



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



**IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA
ENERGÍA EN LA EMPRESA MONTANA GRÁFICA, FILIAL DEL GRUPO
CORIMON S.A.**

Tutor Académico:

Prof. Milagros Peña

Tutores Industriales:

Ing. Luisa Salazar

Ing. Armando Canelón

Autores

ABRAMOF, Aron. E-82.276.219

MANOSALVA, Daniel. V-19181883

BÁRBULA, MAYO DE 2011

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA

**IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA
ENERGÍA EN LA EMPRESA MONTANA GRÁFICA, FILIAL DEL GRUPO
CORIMON S.A.**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA.**

Tutor Académico:

Prof. Milagros Peña

Tutores Industriales:

Ing. Luisa Salazar

Ing. Armando Canelón

Autores

ABRAMOF, Aron. E-82.276.219

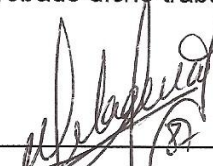
MANOSALVA, Daniel. V-19181883

BÁRBULA, MAYO DE 2011


UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes miembros del jurado asignado para evaluar el trabajo especial de grado titulado **"IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA EN LA EMPRESA MONTANA GRÁFICA, FILIAL DEL GRUPO CORIMON S.A."**, realizado por los bachilleres: Aron Abramof y Daniel Manosalva, cédulas de identidad: **E-82.276.219** y **19.181.883** respectivamente, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.


Firma
Milagros Peña
Tutor


Firma
Luisa Salazar
Jurado


Firma
Verner Hornebo
Jurado

BÁRBULA, MAYO 2011

Agradecimientos

Agradecemos a Dios primero que nada por ser nuestra guía. A la Universidad de Carabobo y a las amistades que allí hicimos por compartir conocimientos y lecciones.

A nuestra tutora académica Ing. Milagros Peña, por su apoyo durante toda nuestra carrera y la Ing. Eva Monagas por aportar sus valiosos conocimientos para la realización de este trabajo.

Agradecemos a los profesores de la Universidad Simón Bolívar, Ing. Luisa Salazar, Ing. José M. Aller e Ing. Alexander Bueno, por brindarnos la oportunidad de desarrollar este trabajo en conjunto, apoyándonos en todo momento y confiando en la capacidad de cada uno de nosotros, dejándonos esta experiencia imborrable.

Damos las gracias al Grupo Corimon S.A. por creer en nuestro potencial para la realización de este trabajo, a sus trabajadores el Ing. Armando Canelón, Ing. Ormad Castillo, Ing. Luis Tovar, Ing. Oliver Hernández, Sr. Rubén Quintero, Sr. Carlos Carrero y Sr. Carlos Mendoza, por proporcionarnos todas las herramientas y facilidades requeridas en su momento. Agradecemos en especial al Sr. Eleazar Nuñez técnico electricista de la planta, por su paciencia, apoyo y dedicación, durante todas las actividades realizadas en la empresa.

Agradecemos a nuestros padres David, Claudete, Antonio y Olga; a nuestras hermanas Reisy, Fanny y Andrea; y amistades cercanas, por apoyarnos incondicionalmente y depositar su confianza en nosotros durante toda nuestra carrera.

Finalmente a nuestros compañeros Eduardo García y Eduardo Guerra, por su apoyo y por haber contribuido a crear un excelente ambiente de trabajo.

Índice General

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Objetivo General.....	5
1.3. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Justificación.....	6
1.5. Delimitaciones.....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes.....	9
2.2. Bases Teóricas.....	13
2.2.1. Eficiencia Energética.....	13
2.2.2. Indicadores Energéticos.....	14
2.2.3. Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE).....	16
2.2.3.1. Decisión estratégica.....	17
2.2.3.2. Caracterización energética.....	18
2.2.3.3. Compromiso de la alta gerencia.....	18
2.2.3.4. Alineación organizacional.....	18
2.2.3.5. Estructura Tecno-organizativa.....	18
2.2.3.6. Instalación del Sistema de gestión integral de la energía en la empresa.....	19
2.2.3.6.1. Establecimiento de indicadores.....	19
2.2.3.6.2. Determinación de variables de control.....	20
2.2.3.6.3. Establecimiento del sistema de monitoreo.....	20
2.2.3.6.4. Diagnóstico energético.....	21
2.2.3.6.4.1. Diagnóstico energético de nivel 1.	21
2.2.3.6.4.2. Diagnóstico energético de nivel 2.	22
2.2.3.6.5. Programa de mantenimiento dirigido a la eficiencia.....	22
2.2.3.6.6. Plan de medidas de nula, baja, media y alta inversión.....	23
2.2.3.7. Gestión organizacional del SGIE.....	23
2.2.3.7.1. Preparación del personal.....	23
2.2.3.7.2. Documentación del SGIE	24
2.2.3.7.2.1. Procedimientos.....	24
2.2.3.7.2.2. Registros.....	24
2.2.3.7.3. Auditoría Interna.....	25
2.2.4. Información Básica para la implementación del sistema de gestión integral de la energía en una empresa.....	25

