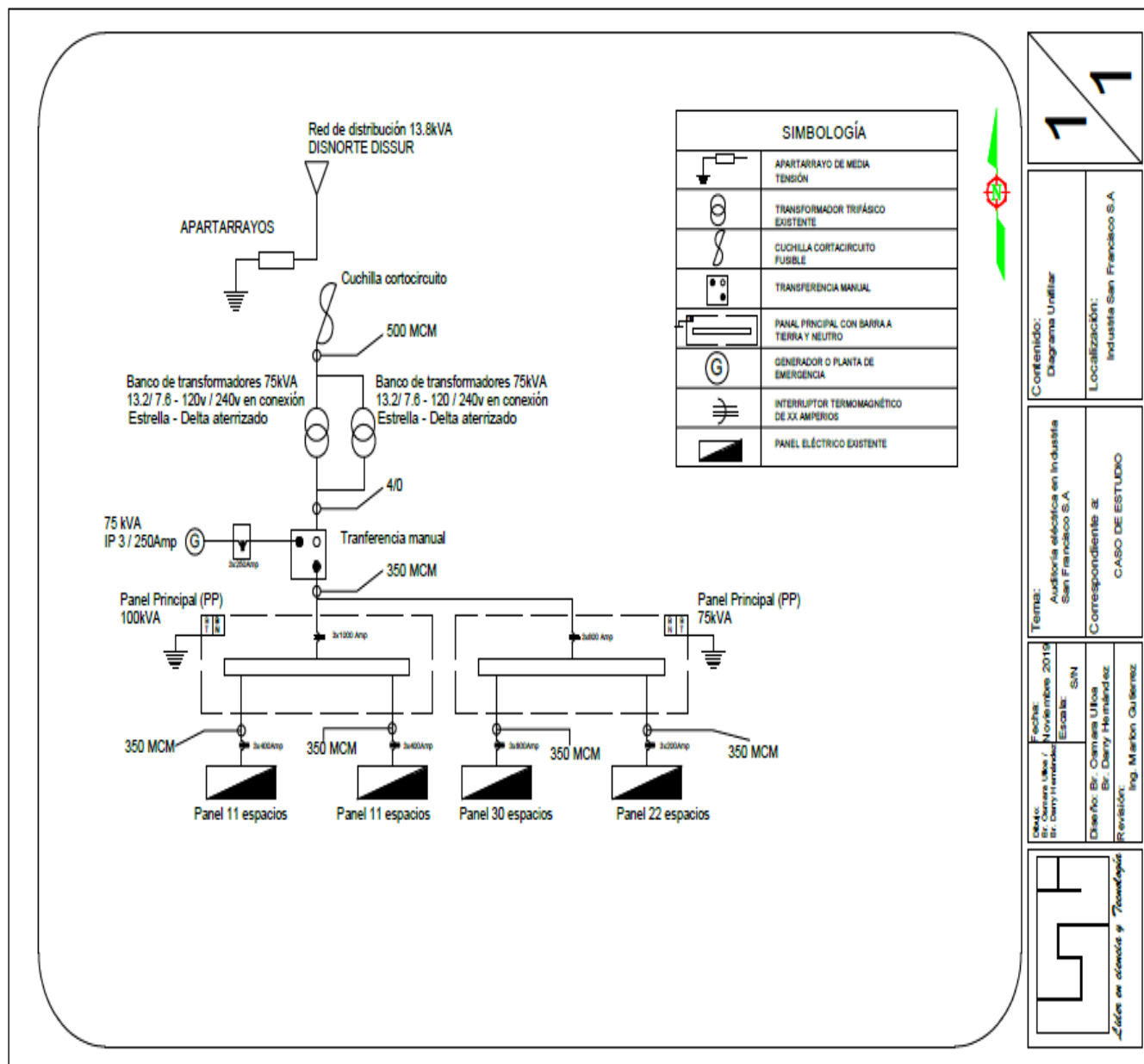
Los diagramas unilares son muy útiles cuando se trata de interpretar de manera sencilla por donde se conduce y hasta donde llega la electricidad. Generalmente incluyen dispositivos de control, de protección y de medición, aunque no se limiten solo a ellos.

El uso de Diagramas Unilares se recomienda en planos de Instalaciones Eléctricas de todo tipo, sobre todo cuando estas incluyen varios circuitos o ramales, con el objetivo de actuar de manera oportuna ante una falla de una máquina y saber que circuito (breaker) o interruptor desconectar o conectar el fluido eléctrico para encender o apagar una máquina, conjunto de máquinas o una o varias áreas determinadas. El diagrama unifilar contiene generalmente los siguientes datos:

- Cantidad y calibre de los conductores de la acometida
- Caja de medidor
- Diámetro de la tubería
- Número de circuitos del tablero
- Conexión a tierra

A continuación, se presenta el diagrama unifilar¹¹ de la industria San Francisco S.A:

¹¹ Diagrama unifilar elaborado por estudiantes encargados de realizar auditoría Eléctrica
Información proporcionada por Industria San Francisco S.A

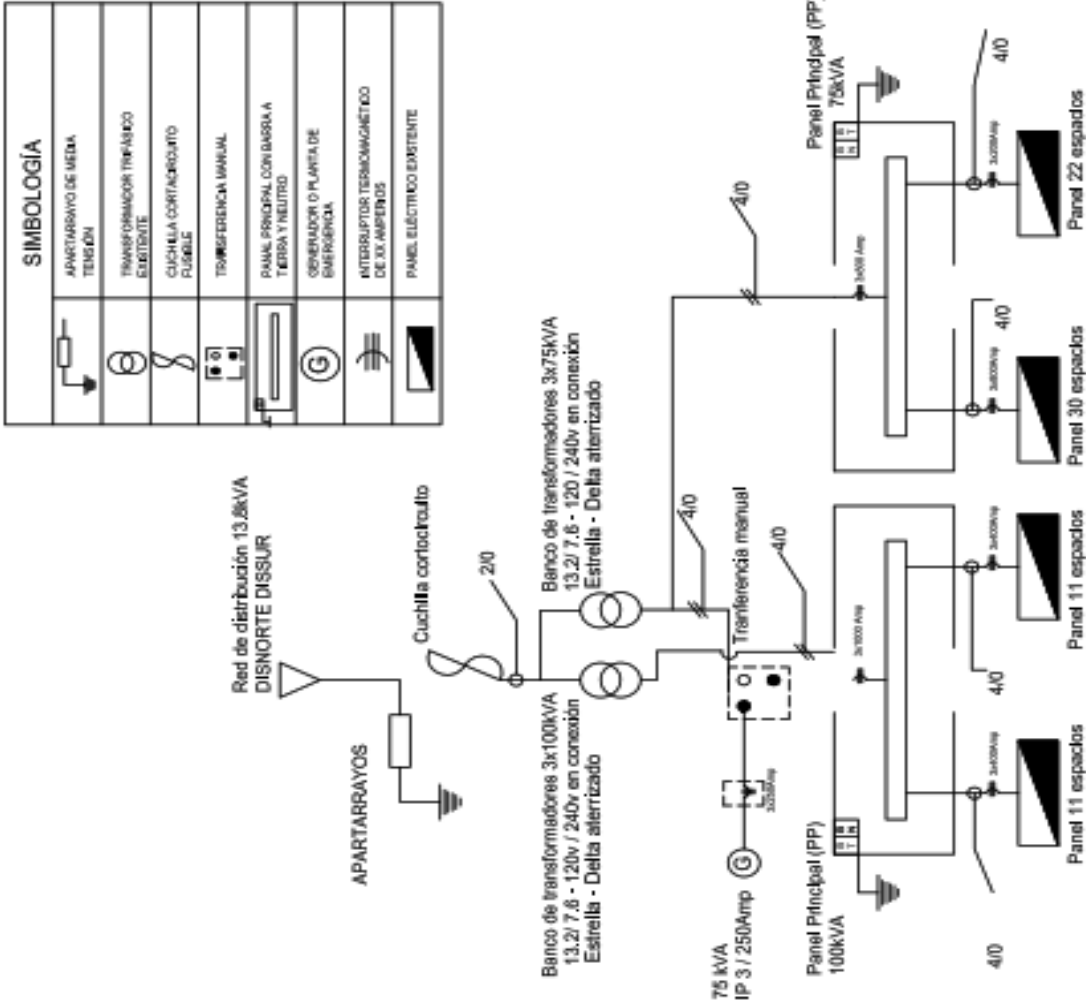


Este esquema se realizó de la forma en que la industria está funcionando actualmente, es decir, la información de la elección y ubicación de tomacorrientes, tipo y calibre de cables fue dada según el propietario

Las normas NEC17¹². 210, 215, 220, 230 y 250 así como 300, 310, 324 y 336, establecen que no se permitirá utilizar conductores con secciones menores a 3.3 mm² correspondiente

¹² (código eléctrico nacional edición 2017)

al conductor de calibre N°12 AWG, THWN o THW o su equivalente, por lo que este se utiliza en todos los circuitos que trabajan con amperajes menores a 20 Amps, por lo antes descrito todos los circuitos de abastecimiento de uso general utilizan este tipo de conductor (#12 THW-AWG), excepto en algunos casos, que por su naturaleza se utilizaron el conductor (#10 THW-AWG), con sección de 5.26 mm².



Corrección del diagrama unifilar de la planta, información propia según el levantamiento realizado.

Las características de los transformadores son las siguientes:

Voltaje de operación primario 13.2 kV – secundario 120/240 V con línea griega 208V

Capacidad 3x75 kVA = 225 kVA

Voltaje de operación primario 13.2 kV – secundario 120/240 V con línea griega 208V

Capacidad 3x100 kVA = 300 kVA

Para seleccionar el calibre de cable del alimentador primero se calcula la corriente del transformador a plena carga.

Corriente del transformador 3X75 kVA a plena carga

$$I = \frac{VA}{\sqrt{3} * VL} = \frac{225000}{1.73 * 208} = 624.64 \text{ Amps}_{13}$$

Corriente del transformador 3X100 kVA a plena carga

$$I = \frac{VA}{\sqrt{3} * VL} = \frac{300000}{1.73 * 208} = 832.71 \text{ Amps}_{14}$$

Dónde:

I= corriente (Amperes) VA= volt amperes (VA) V= voltaje (voltios)

Interruptor general transformador

Para la selección del interruptor general al ser necesario se tiene una corriente nominal a plena carga igual a 624.54A para la subestación o banco de transformador de 3x75 kVA y una corriente a plena carga igual a 832.71 A para la subestación de 3x100 kVA.

Una vez que se tiene el valor de la corriente nominal a plena carga de ambos bancos se aumenta un 25% para la selección de la protección dejando una corriente de cálculo de 780.67A para el banco de transformadores de 3x75 kVA y una corriente de 1040.88A para el banco de transformadores de 3x100 kVA, sin embargo, no se debe de descartar el crecimiento futuro de carga considerable.

¹³ Cuaderno de estudio, Máquinas Eléctricas I

¹⁴ Cuaderno de estudio, Máquinas eléctricas I

Ambos bancos de transformadores constan con protecciones de Main breaker de 3 polos siendo estos: uno de 1 000A con PRL de barras de 1 000A para el banco de transformadores de 3x100 kVA y uno de 800A con PRL de barras de 800A para el banco de transformadores de 3x75 kVA el cual este último debe ser cambiado un main breaker de 1 000A con PRL de barras de 1 000A debido a que la corriente que este presenta se acerca a la corriente máxima del main breaker.

