

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# OPTIMIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN DIBTEC S.A.S

Mario Alberto Ortiz Gallego.

Ingeniería Electromecánica.

Director(es) del trabajo de grado

Juan Gonzalo Ardila Marín

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**2.016**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---

El siguiente proyecto de grado se fundamentó principalmente en la reducción de consumo energético eléctrico en la empresa Dibtec S.A.S perteneciente al sector metalmeccánico mediante la implementación de mejoras al sistema eléctrico y al plan de mantenimiento preventivo existente. La metodología utilizada facilitó la consecución de los objetivos planteados en el trabajo, logrando a sobre manera la reducción energética y monetaria esperada. Fue importante el conocimiento de la maquinaria y su modalidad de consumo eléctrico, tal es el caso de las máquinas hidráulicas, que presentaron un consumo importante debido al funcionamiento de los subsistemas como bomba o iluminación; además del apoyo recibido por parte de producción para la determinación de tiempos y cargas de trabajo, facilitando de esta forma la consecución de un modelo matemático para la predicción de consumo eléctrico y determinación de línea base de consumos anuales, que fue utilizado para saber dónde se debía atacar el problema de ineficiencia eléctrica que acarrea sobrecosto en la factura de cobro por suministro eléctrico.

En este proyecto, se muestran los resultados obtenidos después de la implementación de una serie de propuestas, en donde la mayor limitante fue la no propiedad de las bodegas, lo que no permitió alcanzar una cifra de reducción más ambiciosa, más sin embargo, se encuentra que la renovación de tecnología en equipos de aire acondicionado y la ejecución de un plan de mantenimiento estructurado y organizado contribuyen notoriamente al ahorro energético.

La realización del presente permitió al aspirante al título de Ingeniero Electromecánico desarrollar y fortalecer los conocimientos adquiridos en el Instituto tecnológico metropolitano, además de aportar desarrollo a la empresa Dibtec S.A.S desde el área de ingeniería y mantenimiento.

*Palabras clave:* Consumo energético eléctrico, modelación matemática, gestión del mantenimiento, eficiencia energética.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RECONOCIMIENTOS

---

Primeramente agradecer a Dios por la vida y por poner en mi camino los medios y las personas correctas para el desarrollo del presente proyecto.

A mi círculo familiar (padres, abuelos, hermano y novia) por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles, por ser un pilar clave en mi formación personal y académica.

A mis amigos, que de una u otra manera me apoyaron en la consecución de objetivos personales que aportaron moralmente en la ejecución del presente.

Al instituto tecnológico metropolitano, sus docentes y asesores por brindarme todos los medios académicos, por ser la fuente de los conocimientos con los cuales se desarrolló el presente trabajo.

Para finalizar, quiero agradecer a Dibtec S.A.S por permitirme realizar este proyecto en sus instalaciones.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Generalidades.....	8
1.2. Objetivos.....	9
1.2.1. General. ....	9
1.2.2. Específicos.....	9
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Gestión energética. ....	11
2.2. Eficiencia energética eléctrica.....	11
2.3. Calidad de la energía eléctrica. ....	12
2.4. Parámetros y variables eléctricas.....	12
2.4.1. Voltaje.....	12
2.4.2. Corriente.....	13
2.4.3. Potencia. ....	13
2.4.3.1. Potencia activa (kW).....	13
2.4.3.2. Potencia reactiva (kvar). ....	13
2.4.3.3. Potencia aparente (kVA).....	13
2.4.4. Factor de potencia.....	13
2.5. Banco de capacitores. ....	14
2.6. Línea base de consumo. ....	14
2.7. Modelo matemático para la predicción de consumos.....	15
3. METODOLOGÍA .....	16
3.1. Recolección de datos de la instalación eléctrica.....	16
3.2. Definición de consumo por etapa productiva.....	16
3.2.1. Fase 1. Contextualización. ....	16
3.2.2. Fase 2. Definición de cargas típicas. ....	16

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2.3.	Fase 3. Medición y registro.....	17
3.2.4.	Fase 4. Cálculo de la potencia activa. ....	17
3.2.5.	Fase 5. Definición de etapas productivas y tiempos de trabajo. ....	18
3.2.6.	Fase 6. Cálculo de consumo.....	18
3.3.	Modelo matemático y comparación de consumos.....	19
3.3.1.	Definición de constantes y variables. ....	19
3.3.2.	Planteamiento del modelo matemático.....	20
3.3.3.	Construcción de la línea base de consumos.....	21
3.3.4.	Plan de seguimiento y control al consumo eléctrico en Dibtec S.A.S.....	21
3.3.5.	Rediseño de archivo “Relación del consumo con la carga”.....	22
3.4.	Equipos y variables que afectan la eficiencia del sistema eléctrico en Dibtec S.A.S. 23	
3.4.1.	Factor de potencia y energía reactiva. ....	23
3.4.2.	Red de distribución eléctrica, iluminación y equipos de aire acondicionado. ....	24
3.4.3.	Mantenimiento preventivo.....	25
3.5.	Recomendaciones para mejorar la eficiencia del sistema y gestión de recursos para ello. 26	
3.5.1.	Corrección del factor de potencia y compensación de energía reactiva. ....	26
3.5.2.	Rediseño de la red, iluminación y equipos de aire acondicionado. ....	26
3.5.3.	Reestructuración e intervención al mantenimiento preventivo. ....	27
3.5.4.	Cambio de transformador principal de la planta 1.....	28
3.6.	Implementación de las mejoras propuestas. ....	28
3.6.1.	Corrección del factor de potencia. ....	28
3.6.2.	Rediseño de la red, iluminación y equipos de aire acondicionado. ....	29
3.6.2.1.	Rediseño de la red eléctrica.....	29
3.6.2.2.	Iluminación. ....	29
3.6.2.3.	Equipos de aire acondicionado.....	29
3.6.3.	Reestructuración e intervención completa al mantenimiento preventivo. ....	30
3.6.3.1.	Análisis de la situación actual de mantenimiento. ....	30
3.6.3.2.	Reunión con coordinación de proyectos y gerencia.....	31
3.6.3.3.	Gestión de contratos de mantenimiento. ....	32

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.6.3.4.	Procedimiento general de mantenimiento. ....	32
3.6.3.5.	Diseño de aplicativo para mantenimiento en Microsoft Excel® . ....	33
3.6.3.6.	Declaración del plan de mantenimiento para cada activo. ....	34
3.6.3.7.	Socialización del programa general de mantenimiento. ....	34
3.6.3.8.	Puesta en marcha. ....	35
3.6.4.	Cambio de transformador. ....	35
3.7.	Evaluación de resultados a la luz de las metas propuestas. ....	35
3.7.1.	Reducción de consumo energético eléctrico.....	35
3.7.2.	Factor de potencia.....	36
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
5.1.	Modelo matemático y línea base de consumos.....	37
5.2.	Factor de potencia.....	43
5.3.	Cálculo de consumo por iluminación. ....	44
5.4.	Cálculo de consumo equipos de aire acondicionado.....	45
5.5.	Análisis de consumo energético eléctrico después de la implementación de las mejoras propuestas.....	46
5.6.	Factor de potencia.....	50
6.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	52
6.1.	Conclusiones.....	52
6.2.	Recomendaciones. ....	54
6.3.	Trabajo futuro. ....	55
	REFERENCIAS .....	56
	APÉNDICE.....	57
	APÉNDICE 1: Procedimiento general de mantenimiento. ....	58
	APÉNDICE 2: Código de programación página de inicio de “Programa general de mantenimiento Dibtec S.A.S” .....	62
	APÉNDICE 3: Código de programación página de programación de “Programa general de mantenimiento Dibtec S.A.S” .....	64
	APÉNDICE 4: Código de programación página de Hoja de vida de “Programa general de mantenimiento Dibtec S.A.S” .....	65

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

APÉNDICE 5: Código de programación página de equipos Miller..... 71

APÉNDICE 6: Código de programación página de pulidoras, tronzadora y esmeriles. .... 74

APÉNDICE 7: Código de programación página de inicio de archivo “Relación de consumo con la carga” ..... 81

APÉNDICE 8: Formatos de mantenimiento. .... 83

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. Generalidades.

Hoy más que nunca, la correcta gestión de la energía es un tema crucial para cualquier organización, teniendo en cuenta las exigencias de sostenibilidad de la actual coyuntura económica, especialmente para las empresas industriales. La gestión energética por tanto, se ha convertido en una parte cada vez más importante de la gestión empresarial, que comprende las actividades necesarias para satisfacer eficientemente la demanda energética, con el menor gasto y la mínima contaminación ambiental posible (Fundación Mapfre, 2011).

Este proyecto está fundamentado en varios puntos que son beneficiosos económica y productivamente debido a que con la optimización energética se puede lograr reducción de costos por consumo energético como consecuencia de la innovación tecnológica que propone el reemplazo de equipos ineficientes, o de la instalación eléctricamente eficiente de los equipos existentes, lo cual permite su optimización técnica y económica (Serra, 2009). También se impacta en la vida útil de los activos de la empresa, ya que se reducen las pérdidas en las instalaciones y los equipos mismos, propiciando así mejores condiciones de trabajo. Con el desarrollo de las ideas de optimización energética, en conclusión, se mejorará a la larga la imagen de la empresa, e incluso su productividad, debido a equipos más eficientes, el incremento de la confiabilidad del sistema eléctrico, la disminución de los costos directos e indirectos, y por último, el incremento en la motivación de los trabajadores debido que laborarán en instalaciones energéticamente eficientes que aseguran el confort requerido para su tarea.

Para la alta gerencia de Dibtec S.A.S existe una preocupación en cuanto al costo de la energía eléctrica, debido a que es elevado teniendo en cuenta la cantidad de equipos que se tienen instalados y su tiempo de funcionamiento, es por esta razón que se propuso y ejecutó el presente proyecto, con el fin de conocer el estado actual del sistema y

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

proponer recomendaciones en pro del ahorro energético y por consiguiente la reducción de los costos generados.

El presente proyecto se elaboró pensando principalmente en la reducción de consumo energético eléctrico mediante mejoras propuestas para el sistema eléctrico y la reestructuración del plan de mantenimiento.

En el capítulo metodología, se describe inicialmente cómo se consiguió la información necesaria para la determinación del estado del sistema eléctrico actual, la cual serviría de base para el desarrollo de los puntos siguientes; posteriormente, se enuncia cómo se definen las etapas productivas y por consiguiente los tiempos de trabajo, cabe anotar que en ese momento el departamento de producción no tenía un control de los tiempos de trabajo a los que se sometían los equipos. Se propuso un modelo matemático cuya concepción se encuentra descrita en este capítulo y que causó a sobremanera el rediseño del archivo “Relación del consumo con la carga”. Además, se encontrarán los equipos y las variables que afectan el sistema que sirvieron de base para proponer las recomendaciones en pro del ahorro energético eléctrico. También se describen las pautas para la implementación de las mejoras y la evaluación de los resultados.

En el capítulo resultados y discusión, se evalúan los resultados encontrados después de la implementación de las recomendaciones dadas en capítulos anteriores.

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1. General.**

Reducir los consumos energéticos de la empresa Dibtec S.A.S, mediante la mejora del sistema eléctrico actual y la implementación de un plan de mantenimiento eléctrico y mecánico.

### **1.2.2. Específicos.**

1. Levantar información que permita diagnosticar el estado actual del sistema eléctrico de la empresa para evidenciar la situación actual y construir la línea base de consumos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. Determinar con exactitud cuáles son los equipos y las variables que están afectando la eficiencia del sistema eléctrico actual, y cuantificar dicha eficiencia del sistema.
3. Proponer las recomendaciones para mejorar la eficiencia del sistema y gestionar los recursos para su implementación.
4. Implementar mejoras al sistema eléctrico y el plan de mantenimiento propuesto.
5. Evaluar los resultados de la implementación a la luz de las metas propuestas.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2. MARCO TEÓRICO

---

### 2.1. Gestión energética.

La gestión energética consiste en la optimización en el uso de la energía buscando un uso racional y eficiente, sin disminuir el nivel de prestaciones. A través de la gestión energética se detectan oportunidades de mejora en aspectos relacionados con la calidad y seguridad del sistema energéticos, logrando que los usuarios conozcan el sistema, identifiquen los puntos consumidores e implanten mejoras, alcanzando altos niveles de eficiencia energética. (Asociación española para la calidad AEC)

### 2.2. Eficiencia energética eléctrica.

Se entiende por eficiencia energética eléctrica, la reducción de las potencias y energías demandadas al sistema eléctrico sin que afecte a las actividades normales realizadas en edificios, industrias o cualquier proceso de transformación.

En definitiva, un estudio de eficiencia y ahorro energético comporta 3 puntos básicos:

- Ayudar a la sostenibilidad del sistema y medio ambiente mediante la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> al reducir la demanda de energía.
- Mejorar la gestión técnica de las instalaciones aumentando su rendimiento y evitando paradas de procesos y averías.
- Reducción, tanto del coste económico de la energía como del de explotación de la energía.

Desde un punto de vista técnico, para la realización de una instalación eléctrica eficiente se plantean 4 puntos básicos:

- Gestión y optimización de la contratación.
- Gestión interna de la energía mediante sistemas de medida y supervisión.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Gestion de la demanda.
- Mejoras de la productividad mediante el control y eliminacion de perturbaciones.  
(Serra, 2009)

### **2.3. Calidad de la energía eléctrica.**

La calidad de la energía se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes. La calidad de suministro eléctrico es la normalización del suministro eléctrico mediante reglas que fijan los niveles, parámetros básicos, forma de onda, armónicos, niveles de distorsión armónica, interrupciones, etc.

Podemos decir que existe un problema de calidad de la energía eléctrica cuando ocurre cualquier desviación de la tensión (voltaje), la corriente o la frecuencia que provoque la mala operación de los equipos de uso final y deteriore la economía o el bienestar de los usuarios; así mismo cuando ocurre alguna interrupción del flujo de energía eléctrica.

Actualmente, el estudio de la calidad de la energía eléctrica ha adquirido mucha preponderancia y tal vez la razón más importante es la búsqueda del aumento de productividad y competitividad de las empresas. Asimismo porque existe una interrelación entre calidad de la energía eléctrica, la eficiencia y la productividad. (ANDI)

### **2.4. Parámetros y variables eléctricas.**

#### **2.4.1. Voltaje.**

El voltaje es el efecto de mover los electrones a través de todo el circuito, o sea, es la fuerza electromotriz que impulsa los electrones.

Su unidad es el voltio y se representa con la letra V en honor al físico italiano Alessandro Voltac (1754 – 1827)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Existen dos tipos de voltajes que son el voltaje de corriente directa (Vdc) y el voltaje de corriente alterna (Vac).

### **2.4.2. Corriente.**

La corriente eléctrica es la cantidad de electrones que circulan por un punto determinado en un circuito.

Su unidad es el amperio y se representa con la letra A, en honor al físico francés André Ampere (1775-1836). (Botero Henao)

### **2.4.3. Potencia.**

#### **2.4.3.1. Potencia activa (kW).**

La potencia que demanda un receptor o conjunto de receptores que es transformada en trabajo o calor.

#### **2.4.3.2. Potencia reactiva (kvar).**

Es aquella que utilizan ciertos receptores para la creación de campos eléctricos y magnéticos (Como motores, transformadores, reactancias, etc.).

Esta potencia no se convierte en trabajo útil, aumenta la potencia total a transportar y distribuir por las compañías suministradoras, así como las pérdidas en distribución.

#### **2.4.3.3. Potencia aparente (kVA).**

Es el valor real demandado a la red y que es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva. Es importante destacar que es la energía real generada y transportada por las líneas de transporte y distribución. (Serra, 2009)

### **2.4.4. Factor de potencia.**

El Factor de Potencia se define como la relación entre la potencia activa (kW) usada en un sistema y la potencia aparente (kVA) que se obtiene de las líneas de alimentación. Todos los equipos electromecánicos que están constituidos por devanados o bobinas, tales como motores y transformadores necesitan la denominada corriente reactiva para establecer

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

campos magnéticos necesarios para su operación. La corriente reactiva produce un desfase entre la onda de tensión y la onda de corriente, si no existiera la corriente reactiva la tensión y la corriente estarían en fase y el factor de potencia sería la unidad. (UPME)

## **2.5. Banco de capacitores.**

Son utilizados como compensadores de potencia reactiva en un sistema eléctrico. Ayudan a la estabilidad del sistema, disminución de las pérdidas e incrementan la calidad del suministro eléctrico.

Clasificación de los bancos de capacitores.

Según el lugar donde serán instalados, los bancos de capacitores se clasifican en:

- Montados en poste.
- Montados en piso.
- Montados en subestaciones.
- Montados en gabinetes (casos especiales). (Ecured)

## **2.6. Línea base de consumo.**

Referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético.

Se la puede normalizar usando variables que afectan el uso o consumo de la energía, p.e. nivel de producción, grados Celsius-día (temperatura ambiente a la intemperie), etc.