2.2.5.	Potencial de Ahorro.....	26
2.2.6.	Circuito Equivalente de un Motor de Inducción.....	27
2.2.6.1.	Pérdidas en el Motor de Inducción.....	28
2.2.7.	Factibilidad Económica.....	29
2.2.7.1.	Valor Presente Neto (VPN).....	29
2.2.8.	Herramientas de Análisis para la implantación del SGIE.....	30
2.2.8.1.	Gráficos de Control.....	30
2.2.8.1.1.	Utilidad de los Gráficos de Control.....	32
2.2.8.2.	Gráfico de consumo y producción en el tiempo (E – P vs T).....	32
2.2.8.2.1.	Utilidad de el Gráfico E – P vs T.....	33
2.2.8.3.	Gráfico de consumo – producción (E vs. P).....	33
2.2.8.3.1.	Utilidad de los Diagramas E vs. P.....	35
2.2.8.4.	Diagrama de Índice de consumo – Producción (IC vs P).....	35
2.2.8.5.	Diagrama de Pareto.....	37
2.2.8.5.1.	Utilidad del Diagrama de Pareto.....	38
2.2.8.6.	Algoritmo de Matlab para Evaluación de Motores.....	38
2.3.	Definición de Términos Básicos.....	39
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO		42
3.1	Tipo de Investigación.....	42
3.2	Diagrama de flujo de actividades.....	44
3.3	Entrevista con representantes de la Universidad de Carabobo (UC) y Universidad Simón Bolívar (USB.).....	47
3.4	Inducción en la empresa Montana Gráfica.....	47
3.5	Diagnostico Energético.....	47
3.5.1	Identificación de Áreas y Procesos.....	47
3.5.1.1.	Elaboración de Flujogramas de Procesos.....	47
3.5.2	Realizar Censo de Carga Conectada.....	48
3.5.2.1.	Censo de Maquinaria.....	48
3.5.2.2.	Censo de Luminarias.....	49
3.5.2.3.	Censo de Artefactos de Oficinas.....	50
3.5.3	Estimar la Carga total de la planta.....	50
3.5.4	Identificación de Tableros de Distribución.....	51
3.5.5	Actualización y Elaboración de Diagramas Unifilares.....	51
3.5.6	Medición de Cargas Representativas e identificación de Potenciales de ahorro.....	52
3.5.6.1.	Realización de Diagramas de Pareto de Carga Conectada....	52
3.5.6.2.	Medición de Maquinaria y Transformadores.....	53
3.5.6.3.	Medición de Iluminación.....	54
3.6	Caracterización Energética.....	54
3.6.1.	Estimación de Consumo Energético.....	54
3.6.2.	Realización de diagramas de Pareto con el consumo mensual estimado.....	55
3.6.3.	Almacenar datos de producción y facturación eléctrica mensual.....	55
3.6.4.	Elaboración de Gráfico Energía-Producción vs. Tiempo.....	56
3.6.5.	Elaboración de Gráfico de Control.....	56