14. Tabla 6 Resumen de mediciones puntuales de paneles en la Industria San Francisco S.A

circuito	Elemento/tipo	Protección	Amperios			I	Conductor	Estado de la capacidad del circuito	% desbalance			Estado del balance de corriente
		Breaker	L1	L2	L3	Prom	Eléctrico		L1	L2	L3	
MAIN	Panel P-1 Pelletizado	3x400A	0.17	0.4	9.5	3.36	4/0	Regular	94%	88%	182%	Malo
MAIN	Panel P-2 Materia prima	3x400A	1.5	0.1	0.6	0.73	4/0	Regular	105%	86.3%	17.8%	Malo
MAIN	Panel P-3 Area de producción	3x800A	1.3	0.5	7.2	3	4/0	Regular	56%	83%	140%	Malo
MAIN	Panel P-4 Mescladora	3x200A	86	85.6	128	99.8	4/0	Regular	13.8%	14.2%	28.2%	Malo
MAIN	Panel principal 3x75 kVA	3x1000A	337	334	337	336	2/0	Bueno	0.2%	0.5%	0.2%	Bueno
MAIN	Panel principal 3x100 kVA	3x1000A	400.1	367	367	378	2/0	Bueno	5.8%	3%	3%	Bueno

Fuente: Elaboración propia de datos obtenido en la Industria San Francisco S.A.

En la siguiente tabla se puede observar que los conductores que alimentan a los paneles están en regular estado debido a la falta de mantenimiento y se recomienda sustituirlos por cables nuevos. El estado del balance de corriente de cada panel se encuentra desbalanceado en los subpaneles, mientras que en los paneles principales se encuentran balanceados, según la norma IEE¹⁵ 1159-2019 capítulo 1, hace mención acerca de el desbalance de corriente hasta un 30% sin embargo, nuestro trabajo el desbalance que debe haber entre las líneas será de 10%, en este caso ningún subpanel cumple con lo establecido.

¹⁵ Institute of Electrical and Electronics Engineers

14.1. Propuesta de mejora de desbalance de corriente en paneles.

circuito	Elemento/tipo	Protección	Amperios			I	Conductor	Estado de la capacidad del circuito	% desbalance			Estado del balance de corriente
		Breaker	L1	L2	L3	Prom	Eléctrico		L1	L2	L3	
MAIN	Panel P-1 Pelletizado	3x400A	3.5	3	3.5	3.33	4/0	Regular	5%	10%	5%	Bueno
MAIN	Panel P-2 Materia prima	3x400A	0.8	0.9	0.8	0.86	4/0	Regular	3.84%	7.65%	3.84%	Bueno
MAIN	Panel P-3 Area de producción	3x800A	3.1	2.8	3.1	3	4/0	Regular	3.33%	6.66%	3.33%	Bueno
MAIN	Panel P-4 Mescladora	3x200A	100	99	100.6	99.86	4/0	Regular	0.13%	0.76%	0.73%	Bueno
MAIN	Panel principal 3x75 kVA	3x1000A	337	334	337	336	2/0	Bueno	0.2%	0.5%	0.2%	Bueno
MAIN	Panel principal 3x100 kVA	3x1000A	400.1	367	367	378	2/0	Bueno	5.8%	3%	3%	Bueno

Fuente: Elaboración propia de datos obtenido en la Industria San Francisco S.A.

En la siguiente tabla se presenta una propuesta de desbalance de corriente el cual cumple con lo establecido por la normativa antes mencionada, quedando así todos en un buen desbalance.

15. Metodología y Alcance del Estudio

15.1 Tipo de Investigación

Para la realización debida del estudio de Auditoria Eléctrica se considera que la investigación será de tipo documental y campo por las condiciones requeridas para ejecutar de manera adecuada y pertinente la investigación. La metodología está basada en los pasos de un sistema de gestión de energía según la ISO 50001; un SGEn es una herramienta que usada por cualquier empresa o industria permite optimizar el uso y consumo de energía, ofrece un enfoque para desarrollar un plan de gestión de la energía.

El alcance del trabajo a realizar será:

- Toma de datos iniciales
- Auditoria Eléctrica en cada una de las instalaciones eléctricas (Paneles de Distribución)
- Auditoria Eléctrica en cada uno de los aparatos consumidores de energía (Iluminación, producción)
- Análisis de los resultados finales obtenidos
- Elaboración de propuesta de actuación

15.2 Programación de los recursos y el tiempo

La primera actividad a realizar es concentrar y revisar toda la información disponible de la planta, tal como:

- Nombre de la Empresa
- Rama Industrial a la que pertenece y productos que elabora
- Tamaño y edad de la planta
- Localización de la planta
- Horarios típicos de operación
- Líneas de producción y productos principales
- Consumos anuales de los energéticos utilizados por la planta
- Costos energéticos

15.3 Recopilar datos y recorrido por la planta

El objetivo de este paso es el de reunir datos de todo aquello relacionado con el uso de la energía de la planta, tales como: historial de producción y consumo de energéticos, información recopilada como resultado de una inspección visual a toda la planta, programas de mantenimiento y levantamiento de datos de equipos consumidores de energía.

- Historial de consumo y producción.
- Inspección visual.
- Análisis de los programas de operación y mantenimiento
- Registro de levantamiento de datos

15.4 Toma de mediciones en campo

En esta actividad se realizarán las mediciones de los parámetros de operación de los equipos, con la finalidad de determinar la eficiencia energética de cada uno de ellos, así como con la finalidad de obtener información que permita proponer mejoras.

Mediciones a equipos consumidores de energía eléctrica:

- Motores
- Transformadores
- Lámparas

15.5 Analizar los datos

Una vez que la información ha sido recopilada en los pasos anteriores del estudio Auditoría Eléctrica, la información deberá ser capturada y ordenada para proceder a su análisis, con la finalidad de identificar las áreas de oportunidad de ahorro de energía que ofrezca la instalación.

16. Métodos de medición de puesta a tierra usados en el presente estudio

Una puesta a tierra deficiente no solo contribuye al aumento de los tiempos de inactividad innecesarios, si no que su inexistencia es, además, peligrosa y aumenta el riesgo de fallas en los equipos. Sin un sistema de puesta a tierra eficaz, podríamos vernos expuestos a riesgos de descargas eléctricas, además de errores de instrumentación, problemas de distorsión de armónicas, problemas de factor de potencia y un sinnúmero de dilemas intermitentes.



Ilustración 15 Teluometro FLUKE 1623

Si las corrientes de falla no cuentan con un sistema de puesta a tierra con el diseño adecuado y mantenido de manera acorde, encontraran caminos no intencionados que podrían incluir a las personas. No obstante, una buena puesta a tierra no solo sirve para la seguridad, sino también se utiliza para evitar daños a plantas y equipos industriales. Un buen sistema de puesta a tierra mejorará la fiabilidad del equipo y reducirá la probabilidad de sufrir daños debido a rayos o corrientes de fallas.

Para realizar estas mediciones en la industria se utilizó un Teluometro FLUKE 1623.

El método de medición para obtener la resistencia del terreno fue el de 4 picas y el de resistencia a tierra del banco de transformadores fue de comprobación sin picas.

Con el correr del tiempo, los terrenos corrosivos con un alto contenido de humedad, un alto contenido de sal y altas temperaturas pueden degradar las varillas de puesta a tierra y sus conexiones. De modo que aunque el sistema de puesta a tierra cuando fue instalado inicialmente tenía valores bajos de resistencia de puesta a tierra, la resistencia del sistema de puesta a tierra puede aumentar si se corroen las varillas de puesta a tierra.

16.1 Método con 4 picas

Se colocan en el terreno cuatro picas en línea recta equidistantes entre sí. La distancia entre las picas debe ser al menos el triple que el valor de profundidad de la pica. Por lo tanto, si la profundidad de cada pica es de 30 cm, asegúrese de que la distancia entre las picas es como mínimo de 91 cm. El Fluke 1625 genera una corriente conocida a través de las dos picas exteriores y se mide la caída de tensión entre las dos picas interiores. Mediante la Ley de Ohm ($V = IR$), el comprobador de Fluke calcula de forma automática la resistividad del terreno.

16.2 Comprobación sin picas

El comprobador automáticamente determina la resistencia del bucle de puesta a tierra en la varilla de comprobación de puesta a tierra.

Con este método de medición por cada punto se verificaron las mediciones variando la posición de sondas para obtener valores más exactos de puesta a tierra en cada medición tomándose al final la medición promedio de cada punto de medición.

Esta técnica de comprobación suprime la peligrosa tarea de desconectar las puestas a tierra paralelas, lo que suele llevar mucho tiempo, así como el proceso de búsqueda de las ubicaciones adecuadas para las picas de puesta a tierra auxiliares. Puede efectuar comprobaciones de conexión a tierra en lugares que no hubiera considerado con anterioridad: dentro de edificios, en torres de alta tensión o en cualquier lugar donde no haya acceso al terreno. Con este método de comprobación, se colocan dos pinzas alrededor de la varilla de puesta a tierra o del cable de conexión, conectando cada una de ellas al comprobador. No se utiliza ninguna pica de puesta a tierra. Se induce un voltaje conocido en una pinza y se mide la corriente utilizando la segunda pinza. El comprobador automáticamente determina la resistencia del bucle de puesta a tierra en esta varilla de puesta a tierra.

Resultados de las mediciones por cada punto de medición.



Ilustración 16. Medición de la resistencia del terreno.

En la ilustración puede verse que el equipo Fluke registró una resistencia de puesta a tierra existente de 28.1Ω . Con ese valor se deduce que la resistencia a tierra excede de manera considerable el valor óptimo el cual equivale a 10Ω según el Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua (CIEN).



Ilustración 17. Medición PT transformadores y resultado.

Según los resultados de la comprobación sin picas en las ilustraciones se denotan las mediciones realizadas a los bancos de transformadores (3 x 75 KVA y 3 x 100 KVA).

La medición dio por resultado un valor de 27.8Ω

Con el resultado obtenido verificamos que los datos exceden los valores normados los cuales corresponden entre 1 y 5Ω



Ilustración 18. Medición de puesta a tierra paneles

En correspondencia con las mediciones realizadas en los paneles principales se obtuvieron los siguientes datos.

Panel principal del banco de transformadores de 3 x 75 KVA: 199.9Ω Panel principal del banco de transformadores de 3 x 100 KVA: 0.704Ω

Recomendaciones:

- Se recomienda verificar la puesta a tierra al menos una vez al año como parte de su plan normal de mantenimiento preventivo.
- Mejorar la conductividad de la varilla o malla de puesta a tierra, colocando 6 varillas de cobre de 10 pies de 5/8 equidistantes entre si 2 metros una de la otra para obtener una resistencia de 5Ω
- Los dos paneles principales deben tener una puesta a tierra óptima y estar interconectados o bien una puesta a tierra para ambos paneles (equipotenciales).

17. Parámetros de evolución y recomendaciones a seguir según lo encontrado en la inspección termo gráfica

La inspección del sistema eléctrico se presenta en las imágenes termo gráficas, junto con la urgencia de cada una de las actuaciones. El sistema de valoración utilizado es el comparativo entre un punto de condiciones normales y un punto crítico o caliente, por tal razón se ha considerado las siguientes nomenclaturas:

T_{PC} = Temperatura de Punto Crítico o Caliente ($^{\circ}\text{C}$)

T_{CN} = Temperatura equivalente en Condiciones Normales de trabajo ($^{\circ}\text{C}$)



Ilustración 19 Cámara Termográfica.