La línea de base energética también se puede usar para el cálculo de los ahorros energéticos, como una referencia antes y después de la implementación de acciones de mejora del desempeño energético. (Petroni. D, 2012)

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## **2.7. Modelo matemático para la predicción de consumos.**

Un sistema donde todos los comportamientos u opciones se pueden simular por medio de ecuaciones matemáticas cuyas variables están previamente establecidas de acuerdo a lo que se quiere contemplar. Permiten obtener resultados en base a experiencias anteriores o a estadística.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 3. METODOLOGÍA

---

### 3.1. Recolección de datos de la instalación eléctrica.

Para la ejecución de este proyecto fue indispensable iniciar con la recolección de datos y parámetros que permitieran diagnosticar la línea base de consumo de energía; se había observado que no se contaba con los planos de distribución eléctrica, se hizo un recorrido por la planta de servicios y la planta de soldadura con el fin de levantar la información (calibre de los cables, longitud, topología de las conexiones, cargas, etc.) y plasmarlos inicialmente a mano alzada. Después de tener estos, se procede a registrarlos en el software de diseño eléctrico ProfiCAD, además se creó una carpeta física para su aposento.

### 3.2. Definición de consumo por etapa productiva.

#### 3.2.1. Fase 1. Contextualización.

Según se evidenció en los planos eléctricos, Dibtec S.A.S contaba con dos transformadores que se encargaban de la alimentación de la empresa; un transformador de 200kVA para la planta de soldadura o ensamble y un transformador de 150kVA para la planta de servicios generales.

A la empresa llegaban dos cuentas de cobro por energía eléctrica, una para la planta de soldadura y otra para la planta de servicios generales, por tal razón se decidió hacer el seguimiento de consumos individual, es decir, calcular el consumo discriminándolo por cada planta.

#### 3.2.2. Fase 2. Definición de cargas típicas.

Para esta fase, inicialmente se realizó una tabla en Excel llamada “relación del consumo con la carga” con el fin de relacionar las máquinas o equipos con las cargas típicas a las cuales se sometían, con ayuda de producción (Ingeniería de proyectos, supervisión y operadores de máquinas) se pudieron establecer las mencionadas anteriormente; los

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

parámetros y consideraciones se basaron principalmente en el historial de órdenes de producción y la experiencia de los departamentos que aportaron directamente en la consecución de esta información.

### 3.2.3. Fase 3. Medición y registro.

La medición de estas variables eléctricas se realizó con una pinza multiamperimétrica UNIT UT202 bajo las condiciones de carga establecidas en el punto anterior. Durante este procedimiento se evidenció que máquinas como la cizalla Ermak, dobladora Ermak, multiusos Geka, sierra Cosen AH-300H y sierra Way Train presentaban corriente trabajando en vacío, esto debido al movimiento realizado por la bomba hidráulica de las mismas; los equipos de la planta 1 que también presentaban corriente en vacío son principalmente las herramientas eléctricas (Pulidoras, taladros, tronzadoras, moto tool), lo anterior implicó que se tuvieran 2 corrientes, corriente en carga y corriente en vacío.

Todas las mediciones y datos recolectados fueron registrados en la tabla “relación de consumos con la carga”, entonces, se pudo observar y relacionar qué cantidad de corriente se generaba bajo los parámetros de carga anteriormente establecidos.

### 3.2.4. Fase 4. Cálculo de la potencia activa.

Para calcular la potencia activa se analizó primero que tipo de carga se experimentaba en cada una de las máquinas, es decir, monofásica o trifásica y de acuerdo a esto se definieron las fórmulas de potencia basadas en la ley de Watt  $P = V * I$ , donde P es la potencia activa en Watts, V el voltaje en Voltios e I la corriente en Amperios.

Para cargas monofásicas la fórmula utilizada fue  $P = \frac{V * I * fp}{1000}$ , donde P es la potencia activa en kW, V el voltaje en Voltios, I la corriente en Amperios y fp el factor de potencia.

Con las cargas trifásicas se utilizó  $P = \frac{\sqrt{3} * V * I * fp}{1000}$ , donde P es la potencia activa en kW, V el voltaje en Voltios, I la corriente en Amperios y fp el factor de potencia.

Los datos para dar solución a estas ecuaciones fueron medidos y registrados en el punto anterior, solo faltaba el factor de potencia que fue tomado directamente de la placa de los motores o en su defecto fue establecido como 0,85 debido a que habían placas y

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

manuales de motores en los que no se pudo ver o no se relacionaba el factor de potencia, además este es un valor típico para motores de inducción.

Por motivo de la existencia de dos corrientes anteriormente mencionadas, se calcularon dos potencias activas para cada máquina, potencia en carga y potencia en vacío las cuales fueron registradas en la misma tabla de Excel.

### **3.2.5. Fase 5. Definición de etapas productivas y tiempos de trabajo.**

Como en todas las empresas, en Dibtec S.A.S la producción fluctúa a través del tiempo, es decir, no hay una constante de nivel de producción. Para el cálculo de los tiempos de trabajo se establecieron tres etapas productivas principales así, etapa de producción baja, etapa de producción normal y etapa de producción alta, siendo producción normal y producción alta las más usuales durante un año de trabajo.

Con la ayuda de producción se realizó un estimativo de tiempos de trabajo para cada máquina y para cada etapa productiva, estos se dividieron en dos, tiempo de trabajo en vacío y tiempo de trabajo en carga. Las bases y fundamentos para lo anterior fueron principalmente la experiencia en el área productiva y el conocimiento de las máquinas por parte de los jefes, supervisores y operadores. Todos estos valores se registraron en el mismo archivo de Excel que se generó con anterioridad.

### **3.2.6. Fase 6. Cálculo de consumo.**

Con todos los datos reunidos se pudo calcular la energía activa de cada máquina con la siguiente ecuación  $E = P * t$ , donde E es energía activa en kWh, P es la potencia activa en kW y t es el tiempo en horas. El cálculo se realizó para todas las etapas productivas y se discriminó por energía en vacío y energía en carga para cada una de las máquinas, la suma de estos valores dio como resultado la energía total consumida diaria por cada máquina para la etapa de producción definida, entonces, el procedimiento se basó en  $E = (P. carga * tiempo en carga) + (P. vacío * tiempo en vacío)$ , estos datos alimentaron la tabla de Excel en la cual reposaban los demás datos.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.3. Modelo matemático y comparación de consumos.

El modelo matemático se realizó pensando en el consumo estimado mensual, aunque se discrimina por semanas y por máquinas, es decir, se calculó basado en la producción semanal que experimenta cada equipo, debido a que es muy poco usual que la etapa productiva se sostenga durante un mes completo, en otras palabras, la producción de cada una de las máquinas varía entre semana y semana.

#### 3.3.1. Definición de constantes y variables.

Primeramente se definieron las variables y términos que pudiesen intervenir en la ecuación para la determinación del consumo semanal, se analizó la ecuación de consumo diario y se determinó que la potencia en carga y la potencia en vacío se podrían definir como constantes debido a que estas fueron establecidas según mediciones bajo determinados parámetros de carga; las constantes fueron nombradas así  $C_{1\_}$  para la potencia en carga, el guion bajo en el subíndice indica la máquina en cuestión,  $C_{2\_}$  para la potencia en vacío, con la misma característica en el guion bajo del subíndice. Las variables se definieron como los tiempos en carga y los tiempos en vacío, ya que estos son dependientes de las características específicas de las órdenes de producción generadas, en otras palabras, las etapas productivas a las que se somete la empresa a través del tiempo, se nombraron como sigue,  $X_{etapa\ prod.,\ máquina}$  para el tiempo de carga de determinada máquina en una etapa productiva,  $Y_{etapa\ prod.,\ máquina}$  para el tiempo en vacío de determinada máquina en una etapa productiva. Como se necesitaba conocer el consumo semanal se define otra variable para ello, los días hábiles semanales que fueron denominados como  $Z_{semana, mes, año}$ .

Estas fueron las variables definidas para la consecución de un estimado de consumo mensual.

Para calcular el consumo mensual en la Planta 1 la ecuación sufrió un cambio, ya que allí se tenían equipos con las mismas características de consumo trabajando simultáneamente; por este motivo se definió otra variable para este modelo matemático y

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

se nombró  $W_{Equipo, etapa}$  para indicar la cantidad de equipos que tienen similitud en sus características de consumo y simultaneidad en determinada etapa productiva.

### 3.3.2. Planteamiento del modelo matemático.

Para el planteamiento del modelo matemático fue necesario basarse en la ecuación de consumo diario, con las variables nombradas en el punto anterior se estableció el siguiente modelo:

$$E_{semanal\ máquina\ \_} = Z_{semana,mes,año} * [(C_{1\_} * X_{Etapa\ prod.}) + (C_{2\_} * Y_{Etapa\ prod.})]$$

Con esta ecuación se logró calcular el consumo de energía semanal para una máquina haciéndolo dependiente del tiempo establecido para la etapa de producción que experimente en el momento.

El consumo semanal total de la planta es la sumatoria de todos los consumos semanales de cada máquina, así:

$$E_{semanal\ total} = \sum_{i=1}^n E_{semanal\ máquina_i}$$

El cálculo del consumo mensual de cada planta es la sumatoria de la energía consumida en las semanas del mes, las cuales se definirán como una constante (cuatro), en ese orden de ideas, la ecuación para el consumo total mensual quedó de la siguiente forma:

$$E_{mensual\ total} = \sum_{i=1}^4 E_{semanal\ total_i}$$

Cabe resaltar que estas ecuaciones fueron utilizadas para las máquinas y equipos que son únicas en la empresa, es decir, no tienen similares en la planta, por ejemplo, las máquinas de la planta 2 en general.

Para los equipos que tenían otro similar y contando con la variable que se definió para ello, la ecuación o modelo matemático para el cálculo del consumo energético eléctrico quedó como sigue:

$$E_{semanal\ máquina\ \_} = Z_{semana,mes,año} * [(W_{Equipo,etapa} * C_{1\_} * X_{Etapa\ prod.}) + (W_{Equipo,etapa} * C_{2\_} * Y_{Etapa\ prod.})]$$

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Las demás ecuaciones quedaron iguales, ya que de esta forma se logró asociar el número de equipos en el consumo de la energía eléctrica.

### **3.3.3. Construcción de la línea base de consumos.**

Con todos los parámetros calculados y recolectados y con el modelo matemático terminado, se procedió a analizar la producción durante los meses de marzo y abril inicialmente, con el fin de determinar qué etapa productiva había atravesado cada una de las máquinas y equipos en el transcurso de las semanas en los meses anteriormente mencionados; este análisis se realizó con el total apoyo del departamento de producción de la empresa y los datos fueron recolectados en el archivo “relación del consumo con la carga”, allí mismo se formuló el modelo matemático propuesto y fue alimentado por todos los datos que con anterioridad se nombraron.

La implementación del modelo matemático para los meses de marzo y abril arrojaron dos valores de consumo mensual que debían ser comparados con los consumos reales que se indicaban en las cuentas de servicios de los meses correspondientes; se decidió realizar un gráfico comparativo entre el consumo real o de la cuenta de servicios y el consumo calculado o de modelación matemática con el fin de tener una línea base proyectada y de esta forma analizar el estado del sistema eléctrico de la empresa y aportar en la toma de decisiones.

### **3.3.4. Plan de seguimiento y control al consumo eléctrico en Dibtec S.A.S.**

El plan de seguimiento y control se basó principalmente en la alimentación constante de la información requerida por el modelo matemático con el fin de ejecutar la proyección de consumos durante las semanas siguientes. Se realizó un cambio importante en el archivo “Relación del consumo con la carga” debido a que en el departamento de producción de la empresa se adelantaba la ejecución de un sistema de medición de tiempos de trabajo, aprovechando esta situación, se realizaron los cálculos con los tiempos reales y no con los tiempos estimados por etapa de producción.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El aplicativo de Excel fue modificado con Microsoft Visual Basic para aplicaciones, con el fin de tener una interfaz gráfica que hiciera más sencillo el registro y la interpretación de los datos que se generaban a partir de los parámetros que allí fueron plasmados; inicialmente se estudió el lenguaje de programación y los conceptos básicos para el desarrollo del aplicativo, luego se realizó un diseño para la página de inicio del archivo de Excel “Relación del consumo con la carga” que permitiera encontrar de manera rápida la información concerniente a los consumos y seguimiento de las plantas de la empresa, además, se estableció una línea de consumo anual para cada máquina y se creó una interfaz gráfica en donde se realizaría el seguimiento y control de los consumos mensuales asociados a cada máquina.

### **3.3.5. Rediseño de archivo “Relación del consumo con la carga”.**

El archivo fue rediseñado con el fin de interpretar la información de manera más sencilla, el primer paso fue la intervención de las interfaces pertenecientes a él; se creó una interfaz para asociar las cargas típicas a cada máquina, otra para los parámetros eléctricos medidos (voltaje y corriente), otra para la potencia activa asociada a cada uno de los activos, otra para la línea base de consumo anual que fue estipulada con tiempos promedios facilitados por producción e incluso gerencia de operaciones, se creó otra interfaz que contenía la ejecución del modelo matemático mes a mes, en donde se establecieron los tiempos de trabajo real de cada máquina suministrados por el departamento de producción y con la combinación de otras constantes y variables que fueron descritas anteriormente se usó para la predicción y determinación de consumo eléctrico de cada máquina; la última interfaz creada fue la que asociaba la variación del factor de potencia mes a mes, información que fue útil para la toma de decisiones a futuro.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.4. Equipos y variables que afectan la eficiencia del sistema eléctrico en Dibtec S.A.S.

Para el cálculo de la eficiencia y la determinación de los equipos y variables que la afectan se procedió a analizar las posibles causas y a realizar el cálculo de la misma, basados en valores reales obtenidos de los estudios ejecutados en los puntos anteriores.

#### 3.4.1. Factor de potencia y energía reactiva.

Para el cálculo del factor de potencia de cada una de las plantas se procedió a analizar la factura por consumo de energía; en la cuenta de servicios de la planta 1 se evidenció que no había sobrecostos por energía reactiva, lo cual indica que el factor de potencia era 0,90 o superior según la resolución CREG-047 de 2004 en su artículo 3° que modifica el artículo 25° de la resolución CREG-108 de 1997, además, en el artículo 11 de la resolución CREG-082 de 2002 se establece la forma de cobro para quienes violen este límite. (Ministerio de minas y energías, 2004).

En la planta 2 se constató que si había cobro por energía reactiva, la evidencia fue tomada directamente de la factura de servicios del mes de Junio, allí se encontraron los datos necesarios para resolver la ecuación  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$  basada en el triángulo de potencias y donde S es la potencia aparente en [KVA], P es la potencia activa en [kW] y Q es la potencia reactiva en [KVAR], cabe resaltar que en la cuenta de servicios se dan los valores activos y reactivos en términos de energía, pero como las horas de análisis y medición son las mismas se divide cada valor por ellas y de esta forma se obtienen las potencias como datos válidos para la solución de la ecuación. Seguido, con el valor de la potencia aparente (S) y la potencia activa (P) se procede a calcular el factor de potencia con la ecuación  $\cos\phi = \frac{P}{S}$  y analizar los resultados obtenidos.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### **3.4.2. Red de distribución eléctrica, iluminación y equipos de aire acondicionado.**

La red de distribución eléctrica en Dibtec S.A.S es una gran preocupación; en la planta 1, el transformador instalado no tenía la confiabilidad necesaria ya que su longevidad y falta de mantenimiento preventivo eran factores que sumados causaban el deterioro acelerado a los devanados del mismo. Con la medición de voltaje realizada en puntos anteriores se constató de que efectivamente el voltaje a la salida del transformador no era el requerido, seguido, fue gestionada una revisión de este activo por parte de contratistas especializados en el tema, ellos especificaron que el transformador tenía problemas en los devanados, tanto de alta como de baja, se encontró que aumentando el TAP del transformador no se logró obtener un voltaje mayor a 203V sin carga y 198V con carga, es decir, la caída de tensión asociada fluctuaba entre el 7 y el 10 %, superando el 5% admisible para instalaciones eléctricas; así pues, para compensar esta caída la corriente tiende a elevarse superando los valores normales, dicha situación causaba entre otros el disparo de los breakers de protección y el calentamiento excesivo de los conductores conllevando al aumento del consumo energético eléctrico.

Para la planta 2, se encontró que el voltaje en la salida del ML principal era de 207V con carga y de 216V en vacío, lo que supone una caída de tensión fluctuando entre el 2 y 6 %. En carga, el valor se salía del parámetro de caída de tensión admisible (5%), pero no era tan considerable como en la planta 1.

Los sistemas de iluminación y aire acondicionado son de vital importancia para absolutamente cualquier industria, no solo desde el confort que ofrecen, también energéticamente hablando son generadores de altos montos en la cuenta de servicios, para Dibtec S.A.S no es ajena esta problemática.