3.6.6.	Elaboración de Gráfico Energía vs Producción.....	56
3.6.7.	Establecimiento del Gráfico Meta de Energía vs Producción.....	56
3.6.8.	Elaboración de Gráfico de Índice de Consumo vs Producción.....	57
3.6.9.	Determinar Eficiencia de Equipos y Maquinaria.....	57
3.6.9.1.	Determinar curva característica de operación de los motores.....	57
3.6.9.2.	Determinar Pérdidas y Eficiencia de Equipos.....	57
3.6.9.3.	Realizar índices de producción versus consumo energético de las máquinas de producción.....	58
3.6.10.	Analizar resultados y proponer medidas.....	58
CAPÍTULO IV. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		59
4.1	Descripción de Áreas y Procesos.....	59
4.1.1	Identificación de Áreas.....	59
4.1.2	Identificación de Procesos.....	60
4.1.3	Flujogramas de Procesos.....	62
4.2	Caracterización Energética.....	65
4.2.1.	Elaboración de Gráfico de Control.....	65
4.2.2.	Elaboración de Gráfico Energía-Producción vs. Tiempo.....	68
4.2.3.	Elaboración de Gráfico Energía vs Producción.....	69
4.2.4.	Establecimiento del Gráfico Meta de Energía vs Producción.....	71
4.2.5.	Elaboración del Gráfico de Índice de Consumo vs Producción.....	73
4.2.6.	Censo de Carga Conectada.....	74
4.2.7.	Identificación de Potenciales de Ahorro.....	83
4.3	Medición de los Potenciales de Ahorro e Iluminación.....	87
4.3.1	Medición de Iluminación.....	87
4.3.2	Medición de Motores Independientes, Compresores y Chillers.....	89
4.3.3	Medición de Maquinarias y Transformadores.....	93
4.3.4	Realización de Diagramas de Pareto con el consumo energético mensual estimado.....	104
4.4	Establecer y evaluar medidas de ahorro energético en iluminación, motores independientes, equipos y maquinaria en la empresa.....	109
4.4.1.	Evaluación del sistema de iluminación.....	109
4.4.1.1	Iluminación en Oficinas.....	110
4.4.1.2	Iluminación de Planta.....	113
4.4.2.	Evaluación de eficiencia en los motores independientes, chillers y compresores.....	115
4.4.3.	Evaluación de índices de consumo energético de las máquinas en el área de Rotograbado.....	119
4.4.4.	Evaluación de índices de consumo energético de las máquinas en el área de Laminado.....	121
4.4.5.	Evaluación de de las máquinas en el área de Cortado.....	127
4.4.6.	Evaluación de de las máquinas en el área de Cilindros.....	127
4.4.7.	Evaluación de los Equipos de Refrigeración de Agua (Chillers).....	131
4.4.8.	Evaluación del Sistema de Climatización.....	133
4.4.8.1	Equipos de Aire Acondicionado.....	133
4.4.8.2	Unidades de Manejo de Aire (UMA).....	136

4.4.9. Evaluación de Compresores de Aire.....	136
4.4.10. Evaluación de Equipos de Oficina.....	139
4.5 Adición de las Medidas Propuestas al Gráfico Meta de Energía vs Producción.	140
4.6 Evaluación Económica del Proyecto.....	143
4.6.1. Factibilidad Económica.....	147
4.6.1.1. Factibilidad económica de la inversión inicial del proyecto con respecto a las medidas propuestas SIN inversión.....	147
4.6.1.2. Factibilidad Económica de la sustitución de motores.....	148
4.6.1.3. Factibilidad Económica de la sustitución de luminarias.....	152
CAPÍTULO V. RESUMEN PROPUESTAS	155
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	162
6.1. Conclusiones.....	162
6.2. Recomendaciones.....	168
APÉNDICE A. PLANO FÍSICO	172
APÉNDICE B. DIVISIÓN DE ÁREAS	173
APÉNDICE C. FLUJOGRAMAS DE PROCESOS	174
APÉNDICE D. DIAGRAMAS UNIFILARES	178
APÉNDICE E. MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN	185
APÉNDICE F. CENSO DE MOTORES INDEPENDIENTES	188
APÉNDICE G. ALGORITMO PARA EVALUACIÓN DE MOTORES	191
APÉNDICE H. GRÁFICOS DE MOTORES INDEPENDIENTES	196
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	203