Tabla 7. Rangos de temperatura para clasificación de relevancia de problemas térmicos¹⁶

Temperatura de trabajo	Relevancia
$T_{PC} - T_{CN} \leq 10^{\circ}\text{C}$	Normal
$10^{\circ}\text{C} < T_{PC} - T_{CN} \leq 20^{\circ}\text{C}$	Leve
$20^{\circ}\text{C} < T_{PC} - T_{CN} \leq 40^{\circ}\text{C}$	Grave
$40^{\circ}\text{C} < T_{PC} - T_{CN} \leq 70^{\circ}\text{C}$	Crítica
$T_{PC} - T_{CN} > 70^{\circ}\text{C}$	Muy Crítica

Considerando que cada material tiene una temperatura diferente, siempre es necesario comparar temperatura de elementos con el mismo material. Aunque la cámara termo gráfica tiene una conexión automática respecto a factores que puedan afectar como son la temperatura ambiente la humedad relativa y la distancia, existe un margen de error puede cuantificarse en término de $\pm 2\%$. La cámara termografía **VT04** utilizada fue VT04 como se muestra en la figura.

Posteriormente de la valoración de todos los aspectos nombrados, se llega a una conclusión de la actuación que se tiene que llevar a cabo y que se enumera de menor a mayor urgencia:

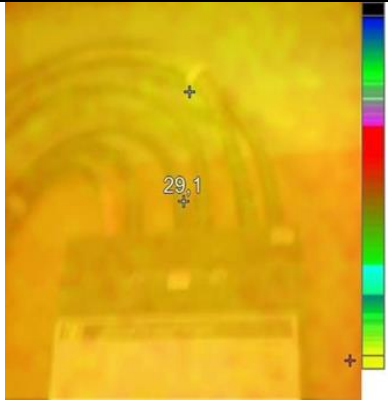
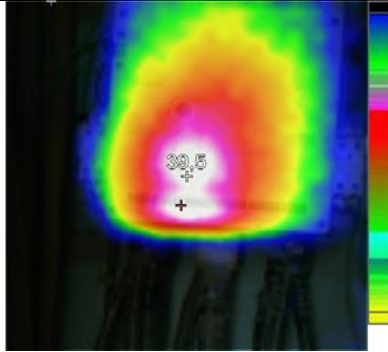
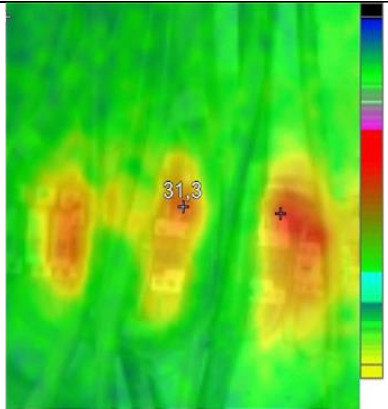
¹⁶ https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/VT0204A_umspa0200_0.pdf?Dlk2oFpHanz6GfCrE4b8Hbl2r.FEiUm7

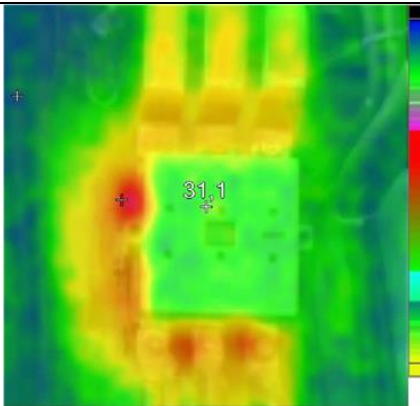
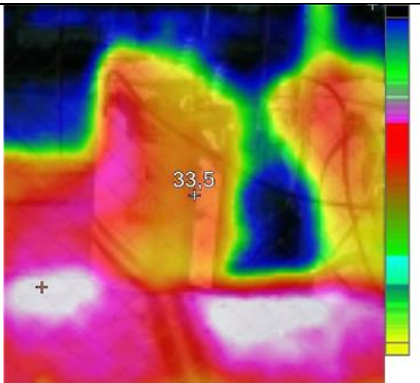
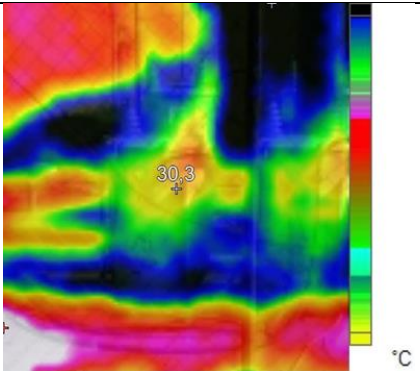
Tabla 8. Niveles de relevancia termo gráfica.¹⁷

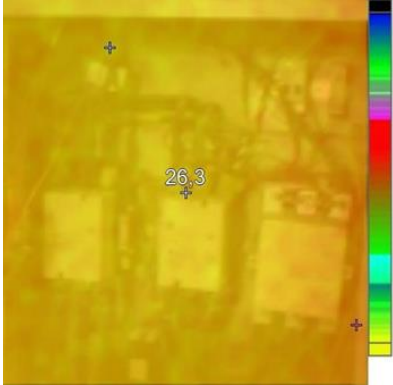
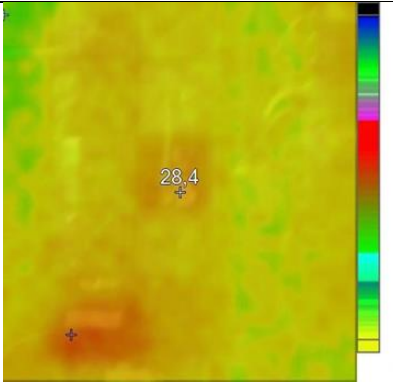
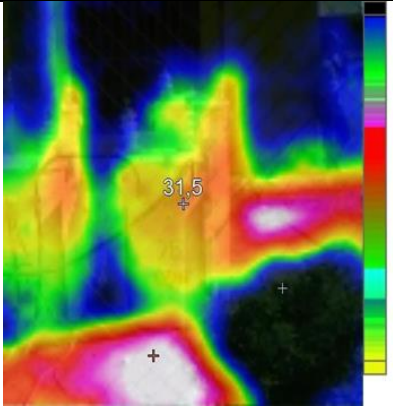
Próximo predictivo (Relevancia Normal):	No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo
Realizar seguimiento (Relevancia Leve):	Realizar un seguimiento para ver la evolución del punto caliente o crítico usando la metodología y el personal más adecuado.
Lo antes posible (Relevancia Grave):	Actuar lo antes posible teniendo en cuenta la dinámica de cada empresa y sus turnos de trabajo, se aprovechará el paro más inmediato para corregir el problema.
Urgente (Relevancia Crítica):	Estudiar la posibilidad de parar el proceso para corregir el problema.
Muy Urgente (Relevancia Muy Crítica):	Interrumpir el proceso inmediatamente para corregir el problema.

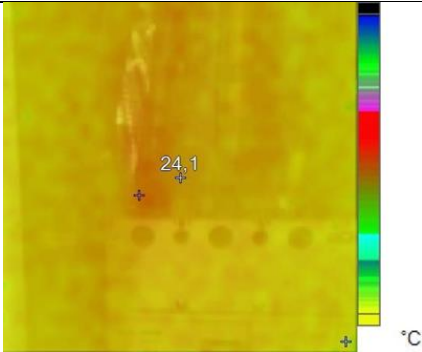
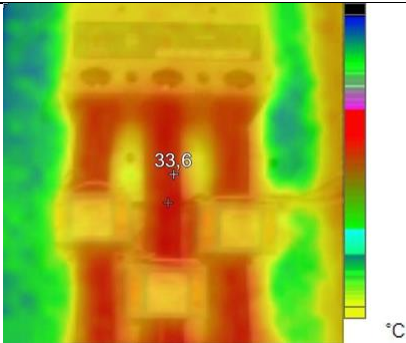
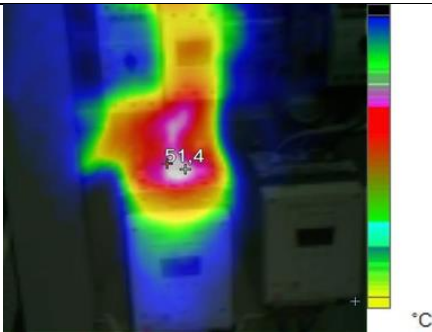
Se realizó la inspección termo gráfica en los componentes de los tableros eléctricos que alimentan a los consumidores eléctricos de INDUSTRIA SAN FRANCISCO S.A, tales como tableros principales y derivados (subpaneles) de suministro eléctrico. Las imágenes térmicas se realizan para detectar puntos caliente no visibles al ojo humano, previendo algún daño potencial en los componentes de estos equipos. A continuación se presentan los resultados de esta inspección para los paneles eléctricos de los dos edificios mencionados.

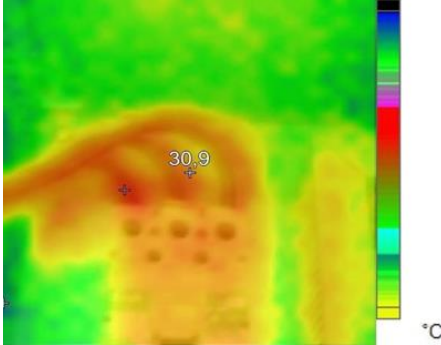
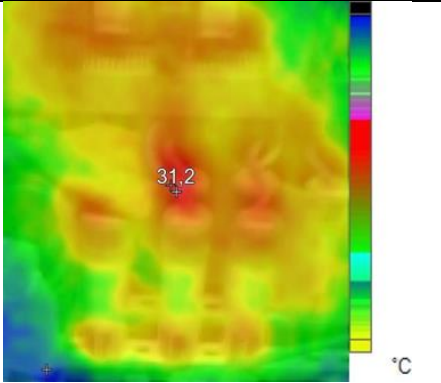
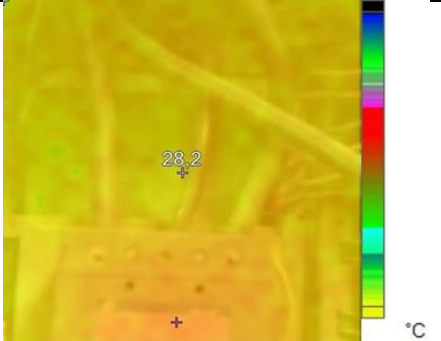
¹⁷ https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/VT0204A_umspa0200_0.pdf?Dlk2oFpHanz6GfCrE4b8Hbl2r.FEiUm7

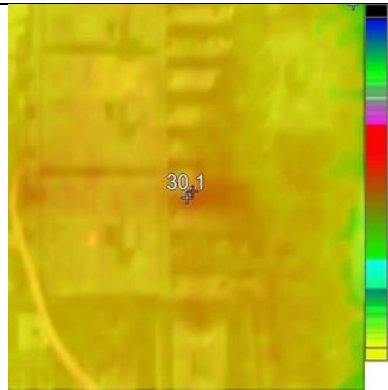
 Tablero principal 3x75 kVA 05/07/2019 15:52:17	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Normal. Una temperatura muy estable pero se debe considerar un seguimiento a los puntos calientes en una próxima inspecciones termográfica <table border="1"><thead><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr></thead><tbody><tr><td>Punto central</td><td>7°C</td></tr></tbody></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	7°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	7°C					
 Tablero principal 3x100 kVA 05/07/2019 15:51:44	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Leve. Una temperatura leve el cual se debe de dar un seguimiento a este punto ante un calentamiento grave con en el personal adecuado. <table border="1"><thead><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr></thead><tbody><tr><td>Punto central</td><td>17.5°C</td></tr></tbody></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	17.5°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	17.5°C					
 Tablero principal 3x100 kVA 05/07/2019 15:52:00	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Normal. Una temperatura muy estable pero se debe considerar un seguimiento a los puntos calientes en una próxima inspección termográfica <table border="1"><thead><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr></thead><tbody><tr><td>Punto central</td><td>9.3°C</td></tr></tbody></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	9.3°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	9.3°C					