Inicialmente se hizo un análisis visual sobre el tipo de sistemas con los que contaba la empresa, es decir, el tipo y cantidad de luminarias y equipos de aire acondicionado instalados; posteriormente se tomaron los datos técnicos de los sistemas mencionados y

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

se procedió a calcular el consumo de una luminaria de tubo fluorescente de 54W y de 32W, seguido, se realizó el mismo procedimiento con la luminaria de tubo LED de las mismas características en cuanto a lúmenes se refiere, se encontró que éstas producían la misma cantidad de lúmenes con menos potencia activa, por tanto el ahorro energético se hizo evidente cuando se realizó la diferencia entre los consumos asociados con anterioridad.

El cálculo y comparación de los consumos relacionados con el acondicionamiento del aire se realizó de la siguiente manera; se tomó la potencia nominal y el SEER, que es el ratio de eficiencia en frío, de cada equipo instalado para posteriormente calcular el consumo con la ecuación  $E [kWh] = \frac{SEER}{P[kW]}$ , se obtuvo el consumo energético eléctrico por hora de cada equipo y seguido se multiplicó por las horas de servicio diarias y luego por los días de servicio al mes, de esta manera se logró como resultado el consumo mensual de cada equipo; sumando estos consumos se tuvo el consumo eléctrico mensual asociado al acondicionamiento de aire que multiplicado por el valor del kWh para la empresa nos daría los costos monetarios en cuanto al consumo de los equipos instalados.

Posteriormente, se gestionó el diseño y cotización de sistemas de acondicionamiento para calcular de igual forma su consumo y determinar el ahorro energético y monetario. Teniendo los dos consumos, se realizó el comparativo, así:

$$Ahorro\ energético = Consumo\ equipos\ convencionales[kWh] - Consumo\ de\ equipos\ propuestos [kWh]$$

Con este valor de ahorro energético se hizo el siguiente cálculo, el ahorro monetario, así:

$$Ahorro\ monetario = Ahorro\ energético [kWh] * Costo\ unitario\ de\ kWh \left[ \frac{\$}{kWh} \right]$$

### 3.4.3. Mantenimiento preventivo.

Para Dibtec S.A.S el mantenimiento preventivo era una falencia notoria; se analizó el plan de mantenimiento existente y se evidenció que aunque las actividades de mantenimiento se realizaban y el cumplimiento estaba dentro de la meta establecida, el funcionamiento y

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

el estado de los equipos no lo reflejaban, ya que luego de su ejecución los equipos quedaban contaminados, mal lubricados, con malos funcionamientos, etc. entonces en ese orden de ideas, se denominó como un falso mantenimiento, ya que en lugar de prevenir fallos y averías, las provocaba.

Energéticamente, estas situaciones no eran ajenas, debido a que los malos funcionamientos originados a causa de acciones erróneas de mantenimiento preventivo traían consigo un exceso de consumo energético principalmente en los elementos de máquinas, tales como rodamientos, chumaceras, cojinetes, reductores, etc., los cuales a causa de mala lubricación pueden provocar un consumo entre el 5% y el 20 % más del consumo normal de la máquina. (Albarracín Aguillón, 2001)

### **3.5. Recomendaciones para mejorar la eficiencia del sistema y gestión de recursos para ello.**

#### **3.5.1. Corrección del factor de potencia y compensación de energía reactiva.**

En la planta 2 de la empresa se multaba por exceso de producción de energía reactiva, por tal razón se notificó de la situación al jefe directo, además, se propuso la instalación de un banco de capacitores para la compensación de la energía reactiva producida principalmente por los motores de inducción.

El banco debía ser instalado en el gabinete de distribución principal para realizar una compensación total de la energía reactiva que se producía en la planta 2. Se expuso la propuesta ante gerencia y se determinó que el trabajo debía ser realizado por personal externo.

#### **3.5.2. Rediseño de la red, iluminación y equipos de aire acondicionado.**

En cuanto a este tema, las recomendaciones apuntaron a cambio de tecnología debido a que las instaladas no eran las más eficientes energéticamente hablando.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Además, el rediseño de la red se propuso principalmente por el incumplimiento con el RETIE, también por el mal dimensionamiento de las protecciones, cableado y distribución de los circuitos eléctricos; lo cual causa cortes de tensión repentinos, fundición de los cables, uso excesivo de extensiones, etc. y con ello se provocan pérdidas en el sistema que a la larga generan sobrecalentamientos debidos al aumento de la corriente que fluye a través de los conductores.

Se recomendó cambiar la iluminación con tubo fluorescente por iluminación LED, con el fin de ahorrar en cuanto a consumo eléctrico se refiere, mejorar el confort y las garantías de la salud de los empleados expuestos a ella; aunque la inversión inicial es alta y su tiempo de amortización es prolongado, se realizó pensando a futuro ya que a partir que el gasto inicial sea solventado con el ahorro en la factura todo será ganancia.

Además, se recomendó el cambio de las unidades de aire acondicionado, los equipos existentes eran longevos considerando el avance en las tecnologías para ellos; por ese motivo se propuso el cambio de ellas por equipos inverter con un SEER de 16, es decir, casi el doble de los equipos antiguos, lo cual implicó que el consumo energético fuese poco menos de la mitad. Anexo a ello, los equipos que estaban instalados usaban como gas de trabajo el R22 que ambientalmente no es tan amigable, mientras que los equipos nuevos tenían como gas el R410A, haciendo además menos costoso un probable cambio del mismo.

### **3.5.3. Reestructuración e intervención al mantenimiento preventivo.**

Las actividades, procedimientos, programación y mano de obra afectaban notablemente el desempeño de las máquinas y equipos en Dibtec S.A.S, además, el mantenimiento preventivo no tenía la importancia que debería. Se desarrolló una propuesta de reestructuración del mantenimiento preventivo en donde se incluía la lubricación y el mantenimiento eléctrico como parte fundamental, todo con el fin de reducir el exceso de consumo producido por el rozamiento, desgaste o suciedad de las piezas claves en las máquinas; y de impactar considerablemente los indicadores, aportando directamente en

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

la calidad y agilidad de la producción final de la empresa y obviamente aumentando la vida útil de los activos intervenidos.

#### **3.5.4. Cambio de transformador principal de la planta 1.**

El transformador seco de 200 kVA instalado tenía más de 20 años de fabricación y puesta en marcha; el mantenimiento correspondiente a él no se realizaba debido a que ninguna empresa prestadora de este servicio se sentía a gusto, es decir, la peligrosidad y complejidad que presentaba el manejo de este transformador no permitía llegar a un acuerdo en cuanto al debido procedimiento, además, se expresaba por parte del contratista no tener los repuestos o elementos necesarios para intervenirlo.

Anexo, en análisis realizado por personal especializado en el tema se notificó que el transformador era propenso a sufrir algún contratiempo debido a falla encontrada en sus devanados.

Se propuso cambiarlo por un transformador tipo poste trifásico de 150 kVA y realizar la distribución desde un gabinete que permita el control de los circuitos y sub circuitos.

### **3.6. Implementación de las mejoras propuestas.**

#### **3.6.1. Corrección del factor de potencia.**

Inicialmente se buscaron opciones en el mercado para la realización del cálculo y el montaje del banco de capacitores que compensaría la energía reactiva y por ende corregiría el factor de potencia. Luego de recibir las propuestas, se hizo contacto con la mejor opción. Los ingenieros de la empresa prestadora de este servicio realizaron el estudio de la carga total de la planta 2 y posteriormente dimensionaron el banco de capacitores que corregiría el factor de potencia; se determinó instalar un capacitor marca WEG de la línea UCWT trifásico de 6.5 kVAr para compensar la energía reactiva y dejar un factor de potencia fluctuando entre 0.95 y 096.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se dio el visto bueno por parte de gerencia, entonces se procedió a gestionar el montaje del capacitor, el proveedor hizo la petición de que la planta estuviese totalmente desenergizada durante 2 horas como mínimo para realizar la conexión correspondiente; esto implicó programar con producción dicho paro. Una vez programado, se recibe la visita de los ingenieros encargados del trabajo, ellos, desenergizan la planta del breaker principal, luego chequean la ausencia de tensión para proceder con el trabajo. Inicialmente, instalan un breaker 3x40 A y lo alimentan desde el barraje principal del gabinete, de la salida de éste se conecta el capacitor, es decir, se excita con señal de voltaje trifásica, además, se distribuye un cable desde el barraje de polo a tierra hasta la bornera del capacitor.

Para finalizar, se enciende el breaker del capacitor y posteriormente el principal; se chequean voltajes y con ello se da por culminada la instalación.

### **3.6.2. Rediseño de la red, iluminación y equipos de aire acondicionado.**

#### **3.6.2.1. Rediseño de la red eléctrica.**

La propuesta del rediseño de la red eléctrica no fue aprobada debido a que ninguna de las 2 plantas era propia y por tanto no se quiso invertir en modificaciones que aunque trajeran consigo beneficios asociados a la reducción de pérdidas, caída de tensión y directamente en el consumo energético eléctrico no eran rentables en el momento para la empresa.

#### **3.6.2.2. Iluminación.**

El cambio de tecnología y rediseño del sistema de iluminación no fue aprobado por gerencia, se dictaminó que las modificaciones en las plantas no eran viables por las razones mencionadas en el punto anterior.

#### **3.6.2.3. Equipos de aire acondicionado.**

Para la implementación de esta propuesta, se analizaron las mejores ofertas económicas y energéticas que ofrecía el mercado, se decidió hacer reposición de los 5 equipos mini

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Split, es decir, el equipo tipo cassette continuaría en la empresa. Una de las modificaciones principales fue el reemplazo de dos equipos de 5200W con SEER 8.9 que operaban para enfriar el mismo sitio por uno con tecnología inverter de 7000W con SEER 16 que cubriría toda la zona, esta fue una recomendación del proveedor; energéticamente aportó demasiado, ya que se pasó de consumir 11400W a sólo 7000W generando también ahorro en costos de instalación y mantenimiento. Por lo demás, se cambiaron otros 3 equipos, todos tenían SEER 8.9, 1 de 7000W y 2 de 3500W por máquinas inverter de igual potencia pero con SEER 16.

Todo el proceso de cálculos, diseño, instalación y asesoría fue realizado por el proveedor del servicio, ésta fue la condición para la validación de garantías y demás.

### **3.6.3. Reestructuración e intervención completa al mantenimiento preventivo.**

El desarrollo de esta propuesta radicó principalmente en asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas y equipos que serían intervenidos y de esta forma impactar positivamente en el consumo energético eléctrico.

#### **3.6.3.1. Análisis de la situación actual de mantenimiento.**

En Dibtec S.A.S el mantenimiento preventivo era básicamente la realización de actividades como limpieza e inspección, lo cual no cumplía puntualmente con el objetivo del mismo, la prevención de fallos y paros no programados.

Analizando los indicadores con los que se contaba (Cumplimiento de la programación e índice de correctivos) se evidenció que el índice de cumplimiento general de la programación se encontraba por encima de la meta establecida, pero cuando se analiza el índice de mantenimiento correctivo con respecto al total de los mantenimientos se obtuvo que un 40% de ellos corresponden a intervenciones no programadas, esto llevó a pensar que aunque el cumplimiento fuese bueno, las actividades preventivas eran impertinentes para el eficiente desempeño de la maquinaria.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

De la situación actual, se dedujo además que hacían falta por lo menos 2 indicadores, tales como disponibilidad e inversión, para que ayudasen al análisis, seguimiento y toma de decisiones en el área de mantenimiento, producción y proyectos.

### **3.6.3.2. Reunión con coordinación de proyectos y gerencia.**

En esta reunión se expuso la situación actual de mantenimiento con el fin de detectar los puntos débiles y proponer cambios inmediatos para asegurar la disponibilidad de los activos y por ende la estabilidad productiva que solicitaba la empresa.

Primero, se abordó el rediseño de las actividades de mantenimiento, se habló principalmente de la necesidad de contar con personal capacitado para realizar acciones distintas a la limpieza e inspección; como tarea pendiente quedó la gestión de contratos de mantenimiento con entidades prestadoras de este servicio, de esta manera se esperaba solventar la necesidad inmediata de ejecutar a cabalidad los requerimientos de los activos, y análogamente se buscaba reducir el índice de correctivos con respecto al total de mantenimientos.

Segundo, se pensó en reestructurar el software de mantenimiento desarrollado en Microsoft Excel®, hablándose incluso de adquirir un programa especializado en ello; ésta opción no fue posible debido a los costos que suponía y por tal motivo se propuso el rediseño de la interfaz gráfica con VBA para aplicaciones, éste debía constar de una interfaz como página de inicio, otra con la lista de las máquinas y equipos direccionadas a las hojas de vida y otra que contenga la lista de indicadores con el correspondiente direccionamiento al desarrollo de los mismos, otra lista con la programación mensual de mantenimiento.

Tercero, para que el proceso fuese estructurado y organizado, se habló de un procedimiento general que serviría de guía para todo lo referente con la gerencia de mantenimiento.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### **3.6.3.3. Gestión de contratos de mantenimiento.**

La primera parte de esta etapa se centró básicamente en la discriminación por tipo de equipos y máquinas para seleccionar posibles proveedores del servicio de mantenimiento.

Se dividieron los activos así, herramienta eléctrica (Pulidoras, taladros, tronzadoras, etc.), equipos de soldadura y corte por plasma, compresores (Pistón y tornillo), máquinas (Cizalla, dobladora, sierras, roladoras, polipasto, puente grúa, etc.), instalaciones eléctricas y por ultimo instalaciones generales.

La segunda parte fue la busca de proveedores de mantenimiento para los grupos de activos seleccionados, se contó con la base de datos del departamento de compras, lo cual facilitó la consecución de las cotizaciones relacionadas con el tema. Cuando se tenía un número de ofertas considerables, se decidió en reunión con coordinación de proyectos qué proveedores serían los seleccionados para los servicios mencionados con anterioridad. Dado lo anterior, se concertaron reuniones para realizar formalmente el contrato y dar por finalizada esta etapa.

### **3.6.3.4. Procedimiento general de mantenimiento.**

Antes de realizar el rediseño del aplicativo para la gerencia de mantenimiento, se observó la necesidad de contar con el procedimiento general de mantenimiento, que no era más que la estructuración completa del proceso.

Inicialmente se definieron los objetivos, en este punto se plasmó en resumidas cuentas el impacto de la disponibilidad en pro de la vida útil de los activos y de la productividad final de la empresa; también se determinó el alcance de mantenimiento, allí se relacionaba el formato MT-FT-XXX correspondiente al inventario de máquinas y equipos, además de las instalaciones pertenecientes a la empresa; nótese que la codificación del formato no está definida, es debido a que en la empresa se pensaba adelantar el tema de certificación RUC (Registro único de contratistas), pero aún no se había asignado el código a las diferentes áreas. Luego seguirían las definiciones de términos claves para la comprensión del

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

documento y posteriormente los requerimientos generales, haciendo énfasis en este punto, se listaron formatos así:

- Programación de mantenimiento. (MT-FT-XXX)
- Plan de mantenimiento. (MT-FT-XXX)
- Hoja de vida equipos. (MT-FT-XXX)
- Indicadores generales de mantenimiento. (MT-FT-XXX)
- Inversión en mantenimiento. (MT-FT-XXX)
- Inventario máquinas y equipos. (MT-FT-XXX)
- Equipos en mantenimiento y cotización. (MT-FT-XXX)
- Pendientes de mantenimiento. (MT-FT-XXX)
- Reporte de fallas, averías o malos funcionamientos. (MT-FT-XXX)
- Capacitación. (MT-FT-XXX)
- Baja de equipos y herramientas. (MT-FT-XXX)

Además de los formatos anteriores, como requerimiento general se nombró el software de mantenimiento llamado “Programa general de mantenimiento Dibtec S.A.S”.

El desarrollo fue el último ítem diligenciado, allí se plasmó el proceso de mantenimiento preventivo, correctivo, el registro de actividades de mantenimiento y la medición de resultados.

#### **3.6.3.5. Diseño de aplicativo para mantenimiento en Microsoft Excel®.**

Se decidió diseñar un archivo nuevo para este fin, dejando como soporte el archivo anterior llamado “PLAN DE MANTENIMIENTO DIBTEC S.A.S”, se diseñó la interfaz gráfica de inicio con controles ActiveX, constó de 8 botones que direccionaban a la correspondiente interfaz.

La interfaz de programación contenía el formato MT-FT-XXX “Programación de mantenimiento”, además de botones de redireccionamiento o retorno a las diferentes

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

interfaces. De igual forma se realizó con los botones restantes, es decir, se redireccionaba a una hoja que contenía el formato correspondiente y los botones de retorno.

#### **3.6.3.6. Declaración del plan de mantenimiento para cada activo.**

Se debían definir las actividades y las frecuencias de mantenimiento para cada equipo e instalación intervenido por el programa general de mantenimiento Dibtec S.A.S.

Como se expresaba en los contratos de mantenimiento, las actividades y las frecuencias serían definidas por el proveedor del servicio, basándose en su experiencia y en la información técnica relacionada en el manual de operación y mantenimiento. Una vez recibida esta información, se procedió a diligenciar el formato MT-FT-XXX “Plan de mantenimiento”, cabe aclarar que se diligenció un formato para equipos de iguales características, como por ejemplo pulidoras, soldadores MIG, compresores de pistón, compresores de tornillo, etc.