Índice de Figuras

	Pág
1.1	Distribución de la Capacidad Instalada en Venezuela..... 2
1.2	Demanda de potencia promedio del SEN período 2002-2012..... 2
1.3	Diagrama Unifilar General..... 4
2.1	Circuito equivalente del motor de Inducción..... 27
2.2	Potencias presentes en el motor de inducción..... 28
2.3	Ejemplo de Gráfico de Control..... 32
2.4	Ejemplo de Gráfico de Energía - Producción vs. Tiempo..... 33
2.5	Ejemplo de un Gráfico de Consumo vs. Producción..... 34
2.6	Ejemplo de un Gráfico de Índice de Consumo vs. Producción..... 37
2.7	Ejemplo de un Diagrama de Pareto..... 37
4.1	Flujograma General de Proceso de Producción..... 62
4.2	Gráfico de Control en Montaña Gráfica..... 67
4.3	Gráfico de Energía-Producción vs Tiempo..... 68
4.4.A	Gráfico de Energía vs Producción (Dic.08 – Agos.09)..... 70
4.4.B	Gráfico de Energía vs Producción (Dici.08 – Agos.09)..... 70
4.5	Gráfico Meta - Energía vs Producción..... 72
4.6	Gráfico Índice de Consumo vs Producción..... 73
4.7	Diagrama Unifilar Transformador #4 de la S/E #2..... 81
4.8.A	Diagrama de Pareto de Carga Conectada del Proceso de Cilindros... 84
4.8.B	Diagrama de Pareto de Carga Conect. del Proceso de Rotograbado. 84
4.8.C	Diagrama de Pareto de Carga Conectada del Proceso de Laminación, Metalización y Embozado..... 85
4.8.D	Diagrama de Pareto de Carga Conectada del Proceso de Cortado..... 86
4.8.E	Diagrama de Pareto de Carga Conect. del área de Serv. Industriales. 86
4.9.A	Diagrama Fasorial de Tensión (VN-12)..... 90
4.9.B	Diagrama Fasorial de Corriente (VN-12)..... 90
4.9.C	Tensión, Corriente y HertZ (VN-12)..... 90
4.9.D	Desequilibrio (VN-12)..... 90
4.9.E	Corriente vs Tiempo (VN-12)..... 90
4.9.F	Potencia Activa vs Tiempo (VN-12)..... 90
4.9.G	Potencia, Energía y Tiempo de Medición (VN-12)..... 91
4.10.A	Diagrama Fasorial de Tensión (Rotomec 5)..... 95
4.10.B	Diagrama Fasorial de Corriente (Rotomec 5)..... 95
4.10.C	Tensión, Corriente y HertZ (Rotomec 5)..... 95
4.10.D	Desequilibrio (Rotomec 5)..... 95
4.10.E	Corriente vs Tiempo (Rotomec 5)..... 95
4.10.F	Potencia Activa vs Tiempo (Rotomec 5)..... 95
4.10.G	Potencia, Energía y Tiempo de Medición (Rotomec 5)..... 96

4.11.A	Diagrama Fasorial de Tensión (Transformador #2).....	101
4.11.B	Diagrama Fasorial de Corriente (Transformador #2).....	101
4.11.C	Tensión, Corriente y Hertz (Transformador #2).....	101
4.11.D	Desequilibrio (Transformador #2).....	101
4.11.E	Corriente vs Tiempo (Transformador #2).....	101
4.11.F	Potencia Activa vs Tiempo (Transformador #2).....	101
4.11.G	Potencia, Energía y Tiempo de Medición (Transformador #2).....	102
4.12	Distribución de Carga Medida en los Transformadores.....	103
4.13.A	Diagrama de Pareto de consumo Mensual (kWh) Serv. Industriales...	105
4.13.B	Diagrama de Pareto de Consumo Mensual (kWh) en el área de Rotograbado.....	105
4.13.C	Diagrama de Pareto de Consumo Mensual (kWh) en el área de Laminado, Metalizado y Embozado.....	106
4.13.D	Diagrama de Pareto de Consumo Mensual (kWh) en el área de Cortado.....	107
4.13.E	Diagrama de Pareto de Consumo Mensual (kWh) en el área de Cilindros.....	118
4.14	Luminaria Especular de 3x32 W.....	112
4.15	Fugas y deterioro de aislamiento térmico en el sistema de tuberías de refrigeración de agua.....	132
4.16	Porcentaje de Horas de Trabajo y Energía Consumida al mes por compresores de aire.....	138
4.17.A	Nuevo Gráfico Meta – Energía vs Producción – Propuestas sin Inversión.....	142
4.17.B	Nuevo Gráfico Meta – Energía vs Producción – Todas las Propuestas.....	143
4.18.A	Distribución del ahorro energético mensual por concepto de propuestas sin inversión.....	145
4.18.B	Distribución del ahorro energético mensual para todas propuestas.....	146
4.19	Flujos Netos de la sustitución de la Bomba Chiller5 A.....	150
4.20	Flujos Netos de la Sustitución de Luminarias.....	153
5.1	Distribución del Ahorro Energetico.....,,,,,	160
A.1	Plano Físico de la Empresa.....	172
B.1	División de Áreas Físicas.....	173
C.1	Flujograma de proceso del área de cilindros.....	174
C.2	Flujograma de proceso del área de Tintas.....	175
C.3	Flujograma de proceso del área de Rotograbado.....	175