 Tablero generador 3x75 kVA 05/07/2019 15:50:55	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Normal Una temperatura muy normal pero no se debe de descartar el punto, se debe dar un seguimiento. <table border="1"><thead><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr></thead><tbody><tr><td>Punto central</td><td>9,1°C</td></tr></tbody></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	9,1°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	9,1°C					
 Transformador de 100 kVA 05/07/2019 15:53:59	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Leve. Una temperatura leve se debe de priorizar el punto para evitar recalentamientos. <table border="1"><thead><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr></thead><tbody><tr><td>Punto central</td><td>11,5°C</td></tr></tbody></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	11,5°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	11,5°C					
 Transformador de 100 kVA 05/07/2019 15:56:03	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Leve. Temperatura leve el cual se debe de seguir de cerca para evitar recalentamiento. <table border="1"><thead><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr></thead><tbody><tr><td>Punto central</td><td>11.3°C</td></tr></tbody></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	11.3°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	11.3°C					

 Tablero secundario 05/07/2019 16:02:35	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Normal Una temperatura muy estable pero se debe considerar un seguimiento a los puntos calientes en una próxima inspecciones termográfica <table border="1"><thead><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr></thead><tbody><tr><td>Punto central</td><td>4.3°C</td></tr></tbody></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	4.3°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	4.3°C					
 Tablero oficina e iluminación 05/07/2019 16:03:23	 Imagen luz visible	Se encuentra con Relevancia Normal Una temperatura normal pero se debe considerar un seguimiento constante. <table border="1"><thead><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr></thead><tbody><tr><td>Punto central</td><td>6.4°C</td></tr></tbody></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	6.4°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	6.4°C					
 Transformador de 75 kVA 05/07/2019 15:55:08	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Normal Una temperatura muy estable pero se debe considerar un seguimiento a los puntos calientes en una próxima inspecciones termográfica <table border="1"><thead><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr></thead><tbody><tr><td>Punto central</td><td>9.5°C</td></tr></tbody></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	9.5°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	9.5°C					

 Tablero secundario 05/07/2019 16:10:36	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Normal Una temperatura muy estable pero se debe considerar un seguimiento a los puntos calientes en una próxima inspecciones termográfica <table><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr><tr><td>Punto central</td><td>2.1°C</td></tr></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	2.1°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	2.1°C					
 Líneas para el control del molino 05/07/2019 16:14:00	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Leve. Se presenta temperatura Leve en el punto el cual se debe realizar un mantenimiento predictivo y dar un mayor seguimiento. <table><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr><tr><td>Punto central</td><td>11.6°C</td></tr></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	11.6°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	11.6°C					
 Tablero secundario molino 05/07/2019 16:15:26	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Grave. Una temperatura no estable por tal razón se debe de actuar cuanto antes (realizar un mantenimiento) para evitar daños graves. <table><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr><tr><td>Punto central</td><td>29.4°C</td></tr></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	29.4°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	29.4°C					

 30.9 °C	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Normal Se presenta una temperatura normal pero se debe analizar el punto para evitar temperaturas graves. <table border="1"><thead><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr></thead><tbody><tr><td>Punto central</td><td>8.9°C</td></tr></tbody></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	8.9°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	8.9°C					
 31.2 °C	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Normal Una temperatura muy estable pero se debe considerar un seguimiento a los puntos calientes en una próxima inspecciones termográfica <table border="1"><thead><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr></thead><tbody><tr><td>Punto central</td><td>9.2°C</td></tr></tbody></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	9.2°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	9.2°C					
 28.2 °C	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Normal Se presenta una temperatura normal pero se debe analizar el punto para evitar temperaturas graves. <table border="1"><thead><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr></thead><tbody><tr><td>Punto central</td><td>6.4°C</td></tr></tbody></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	6.4°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	6.4°C					

 30.1 °C Tablero PELLET 05/07/2019 16:30:40	 Imagen de luz visible	Se encuentra con Relevancia Normal Una temperatura muy estable pero se debe considerar un seguimiento a los puntos calientes para evitar recalentamiento. <table data-bbox="1066 483 1451 602"><tr><th>Nombre</th><th>Temperatura</th></tr><tr><td>Punto central</td><td>8.1°C</td></tr></table>	Nombre	Temperatura	Punto central	8.1°C
Nombre	Temperatura					
Punto central	8.1°C					

Después de la inspección termo gráfica se pudo determinar que algunos puntos presentan temperatura muy estable el cual beneficia a la industria, algunos leves los cuales requieren de mantenimiento: limpieza de bornes, resocado, lijado, limpieza de breakers y un punto grave el cual se debe dar un seguimiento y evaluar el mantenimiento que requiera a la brevedad posible, sin embargo, se deben hacer estos tipos de inspecciones anualmente para evitar cualquier recalentamiento de las instalaciones de la planta.

Las razones comunes de la existencia de puntos críticos de temperatura o desviaciones son:

- Mala ventilación: debida a la reducción del flujo de aire.
- Los problemas de calidad eléctrica, como desequilibrio, sobrecarga o quinto armónico (tensión) causarán el aumento del calor, para esto se requiere un filtro de armónicos que debe ser dimensionado con una medición de calidad de energía de al menos 3 días.
- Alineación incorrecta
- Problemas de aislamiento con los bobinados de motores
- Problemas de rodamiento – lubricación, desgaste, aumento de fricción por suciedad, etc. El calentamiento anómalo asociado con una alta resistencia o con un flujo de corriente excesivo es la principal causa de muchos de los problemas de los sistemas eléctricos o de tipo térmicos. La termografía por infrarrojos nos permite ver estas curvas térmicas invisibles que advierten de daños inminentes

antes de que se produzcan. Cuando la corriente fluye a través de un circuito eléctrico, parte de la energía eléctrica se convierte en energía térmica. Esto es normal. Sin embargo, si existe una resistencia anormalmente alta en el circuito o se produce un flujo de corriente anormalmente alto, se genera un calor anormalmente alto, lo que supone pérdidas, daños potenciales y un funcionamiento anómalo.

La ley de Ohm ($P=I^2R$) describe la relación entre la corriente, la resistencia eléctrica y la potencia o la energía térmica generada. Utilizamos una alta resistencia eléctrica para obtener resultados positivos como el calor de una tostadora o la luz de una bombilla. Sin embargo, en ocasiones se genera un calor no deseado que provoca costosos daños. Los conductores insuficientes, las conexiones sueltas o un flujo excesivo de corriente pueden provocar un alto calentamiento anómalo no deseado que genera circuitos eléctricos peligrosamente calientes. Los componentes o partes de los gabinetes y transformadores y su cableado eléctrico pueden calentarse literalmente tanto como para fundirse.

18. Propuesta de mejoras

1. Propuesta de Generación Fotovoltaica de Energía Eléctrica

Descripción: La empresa actualmente posee una gran cantidad de equipos consumidores de energía eléctrica como equipos de fuerza o motores para distintas aplicaciones, equipos de proceso, equipos de iluminación, equipos ofimáticos entre otros que se detallan en el presente documento, según las mediciones con el analizador de calidad de energía la empresa presenta un consumo diario estable de lunes a sábado de aproximadamente 100kW en promedio, divididos en 75kW para los equipos conectados al banco de transformadores de 3x75kVA y 25 kW para los equipos conectados al banco de transformadores de 3x100kVA a excepción de los domingos donde la demanda promedio pasa a ser de 15kW.

Se recomienda instalar el sistema fotovoltaico de inyección directa con **limitador de potencia** para garantizar la cero inyección a la red durante los días domingos que la demanda promedio disminuye hasta 15kW. A continuación, se presenta el detalle de la implementación de esta opción de mejora:

Tabla 9. Resumen de propuesta de mejora

AHORRO ENERGÉTICO	Cantidad	Unidades
Ahorro en consumo anual de electricidad	187,134.73	kWh/año
Ahorro económico por reducción de consumo de electricidad	34,002.38	\$/año
Reducción de emisiones anuales de CO ₂ - electricidad	88.70	tCO ₂ e/año
Factor de emisión	0.474	tCO ₂ e/MWh
COSTOS		
Costo de inversión ¹⁸	167,388.00	\$
Costos incrementales en operación y mantenimiento	0.00	\$/año
Costo total	167,388.00	\$
Ahorro económico total proyectado ¹⁹	34,002.38	\$/año
INDICES DE RENTABILIDAD		
Periodo de repago simple	4.92	años
Tasa Interna de Retorno	24%	%
Valor presente anual	83,114.17	\$
Porcentaje de ahorro de consumo de energía sobre el uso total	51.10	%

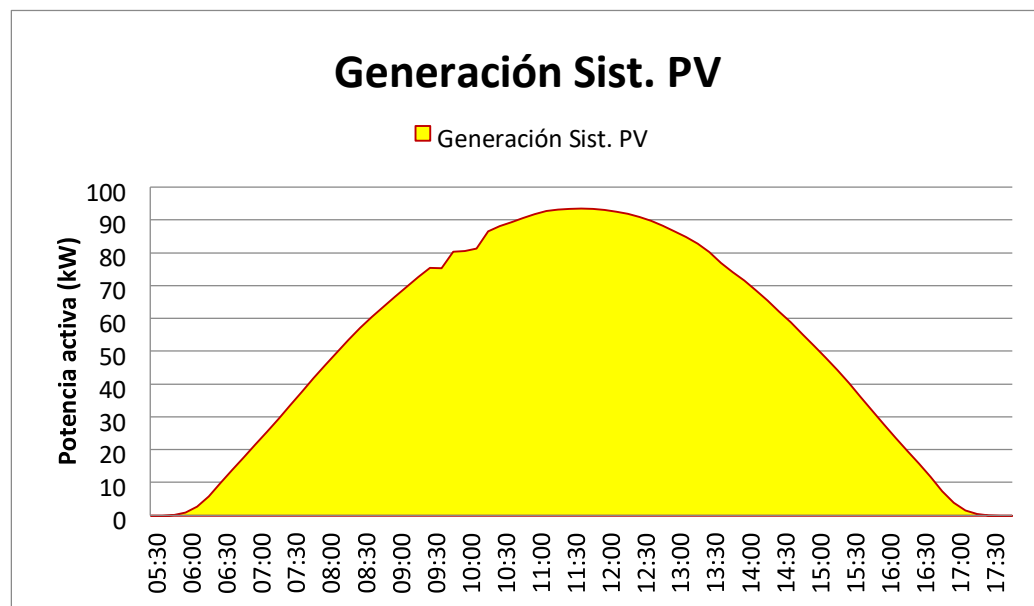
¹⁸ Para más detalles ver ofertas de sistema fotovoltaico en anexos. Cotizaciones.

¹⁹ Este ahorro total proyectado es el que se obtendrá como máximo al año 20 de la vida útil del sistema fotovoltaico.