#### **3.6.3.7. Socialización del programa general de mantenimiento.**

En coordinación con producción, proyectos y las empresas proveedoras de mantenimiento se programó una reunión informativa en donde se expuso cómo sería el proceso para llevar a cabo la programación semanal.

Lo primero fue exponer y dar a conocer los equipos que serían intervenidos y el personal designado para ello, además de escuchar las necesidades e inquietudes de cada una de las partes; posteriormente, se procedió a realizar la programación mensual teniendo en cuenta todo lo dicho con anterioridad; además se adquirió el compromiso de realizar una reunión al inicio de cada semana entre mantenimiento y producción, con el fin de agilizar las reprogramaciones, pendientes o cualquier circunstancia relativa al tema; otro de los compromisos fue una reunión mensual para debatir la programación del mes siguiente, con lo cual se asegura el cumplimiento y la coordinación entre producción y mantenimiento.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Otro de los temas tratados, fue la intervención de mantenimiento correctivo, se acordó con cada proveedor, tal y como se evidenciaba en el contrato, la cobertura inmediata ante cualquier eventualidad, inicialmente se realizaría el reporte de la falla y posteriormente la revisión correspondiente al caso. El suministro de los repuestos también corría por parte de la empresa prestadora de servicio, por ese motivo no se tenía un stock dimensionado.

#### **3.6.3.8. Puesta en marcha.**

En acuerdo con los proveedores, se coordinó la realización de las actividades programadas con anterioridad, al finalizar, se verificaron los reportes de mantenimiento (ordenes externas de mantenimiento) y se realizó el registro en los formatos dispuestos para ello.

Después de cada ruta de mantenimiento preventivo, se realizó medición de los parámetros eléctricos válidos para el cálculo de la potencia activa y posteriormente la determinación del consumo, los registros de lo anteriormente dicho quedaron plasmados en el archivo en Excel con el que se venía trabajando.

#### **3.6.4. Cambio de transformador.**

La propuesta de cambio del transformador no fue aprobada debido al costo inmediato del mismo y a la condicionante que generaba la situación de no propiedad de la bodega.

### **3.7. Evaluación de resultados a la luz de las metas propuestas.**

#### **3.7.1. Reducción de consumo energético eléctrico.**

Se evaluaron los consumos asociados a cada máquina después de la implementación de las propuestas realizadas, para ello se usó el aplicativo de Excel “Relación del consumo con la carga”, es decir, se actualizaban los parámetros eléctricos recolectados durante 1 mes, y con ayuda del modelo matemático propuesto se calculaban el consumo global y asociado a cada máquina.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El consumo global de cada planta se comparó con el consumo real asociado en la cuenta de servicios, de ésta forma se validó el modelo. Seguido, como el modelo fue veraz, se analizaron los consumos mes a mes, se estableció el mismo parámetro de operación (Tiempo y carga), pero con los parámetros eléctricos antes y después de la intervención encontrando de esta forma la diferencia en consumo energético y por tanto el porcentaje de ahorro eléctrico y monetario.

### **3.7.2. Factor de potencia.**

También fue importante el seguimiento al factor de potencia, ello se realizó mes a mes teniendo en cuenta la potencia activa y la potencia reactiva relacionadas en la cuenta de servicios, todo se registró en el aplicativo Excel que se venía utilizando. La determinación del factor de potencia fue útil para conocer el resultado de la instalación del capacitor en la planta 2.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

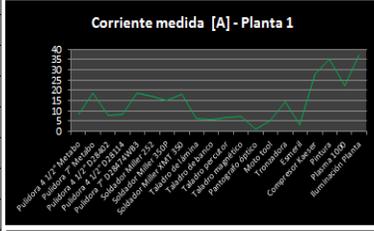
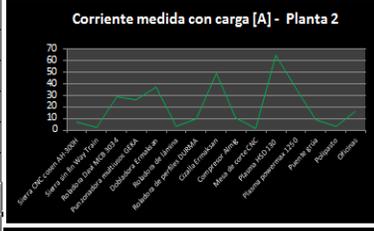
### 5.1. Modelo matemático y línea base de consumos.

La consecución del modelo matemático se basó en la recolección de los datos necesarios para realizar el cálculo del consumo eléctrico en Dibtec S.A.S.

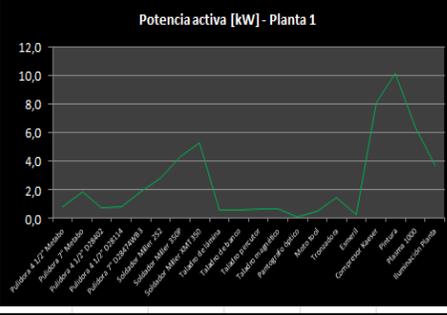
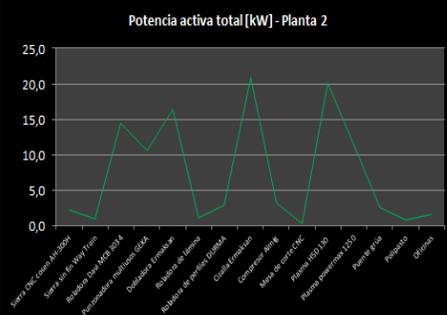
En las siguientes tablas se muestran los datos recolectados y que fueron de utilidad para lo anteriormente mencionado.

		<b>CARGAS TÍPICAS</b>	
<b>Planta 1</b>		<b>Planta 2</b>	
<b>Máquina</b>	<b>Carga</b>	<b>Máquina</b>	<b>Carga</b>
Pulidora 4 1/2" Metabo	Carga liviana en cordones de soldadura, salientes	Sierra CNC cosen AH-300H	Independiente
Pulidora 7" Metabo	Carga pesada en cordones de soldadura, salientes	Sierra sin fin Way Train	Independiente
Pulidora 4 1/2" D28402	Carga liviana en cordones de soldadura, salientes	Roladora Davi MCB 3034	Lámina de 1/2"
Pulidora 4 1/2" D28114	Carga liviana en cordones de soldadura, salientes	Punzonadora multiusos GEKA	Lámina de 1/4"
Pulidora 7" D28474WB3	Carga como rodo, pulido de salientes	Dobladora Ermaksan	Lámina de 1/16"
Soldador Miller 252	Normalmente trabaja a 18 voltios	Roladora de lámina	Lámina de 1/8"
Soldador Miller 350P	Normalmente trabaja a 22 voltios	Roladora de perfiles DURMA	Angulos, tubería de 1- 1/2"
Soldador Miller XMT 350	Normalmente trabaja a 22 voltios	Cizalla Ermaksan	Lámina de 1/16"
Taladro de lámina	Lámina de 1/4"	Compresor Almig	Plasma HSD
Taladro de banco	Lámina de 1/2"	Mesa de corte CNC	Antorchas de Oxicorte y plasma
Taladro percutor	Perforaciones en muro o piso	Plasma HSD 130	Lámina de 1/4"
Taladro magnético	Lámina de 1/2"	Plasma powermax 1250	Lámina de 1/4"
Pantografo óptico	Lámina de 1" con oxicorte	Puente grúa	300 kg
Moto tool	Perforación y pulido en lámina hasta de 1/4"	Polipasto	300 kg
Tronzadora	Tubería hasta 1/2"	Oficinas	N/A
Esmeril	Afilado de brocas		
Compresor Kaeser	Pistola de pintura electrostática		
Pintura	N/A		
Plasma 1000	Lámina de 1/4"		
Iluminación Planta	N/A		

En la tabla anterior se relaciona la carga típica asociada a cada máquina y bajo la cual se midieron los parámetros eléctricos que se muestran a continuación.

Planta 1			Planta 2			GRÁFICOS	
Máquina	Voltaje medido [V]	Corriente medida [A]	Máquina	Voltaje medido [V]	Corriente medida con carga [A]		Corriente medida sin carga [A]
Pulidora 4 1/2" Metabo	116	8,1	Sierra CNC cosen AH-300H	207	6,5	1	
Pulidora 7" Metabo	116	18,8	Sierra sin fin Way Train	207	2,5	0,5	
Pulidora 4 1/2" D28402	116	7,5	Roladora Davi MCB 3034	207	28,6	19	
Pulidora 4 1/2" D28114	116	8,1	Punzonadora multiusos GEKA	207	25,6	9,4	
Pulidora 7" D28474WB3	116	18,8	Dobladora Ermaksan	207	36,9	17,1	
Soldador Miller 252	197	17,1	Roladora de lámina	207	3,6	0	
Soldador Miller 350P	197	15,1	Roladora de perfiles DURMA	207	9,7	0	
Soldador Miller XMT 350	197	18,3	Cizalla Ermaksan	207	49	19,4	
Taladro de lámina	116	6,2	Compresor Almig	207	10,8	0	
Taladro de banco	116	5,8	Mesa de corte CNC	207	1,8	0	
Taladro percutor	116	6,5	Plasma HSD 130	207	64	2	
Taladro magnético	116	7,2	Plasma powermax 1250	207	35,9	1,1	
Pantógrafo óptico	116	1,2	Puente grúa	207	8,5	0	
Moto tool	116	5,1	Polipasto	207	2,8	0	
Tronzadora	116	14,5	Oficinas	121	16	0	
Esmeril	116	3,1					
Compresor Kaeser	197	28					
Pintura	197	35					
Plasma 1000	197	22,1					
Iluminación Planta	116	37,2					

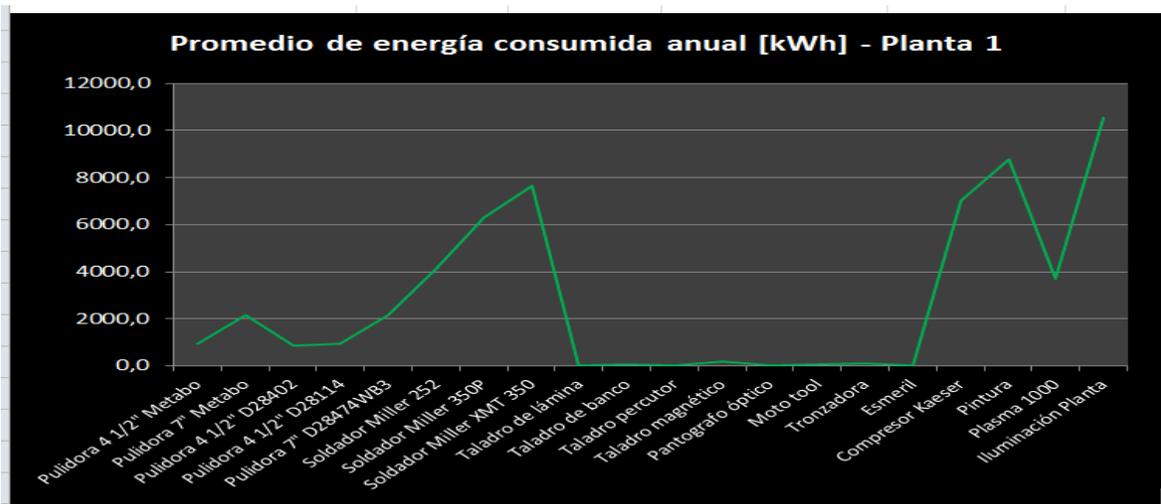
Teniendo los parámetros eléctricos medidos bajo las condiciones de carga estipuladas, se calculó la potencia activa, que fue registrada así:

Planta 1		Planta 2			GRÁFICOS	
Máquina	Potencia activa [kW]	Máquina	Potencia activa en carga [kW]	Potencia activa en vacío [kW]		Potencia activa total [kW]
Pulidora 4 1/2" Metabo	0,8	Sierra CNC cosen AH-300H	2,0	0,3	2,3	
Pulidora 7" Metabo	1,9	Sierra sin fin Way Train	0,8	0,2	0,9	
Pulidora 4 1/2" D28402	0,7	Roladora Davi MCB 3034	8,7	5,8	14,5	
Pulidora 4 1/2" D28114	0,8	Punzonadora multiusos GEKA	7,8	2,9	10,7	
Pulidora 7" D28474WB3	1,9	Dobladora Ermaksan	11,2	5,2	16,5	
Soldador Miller 252	2,9	Roladora de lámina	1,1	0,0	1,1	
Soldador Miller 350P	4,4	Roladora de perfiles DURMA	3,0	0,0	3,0	
Soldador Miller XMT 350	5,3	Cizalla Ermaksan	14,9	5,9	20,8	
Taladro de lámina	0,6	Compresor Almig	3,3	0,0	3,3	
Taladro de banco	0,6	Mesa de corte CNC	0,3	0,0	0,3	
Taladro percutor	0,6	Plasma HSD 130	19,5	0,6	20,1	
Taladro magnético	0,7	Plasma powermax 1250	10,9	0,3	11,3	
Pantógrafo óptico	0,1	Puente grúa	2,6	0,0	2,6	
Moto tool	0,5	Polipasto	0,9	0,0	0,9	
Tronzadora	1,4	Oficinas	1,6	0,0	1,6	
Esmeril	0,3					
Compresor Kaeser	8,1					
Pintura	10,2					
Plasma 1000	6,4					
Iluminación Planta	3,7					

Con ayuda de producción se estimaron los tiempos promedio de trabajo, y aplicando el modelo matemático se construyó la línea base de consumo anual que será presentada a continuación.

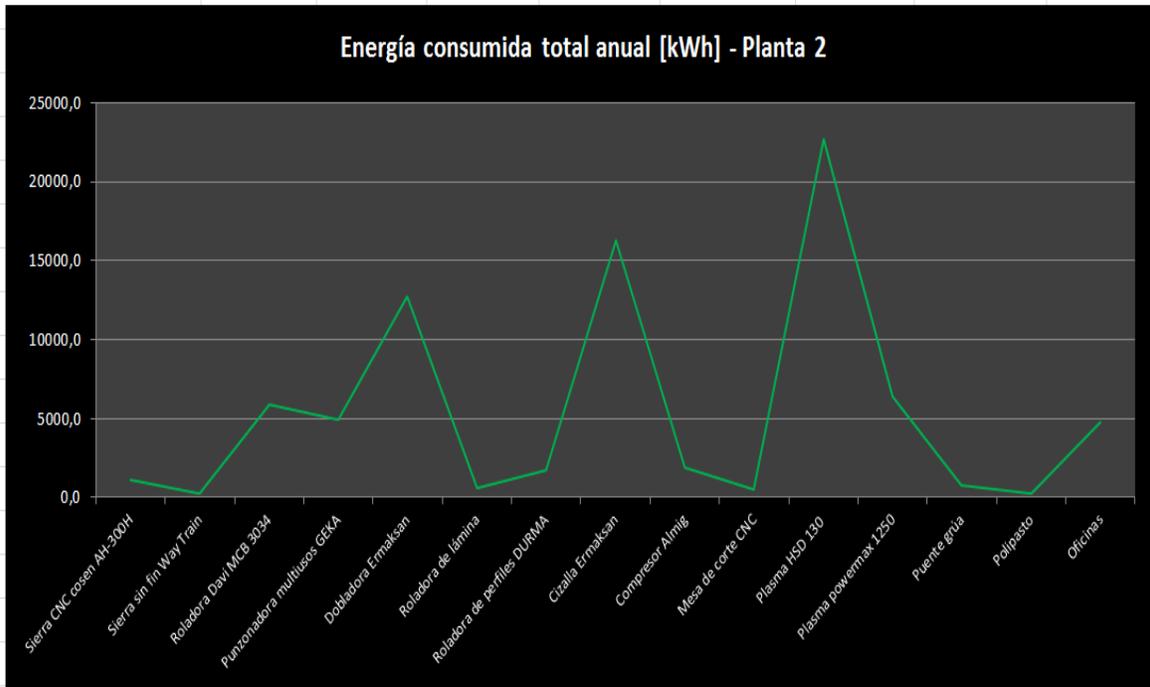
Planta 1					Planta 2								
Máquina	Potencia activa [kW]	Tiempo de trabajo diario [h]	Promedio de energía consumida anual [kWh]	Costo anual [\$]	Máquina	Potencia activa en carga [kW]	Potencia activa en vacío [kW]	Tiempo diario de trabajo en carga [h]	Tiempo diario de trabajo en vacío [h]	Energía consumida en carga - Día [kWh]	Energía consumida en vacío Día [kWh]	Energía consumida total anual [kWh]	Costo anual [\$]
Pulidora 4 1/2" Metabo	0,8	4	920,1	\$ 414.025	Sierra CNC cosen AH-300H	2,0	0,3	2	0,2	4,0	0,1	1158,6	\$ 521.349
Pulidora 7" Metabo	1,9	4	2135,4	\$ 960.948	Sierra sin fin Way Train	0,8	0,2	1	0,1	0,8	0,0	223,8	\$ 100.715
Pulidora 4 1/2" D28402	0,7	4	851,9	\$ 383.357	Roladora Davi MCB 3034	8,7	5,8	2	0,5	17,4	2,9	5854,2	\$ 2.634.394
Pulidora 4 1/2" D28114	0,8	4	920,1	\$ 414.025	Punzonadora multiusos GEKA	7,8	2,9	2	0,5	15,6	1,4	4906,3	\$ 2.207.835
Pulidora 7" D28474WB3	1,9	4	2135,4	\$ 960.948	Dobladora Ermaksan	11,2	5,2	3	2	33,7	10,4	12717,8	\$ 5.722.994
Soldador Miller 252	2,9	5	4123,3	\$ 1.855.480	Roladora de lámina	1,1	0,0	2	0,5	2,2	0,0	631,9	\$ 284.372
Soldador Miller 350P	4,4	5	6306,5	\$ 2.837.904	Roladora de perfiles DURMA	3,0	0,0	2	0,6	5,9	0,0	1702,7	\$ 766.226
Soldador Miller XMT 350	5,3	5	7642,9	\$ 3.439.314	Cizalla Ermaksan	14,9	5,9	3	2	44,8	11,8	16307,5	\$ 7.338.387
Taladro de lámina	0,6	0,1	17,6	\$ 7.923	Compresor Almig	3,3	0,0	2	2	6,6	0,0	1895,8	\$ 853.117
Taladro de banco	0,6	0,3	49,4	\$ 22.235	Mesa de corte CNC	0,3	0,0	6	1	1,9	0,0	547,3	\$ 246.274
Taladro percutor	0,6	0	0,0	\$ -	Plasma HSD 130	19,5	0,6	4	1	78,0	0,6	22644,5	\$ 10.190.010
Taladro magnético	0,7	0,8	163,6	\$ 73.605	Plasma powermax 1250	10,9	0,3	2	1	21,9	0,3	6398,4	\$ 2.879.270
Pantógrafo óptico	0,1	1	34,1	\$ 15.334	Puente grúa	2,6	0,0	1	0,5	2,6	0,0	746,0	\$ 335.717
Moto tool	0,5	0,5	72,4	\$ 32.585	Polipasto	0,9	0,0	1	0,4	0,9	0,0	245,8	\$ 110.589
Tronzadora	1,4	0,2	82,4	\$ 37.058	Oficinas	1,6	0,0	10	0	16,5	0,0	4739,3	\$ 2.132.698
Esmeril	0,3	0,2	17,6	\$ 7.923									
Compresor Kaeser	8,1	3	7016,5	\$ 3.157.403									
Pintura	10,2	3	8770,6	\$ 3.946.754									
Plasma 1000	6,4	2	3692,0	\$ 1.661.396									
Iluminación Planta	3,7	10	10563,6	\$ 4.753.624									

En esta tabla se relacionan los consumos eléctricos anuales asociados a cada máquina, para su mejor apreciación se crearon las siguientes gráficas.