C.4	Flujograma de proceso del área de Metalizado.....	176
C.5	Flujograma del Proceso de Laminado.....	176
C.6	Flujograma del Proceso de Corte y Acabado.....	177
D.1	Leyenda de los Diagramas Unifilares.....	178
D.2	Diagrama Unifilar de Transformador N°1.....	179
D.3	Diagrama Unifilar de Transformador N°2.....	180
D.4	Diagrama Unifilar de Transformador N°3.....	181
D.5	Diagrama Unifilar de Transformador N°5.....	182
D.6	Diagrama Unifilar de Transformador N°6.....	183
D.7	Diagrama Unifilar de Transformador N°7.....	184
H.1	Gráfico Par vs Deslizamiento del Presurizador Pasillo Sheeter.....	196
H.2	Eficiencia Par vs Deslizamiento del Presurizador Pasillo Sheeter.....	197
H.3	Gráfico Par vs Deslizamiento del Presurizador Pasillo Kroenert.....	197
H.4	Gráfico de Eficiencia Par vs Deslizamiento de Presurizador Kroenert....	198
H.5	Gráfico Par vs Deslizamiento del Extractor VN3.....	198
H.6	Gráfico de Eficiencia Par vs Deslizamiento del Extractor VN3.....	199
H.7	Gráfico Par vs Deslizamiento de Bomba Chiller 5.....	199
H.8	Gráfico de Eficiencia Par vs Deslizamiento de Bomba Chiller 5.....	200
H.9	Gráfico Par vs Deslizamiento de Bomba Chiller 1/2/3.....	200
H.10	Gráfico de Eficiencia Par vs Deslizamiento Bomba Chiller 1/2/3.....	201
H.11	Gráfico Par vs Deslizamiento UMA cobrizado.....	201
H.12	Gráfico de Eficiencia Par vs Deslizamiento de UMA cobrizado.....	202

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo principal, implementar el Sistema de Gestión Integral de la Energía en la empresa Montana Gráfica, Grupo Corimon S.A. en este, se encuentra plasmada toda la evaluación del sistema eléctrico que actualmente posee la empresa, esto con la finalidad de plantear medidas y recomendaciones que contribuyan a el uso eficiente de la energía. Esta investigación es de tipo descriptiva, documental, sustentada en un trabajo de campo realizado en las instalaciones de la empresa, en donde se analizaron los diferentes procesos de producción (cilindros, rotograbado, laminado, metalizado, y cortado) además de los servicios industriales. Utilizando equipos medidores de calidad de energía y con los datos suministrados con respecto a las horas de trabajo de los equipos, se pudo realizar una estimación del consumo mensual de la empresa resultando el proceso de rotograbado como el que más impacta en la facturación de electricidad sin embargo, este está comprendido por grandes maquinarias con aproximadamente 70 motores con una función automatizada, por lo que, al igual que en laminación, su análisis se restringió al cálculo de índices de consumo (Ton/kWh) con el que se puede priorizar el uso de maquinarias por encima de otras que realicen la misma función, resultando en el caso de rotograbado las máquinas Rotomec 4 y 5 las más eficientes, en laminado la Simplex. El trabajo cuenta también con la evaluación de iluminación la cual se realizó con un medidor de Lux y utilizando referencia a la norma europea UNE, además de la proposición de medidas para la disminución del consumo energético por este concepto. El análisis de la característica de consumo arroja puntos óptimos de consumo con los cuales se establece un gráfico de Energía vs Producción llamado Meta. Se utiliza un algoritmo desarrollado por profesores de la U.S.B. bajo el ambiente MatLab para el análisis de motores. Aplicando toda las acciones que en este trabajo se proponen el consumo mensual se disminuiría en 138.024,84 kWh, se estaría hablando de alrededor del 25% de ahorro con respecto a un consumo promedio.