Fuente: Elaboración propia

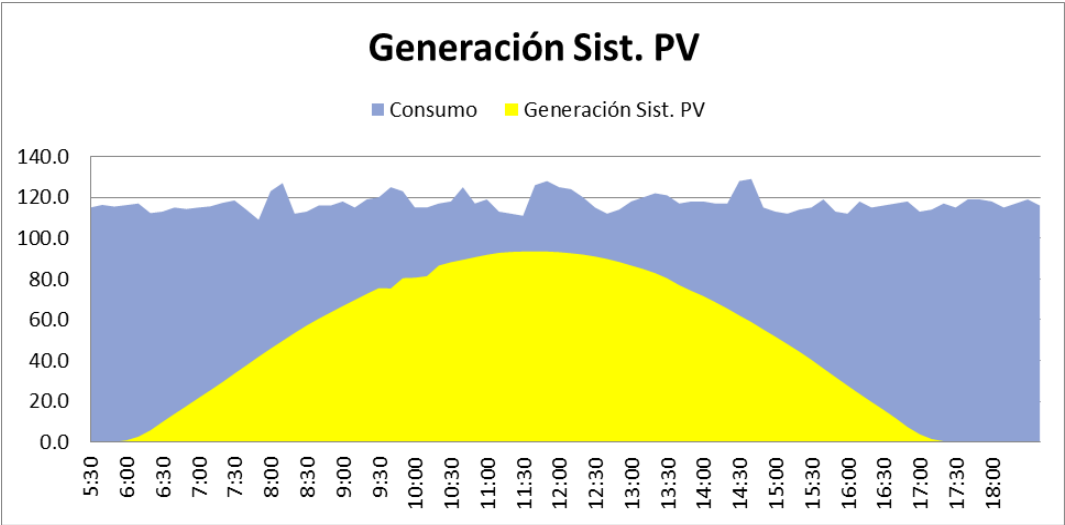
Es importante mencionar que según los datos de las mediciones realizadas en un día típico y considerando el tamaño del sistema fotovoltaico propuesto para la empresa, ésta no inyectará energía a la red como puede verse en las siguientes ilustraciones:

Ilustración 20 Generación del sistema propuesto



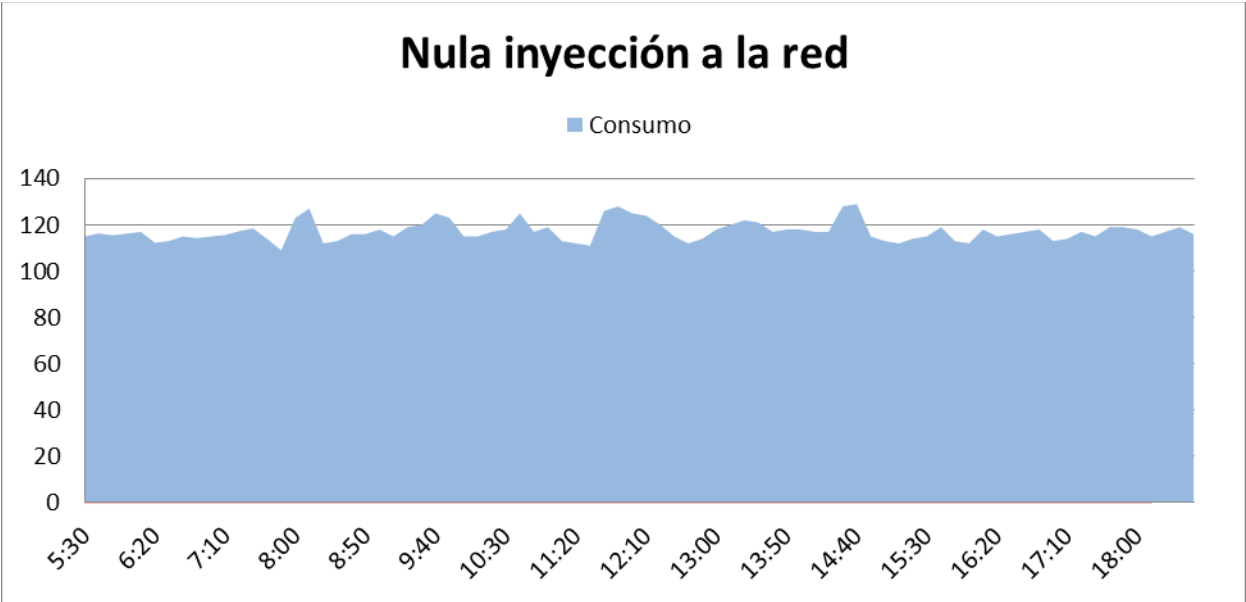
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 21 Generación y consumo del sistema



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 22 Muestra del consumo



Fuente: Elaboración propia

Es importante observar en las gráficas que el sistema propuesto no logrará sobrepasar la demanda de los consumidores eléctricos de los equipos de la empresa conectados a estos dos bancos de transformadores globales que alimenta las instalaciones de la empresa.

2. Propuesta de motores de eficiencia PREMIUM

Los motores NEMA Premium generan energía de una forma más limpia con menos desperdicios. Al ser construidos bajo estos estándares de calidad y mejores componentes, requieren menor mantenimiento y reparaciones durante su vida útil.

Actualmente industria San Francisco costa del 86% de su carga en Fuerza (motores desde 0.5 HP hasta 100 Hp) por lo tanto al hacer un cambio de sus motores instalados a motores de eficiencia Premium ahorrarían energía.

Se realizó un estudio con la empresa Siemens²⁰ en el cual se describe el ahorro que la industria puede tener al hacer cambio de sus motores instalados y el tiempo que pueden recuperar su inversión. Cabe mencionar que si hizo el estudio con un software²⁰ donde se realiza ahorro de energía y amortización.

Se debe mencionar que el estudio se realizó con 11 motores instalados en la planta, a continuación se describen en la siguiente tabla:

Tabla 10. Motores a sustituir

N°	Motores existente	HP	Días/año	Precio (\$)
1.	Molino	10	85	650
2.	M. Descargue de grano	7.5	85	571
3.	M. Descargue soya	30	36	1400
4.	Molino de descargue de soya	25	85	1800
5.	Molino de maq. Extrusora	75	85	3400
6.	Extrusora	100	85	4200
7.	Molino Pellet	100	85	4250
8.	Molino materia prima	15	85	1100
9.	M. bazuca de silo	5	85	340
10.	M. transportador	7.5	85	571
11.	Motor banda 2. horno	5	85	340

Fuente: Elaboración propia

²⁰ Para mayor información ver cotización en anexo. ²⁰ Siemens.com/sinasave

Se tomó en cuenta las horas de trabajo reflejadas en días/años de cada uno de los motores, su precio estimada actualmente y con estos datos se llevó acabo el estudio.

Tabla 11. Análisis de instalación y amortización de motores eficiencia Premium

Resultados		
Costos energéticos previstos para el sistema de referencia	102440	\$/a
Costos energéticos previstos para el sistema alternativo	85240	\$/a
Potencial de ahorro de CO ₂	60,8	t/a
Potencial de ahorro de energía	96,2	MWh/a
Potencial de ahorro de costos energéticos	17200	\$/a
Inversión requerida para el sistema de referencia	18671	\$
Inversión requerida para el sistema alternativo	21205	\$
Diferencia de inversión	2534	\$
Tiempo de amortización previsto	14.79	M.

Fuente: Datos de cotización en anexos

Como se muestra en la tabla se puede decir que el proyecto es muy bueno ya que el tiempo de recuperación de la inversión es de 14.79 meses, aproximadamente 1 año y dos meses lo que indica que la Industria va a tener un amplio ahorro ya que la vida útil de un motor²¹ es aproximadamente de 25 años

²¹ Cuaderno de estudio “maquinas eléctricas II” ²² Ver plano en anexo.

19. Conclusiones y recomendaciones

19.1 Conclusiones

En referencia a nuestro trabajo realizado en la INDUSTRIA SAN FRANCISCO llegamos a las siguientes conclusiones:

- Se realizó el levantamiento de los datos del sistema eléctrico en la planta, considerando los equipos eléctricos (motores, lámparas, etc.).
- Realizamos las mediciones pertinentes que nos proporcionaron los datos de la calidad de la energía en los bancos de transformadores, paneles principales, entre otros; los cuales arrojaron los datos que nos permitían determinar las deficiencias en el sistema (desbalance de carga, bajo factor de potencia; cabe destacar que la planta cuenta con un banco de capacitores), de igual manera determinamos las condiciones de la temperatura en los equipos, encontrando los rangos normal, leve y grave.
- Determinamos las áreas con deficiencia que colaboran a la pérdida energética, a las cuales se les debe dar seguimiento y actuar en dependencia de la gravedad que presentan.
- Llevamos a cabo la Auditoria Eléctrica, en la cual determinamos las afectaciones que presenta en la planta, con base en ello se les presentan recomendaciones que permitirán una mejor eficiencia en la instalación y los equipos que la conforman.

19.2 Recomendaciones

Durante la ejecución de la asistencia técnica y basándose en los resultados de cada una de las mediciones e inspecciones se observaron elementos que pueden ser sujetos de mejoras, además de las propuestas de mejora planteadas en el acápite #18 del presente documento. Por tanto, se hacen las siguientes recomendaciones complementarias:

1. Los motores instalados deberán de usar un sistema de arranque que sea eficiente y a la vez que ayude al ahorro de la energía eléctrica, por lo que se debe Instalar arrancadores suaves para los motores de 10 HP a 30 HP y variadores de frecuencia para los motores de 30 HP o más.
2. Realizar mantenimiento en los banco de transformadores ya que estos presentan irregularidades en el TAP.
3. Mejorar el sistema de red de tierra de cada banco de transformador²².
4. Una vez instalado el sistema de puesta a tierra en la planta, se debe verificar al menos una vez al año como parte de su plan normal de mantenimiento preventivo. Durante estas verificaciones periódicas, si se mide un aumento en la resistencia de más del 20%, el técnico deberá investigar el origen del problema y hacer la corrección para disminuir la resistencia, al reemplazar o agregar varillas y agregar material para mejorar la conductividad del sistema de puesta a tierra.
5. Instalación de un supresor de picos en cada panel principal de la industria de Clase C para main breaker, clase B para subpaneles grandes de 100 kA y clase para equipos especiales y grandes que sean sensibles a 50 kA; ya que actualmente la empresa no cuenta con estos equipos conocidos como “Supresores de Transientes” en el panel principal de la misma.
6. Realizar un mantenimiento preventivo completo en el sistema eléctrico de la industria.
7. Instalar un sistema de pararrayo.

²² Estamos dispuesto a realizar el estudio completo si la industria lo permite.

8. Cabe resaltar que recomendamos la implementación de las propuestas de mejoras planteadas en el acápite 18 después de llevar a cabo las recomendaciones antes mencionadas para obtener un resultado óptimo.
9. Realizar el Sistema Fotovoltaico ya que ayudaría a disminuir los costos de facturación de la industria.
10. Realizar mantenimiento correctivo en el punto grave encontrado por la cámara termográfica ²³

²³ Ver página 50.