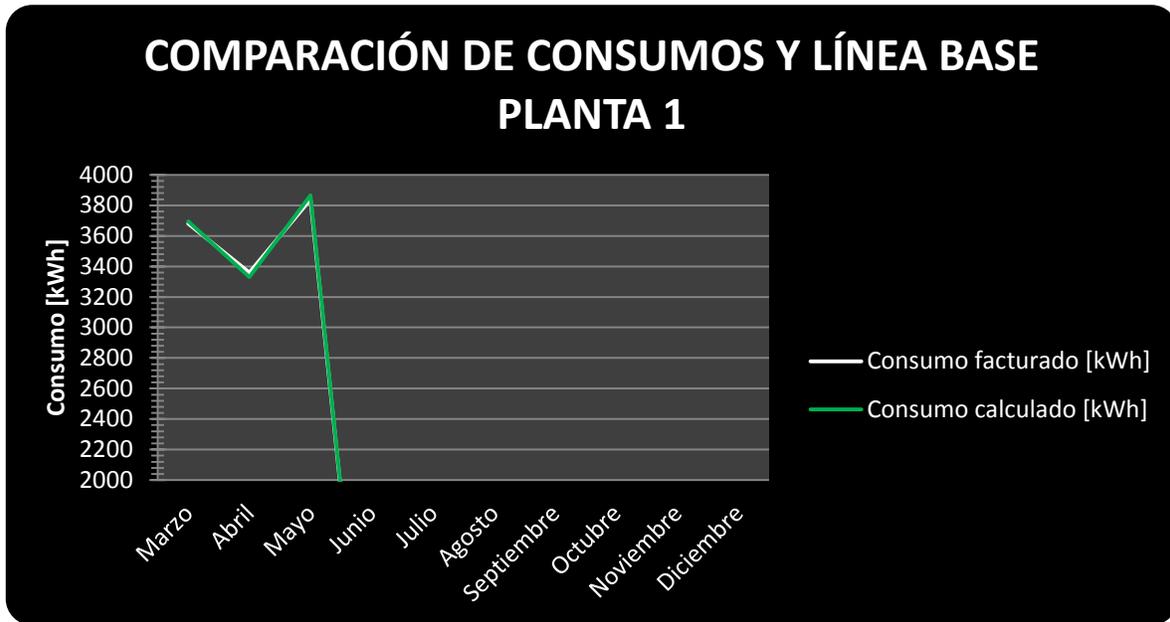
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Como se observa, los mayores consumidores de energía eléctrica para la planta 1 es la sección de pintura electrostática, el compresor y los equipos de soldadura en general.



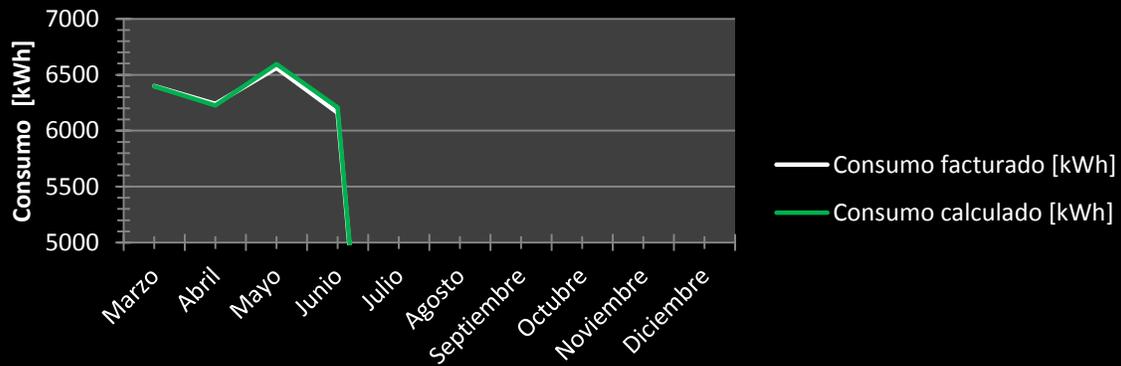
Se observa que equipos como el plasma HSD 130, cizalla Ermaksan y dobladora Ermaksan son equipos que presentan un consumo energético importante, además, se notifica que la roladora DAVI MCB 3034, aunque es una máquina con un motor de potencia importante no tiene mayor consumo, todo debido a que la capacidad es alta y la carga a la que se somete no alcanza el 40% de la capacidad máxima.

Es importante aclarar que las tablas y gráficos anteriores pertenecen al archivo “Relación del consumo con la carga” modificado, a continuación se presenta la validación del modelo con el archivo anterior.



Mes	Consumo facturado [kWh]	Consumo calculado [kWh]
Marzo	3680	3695,4
Abril	3360	3331,2
Mayo	3840	3865,8

## COMPARACIÓN DE CONSUMOS Y LÍNEA BASE PLANTA 2



Mes	Consumo facturado [kWh]	Consumo calculado [kWh]
Marzo	6400	6397,3
Abril	6240	6226,9
Mayo	6560	6595,6
Junio	6160	6208,3

Se evidencia la relación que existe entre lo real y lo calculado, de esta forma se valida el modelo y se adopta como una herramienta importante en cuanto a la proyección de consumos y la toma de decisiones a futuro.

Como resultado del seguimiento realizado a los consumos energéticos eléctricos calculados con el modelo matemático se presenta la interfaz creada en el archivo modificado "Relación del consumo con la carga".

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
		<b>MODELO MATEMÁTICO PARA LA PREDICCIÓN DE CONSUMOS ELÉCTRICOS</b>										
<b>VARIABLES Y CONSTANTES</b>		<b>Ecuaciones utilizadas</b>										
W	Cantidad de equipos similares	$E_{semanal\ máquina} = Z_{semana.mañana} * ((C_1 * X_{Etapo\ prod.}) + (C_2 * Y_{Etapo\ prod.}))$ $E_{semanal\ máquina} = Z_{semana.mañana} * ((W_{Equipo\ etapa} * C_1 * X_{Etapo\ prod.}) + (W_{Equipo\ etapa} * C_2 * Y_{Etapo\ prod.}))$										
X	Tiempo en carga											
Y	Tiempo en vacío	$E_{semanal\ total} = \sum_{i=1}^n E_{semanal\ máquina_i}$										
Z	Días hábiles de la semana											
C1	Potencia activa en carga	$E_{mensual\ total} = \sum_{i=1}^n E_{semanal\ total_i}$										
C2	Potencia activa en vacío											
MES	PLANTA 1						PLANTA 2					
	Máquina	Esem.maq 1 [kWh]	Esem.maq 2 [kWh]	Esem.maq 3 [kWh]	Esem.maq 4 [kWh]	Emen.tot [kWh]	Máquina	Esem.maq 1 [kWh]	Esem.maq 2 [kWh]	Esem.maq 3 [kWh]	Esem.maq 4 [kWh]	Emen.tot [kWh]
J U L I O	Pulidora 4 1/2" Metabo	8,0	8,0	8,0	8,0	31,9	Sierra CNC cosen AH-300H	62,5	42,7	52,6	42,7	200,4
	Pulidora 7" Metabo	27,8	27,8	37,1	37,1	129,8	Sierra sin fin Way Train	16,8	24,4	20,6	16,8	78,5
	Pulidora 4 1/2" D28402	22,2	11,1	14,8	7,4	55,5	Roladora Davi MCB 3034	116,1	188,6	159,7	232,2	696,7
	Pulidora 4 1/2" D28114	39,9	31,9	16,0	24,0	111,8	Punzonadora multiusos GEKA	106,7	92,3	184,7	184,7	568,4
	Pulidora 7" D28474WB3	37,1	74,1	55,6	18,5	185,4	Dobladora Ermaksan	216,7	220,8	194,7	277,0	909,2
	Soldador Miller 252	286,3	214,8	128,9	114,5	744,5	Roladora de lámina	11,0	10,4	21,9	21,9	65,3
	Soldador Miller 350P	175,2	262,8	394,2	219,0	1051,1	Roladora de perfiles DURMA	29,6	16,3	73,9	59,1	178,8
	Soldador Miller XMT 350	106,2	53,1	53,1	79,6	291,9	Cizalla Ermaksan	312,7	245,8	283,1	253,6	1095,1
	Taladro de lámina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Compresor Almig	41,1	24,7	32,9	65,8	164,6
	Taladro de banco	5,7	0,0	0,0	0,0	5,7	Mesa de corte CNC	7,9	9,5	7,9	6,3	31,7
	Taladro percutor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Plasma HSD 130	295,6	294,1	298,7	295,6	1184,0
	Taladro magnético	7,1	0,0	0,0	7,1	14,2	Plasma powermax 1250	109,7	67,7	112,8	8,8	299,0
	Pantógrafo óptico	1,2	1,2	1,2	1,2	4,7	Puente grúa	19,4	20,7	64,8	51,8	156,7
	Moto tool	5,0	0,0	10,1	0,0	15,1	Polipasto	8,5	7,7	21,3	17,1	54,6
	Tronzadora	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Oficinas	82,3	82,3	82,3	82,3	329,1
	Esmeril	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
	Compresor Kaeser	81,2	0,0	81,2	81,2	243,6						
Pintura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
Plasma 1000	64,1	0,0	64,1	64,1	192,3							
Iluminación Planta	183,4	183,4	183,4	183,4	733,6							
<b>Totales</b>	<b>1050,4</b>	<b>868,2</b>	<b>1047,5</b>	<b>845,1</b>	<b>3811,1</b>		<b>1436,6</b>	<b>1347,9</b>	<b>1611,8</b>	<b>1615,7</b>	<b>6012,0</b>	

Se presenta el consumo del mes de Julio como resultado de la ejecución del modelo matemático, esta tabla será objeto de análisis en puntos siguientes.

## 5.2. Factor de potencia.

El cálculo del factor de potencia sólo se realizó para la planta 2, debido a que era en esta donde se facturaba penalización por exceso de energía reactiva.

Para el mes de Junio, la energía activa en la factura de servicios era de 6160 kWh, la energía reactiva era de 4080 KVARh, como las horas de análisis son las mismas, tenemos que la potencia activa y reactiva son 6160 kW y 4080 KVAR respectivamente; de esta forma y utilizando el triángulo de potencias se calcula la potencia aparente, así:



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

P [kW]

Donde,  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

$$S = \sqrt{6160 \text{ kW}^2 + 4080 \text{ KVAR}^2} = 7388,64 \text{ KVA}$$

Teniendo el valor de la potencia aparente se procede a calcular el factor de potencia:

$$Fp = \frac{P}{S} = \frac{6160 \text{ kW}}{7388,64 \text{ KVA}} = 0,83$$

Este factor de potencia indica que el porcentaje de potencia que está siendo aprovechada es del 83%, es decir, el factor de potencia se encuentra un 7 % por debajo del mínimo que exige la norma, y por tal razón se sanciona económicamente anexando además los daños y fallas técnicas que acarrea.

A continuación se presenta la interfaz gráfica creada en el archivo “Relación del consumo con la carga” para el cálculo y registro del factor de potencia en el transcurrir del tiempo, información que es útil para asimilar de una u otra forma la eficiencia eléctrica de la empresa Dibtec S.A.S.

### 5.3. Cálculo de consumo por iluminación.

Para un tubo fluorescente de 54W el consumo equivalente a 10 horas de trabajo en un día es:

$$E = 54W * 10h = 540Wh = 0.540kWh$$

Tenemos que el consumo de un tubo LED de 25W con la misma cantidad de lúmenes de un tubo fluorescente de 54W está dado por:

$$E = 25W * 10h = 250Wh = 0.250kWh$$

Por lo tanto la diferencia en el consumo de ambas tecnologías es de:

$$\text{Ahorro eléctrico} = (0.540 - 0.250)kWh = 0.29kWh \text{ (Ahorro diario por tubo)}$$

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Teniendo en cuenta que la empresa tiene instalados 60 tubos de estas características, el ahorro monetario es:

$$Ahorro\ monetario\ diario = \left( 0.29kWh * 450 \frac{\$}{kWh} \right) * 60 = \$7830$$

$$Ahorro\ monetario\ mensual = \$7830 * 26 = \$203000$$

Realizando el mismo cálculo para un tubo fluorescente de 32W bajo los mismos parámetros, el consumo equivalente es:

$$E = 32W * 10h = 320Wh = 0.320kWh$$

Para un tubo LED de 18W con iguales características a un tubo fluorescente de 32W en cuanto a lúmenes el consumo es:

$$E = 18W * 10h = 180Wh = 0.180kWh$$

Por lo tanto la diferencia en el consumo de ambas tecnologías es de:

$$Ahorro\ eléctrico = (0.320 - 0.180)kWh = 0.14kWh \text{ (Ahorro diario por tubo)}$$

Teniendo en cuenta que la empresa tiene 28 tubos de estas características, el ahorro monetario es:

$$Ahorro\ monetario\ diario = \left( 0.14kWh * 450 \frac{\$}{kWh} \right) * 60 = \$3780$$

$$Ahorro\ monetario\ mensual = \$3780 * 26 = \$92280$$

En total, el ahorro energético es de \$301.280 mensual.

#### **5.4. Cálculo de consumo equipos de aire acondicionado.**

El consumo asociado a los equipos de aire acondicionado está dado por:

Para los 2 equipos convencionales de 3.500W con SEER 8.9

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$Emensual = \left(\frac{3500W}{8.9}\right) * (2) * (8) * (26) = 163.5kWh$$

Para los 2 equipos convencionales de 5.200W con SEER 8.9

$$Emensual = \left(\frac{5200W}{8.9}\right) * (2) * (8) * (26) = 243kWh$$

Para el equipo de 7.000W convencional con SEER de 8.9

$$Emensual = \left(\frac{7000W}{8.9}\right) * (2) * (8) * (26) = 327.2kWh$$

Para el equipo tipo cassette de 17.500W con SEER de 8.9

$$Emensual = \left(\frac{17500W}{8.9}\right) * (2) * (8) * (26) = 818kWh$$

El consumo total mensual estimado para los equipos de aire acondicionado instalado es de 1551kWh.

Luego de la instalación propuesta, los consumos asociados son:

2 equipos Mini Split Inverter de 7.000W

$$Emensual = \left(\frac{7000W}{16}\right) * (2) * (8) * (26) = 182kWh$$

2 equipos Mini Split Inverter de 3500W

$$Emensual = \left(\frac{3500W}{16}\right) * (2) * (8) * (26) = 91kWh$$

En ese orden de ideas, el consumo total después de la instalación es de 1.091kWh, para un ahorro de 460kWh, que monetariamente sería \$207.000 mensual.