Introducción

Los cambios climáticos y el acelerado crecimiento de la demanda energética, ha conllevado a que el mundo se concientice acerca del uso racional de la electricidad, que en su mayoría se genera con la quema de combustibles fósiles que emiten CO₂ al ecosistema. El uso de energías renovables como el agua, el viento o el calor emitido por el sol, son una de las alternativas ecológicas aplicadas hoy en día, sin embargo enfocarse sólo en la sector producción de electricidad no es la solución, es necesario disminuir pérdidas y despilfarro de energía para así obtener un sistema eléctrico más sano, evitando inversiones innecesarias en la construcción de centrales generadoras y la alta emisión de gases dañinos al ambiente.

Actualmente, en Venezuela existe una situación particular en cuanto al Sistema Eléctrico Nacional (S.I.N.) ya que, por diversas razones, no hay la capacidad suficiente para abastecer la demanda en su totalidad, lo que ocasiona interrupciones del servicio que a su vez se traduce en pérdidas económicas para el sector industrial y comercial.

Este trabajo intenta realizar un aporte al ambiente y a la difícil situación del S.I.N. al analizar el sistema eléctrico de la empresa Montana Gráfica, perteneciente al Grupo Corimon S.A. planteando medidas cuyo objetivo principal es optimizar y disminuir la demanda de electricidad que ésta actualmente registra, tratando de superar las barreras económicas que en la gran mayoría de los casos impide la ejecución de muchos proyectos de eficiencia energética, por lo que este trabajo se enfoca primordialmente al ahorro de energía, en lugar de la obtención alguna ganancia monetaria.

En el capítulo I llamado “El Problema” se plantean los objetivos principales y específicos que persigue este trabajo, además se presenta el planteamiento de la problemática actual y su justificación, en el capítulo II se

Introducción

S.G.I.E Montana Gráfica, Grupo Corimon S.A.



presenta el marco teórico necesario para la comprensión de este estudio además de las herramientas utilizadas durante el mismo. En el capítulo III se detallan los pasos realizados para el desarrollo de los objetivos planteados.

El capítulo IV, está dividido en 3 partes, la primera presenta la caracterización energética en donde se muestra el comportamiento actual de la empresa, en la segunda se pueden observar las mediciones realizadas en iluminación y motores, y en la tercera, se realiza el análisis y evaluación de las mediciones y de lo observado en la planta durante el desarrollo del trabajo, de manera tal de proponer acciones a tomar por parte de la empresa que conduzcan a un ahorro energético.

El capítulo V “Resumen de Medidas Propuestas”, se muestra un resumen de todas las medidas o acciones a tomar, además de la contribución de cada una de ellas al valor total de ahorro. En el capítulo VI “Conclusiones y Recomendaciones” se concluye acerca de todo el estudio, destacando los aspectos más importantes y también se plantean las recomendaciones para que el aporte hacia el ahorro energético sea mayor.



CAPÍTULO I.

El Problema

1.1 Planteamiento del Problema

La evolución del hombre a través de los años ha comprendido en gran parte el desarrollo de tecnologías que hagan mucho más fácil su día a día; pasó de emplear su fuerza muscular al uso de diversas fuentes energéticas como el agua, fuego, vapor, entre otros, llegando al esquema energético del presente, en donde la quema de combustibles fósiles juega un papel importante. Cabe destacar que esta fuente energética es finita y contaminante en alto grado. Muchas son las plantas generadoras de electricidad que la usan como fuerza motriz para poder abastecer la demanda eléctrica, esto implica una alta emisión de gases a la atmósfera terrestre que afectan el ecosistema. Además de la contaminación hay que tener en cuenta que la escasez de petróleo en un futuro representará un gran problema energético a nivel mundial, por lo que la disminución del consumo eléctrico implica ahorro de esta importante fuente de energía. *El inicio del tercer milenio representa para la humanidad la encrucijada de una nueva elección energética, frente al agotamiento de los combustibles fósiles por una parte, pero sobre todo, por la amenaza de una catástrofe ecológica, al rebasarse los límites de la capacidad del planeta para asimilar su impacto.* [1]