20. Bibliografía

- Serrazina López R, marzo (2019), NFPA Auditoria Eléctrica recuperado de <https://www.nfpajla.org/columnas/perspectiva-regional/437-auditoria-electrica>
- Vintimilla Córdova y Paladines Paul (2012). “Auditoria Eléctrica a la fábrica de Cartones Nacional Cartopel”. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1924/12/UPS-CT002358.pdf>.
- Tarifa Eléctrica recuperado de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448147197.pdf>
- Hernández Núñez Génesis, Marzo 2014; La Prensa; Nicaragua trabaja en eficiencia energética;recuperado de: <https://www.laprensa.com.ni/2014/03/27/nacionales/188530nicaragua-trabaja-en-eficiencia-energetica>
- Dávila Gonzales Reynaldo y Dávila Yader, Junio 2016, Managua; “Estudio de Auditoria eléctrica en el restaurante el colonial ubicado en Rivas, para el uso eficiente de la energía eléctrica”.
- Auditorías Energéticas, conceptos básicos recuperado de: <https://www.efenergia.com/auditorias-eficiencia-energetica/>
- López López Mario y Bravo Solís Nicolás, Enero 2016, Managua; “Auditoria Eléctrica en la Empresa Arenas Nacionales S.A”.
- Carrero Selva Kheyllid y Sáenz Ocampo Bianca, Octubre 2015, Managua; “estudio de auditoría eléctrica en la empresa Plastinic S.A para la buena administración de la energía eléctrica”.

21. ANEXOS

Anexo A. Equipos de fuerza, Iluminación, eq. Ofimáticos y climatización Industria San Francisco S.A.

			PLANTA				
Equipo	Uso energético	Area	Tensión V	Potencia hp	kW	Hrs/me	kWh/mes
M. Saranda	Eq. Fuerza	Descargue y silos	240	3	2.25	179.6	404.1
M. Basuca	Eq. Fuerza	Descargue y silos	240	7	5.25	179.6	942.9
M. Elevadodor	Eq. Fuerza	Descargue y silos	240	25	18.75	179.6	3367.5
Motor	Eq. Fuerza	Descargue y silos	240	3	2.25	179.6	404.1
Motor	Eq. Fuerza	Descargue y silos	240	3	2.25	179.6	404.1
M. Basuca silo 1	Eq. Fuerza	Descargue y silos	240	3	2.25	179.6	404.1
M. Basuca silo 2	Eq. Fuerza	Descargue y silos	240	3	2.25	179.6	404.1
M. Basuca silo 3	Eq. Fuerza	Descargue y silos	240	3	2.25	179.6	404.1
M. Basuca silo 4	Eq. Fuerza	Descargue y silos	240	3	2.25	179.6	404.1
M.B.L silo 1 y 2	Eq. Fuerza	Descargue y silos	240	5	3.75	179.6	673.5
M.B.L silo 3 y 4	Eq. Fuerza	Descargue y silos	240	5	3.75	179.6	673.5
M.B en pendiente	Eq. Fuerza	Descargue y silos	240	3	2.25	179.6	404.1
M. Basuca	Eq. Fuerza	Molino	240	5	3.75	179.6	673.5
M. Molino	Eq. Fuerza	Molino	240	25	18.75	179.6	3367.5
Basuca del molino	Eq. Fuerza	Molino	240	1.5	1.125	179.6	202.05
M. B. Maiz molido	Eq. Fuerza	Molino	240	2	1.5	179.6	269.4
M.B.L Soya molida	Eq. Fuerza	Molino	240	7.5	5.625	179.6	1010.25

B. soya excruzada	Eq. Fuerza	Molino	240	7.5	5.625	179.6	1010.25
B.L soya y frijoles	Eq. Fuerza	Molino	240	5	3.75	179.6	673.5
M.B.L descargue	Eq. Fuerza	Molino	240	2	1.5	179.6	269.4
M mescladora 1	Eq. Fuerza	Molino	240	7.5	5.625	179.6	1010.25
M mescladora 2	Eq. Fuerza	Molino	240	7.5	5.625	179.6	1010.25
Motor banda	Eq. Fuerza	Molino	240	1	0.75	179.6	134.7
Motor surcidora	Eq. Fuerza	Molino	240	1	0.75	179.6	134.7
Motor banda	Eq. Fuerza	Molino	240	1	0.75	179.6	134.7
M.B. Elevador	Eq. Fuerza	Molino	240	7.5	5.625	179.6	1010.25
M. Bañador	Eq. Fuerza	PELLET	240	1	0.75	179.6	134.7
M. Elevador	Eq. Fuerza	PELLET	240	1	0.75	179.6	134.7
M. Blower	Eq. Fuerza	PELLET	240	3	2.25	179.6	404.1
M. Banda 1 horno	Eq. Fuerza	PELLET	240	2	1.5	179.6	269.4
M. Banda 2 horno	Eq. Fuerza	PELLET	240	5	3.75	179.6	673.5
M. Saranda	Eq. Fuerza	PELLET	240	2	1.5	179.6	269.4
M. Molino	Eq. Fuerza	PELLET	240	100	75	179.6	13470
Alimentdor molino	Eq. Fuerza	PELLET	240	7.5	5.625	179.6	1010.25
M. B. Elevador	Eq. Fuerza	PELLET	240	5	3.75	179.6	673.5
M. Transportador	Eq. Fuerza	PELLET	240	7	5.25	179.6	942.9
M. Elevador	Eq. Fuerza	PELLET	240	3	2.25	179.6	404.1
M. alimentador	Eq. Fuerza	PELLET	240	3	2.25	179.6	404.1
MQ. Pelletizadora	Eq. Fuerza	PELLET	240	100	75	179.6	13470
MQ. Cortadora	Eq. Fuerza	PELLET	240	5	3.75	179.6	673.5
M.mescladora	Eq. Fuerza	perrazo	240	7.5	5.625	179.6	1010.25
M.B. Soya molida	Eq. Fuerza	perrazo	240	7.5	5.625	179.6	1010.25
M.B. Frijoles	Eq. Fuerza	perrazo	240	3	2.25	179.6	404.1
M.B. Pila de soya1	Eq. Fuerza	perrazo	240	3	2.25	179.6	404.1
M.B. Pila de soya2	Eq. Fuerza	perrazo	240	5	3.75	179.6	673.5
MQ. Materia prima	Eq. Fuerza	frijoles ex cruzado y	240	7.5	5.625	179.6	1010.25

		soya excruzada					
Motor alimentador	Eq. Fuerza	frijoles ex cruzado y soya excruzada	240				
Molino Mate prima	Eq. Fuerza	frijoles ex cruzado y soya excruzada	240	15	11.25	179.6	2020.5
M.B Frijoles molida	Eq. Fuerza	frijoles ex cruzado y soya excruzada	240	3	2.25	179.6	404.1
M.B Soya excruza	Eq. Fuerza	frijoles ex cruzado y soya excruzada	240	3.7	2.775	179.6	498.39
M.B Frijoles excruza	Eq. Fuerza	frijoles ex cruzado y soya excruzada	240	5	3.75	179.6	673.5
M.B.L frijols y soya	Eq. Fuerza	frijoles ex cruzado y soya excruzada	240	5	3.75	179.6	673.5
M.B.L frijols excruzado	Eq. Fuerza	frijoles ex cruzado y soya excruzada	240	3	2.25	179.6	404.1
M.B hacia Molino	Eq. Fuerza	frijoles ex cruzado y soya excruzada	240	3	2.25	179.6	404.1
Motor molino	Eq. Fuerza	frijoles ex cruzado y soya excruzada	240	7.5	5.625	179.6	1010.25
M.B frijols y soya	Eq. Fuerza	frijoles ex cruzado y soya excruzada	240	3	2.25	179.6	404.1
Micromescladora	Eq. Fuerza	planta	240	2	1.5	179.6	269.4

M. avanico	Eq. Fuerza	planta	240	1	0.75	179.6	134.7
Computadora DELL	Eq. Ofimáticos	oficina	110	0.3	0.25	179.6	44.9
Computadora DELL	Eq. Ofimáticos	oficina	110	0.3	0.25	179.6	44.9
Computadora DELL	Eq. Ofimáticos	oficina	110	0.3	0.25	179.6	44.9
Computadora DELL	Eq. Ofimáticos	oficina	110	0.3	0.25	179.6	44.9
Computadora DELL	Eq. Ofimáticos	oficina	110	0.3	0.25	179.6	44.9
Impresora HP	Eq. Ofimáticos	oficina	110	0.13	0.1	179.6	17.96
Impresora codigo barra	Eq. Ofimáticos	oficina	110	0.13	0.1	179.6	17.96
Analizador de humedad	Eq. Ofimáticos	oficina	110	0.13	0.1	179.6	17.96
Aosis	Otros equipos	oficina	110	0.4	0.3	179.6	53.88
Pantalla LED 21"	Otros equipos	oficina	110	0.16	0.12	179.6	21.552
TV 32"	Otros equipos	oficina	110	0.16	0.12	179.6	21.552
Camara de seguridad	Otros equipos	oficina	110	0.16	0.12	179.6	21.552
Abanico	Climatización	oficina	110	0.093	0.07	179.6	12.572
Abanico	Climatización	oficina	110	0.093	0.07	179.6	12.572
Abanico	Climatización	oficina	110	0.093	0.07	179.6	12.572
Abanico	Climatización	oficina	110	0.093	0.07	179.6	12.572
Lampara 2x40	Iluminación	Producción	110	0.4	0.3	179.6	53.88
Lampara 2x40	Iluminación	Producción	110	0.4	0.3	179.6	53.88
Lampara 2x40	Iluminación	Producción	110	0.4	0.3	179.6	53.88
Lampara 2x40	Iluminación	Producción	110	0.4	0.3	179.6	53.88
Lampara 2x40	Iluminación	Producción	110	0.4	0.3	179.6	53.88
Lampara 2x40	Iluminación	Producción	110	0.4	0.3	179.6	53.88
Lampara 2x40	Iluminación	Producción	110	0.4	0.3	179.6	53.88
Lampara 2x40	Iluminación	Producción	110	0.4	0.3	179.6	53.88
Lampara 2x40	Iluminación	Producción	110	0.4	0.3	179.6	53.88
Bombillo LED	Iluminación	Producción	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Producción	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Producción	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Producción	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Producción	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Producción	220	0.2	0.15	179.6	26.94

Bombillo LED	Iluminación	Producción	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Producción	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Producción	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Producción	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Producción	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Producción	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Producción	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Producción	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Externa	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Externa	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Externa	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Externa	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Externa	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Externa	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Externa	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Externa	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Externa	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Externa	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Externa	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Externa	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bombillo LED	Iluminación	Externa	220	0.2	0.15	179.6	26.94
Bo. Base grande	Iluminación	Externa	220	0.3	0.25	179.6	44.9
Bo. Base grande	Iluminación	Externa	220	0.3	0.25	179.6	44.9
Bombillo LED	Iluminación	Oficina	110	0.04	0.035	179.6	6.286
Bombillo LED	Iluminación	Oficina	110	0.04	0.035	179.6	6.286

Anexo B. Análisis de facturación industria San Francisco S.A, junio 2018- mayo 2019.