## **5.5. Análisis de consumo energético eléctrico después de la implementación de las mejoras propuestas.**

Para el mes de Julio de 2016, se esperaba que los resultados en cuanto a la reducción de consumo energético fueran favorables, ya que el plan de mantenimiento estaba en marcha, además, el cambio de tecnología en los equipos de aire acondicionado también había sido realizado. En la siguiente gráfica se aprecia el consumo asociado a cada máquina y en total para el mes de Julio, cabe resaltar que ésta es la modificación realizada al archivo "Relación del consumo con la carga".

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M											
1			<b>MODELO MATEMÁTICO PARA LA PREDICCIÓN DE CONSUMOS ELÉCTRICOS</b>																					
2																								
3																								
4	Variables y constantes													Ecuaciones utilizadas										
5	W	Cantidad de equipos similares												$E_{semanal\ máquina} = Z_{semana\ metal} * ((C_1 * X_{etapa\ prod.}) + (C_2 * Y_{etapa\ prod.}))$ $E_{semanal\ máquina} = Z_{semana\ metal} * ((W_{equipo\ etapa} * C_1 * X_{etapa\ prod.}) + (W_{equipo\ etapa} * C_2 * Y_{etapa\ prod.}))$										
6	X	Tiempo en carga																						
7	Y	Tiempo en vacío												$E_{semanal\ total} = \sum_{i=1}^n E_{semanal\ máquina_i}$										
8	Z	Días hábiles de la semana																						
9	C1	Potencia activa en carga												$E_{mensual\ total} = \sum_{i=1}^n E_{semanal\ total_i}$										
10	C2	Potencia activa en vacío																						
11			PLANTA 1				PLANTA 2																	
MES	Máquina	Esem.maq 1 [kWh]	Esem.maq 2 [kWh]	Esem.maq 3 [kWh]	Esem.maq 4 [kWh]	Emen.tot [kWh]	Máquina	Esem.maq 1 [kWh]	Esem.maq 2 [kWh]	Esem.maq 3 [kWh]	Esem.maq 4 [kWh]	Emen.tot [kWh]												
13	Pulidora 4 1/2" Metabo	8,0	8,0	8,0	8,0	31,9	Sierra CNC cosen AH-300H	62,5	42,7	52,6	42,7	200,4												
14	Pulidora 7" Metabo	27,8	27,8	37,1	37,1	129,8	Sierra sin fin Way Train	16,8	24,4	20,6	16,8	78,5												
15	Pulidora 4 1/2" D28402	22,2	11,1	14,8	7,4	55,5	Roladora Davi MCB 3034	116,1	188,6	159,7	232,2	696,7												
16	Pulidora 4 1/2" D28114	39,9	31,9	16,0	24,0	111,8	Punzonadora multiusos GEKA	106,7	92,3	184,7	184,7	568,4												
17	Pulidora 7" D28474WB3	37,1	74,1	55,6	18,5	185,4	Dobladora Ermaksan	216,7	220,8	194,7	277,0	909,2												
18	Soldador Miller 252	286,3	214,8	128,9	114,5	744,5	Roladora de lámina	11,0	10,4	21,9	21,9	65,3												
19	Soldador Miller 350P	175,2	262,8	394,2	219,0	1051,1	Roladora de perfiles DURMA	29,6	16,3	73,9	59,1	178,8												
20	Soldador Miller XMT 350	106,2	53,1	53,1	79,6	291,9	Cizalla Ermaksan	312,7	245,8	283,1	253,6	1095,1												
21	Taladro de lámina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Compresor Almig	41,1	24,7	32,9	65,8	164,6												
22	Taladro de banco	5,7	0,0	0,0	0,0	5,7	Mesa de corte CNC	7,9	9,5	7,9	6,3	31,7												
23	Taladro percutor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Plasma HSD 130	295,6	294,1	298,7	295,6	1184,0												
24	Taladro magnético	7,1	0,0	0,0	7,1	14,2	Plasma powermax 1250	109,7	67,7	112,8	8,8	299,0												
25	Pantógrafo óptico	1,2	1,2	1,2	1,2	4,7	Puente grúa	19,4	20,7	64,8	51,8	156,7												
26	Moto tool	5,0	0,0	10,1	0,0	15,1	Polipasto	8,5	7,7	21,3	17,1	54,6												
27	Tronzadora	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Oficinas	82,3	82,3	82,3	82,3	329,1												
28	Esmeril	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																		
29	Compresor Kaeser	81,2	0,0	81,2	81,2	243,6																		
30	Pintura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																		
31	Plasma 1000	64,1	0,0	64,1	64,1	192,3																		
32	Iluminación Planta	183,4	183,4	183,4	183,4	733,6																		
33	<b>Totales</b>	<b>1050,4</b>	<b>868,2</b>	<b>1047,5</b>	<b>845,1</b>	<b>3811,1</b>		<b>1436,6</b>	<b>1347,9</b>	<b>1611,8</b>	<b>1615,7</b>	<b>6012,0</b>												

A continuación se presenta el consumo energético con los valores antiguos, medidos antes de la implementación de las propuestas.

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	<b>MODELO MATEMÁTICO PARA LA PREDICCIÓN DE CONSUMOS ELÉCTRICOS</b>												
2	<b>DIBTEC 1.1.5</b> FABRICACIÓN Y MONTAJES METALMECÁNICOS												
3	<b>Variables y constantes</b>			<b>Ecuaciones utilizadas</b>									
4	W	Cantidad de equipos similares	$E_{semanal\ máquina} = Z_{semana\ metabo} * ((C_{1i} * X_{etapa\ prod.}) + (C_{2i} * Y_{etapa\ prod.}))$ $E_{semanal\ máquina} = Z_{semana\ metabo} * ((W_{equipo\ etapa} * C_{1i} * X_{etapa\ prod.}) + (W_{equipo\ etapa} * C_{2i} * Y_{etapa\ prod.}))$										
5	X	Tiempo en carga	$E_{semanal\ total} = \sum_{i=1}^n E_{semanal\ máquina_i}$										
6	Y	Tiempo en vacío	$E_{mensual\ total} = \sum_{i=1}^n E_{semanal\ total_i}$										
7	Z	Días hábiles de la semana											
8	C1	Potencia activa en carga											
9	C2	Potencia activa en vacío											
10	<b>PLANTA 1</b>						<b>PLANTA 2</b>						
11	MES	Máquina	Esem.maq 1 [kWh]	Esem.maq 2 [kWh]	Esem.maq 3 [kWh]	Esem.maq 4 [kWh]	Emen.tot [kWh]	Máquina	Esem.maq 1 [kWh]	Esem.maq 2 [kWh]	Esem.maq 3 [kWh]	Esem.maq 4 [kWh]	Emen.tot [kWh]
12		Pulidora 4 1/2" Metabo	8,1	8,1	8,1	8,1	32,3	Sierra CNC cosen AH-300H	65,2	44,5	54,9	44,5	209,1
13		Pulidora 7" Metabo	28,2	28,2	37,7	37,7	131,8	Sierra sin fin Way Train	18,6	27,1	22,9	18,6	87,2
14		Pulidora 4 1/2" D28402	23,4	11,7	15,6	7,8	58,4	Roladora Davi MC8 3034	123,4	201,1	169,1	246,9	740,6
15		Pulidora 4 1/2" D28114	39,9	31,9	16,0	24,0	111,8	Punzonadora multiusos GEKA	108,5	93,9	187,7	187,7	577,8
16		Pulidora 7" D28474WB3	38,3	76,5	57,4	19,1	191,3	Dobladora Ermaksan	222,5	227,0	200,4	284,9	934,8
17		Soldador Miller 252	304,8	228,6	137,1	121,9	792,4	Roladora de lámina	12,2	11,6	24,4	24,4	72,5
18		Soldador Miller 350P	189,1	283,7	425,5	236,4	1134,6	Roladora de perfiles DURMA	30,8	16,9	77,0	61,6	186,2
19		Soldador Miller XMT 350	114,9	57,4	57,4	86,1	315,8	Cizalla Ermaksan	320,9	252,1	290,3	259,7	1122,9
20	J	Taladro de lámina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Compresor Almig	42,3	25,4	33,8	67,7	169,1
21	U	Taladro de banco	5,7	0,0	0,0	0,0	5,7	Mesa de corte CNC	7,9	9,5	7,9	6,3	31,7
22	L	Taladro percutor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Plasma HSD 130	309,6	308,0	313,0	309,6	1240,2
23	I	Taladro magnético	7,1	0,0	0,0	7,1	14,2	Plasma powermax 1250	119,3	73,7	122,8	9,9	325,7
24	O	Pantógrafo óptico	1,2	1,2	1,2	1,2	4,7	Puente grúa	19,9	21,2	66,3	53,0	160,4
25		Moto tool	5,0	0,0	10,1	0,0	15,1	Polipasto	9,1	8,2	22,9	18,3	58,5
26		Tronzadora	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Oficinas	138,8	138,8	138,8	138,8	555,4
27		Esmeril	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
28		Compresor Kaeser	89,9	0,0	89,9	89,9	269,7						
29		Pintura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
30		Plasma 1000	71,9	0,0	71,9	71,9	215,8						
31		Iluminación Planta	187,3	187,3	187,3	187,3	749,4						
32		<b>Totales</b>	<b>1114,8</b>	<b>914,6</b>	<b>1115,2</b>	<b>898,5</b>	<b>4043,1</b>		<b>1549,0</b>	<b>1459,1</b>	<b>1732,1</b>	<b>1731,9</b>	<b>6472,1</b>

Nótese que la reducción de consumos con respecto a los valores antiguos es notable principalmente en la zona de las oficinas para la planta 2, ya que es allí donde se encuentran instalados los equipos de aire acondicionado, lo cual indica que el cambio de tecnología ha sido beneficioso energéticamente hablando.

Se encontró una reducción aproximada de 460kWh en el total del consumo, de los cuales aproximadamente el 65% es debido al cambio de los equipos de acondicionamiento de aire y el 35% restante al mantenimiento realizado en la maquinaria, sobretodo en la de golpe instantáneo, tal es el caso de la cizalla y la dobladora.

La reducción total en el consumo de energía eléctrica para el mes de Julio de 2016 fue de 692.1kWh equivalente al 6.6% menos con respecto a los consumos anteriores.

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	<b>Código</b>	<b>FDE 089</b>
		<b>Versión</b>	<b>03</b>
		<b>Fecha</b>	<b>2015-01-22</b>

A continuación se presentan los resultados para el mes de agosto de 2016, el primero es el consumo con los valores de la implementación, y el segundo con los valores antiguos.

34		Pulidora 4 1/2" Metabo	8,0	8,0	8,0	8,0	31,9	Sierra CNC cosen AH-300H	62,5	54,1	42,7	57,5	216,8
35		Pulidora 7" Metabo	37,1	83,4	55,6	74,1	250,2	Sierra sin fin Way Train	16,8	23,6	12,3	12,2	64,9
36		Pulidora 4 1/2" D28402	37,0	37,0	29,6	22,2	125,7	Roladora Davi MCB 3034	116,1	0,0	159,7	110,4	386,2
37		Pulidora 4 1/2" D28114	16,0	16,0	24,0	24,0	79,9	Punzonadora multiusos GEKA	92,3	0,0	121,0	98,9	312,2
38		Pulidora 7" D28474WB3	55,6	55,6	55,6	74,1	241,0	Dobladora Ermaksan	272,9	190,6	201,0	232,0	896,6
39		Soldador Miller 252	229,1	214,8	114,5	229,1	787,4	Roladora de lámina	32,9	16,5	21,9	5,5	76,8
40		Soldador Miller 350P	131,4	197,1	328,5	262,8	919,7	Roladora de perfiles DURMA	59,1	35,5	29,6	31,0	155,2
41	A	Soldador Miller XMT 350	79,6	79,6	53,1	45,1	257,4	Cizalla Ermaksan	267,6	245,5	282,5	281,6	1077,2
42	G	Taladro de lámina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Compresor Almig	16,5	28,0	26,3	32,9	103,7
43	O	Taladro de banco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Mesa de corte CNC	9,5	9,5	9,5	9,5	38,0
44	S	Taladro percutor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Plasma HSD 130	331,9	332,2	390,1	293,8	1348,0
45	T	Taladro magnético	10,6	4,3	7,1	1,8	23,8	Plasma powermax 1250	109,6	93,2	109,7	54,9	367,4
46	O	Pantógrafo óptico	1,2	1,2	1,2	1,2	4,7	Puente grúa	13,0	14,2	15,5	13,0	55,7
47		Moto tool	7,5	0,0	0,0	2,0	9,6	Polipasto	12,8	8,5	8,5	8,5	38,4
48		Tronzadora	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Oficinas	82,3	82,3	82,3	82,3	329,1
49		Esmeril	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
50		Compresor Kaeser	0,0	52,8	56,8	0,0	109,6						
51		Pintura	0,0	101,5	66,0	0,0	167,5						
52		Plasma 1000	0,0	0,0	64,1	0,0	64,1						
53		Iluminación Planta	183,4	183,4	183,4	183,4	733,6						
54		<b>Totales</b>	<b>796,5</b>	<b>1034,5</b>	<b>1047,4</b>	<b>927,7</b>	<b>3806,2</b>		<b>1495,6</b>	<b>1133,7</b>	<b>1512,8</b>	<b>1324,0</b>	<b>5466,1</b>

34		Pulidora 4 1/2" Metabo	8,1	8,1	8,1	8,1	32,3	Sierra CNC cosen AH-300H	65,2	56,4	44,5	60,0	226,1
35		Pulidora 7" Metabo	37,7	84,7	56,5	75,3	254,2	Sierra sin fin Way Train	18,6	26,4	13,7	13,6	72,2
36		Pulidora 4 1/2" D28402	38,9	38,9	31,2	23,4	132,4	Roladora Davi MCB 3034	123,4	0,0	169,1	116,1	408,7
37		Pulidora 4 1/2" D28114	16,0	16,0	24,0	24,0	79,9	Punzonadora multiusos GEKA	93,9	0,0	123,1	100,6	317,6
38		Pulidora 7" D28474WB3	57,4	57,4	57,4	76,5	248,7	Dobladora Ermaksan	280,4	195,8	206,5	238,6	921,3
39		Soldador Miller 252	243,8	228,6	121,9	243,8	838,1	Roladora de lámina	36,6	18,3	24,4	6,1	85,3
40		Soldador Miller 350P	141,8	212,7	354,6	283,7	992,8	Roladora de perfiles DURMA	61,6	36,9	30,8	32,3	161,6
41	A	Soldador Miller XMT 350	86,1	86,1	57,4	48,8	278,5	Cizalla Ermaksan	275,2	252,2	290,5	288,8	1106,6
42	G	Taladro de lámina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Compresor Almig	16,9	28,8	27,1	33,8	106,6
43	O	Taladro de banco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Mesa de corte CNC	9,5	9,5	9,5	9,5	38,0
44	S	Taladro percutor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Plasma HSD 130	347,5	347,8	408,4	307,6	1411,3
45	T	Taladro magnético	10,6	4,3	7,1	1,8	23,8	Plasma powermax 1250	119,1	101,3	119,3	59,7	399,2
46	O	Pantógrafo óptico	1,2	1,2	1,2	1,2	4,7	Puente grúa	13,3	14,6	15,9	13,3	57,0
47		Moto tool	7,5	0,0	0,0	2,0	9,6	Polipasto	13,7	9,1	9,1	9,1	41,1
48		Tronzadora	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Oficinas	138,8	138,8	138,8	138,8	555,4
49		Esmeril	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
50		Compresor Kaeser	0,0	58,4	62,9	0,0	121,4						
51		Pintura	0,0	121,8	79,2	0,0	201,0						
52		Plasma 1000	0,0	0,0	71,9	0,0	71,9						
53		Iluminación Planta	187,3	187,3	187,3	187,3	749,4						
54		<b>Totales</b>	<b>836,5</b>	<b>1105,6</b>	<b>1120,6</b>	<b>975,8</b>	<b>4038,6</b>		<b>1613,5</b>	<b>1235,8</b>	<b>1630,7</b>	<b>1427,9</b>	<b>5908,0</b>

En la planta 1, se observa que el ahorro se da principalmente en los equipos de soldadura y compresor, debido al mantenimiento preventivo realizado. El ahorro energético

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

eléctrico total para el mes de Agosto es de 232kWh, que corresponde aproximadamente al 6% del consumo con los valores antiguos.