Facturación NIS:		2674180		kWcontratados:	270													
Nivel de tensión:		MT		Tarifa:	T-5E INDUSTRIAL MAYOR BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL													
Mes Facturado	Días Facturados	Energía punta kWh	Energía fuera de punta kWh	kWh/día	Reactiva kVARh	Demanda punta kW	Demanda fuera de punta kW	Factor de potencia (FP)	C\$ por kWh fuera de punta	C\$ por kWh punta	C\$ por kW punta	Import total C\$	Import total USD	Ton CO2 / mes	USD/kWh	kg CO2/día	C\$ por kWh	
Jun-18	30	280	35,000	1,176	14,560	6.00	232.00	0.92	C\$ 159,362.70	C\$ 1,929.84	C\$ 2,694.78	C\$ 194,519.29	\$5,720.75	0.15	\$20.4313	4.95	C\$ 159,362.70	
Jul-18	30	560	42,000	1,419	21,560	14.00	224.00	0.89	C\$ 191,381.82	C\$ 3,862.68	C\$ 6,313.94	C\$ 238,174.96	\$7,520.12	0.30	\$13.4288	9.89	C\$ 191,381.82	
Aug-18	32	560	42,560	1,348	21,560	8.00	213.00	0.89	C\$ 194,717.85	C\$ 3,878.35	C\$ 3,622.95	C\$ 238,959.25	\$7,513.66	0.30	\$13.4173	9.28	C\$ 194,717.85	
Sep-18	30	280	27,160	915	14,000	6.00	232.00	0.89	C\$ 124,774.67	C\$ 1,947.18	C\$ 2,728.13	C\$ 156,289.55	\$4,893.94	0.15	\$17.4784	4.95	C\$ 124,774.67	
Oct-18	31	560	22,960	759	12,320	8.00	238.00	0.89	C\$ 105,917.96	C\$ 3,910.55	C\$ 3,652.61	C\$ 135,923.45	\$4,238.61	0.30	\$7.5690	9.57	C\$ 105,917.96	
Nov-18	30	560	30,520	1,036	14,560	6.00	193.00	0.91	C\$ 141,357.96	C\$ 3,926.27	C\$ 2,750.46	C\$ 176,073.96	\$5,468.68	0.30	\$9.7655	9.89	C\$ 141,357.96	
Dec-18	31	280	31,920	1,039	13,720	6.00	221.00	0.92	C\$ 153,004.41	C\$ 2,031.32	C\$ 4,422.45	C\$ 189,359.49	\$5,856.99	0.15	\$20.9178	4.79	C\$ 153,004.41	
Jan-19	31	280	37,520	1,219	15,120	6.00	224.00	0.93	C\$ 185,837.65	C\$ 2,098.93	C\$ 4,567.49	C\$ 227,974.19	\$7,022.22	0.15	\$25.0793	4.79	C\$ 185,837.65	
Feb-19	28	280	23,520	850	9,800	6.00	263.00	0.92	C\$ 117,245.02	C\$ 2,112.43	C\$ 4,584.62	C\$ 148,355.85	\$4,552.68	0.15	\$16.2596	5.30	C\$ 117,245.02	
Mar-19	31	280	26,320	858	11,760	8.00	227.00	0.91	C\$ 132,978.75	C\$ 2,141.03	C\$ 6,201.69	C\$ 168,560.28	\$5,151.31	0.15	\$18.3976	4.79	C\$ 132,978.75	
Apr-19	29	560	20,720	734	7,840	8.00	221.00	0.94	C\$ 106,185.03	C\$ 4,343.29	C\$ 6,290.98	C\$ 140,118.76	\$4,264.98	0.30	\$7.6160	10.23	C\$ 106,185.03	
May-19	32	560	21,000	674	12,600	8.00	218.00	0.86	C\$ 109,147.24	C\$ 4,405.01	C\$ 6,382.38	C\$ 143,755.62	\$4,357.59	0.30	\$7.7814	9.28	C\$ 109,147.24	
Total	365	5,040	361,200	12,025	169,400.00	90	2,706		C\$ 1,721,911.06	C\$ 36,586.88	C\$ 54,212.48	C\$ 2,158,064.65	\$66,561.55	2.67	\$13.2067	7.32	C\$ 1,721,911.06	
Máximo	32	560	42,560	1418.67	21,560.00	14.00	263.00	0.94	C\$ 194,717.85	C\$ 4,405.01	C\$ 6,382.38	C\$ 238,959.25	\$7,520.12	0.30	\$25.0793	10.23	C\$ 194,717.85	
Promedio	30.42	420.00	30100.00	986.29	14,116.67	7.50	225.50	0.91	C\$ 143,492.59	C\$ 3,048.91	C\$ 4,517.71	C\$ 179,838.72	\$5,546.80	0.22	\$14.8452	7.31	C\$ 143,492.59	
Mínimo	28	280	20,720	673.75	7,840.00	6.00	193.00	0.86	C\$ 105,917.96	C\$ 1,929.84	C\$ 2,694.78	C\$ 135,923.45	\$4,238.61	0.15	\$7.5690	4.79	C\$ 105,917.96	
Promedio total	30	420	30,100	1,002	14,117	8	226	0.91	C\$ 143,492.59	C\$ 36,586.88	C\$ 4,517.71	C\$ 179,838.72	\$5,546.80	0.22	\$14.8452	7.31	C\$ 143,492.59	

Anexo C.



Cable de alimentación a motor de 100 HP sobre el área de trabajo.

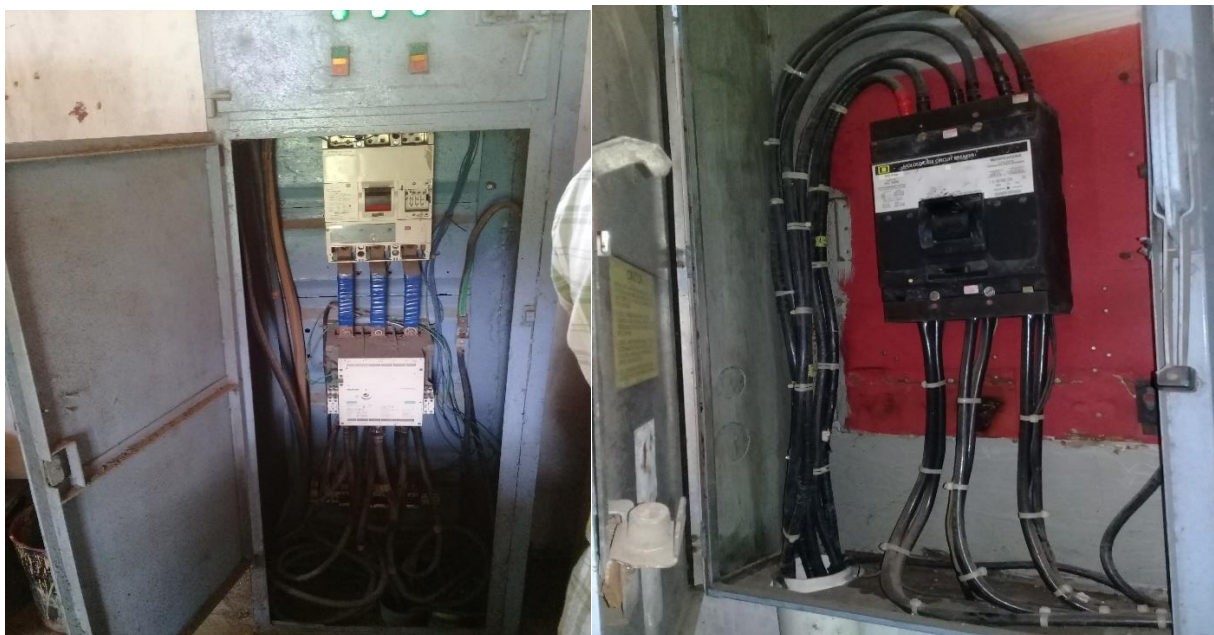


Motor 3 Hp en área de descarga, falta de mantenimiento.

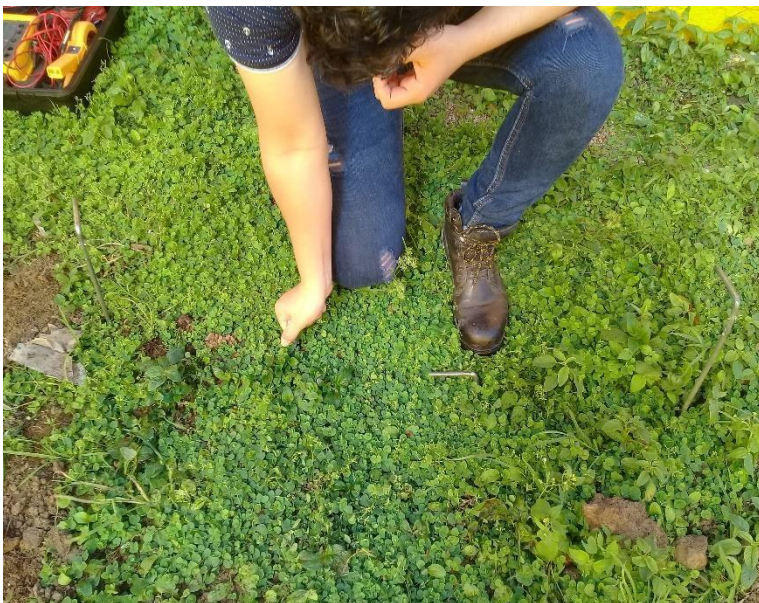
Anexo D.



Instalación de equipo de medición en main breakers.



Anexo E.



Medición de tierra, método de las cuatro picas.



Mediciones puntuales en sub paneles.



Sistema de control en area de molino, se puede observar la falta de mantenimiento dentro de este.

Anexo F. Mantenimiento completo de transformadores eléctricos

Se propone realizar un mantenimiento completo para cada una de las unidades que incluya:

- A. Conexión y desconexión del transformador.
- B. Inspección visual del transformador, revisión de la condición del tanque, accesorios de conexión (bushings), indicadores (de temperatura, presión, nivel de aceite, etc.), de operación (cambiador de tomas, seccionadoras, etc.) y medios de conexión (conductores de media y baja tensión). De ser necesario, se presurizará el tanque con nitrógeno para comprobación de fugas.
- C. Limpieza general del tanque y los accesorios con los insumos adecuados (desengrasante biodegradable para el tanque; limpiador dieléctrico de alta seguridad para los conectores de media tensión; sustitución de silicón dieléctrico de los conectores).
- D. Pruebas eléctricas:
 - Prueba de relación de transformación (TTR)
 - Prueba de resistencia de devanados
 - Prueba de resistencia de aislamiento
 - Prueba de Factor de Potencia de aislamiento
 - Corriente de excitación
- E. Toma de dos muestras de aceite (jeringa y recipiente plástico) para análisis de aceite completo que incluye las siguientes pruebas:
 - Pruebas físico-químicas (LS)
 - Numero de acidez/índice de neutralización. ASTM D974.
 - Tensión interfacial. ASTM D971.
 - Densidad relativa (Gravedad específica). ASTM D1298.
 - Color. ASTM D1500/D1524.
 - Examen visual D1524.
 - Voltaje de ruptura dieléctrica/Rigidez dieléctrica. D877.
 - Contenido de inhibidor de oxidación (DBCP) □ Contenido de PCB. ASTM D4059.
 - Factor de potencia de líquido (PF). ASTM D924.
 - Contenido de humedad (KF). ASTM D1533.
 - Contenido de agua.
 - Análisis de porcentaje de saturación del agua en el aceite.
 - Estimación del porcentaje de humedad por peso seco en el papel aislante □ Prueba de Furanos (FUR). ASTM D5837.

- Cromatografía de Gases Disueltos (DGA) ASTM D3612
 - Hidrogeno.
 - Oxígeno.
 - Nitrógeno.
 - Metano.
 - Monóxido de carbono.
 - Dióxido de carbono.
 - Etano.
 - Etileno.
 - Acetileno.

F. Informe detallado con los hallazgos, estado actual del transformador y recomendaciones.

Anexo G.

FLUKE®

Analizadores de energía y calidad eléctrica Fluke 434-II y 435-II

Voltio				
	Modelo	Rango de medición	Resolución	Exactitud
Vrms (CA + CC)	434-II	1 V a 1000 V fase a neutro	0,1 V	± 0,1% de la tensión nominal ¹
	435-II	1 V a 1000 V fase a neutro	0,01 V	± 0,1% de la tensión nominal ¹
Vpk		1 Vpk a 1400 Vpk	1 V	5% de la tensión nominal
Factor de cresta de voltaje (CF)		1.0> 2.8	0,01	± 5%
Vrms%	434-II	1 V a 1000 V fase a neutro	0,1 V	± 1% de la tensión nominal
	434-II y 435-II		0,1 V	± 0,2% de la tensión nominal



Medidor de Resistencia a Tierra FLUKE 1623

Especificaciones generales

Pantalla: LCD de 1999 dígitos

Pantalla con símbolos especiales, altura de dígitos 25 mm, retroiluminación fluorescente

Interfaz de usuario

Medición instantánea a través del concepto de un botón TURN y START. Los únicos elementos operativos son el interruptor giratorio y el botón de INICIO

Robusto, resistente al agua y al polvo

El instrumento está diseñado para condiciones ambientales adversas (cubierta protectora de goma, IP56)

Memoria

Almacenamiento de memoria interna de hasta 1500 registros accesibles a través del puerto USB

Rango de temperatura

Temperatura de funcionamiento

-10 ° C a 50 ° C (14 ° F a 122 ° F)

Temperatura de almacenamiento

-30 ° C a 60 ° C (-22 ° F a 140 ° F)

Coefficiente de temperatura

$\pm 0,1\%$ de lectura / ° C <18 ° C> 28 ° C

Error intrínseco

Se refiere al rango de temperatura de referencia y está garantizado por 1 año.



Termómetro de Infrarrojos visual FLUKE VT04A

Especificaciones	
Cámara visual incorporada	Sí, obtenga el contexto de los detalles de luz visible en sus imágenes
Mapa de calor infrarrojo y combinación de imágenes visuales	Sí, cinco modos de fusión en la cámara y fusión continua en el software SmartView®
Opciones de alineación	CERCA: <23 cm (9 pulgadas) del objetivo LEJOS: > 23 cm (9 pulgadas) del objetivo
Campo de visión	28 ° x 28 °: el campo de visión estrecho le permite ver más detalles en su objetivo
Rango de medición de temperatura	-10 ° C a +250 ° C (14 ° F a 482 ° F)

Cotizaciones de propuestas de mejoras, motores PREMIUM

Codigo	Material	Cantidad	P.Venta Unit.	P.V.Total
1LE2225-2AB21-4AA3-Z D05	SIMOTICS motor de baja tensión, NEMA Motor de rotor en jaula trifásico, IP55 Motor GP100 General Purpose 4 polos * FS215T 10 HP (60 Hz) 208-230/460 V, 60 Hz Montaje en pie F-1,2 Sin protección de devanados base F-1 D05 = Documentación, español (Placa de características, manuales, INST. etc. Software	1	714.90	714.90
1LE2225-2AB11-4AA3-Z D05	SIMOTICS motor de baja tensión, NEMA Motor de rotor en jaula trifásico, IP55 Motor GP100 General Purpose 4 polos * FS213T 7,5 HP (60 Hz) 208-230/460 V, 60 Hz Montaje en pie F-1,2 Sin protección de devanados base F-1 D05 = Documentación, español (Placa de características, manuales, INST. etc. Software	1	671.17	671.17
1LE2225-2DA21-6AA3-Z D05	SIMOTICS motor de baja tensión, NEMA Motor de rotor en jaula trifásico, IP55 Motor GP100 General Purpose 2 polos * FS286T 30 HP (60 Hz) 230/460 V, 60 Hz Montaje en pie F-1,2 Sin protección de devanados base F-1 D05 = Documentación, español (Placa de características, manuales, INST. etc. Software	1	1,650.59	1,650.59
1LE2321-2CB21-6AA3-Z D05	Motor de baja tensión, NEMA Motor de rotor en jaula trifásico Severe Duty SD100 carcasa de fundición de hierro Eficiencia NP TEFC (IP55) 4 polos * FS 286T 30 HP (60 Hz) 230/460 V, 60 Hz Montaje en pie F-1,2 Sin protección de devanados base F-1 D05 = Documentación, español (Placa de características, manuales, INST. etc. Software	1	1,932.94	1,932.94
1LE2225-3CB21-6AA3-Z D05	SIMOTICS motor de baja tensión, NEMA Motor de rotor en jaula trifásico, IP55 Motor GP100 General Purpose 4 polos * FS365T 75 HP (60 Hz) 230/460 V, 60 Hz Montaje en pie F-1,2 Sin protección de devanados base F-1 D05 = Documentación, español (Placa de características, manuales, INST. etc. Software. Mostrar precios	1	3,901.84	3,901.84
1LE2225-4AB21-6AA3-Z D05	SIMOTICS motor de baja tensión, NEMA Motor de rotor en jaula trifásico, IP55 Motor GP100 General Purpose 4 polos * FS405T 100 HP (60 Hz) 230/460 V, 60 Hz Montaje en pie F-1,2 Sin protección de devanados base F-1 D05 = Documentación, español (Placa de características, manuales, INST. etc. Software	1	4,725.75	4,725.75
1LE2225-4AB21-6AA3-Z D05	SIMOTICS motor de baja tensión, NEMA Motor de rotor en jaula trifásico, IP55 Motor GP100 General Purpose 4 polos * FS405T 100 HP (60 Hz) 230/460 V, 60 Hz Montaje en pie F-1,2 Sin protección de devanados base F-1 D05 = Documentación, español (Placa de características, manuales, INST. etc. Software	1	4,725.75	4,725.75
1LE2225-2BB11-4AA3-Z D05	SIMOTICS motor de baja tensión, NEMA Motor de rotor en jaula trifásico, IP55 Motor	1	968.32	968.32

	GP100 General Purpose 4 polos * FS254T 15 HP (60 Hz) 208-230/460 V, 60 Hz Montaje en pie F-1,2 Sin protección de devanados base F-1 D05 = Documentación, español (Placa de características, manuales, INST. etc. Software			
1LE2225-1CA31-4AA3-Z D05	SIMOTICS motor de baja tensión, NEMA Motor de rotor en jaula trifásico, IP55 Motor GP100 General Purpose 2 polos * FS184T 5 HP (60 Hz) 208-230/460 V, 60 Hz Montaje en pie F-1,2 Sin protección de devanados base F-1 D05 = Documentación, español (Placa de características, manuales, INST. etc. Software	1	377.42	377.42
1LE2225-2AB11-4AA3-Z D05	SIMOTICS motor de baja tensión, NEMA Motor de rotor en jaula trifásico, IP55 Motor GP100 General Purpose 4 polos * FS213T 7,5 HP (60 Hz) 208-230/460 V, 60 Hz Montaje en pie F-1,2 Sin protección de devanados base F-1 D05 = Documentación, español (Placa de características, manuales, INST. etc. Software	1	671.17	671.17
1LE2225-1CA31-4AA3-Z D05	SIMOTICS motor de baja tensión, NEMA Motor de rotor en jaula trifásico, IP55 Motor GP100 General Purpose 2 polos * FS184T 5 HP (60 Hz) 208-230/460 V, 60 Hz Montaje en pie F-1,2 Sin protección de devanados base F-1 D05 = Documentación, español (Placa de características, manuales, INST. etc. Software	1	377.42	377.42
TOTALES		11		20,717.29

Estimados.

Según lo indicado por la Ing. Blanca Real. Adjunto oferta por equipos solicitados.

Saludos.

ING.MIGUEL SANTAMARIA.

HUB FOR GT-NIC-DOM (RC-GT DI)

External service provider at Siemens S.A.

502-24231287 EXT-1287

mailto:miguel.santamaria_malespin.ext@siemens.com



Cotización TECNOSOL.



Nicaragua: +505 2251 5152 | Honduras: +504 2550 5977 | El Salvador: +503 2245 6386 | Panamá: +507 264 9003
Info@tecnosolsa.com.ni | www.tecnosolsa.com.ni
RUC: J0310000012806

Proforma

Potencia en kW 115.00

Empresa:	Número:	20209537
Contacto: INDUSTRIAS SAN FRANCISCO S.A	Fecha:	14/07/2020
Dirección: KM 35 NIC. - SAN MARCOS CARAZO	Condiciones de Pago:	
Teléfono:	Garantía:	
E-mail:	Tiempo de Entrega:	
RUC:	Validez de la oferta:	15 días

Item	Descripción	Cant.	Precio Unitario US\$	Precio Total US\$
1	Suministro e Instalacion de sistema fotovoltaico diseñado para autoconsumo con potencia pico <u>115.00</u> kWp	1	\$145,000.00	\$145,000.00
2	KIT INYECCION CERO	1		
	Incluye esta proforma preliminar:			
	1. MODULO SOLAR PEIMAR 370W-38.2V 5G370M	<u>310</u>		
	2. INVERSOR SOLIS-MINI-50,000-4G 50kW 240V 1PH	<u>2</u>		
	3. INVERSOR SOLIS DE 15 KW 240V 1 HP	<u>1</u>		
	4. MODULO WIFI PARA INVERSORES SOLIS	<u>1</u>		
	5. CURRENT TRANSFORMER PARA INVERSORES SOLIS	<u>3</u>		
	6. KIT DE CONTROL DE POTENCIA INYECCION ZERO (VARIOS)	<u>3</u>		
	7. ACCESORIOS Y MATERIALES ELECTRICOS	<u>1</u>		
	8. SERVICIO DE MANO OBRA POR INSTALACION	<u>1</u>		
	9. ESTRUCTURA PARA PANELES	<u>1</u>		
	10. SERVICIO DE TRANSPORTE	<u>1</u>		
	Notas de esta proforma:			
	1 Esta oferta no incluye nada que no este mencionado.			
	2 Se asume que la generación del sistema es durante la ventana solar la cual es aproximadamente entre las 9 AM y 3PM			
	3 La potencia generada es directamente proporcional a la radiación solar logrando su máxima potencia el sistema al mediodía generalmente			
	4 Incluye monitoreo via wifi			
	5 Incluye kit de Inyeccion cero			
	6 se cotiza estructura sobre techo			
	7 en caso de que la red comercial falle el Inversor se apaga como metodo de proteccion.			
	Total antes de IVA			\$145,000.00
	Total con IVA			\$145,000.00

Los paneles solares no están sujetos al 16% IVA según legislación vigente; los demás accesorios, equipos y componentes si están sujetos al 16% IVA

Análisis de generación eléctrica y retorno de inversión	
Sistema en kWp	115.00
Coefficiente de rendimiento de la planta	0.80
Horas sol por día	5.00
kWh/día promedio generación estimada	3.83
No. días por mes	30.00
kWh-mes	3,833.00
Área requerida en metros cuadrados	1,150.00
Tarifa kWh en US\$	0.25
Ahorro mensual US\$	868.26
Ahorro anual US\$	11,499.00
Recuperación de la inversión en años con ahorro en pago de factura	
Ahorro Estimado Mensual %	70%



*Créditos verdes bancarios disponible para sistemas solares con tasa de interés baja

*Para sistemas iguales o mayores a 100 kW podemos ofertar renta con opción a compra (ROC) o renta simple.

* En modalidad de ROC usted puede tener el precio del kWh con un 10% más barato que a como lo compra en la distribuidora.

Leopoldo Delagneau

Asesor de ventas / Nombre del Asesor

Cliente