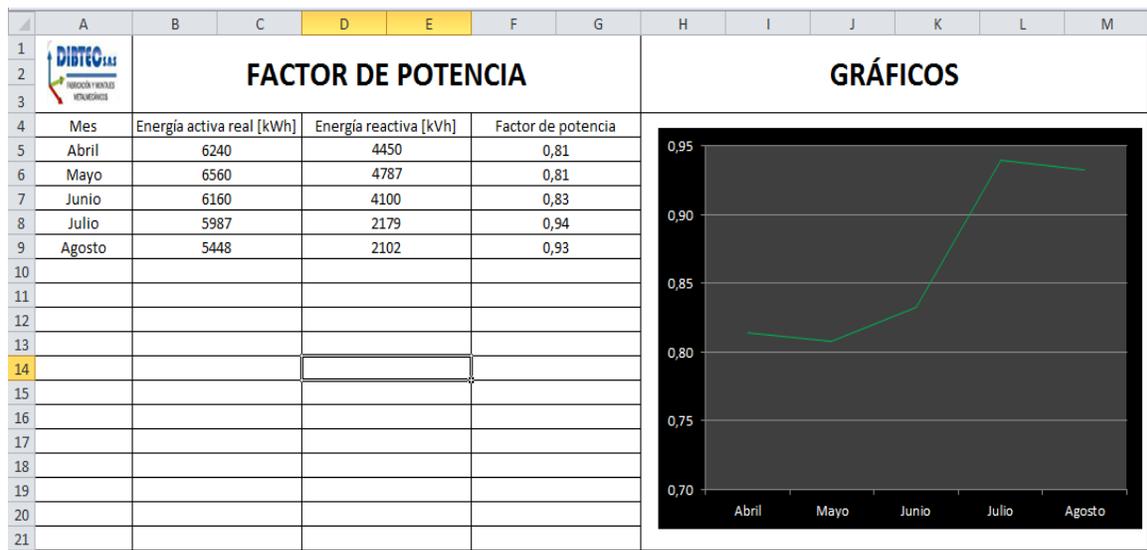
Para la planta 2, rige el mismo patrón de Julio, logrando una reducción energética eléctrica de 442 kWh correspondiente al 7.5% del consumo con los valores antiguos.

La reducción total fue de 678kWh equivalente al 6.8% del consumo total con los valores antiguos.

En resumen, la reducción del consumo eléctrico en promedio fue del 6.7% del consumo total de la planta antes de realizar las intervenciones propuestas.

### 5.6. Factor de potencia.

A continuación se presenta el seguimiento realizado al factor de potencia antes y después de la intervención realizada en pro de compensar la energía reactiva generada por los motores de inducción instalados en la empresa.



Se observa que para los meses de Abril, Mayo y Junio el factor de potencia está por debajo de 0.90, y por tanto incumple con la norma; después de la instalación del capacitor para la

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

compensación de energía reactiva (Finalizando Junio) se nota un incremento en el factor de potencia de 0.2 que se ve reflejado para el mes de Junio.

Para los meses de Julio y Agosto, la instalación permitió la compensación de energía reactiva y lograr un factor de potencia de 0.94 y 0.93 respectivamente, lo cual supone el cumplimiento con la norma y por ende la reducción del costo asociado a la multa por exceso de energía reactiva generada.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 6. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

### 6.1. Conclusiones.

- La reducción del consumo energético eléctrico en Dibtec S.A.S se hace notoria, teniendo en cuenta que la intervención a la red y el cambio de tecnología fue poca, en otras palabras, se sobrepasan las metas y el objetivo del proyecto, porque aunque el 6.7% parezca una cifra pequeña, en realidad es importante, más aún cuando se asegura el funcionamiento eficiente de los equipos mediante el mantenimiento preventivo correctamente planeado y ejecutado.
- La construcción de la línea base de consumo es un aporte que perdurará en el transcurso del tiempo y que sirve como herramienta ingenieril de predicción y control de consumo eléctrico, además para el análisis del comportamiento energético de las máquinas estudiadas, lo cual facilita la futura intervención de las mismas en pro del ahorro.
- Se evidencia que la energía reactiva producida por la empresa afecta notoriamente el factor de potencia y posteriormente el cargo monetario de la factura de servicios por energía eléctrica, la cantidad de motores instalados y la ausencia de banco de capacitores para la compensación de energía reactiva son factores que sumados implican exceso de consumo eléctrico.

La longevidad e ineficiencia de los equipos de aire acondicionado instalados se definieron como otro factor importante en cuanto a consumo eléctrico se refiere, además, la compatibilidad con el medio ambiente no era buena. Energéticamente hablando, hay sistemas que producen lo mismo y consumen aproximadamente el 50% menos.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El mantenimiento preventivo, es un factor de gran relevancia para que los equipos trabajen en los rangos de eficiencia para los cuales fueron diseñados, por tal motivo se analizó el estado actual del mantenimiento en el interior de la empresa y se evidenciaron problemas de eficiencia debido a la ausencia de mantenimiento preventivo.

- La recomendación de corrección del factor de potencia fue vista con buenos ojos desde un principio, no solo por el ahorro monetario que suponía, sino porque era una inversión que a corto plazo se vería solventada, por otro lado, el cumplimiento con la normatividad vigente fue un plus para su aprobación.

El rediseño de la red no fue aprobado debido a que las plantas físicas de la empresa no son propias y realizar modificaciones de este tipo implica un gasto que aunque sea solventado en un futuro no se va a realizar, ya que se piensa más en trasladarse que en rediseñar las plantas.

En cuanto al mantenimiento, se aprobó no solo por el ahorro energético que suponía, sino por el correcto funcionamiento de las máquinas y el aumento de la disponibilidad, impactando notoriamente en la producción y tiempos de respuesta asociados a ella. Energéticamente hablando, aunque la reducción es poca, se ha visto como un logro importante, ya que el mantenimiento preventivo es algo que requiere la maquinaria y que de una u otra forma ayuda a que los gastos asociados al consumo energético eléctrico reduzcan.

El cambio de transformador no fue aprobado, el gasto inmediato que reflejaba la inversión no tenía como ser solventado rápidamente, además, la no propiedad de la bodega era una condicionante que terminó con la decisión mencionada.

- La instalación del banco de capacitores supuso una inversión baja que podría ser amortizada incluso en menos de un año; el proveedor del servicio aseguró que con la instalación el factor de potencia fluctuaba entre 0,93 y 0,96 y por ende estaría cobijado por la normatividad vigente.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El cambio de los equipos de aire acondicionado convencionales a equipos inverter fue aprobado de inmediato, no sólo le daba confort a las oficinas, sino que también aportaba notoriamente en el consumo energético (Reducción del 50% aproximadamente) y en los gastos asociados a mantenimiento, ya que con el diseño de la instalación se redujo a 5 la cantidad de equipos.

La implementación de la reestructuración del mantenimiento preventivo fue compleja, todo debido a los tramites de la contratación de proveedores de servicio, los acuerdos, condiciones y todo lo relacionado con ello. Además, para el departamento de producción se vio como una imposición y no como un deber, pero estos inconvenientes fueron resueltos en reuniones en las que se llegó a común acuerdo entre producción y mantenimiento, lo cual aseguró que las intervenciones de los proveedores fueran rápidas y a tiempo, todo ello en pro del correcto funcionamiento de las máquinas.

- Durante la evaluación de los resultados, se observó que la reducción del consumo energético eléctrico estaba asociado principalmente al cambio de tecnología en los equipos de aire acondicionado, ya que aproximadamente el 65% del ahorro total se vinculó con ello. El mantenimiento preventivo, repotenció las máquinas y por consiguiente la eficiencia de las mismas, logrando reducción aproximada del 35% del ahorro total, en otras palabras, el 2.35% del ahorro global fue causado por el mantenimiento preventivo realizado.

## **6.2. Recomendaciones.**

Como recomendación, queda la realización de un estudio de calidad de la energía con el fin de determinar qué maquinaria se puede intervenir, además para saber el rango de armónicos a los que se somete la empresa y de esta forma dimensionar el posible correctivo para ello.

Una recomendación más sería contar con un cuerpo interno de mantenimiento, para reducir los tiempos de intervención y aumentar la cobertura del área de mantenimiento.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Por último, se deben realizar campañas de concientización en pro del ahorro energético, no solo por el tema monetario que supone, sino por los impactos medio ambientales que trae consigo la generación de energía eléctrica.

### **6.3. Trabajo futuro.**

Como trabajo futuro, se proyecta la renovación de tecnología en la maquinaria instalada, incluso se puede pensar en el rediseño de la misma.

Además, el traslado a un lugar más amplio es inminente, por tanto se pretende implementar la propuesta de iluminación y diseño de la red eléctrica.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## REFERENCIAS

---

Albarracín Aguillón, P. R. (2001). *Tribología y lubricación industrial y automotriz* (Segunda ed., Vol. 1).

ANDI. (s.f.). *ANDI*. Recuperado el 20 de Agosto de 2016, de [http://www.andi.hn/wp-content/uploads/2014/11/3-Calidad-de-la-Energ%C3%ADa\\_sn.pdf](http://www.andi.hn/wp-content/uploads/2014/11/3-Calidad-de-la-Energ%C3%ADa_sn.pdf)

Asociación española para la calidad AEC. (s.f.). *AEC*. Recuperado el 26 de Agosto de 2016, de <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/gestion-de-la-energia>

Botero Henao, O. I. (s.f.). *Variables Eléctricas*. Medellín, Antioquia, Colombia.

Centelsa. (2005). *Regulación de tensión en instalaciones eléctricas*. Boletín técnico, Yumbo.

Ecured. (s.f.). *Ecured*. Recuperado el Julio de 2016, de [https://www.ecured.cu/Banco\\_de\\_capacitores](https://www.ecured.cu/Banco_de_capacitores)

Fundación Mapfre. (2011). *Guía practica para la implantación de sistemas de gestión energética*. Obtenido de euresp-plus.net: [http://www.euresp-plus.net/sites/default/files/uploads/Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20la%20implantaci%C3%B3n%20de%20Sistemas%20de%20Gesti%C3%B3n%20Energ%C3%A9tica%20\(SGE\).pdf](http://www.euresp-plus.net/sites/default/files/uploads/Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20la%20implantaci%C3%B3n%20de%20Sistemas%20de%20Gesti%C3%B3n%20Energ%C3%A9tica%20(SGE).pdf)

Ministerio de minas y energías. (1 de Junio de 2004). Comisión de regulación de energía y gas (CREG). *Resolución 047 de 2004*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Petroni, D, O. (29 de Mayo de 2012). *ISO 50001 Su adopción en Argentina*. Buenos aires, Argentina.

Serra, J. (2009). *Guía técnica de eficiencia energética eléctrica*. Circutor S.A.

UPME. (s.f.). *si3ea*. Recuperado el 22 de Julio de 2016, de <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/factor.pdf>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## APÉNDICE

---

### Lista de apéndices.

---

1. Procedimiento general de mantenimiento.
2. Código de programación página de inicio de “Programa general de mantenimiento Dibtec S.A.S”
3. Código de programación página de programación de “Programa general de mantenimiento Dibtec S.A.S”
4. Código de programación página de Hoja de vida de “Programa general de mantenimiento Dibtec S.A.S”
5. Código de programación página de equipos Miller.
6. Código de programación página de pulidoras, tronzadora y esmeriles.
7. Código de programación página de inicio de “Relación de consumo con la carga”
8. Formatos de mantenimiento.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# APÉNDICE 1: Procedimiento general de mantenimiento.

---

## 1. OBJETIVOS.

- **General.**

Impactar la disponibilidad y el correcto funcionamiento de los equipos, máquinas y herramientas desde el mantenimiento preventivo, aportando de esta forma en la calidad final del producto y en la agilidad del proceso como tal.

### Específicos.

- Posicionar el mantenimiento como parte fundamental en la empresa.
- Mantener en buen estado de funcionamiento los equipos, máquinas y herramientas.
- Reducir paros no programados debido a fallas funcionales.
- Aumentar la productividad mediante el impacto en la disponibilidad de los activos.
- Fomentar a partir del área de mantenimiento la seguridad y salud en el trabajo.

## 2. ALCANCE.

Este programa aplica para los activos de la empresa descritos en el formato MT-FT-XXX, allí se encuentran los equipos máquinas y herramientas, anexo a lo anterior, las instalaciones eléctricas y estructurales también serán objeto del presente.

## 3. DEFINICIONES.

- 3.1. Mantenimiento preventivo:** Son las actividades programadas que se realizan con el fin de mantener y conservar una máquina, equipo o instalación en las condiciones deseadas de limpieza, estética y funcionamiento.
- 3.2. Mantenimiento correctivo:** Son las actividades no programadas que se realizan cuando una máquina, equipo o instalación presenta funcionamiento por fuera de los parámetros normales o establecidos, en otras palabras, cuando hay una avería o falla presente.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- 3.3. Falla funcional:** Es aquella que sucede cuando el sistema opera por fuera de parámetros normales o deseados; entonces, se considera que tiene una falla.
- 3.4. Reporte de falla:** Acción inmediata que debe ejecutarse al momento de evidenciar una falla, mal funcionamiento o avería en cualquier activo de la empresa.

#### **4. REQUERIMIENTOS GENERALES.**

##### **4.1. APLICATIVO DE MANTENIMIENTO.**

El área de mantenimiento cuenta con un aplicativo en Microsoft Excel®, es allí donde se registran las actividades realizadas en cada máquina a través del tiempo, el formato utilizado para ello se denomina “Hoja de vida equipos” codificado MT-FT-XXX.

El aplicativo también tiene la programación o el cronograma de mantenimientos, el formato asignado a ello se conoce como “Programación” y se codifica MT-FT-XXX.

##### **4.2. FORMATOS DE MANTENIMIENTO.**

###### **4.2.1. Reporte de fallas, averías o malos funcionamientos.**

En el momento en que se evidencia una falla, debe ser reportada por escrito en el formato dispuesto para ello y que tiene codificación MT-FT-XXX, en dicho formato, reposará información referida al equipo, una breve descripción de la falla, quien realiza el reporte, y la fecha de reporte.

###### **4.2.2. Baja de equipos y herramientas.**

Cuando un equipo sale de actividad, se debe utilizar el formato MT-FT-XXX referido a la baja de equipos y herramientas, y que contiene información del equipo, las razones de su baja y la disposición final del mismo.

###### **4.2.3. Requisiciones.**

Es un formulario que se encuentra en la red interna de la empresa y se diligencia con el fin de solicitar repuestos, insumos, elementos, etc.; la aprobación de lo anteriormente mencionado la realiza coordinación de proyectos (Para lo referido al área de mantenimiento).

Nota: Los demás formatos serán descritos en el desarrollo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## **5. DESARROLLO.**

### **5.1. Programación de actividades.**

El encargado de mantenimiento realiza la programación del mes en el formato dispuesto para ello, MT-FT-XXX. Se deben reprogramar las actividades que por algún motivo no se realizaron en el mes anterior, las consideraciones para lo anterior estarán dadas por la prioridad y el estado del equipo.

### **5.2. Notificación de la programación al proveedor de servicio.**

El encargado de mantenimiento debe notificar al proveedor de mantenimiento la programación realizada y acordada con el área de producción, se tendrá un colchón de 2 días para que el proveedor la apruebe y ponga en marcha.

### **5.3. Registro.**

Una vez realizado el mantenimiento, el proveedor brinda el reporte al encargado de mantenimiento y se procede a realizar el registro de la información, primero, actualizando la programación marcando con verde los realizados y con rojo los no realizados (Si los hay). Seguido, se debe registrar en el formato hoja de vida MT-FT-XXX correspondiente, para luego escanear los formatos y proceder a guardarlos en las carpetas físicas y electrónicas de cada equipo.

Para el caso de mantenimiento correctivo lo único que cambia es el color de actualización, es azul.

### **5.4. Mantenimiento correctivo.**

Inicia con el reporte de la falla, que posteriormente es analizada por el encargado de mantenimiento, quien gestiona la reparación por parte del personal operativo de la empresa y diligencia el formato de mantenimiento correctivo MT-FT-XXX; si se evidencia la necesidad de realizar mantenimiento externo, se gestiona de inmediato con el correspondiente proveedor de servicio técnico especializado.

Al finalizar el mantenimiento, se diligencia el formato de reporte del proveedor y se procede a registrarlo según lo descrito anteriormente.

### **5.5. Pendientes de mantenimiento.**

Una vez registrado el servicio y las actividades, se procede a diligenciar el formato de pendientes de mantenimiento codificado como MT-FT-XXX, éste será compartido en la

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

reunión semanal entre mantenimiento y producción, si es un pendiente que requiere de solución inmediata se procede notificando al proveedor de servicio técnico especializado.

**5.6. Medición de resultados.**

Se cuenta con el indicador de cumplimiento de la programación, que no es más que:

$$Cumplimiento [\%] = \frac{\text{Mantenimientos ejecutados}}{\text{Total de mantenimientos programados}} * 100\%$$

Nos indica el porcentaje de cumplimiento, es decir, la relación existente entre la ejecución y la programación.

Además, un indicador de inversión, en el formato Inversión codificado como MT-FT-XXX.

**6. APENDICE.**

**7. APROBACIÓN.**

REVISIÓN	RAZON DEL CAMBIO	FECHA	APROBÓ	
			NOMBRE	
			CARGO	

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## APÉNDICE 2: Código de programación página de inicio de “Programa general de mantenimiento Dibtec S.A.S”

---

```
Private Sub Baja de equipos_Click()
```

```
Sheets("BAJAEQUIPOS").Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Programación_Click ()
```

```
Sheets("PROGRAMACIÓN").Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Indicadores_Click()
```

```
Sheets("INDICADORES").Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Inversión_2016_Click()
```

```
Sheets("INVERSIÓN").Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Hoja de vida_Click()
```

```
Sheets("HOJADEVIDA").Select
```

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

End Sub

Private Sub Reportes\_Click()

Sheets("REPORTES").Select

End Sub

Private Sub Plan de mantenimiento\_Click()

Sheets("PLANDEMANTENIMIENTO").Select

End Sub

Private Sub Pendientes\_Click()

Sheets("PENDIENTESMTTO").Select

End Sub

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## APÉNDICE 3: Código de programación página de programación de “Programa general de mantenimiento Dibtec S.A.S”

---

Private Sub Hoja de vida\_Click()

Sheets("HOJADEVIDA").Select

End Sub

Private Sub INICIO\_Click()

Sheets("INICIO").Select

End Sub

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## APÉNDICE 4: Código de programación página de Hoja de vida de “Programa general de mantenimiento Dibtec S.A.S”

---

```
Private Sub AireAcondicionado2_Click()
Sheets("AIREACONDCS#2").Select
End Sub
```

```
Private Sub AireAcondicionado3_Click()
Sheets("AIREACONDCS#3").Select
End Sub
```

```
Private Sub AireAcondicionado4_Click()
Sheets("AIREACONDHB#1").Select
End Sub
```

```
Private Sub AireAcondicionado5_Click()
Sheets("AIREACONDLG#1").Select
End Sub
```

```
Private Sub AireAcondicionado6_Click()
Sheets("aireacondicionado #6").Select
End Sub
```

```
Private Sub Cizalla_Click()
Sheets("Ermak3100-10").Select
```

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

End Sub

Private Sub Compresor\_Almig\_Click()  
 Sheets("COMPRESORHELICOIDAL#1").Select  
 End Sub

Private Sub Compresor\_DEWALT\_Click()  
 Sheets("COMPRESOR DEWALT").Select  
 End Sub

Private Sub Compresor\_INDURA\_Click()  
 Sheets("COMPRESORDEPISTON-indura").Select  
 End Sub

Private Sub Compresor\_KAESER\_Click()  
 Sheets("COMPRESORHELICOIDAL#2").Select  
 End Sub

Private Sub Compresorpiston\_1\_Click()  
 Sheets("COMPRESORDEPISTON#1").Select  
 End Sub

Private Sub Compresorpiston\_2\_Click()  
 Sheets("COMPRESORDEPISTON#2").Select  
 End Sub

Private Sub Dobladora\_Click()  
 Sheets("ERMAK3100-200").Select

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

End Sub

Private Sub Durma\_Click()

Sheets("DOBLADORA DE PERFILES DURMA").Select

End Sub

Private Sub Equipos\_Revestida\_Click()

Sheets("EquiposRevestida").Select

End Sub

Private Sub Esmeril\_Click()

Sheets("ListaPulidoras").Select

End Sub

Private Sub INICIO\_Click()

Sheets("Inicio").Select

End Sub

Private Sub MesaCNC\_Click()

Sheets("MESAPLASMACNC").Select

End Sub

Private Sub MIG\_Click()

Sheets("EquiposMIG").Select

End Sub

Private Sub Moto\_soldador\_Click()

Sheets("MotosoldadorMiller").Select

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

End Sub

Private Sub Mototools\_Click()  
Sheets("ListaPulidoras").Select  
End Sub

Private Sub Multiusos\_GEKA\_Click()  
Sheets("MULTIUSOS-GEKA").Select  
End Sub

Private Sub Otros\_Click()  
Sheets("Otros").Select  
End Sub

Private Sub Pantografo\_Click()  
Sheets("PANTOGRAFOOPTICO").Select  
End Sub

Private Sub Plasma\_1250\_Click ()  
Sheets("EQUIOPLASMA1250").Select  
End Sub

Private Sub Plasma\_65\_Click()  
Sheets("EQUIOPLASMA65").Select  
End Sub

Private Sub Plasma1000\_Click()  
Sheets("EQUIOPLASMA1000").Select

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

End Sub

Private Sub PlasmaHSD130\_Click()

Sheets("EQUIPOPLASMA-HSD130").Select

End Sub

Private Sub Polipasto\_Click()

Sheets("POLIPASTO").Select

End Sub

Private Sub Programacion\_Click()

Sheets("Programacion").Select

End Sub

Private Sub Puentegrua\_Click()

Sheets("PUENTE GRÚA").Select

End Sub

Private Sub Pulidoras\_Click()

Sheets("ListaPulidoras").Select

End Sub

Private Sub Pulverizadora\_Click()

Sheets("PULVERIZADORAPIN#1").Select

End Sub

Private Sub Roladora\_Lamina\_Click()

Sheets("ROLADORA DE LAMINA").Select

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

End Sub

Private Sub RoladoraDAVI\_Click()  
 Sheets("ROLADORA DAVI MCB").Select  
 End Sub

Private Sub SierraCosen\_Click()  
 Sheets("Sierra sin fin COSEN").Select  
 End Sub

Private Sub Taladros\_Click()  
 Sheets("ListaTaladros").Select  
 End Sub

Private Sub Tronzadoras\_Click()  
 Sheets("TronzadorasDewalt").Select  
 End Sub

Private Sub Way\_Train\_Click()  
 Sheets("Sierra sin fin WAY-TRAIN").Select  
 End Sub

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## APÉNDICE 5: Código de programación página de equipos Miller.

---

Private Sub Hoja de vida\_Click()

Sheets("HOJADEVIDA").Select

End Sub

Private Sub INICIO\_Click()

Sheets("INICIO").Select

End Sub

Private Sub Miller\_210\_1\_Click()

Sheets("SOLDADORMILLER210#1").Select

End Sub

Private Sub Miller252\_1\_Click()

Sheets("SOLDADORMILLER252#1").Select

End Sub

Private Sub Miller252\_10\_Click()

Sheets("SOLDADORMILLER252#10").Select

End Sub

Private Sub Miller252\_12\_Click()

Sheets("SOLDADORMILLER252#12").Select

End Sub

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Private Sub Miller252\_2\_Click()  
 Sheets("SOLDADORMILLER252#2").Select  
 End Sub

Private Sub Miller252\_3\_Click()  
 Sheets("SOLDADORMILLER252#3").Select  
 End Sub

Private Sub Miller252\_4\_Click()  
 Sheets("SOLDADORMILLER252#4").Select  
 End Sub

Private Sub Miller252\_5\_Click()  
 Sheets("SOLDADORMILLER252#5").Select  
 End Sub

Private Sub Miller350\_6\_Click()  
 Sheets("SOLDADORMILLER350#6").Select  
 End Sub

Private Sub Miller350\_7\_Click()  
 Sheets("SOLDADORMILLER350#7").Select  
 End Sub

Private Sub Miller350\_8\_Click()  
 Sheets("SOLDADORMILLER350#8").Select  
 End Sub

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Private Sub Miller350\_9\_Click()

Sheets("SOLDADORMILLER350#9").Select

End Sub

Private Sub MillerXMT350\_11\_Click()

Sheets("SOLDADORMILLERXMT350 #11").Select

End Sub

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## APÉNDICE 6: Código de programación página de pulidoras, tronzadora y esmeriles.

---

```
Private Sub ATRAS_Click()
```

```
Sheets("HOJADEVIDA").Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub esm1_Click()
```

```
Sheets("ESMERIL#1").Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Esm2_Click()
```

```
Sheets("ESMERIL#2").Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub INICIO_Click()
```

```
Sheets("Inicio").Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mtg3_Click()
```

```
Sheets("MOTORTULGRANDE#3").Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mtp1_Click()
```

```
Sheets("MOTORTULGRANDE#1").Select
```

```
End Sub
```

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

```
Private Sub mtp2_Click()
Sheets("MOTORTULPEQUEÑO#2").Select
End Sub
```

```
Private Sub PG14_Click()
Sheets("PULIDORAGRANDE#14").Select
End Sub
```

```
Private Sub PG15_Click()
Sheets("PULIDORAGRANDE#15").Select
End Sub
```

```
Private Sub PG16_Click()
Sheets("PULIDORAGRANDE#16").Select
End Sub
```

```
Private Sub PG17_Click()
Sheets("PULIDORAGRANDE#17").Select
End Sub
```

```
Private Sub PG18_Click()
Sheets("PULIDORAGRANDE#18").Select
End Sub
```

```
Private Sub PG19_Click()
Sheets("PULIDORAGRANDE#19").Select
End Sub
```

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Private Sub PG20\_Click()  
Sheets("PULIDORAGRANDE#20").Select  
End Sub

Private Sub PG21\_Click()  
Sheets("PULIDORAGRANDE#21").Select  
End Sub

Private Sub PG22\_Click()  
Sheets("PULIDORAGRANDE#22").Select  
End Sub

Private Sub PG23\_Click()  
Sheets("PULIDORAGRANDE#23").Select  
End Sub

Private Sub PG24\_Click()  
Sheets("PULIDORAGRANDE#24").Select  
End Sub

Private Sub PG25\_Click()  
Sheets("PULIDORAGRANDE#25").Select  
End Sub

Private Sub PG26\_Click()  
Sheets("PULIDORAGRANDE#26").Select  
End Sub

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Private Sub PG27\_Click()  
 Sheets("PULIDORAGRANDE#27").Select  
 End Sub

Private Sub PG7\_Click()  
 Sheets("PULIDORAGRANDE#7").Select  
 End Sub

Private Sub Polichadora\_Click()  
 Sheets("Polichadora #1").Select  
 End Sub

Private Sub PP10\_Click()  
 Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#10").Select  
 End Sub

Private Sub PP13\_Click()  
 Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#13").Select  
 End Sub

Private Sub PP14\_Click()  
 Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#14").Select  
 End Sub

Private Sub PP15\_Click()  
 Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#15").Select  
 End Sub

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Private Sub PP16\_Click()  
Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#16").Select  
End Sub

Private Sub PP17\_Click()  
Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#17").Select  
End Sub

Private Sub PP18\_Click()  
Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#18").Select  
End Sub

Private Sub PP19\_Click()  
Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#19").Select  
End Sub

Private Sub PP20\_Click()  
Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#20").Select  
End Sub

Private Sub PP21\_Click()  
Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#21").Select  
End Sub

Private Sub PP22\_Click()  
Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#22").Select  
End Sub

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

```
Private Sub PP23_Click()
Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#23").Select
End Sub
```

```
Private Sub PP24_Click()
Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#24").Select
End Sub
```

```
Private Sub PP25_Click()
Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#25").Select
End Sub
```

```
Private Sub PP26_Click()
Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#26").Select
End Sub
```

```
Private Sub PP27_Click()
Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#27").Select
End Sub
```

```
Private Sub PP28_Click()
Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#28").Select
End Sub
```

```
Private Sub PP29_Click()
Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#29").Select
End Sub
```

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Private Sub PP3\_Click()  
 Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#3").Select  
 End Sub

Private Sub PP6\_Click()  
 Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#6").Select  
 End Sub

Private Sub PP7\_Click()  
 Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#7").Select  
 End Sub

Private Sub PP8\_Click()  
 Sheets("PULIDORAPEQUEÑA#8").Select  
 End Sub

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## APÉNDICE 7: Código de programación página de inicio de archivo “Relación de consumo con la carga”.

---

```
Private Sub Cargas típicas_Click()
Sheets("Cargas típicas").Select
End Sub
```

```
Private Sub Parámetros eléctricos_Click()
Sheets("Parámetros eléctricos").Select
End Sub
```

```
Private Sub Potencia activa_Click()
Sheets("Potencia activa").Select
End Sub
```

```
Private Sub Línea base_Click()
Sheets("Línea base de consumo").Select
End Sub
```

```
Private Sub Modelo matemático_Click()
Sheets("Modelo matemático").Select
End Sub
```

```
Private Sub Factor de potencia_Click()
```

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Sheets("Factor de potencia").Select

End Sub







	SEMANA 10											
	SEMANA 11											
	SEMANA 12											
ABRIL	SEMANA 13											PROMEDIO MENSUAL DE NO PROGRAMADOS CON RESPECTO A MTTO TOTAL EJECUTADO
	SEMANA 14											
	SEMANA 15											
	SEMANA 16											
MAYO	SEMANA 17											
	SEMANA 18											
	SEMANA 19											
	SEMANA 20											
JUNIO	SEMANA 21											
	SEMANA 22											
	SEMANA 23											
	SEMANA 24											
JULIO	SEMANA 25											PROMEDIO MENSUAL DE NO PROGRAMADOS
	SEMANA 26											
	SEMANA 27											
	SEMANA 28											
AGOSTO	SEMANA 29											
	SEMANA 30											
	SEMANA 31											
	SEMANA 32											
SEPTIEMBRE	SEMANA 33											
	SEMANA 34											

	SEMANA 35										
	SEMANA 36										
OCTUBRE	SEMANA 37										PROMEDIO MENSUAL DE EJECUTADOS
	SEMANA 38										
	SEMANA 39										
	SEMANA 40										
	SEMANA 41										
NOVIEMBRE	SEMANA 42										
	SEMANA 43										
	SEMANA 44										
	SEMANA 45										
DICIEMBRE	SEMANA 46										
	SEMANA 47										
	SEMANA 48										
	TOTALES	48									

**ANÁLISIS DE RESULTADOS:**



INFORME FINAL DE  
TRABAJO DE GRADO

Código	FDE 089
Versión	03
Fecha	2015-01-22

--

RECOMENDACIONES PARA EL SIGUIENTE AÑO:

--

REALIZACIÓN		REVISIÓN		APROBACIÓN	FECHA
Nombre:		Nombre:		Nombre:	
Cargo:		Cargo:		Cargo:	





INFORME FINAL DE  
TRABAJO DE GRADO

Código	FDE 089
Versión	03
Fecha	2015-01-27

<b>FORMATO</b>				Pág 1 de 1
<b>INVERSIÓN ANUAL DE MANTENIMIENTO</b>				Revisión Nro.: 27062016-0
				MT-FT-XXX
<b>Año:</b>	<b>Centro de costos:</b>	<b>Responsable:</b>	<b>Presupuesto mensual:</b>	
<b>ENERO</b>				
				<b>GRÁFICO COSTOS VS TIEMPO</b>
<b>Fecha</b>	<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>	
<b>TOTAL</b>				
<b>FEBRERO</b>				<b>GRÁFICO COSTOS VS TIEMPO</b>

Fecha	Equipo	Descripción	Costo	
<b>TOTAL</b>				
<b>MARZO</b>				<b>GRÁFICO COSTOS VS TIEMPO</b>
Fecha	Equipo	Descripción	Costo	

<b>TOTAL</b>				
<b>ABRIL</b>				<b>GRÁFICO COSTOS VS TIEMPO</b>
<b>Fecha</b>	<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>	
<b>TOTAL</b>				
<b>MAYO</b>				<b>GRÁFICO COSTOS VS TIEMPO</b>
<b>Fecha</b>	<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>	

			<b>TOTAL</b>	
<b>JUNIO</b>				<b>GRÁFICO COSTOS VS TIEMPO</b>
<b>Fecha</b>	<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>	

<b>TOTAL</b>				
<b>JULIO</b>				<b>GRÁFICO COSTOS VS TIEMPO</b>
<b>Fecha</b>	<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>	
<b>TOTAL</b>				
<b>AGOSTO</b>				<b>GRÁFICO COSTOS VS TIEMPO</b>
<b>Fecha</b>	<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>	

<b>TOTAL</b>				
<b>SEPTIEMBRE</b>				<b>GRÁFICO COSTOS VS TIEMPO</b>
<b>Fecha</b>	<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>	
<b>TOTAL</b>				

OCTUBRE				GRÁFICO COSTOS VS TIEMPO
Fecha	Equipo	Descripción	Costo	
<b>TOTAL</b>				
NOVIEMBRE				GRÁFICO COSTOS VS TIEMPO
Fecha	Equipo	Descripción	Costo	

			<b>TOTAL</b>	
<b>DICIEMBRE</b>				<b>GRÁFICO COSTOS VS TIEMPO</b>
<b>Fecha</b>	<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>	
			<b>TOTAL</b>	
<b>INFORME</b>				

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Gasto total en mantenimiento:		<b>OBSERVACIONES:</b>
Mes de mayor gasto:		
Mes de menor gasto:		
Gasto más significativo:		
<b>APROBACIÓN</b>		
Presentado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha:	Fecha:	Fecha:
<b>COMENTARIOS, SUGERENCIAS Y/O OBSERVACIONES:</b>		





	<b>FORMATO</b>	Pág. 1 de 1
	<b>REPORTE DE FALLAS, AVERÍAS O MALOS FUNCIONAMIENTOS</b>	Revisión Nro.: 01072016-0
		MT-FT-XXX

**PLANTA:** Nota: Si la falla es grave y requiere de acción inmediata por favor diligenciar el formato e informar directamente al encargado de mtto.

	Máquina o instalación	Avería o falla	¿Quién reporta?	Fecha de reporte	Supervisor enterado del reporte	Mantenimiento
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

FIRMA ESTUDIANTES Mario Ortiz

FIRMA ASESOR [Handwritten Signature]

FECHA ENTREGA: 15/11/2016

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO\_\_\_      ACEPTADO\_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_