La sociedad venezolana, en líneas generales, no se ha caracterizado por tener una cultura hacia el ahorro energético, debido a que en el pasado, las grandes riquezas del país han podido sustentar una oferta muy por

encima de la demanda nacional en cuanto al servicio eléctrico se refiere. Sin embargo, en los últimos años, gracias a la aparición de largos períodos de sequía afectando directamente a la generación hidráulica, que es la principal fuente de energía eléctrica del país (Ver Figura 1.1); esto aunado al crecimiento exponencial de la población y de los diversos sectores industriales y comerciales, se ha visto incrementada considerablemente la demanda eléctrica la cual entre el 2.002 y 2.009 aumentó en un 38,08% y que en promedio aumenta en 4,78% con respecto al año anterior (Ver Figura 1.2), esta situación ha dado un giro no solo a la situación energética sino también, al impacto ambiental que produce y a la reducción de las reservas de petróleo.

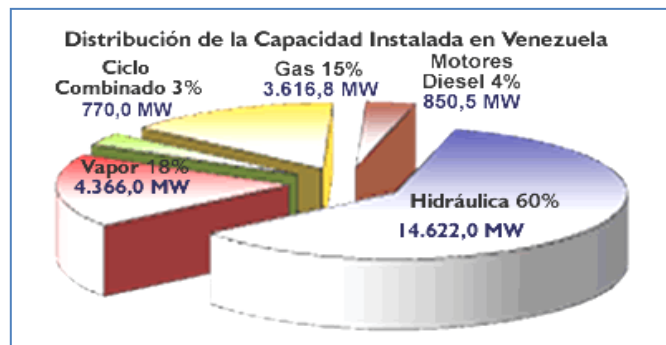


Figura 1.1. Distribución de la capacidad instalada en Venezuela en el año 2.010. [2]

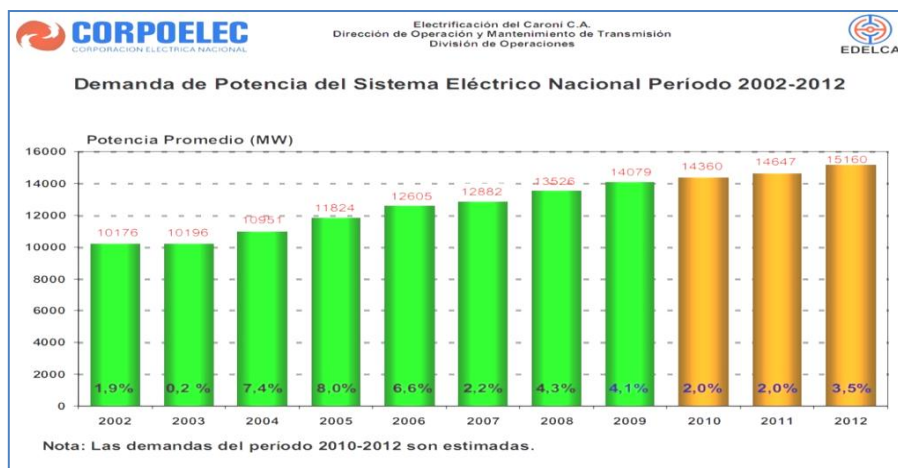


Figura 1.2 Demanda de potencia promedio del SEN período 2.002-2.012.[3]

Hoy en día, por diversas razones, no existe la capacidad de generar la potencia suficiente para abastecer de electricidad a toda la población, por lo que el Gobierno Nacional estableció una normativa, publicada en Gaceta Oficial N° 39.332 [4], que exige la disminución del 20% del consumo energético a los diversos sectores productivos, comerciales y residenciales. Es por ello que surge la necesidad de implantar nuevos planes de concientización acerca del uso eficiente de la energía, con el propósito de disminuir el consumo irracional de la misma.

La ineficiencia en la gestión de energía es un factor que afecta a la mayoría de las industrias, señalados como el sector de mayor consumo eléctrico, contribuyendo a las grandes emisiones de gases dañinos de medioambiente y la reducción de las reservas de petróleo. A nivel económico, el uso indebido y poco eficiente del servicio eléctrico afecta directamente, por una parte a la producción, ya que las paradas de planta causadas por fallas eléctricas, representan una disminución considerable en la cantidad de productos manufacturados, y por otra, consumir más energía de la que realmente se aprovecha aumenta los costos fijos mensuales.

La empresa Montana Gráfica, filial del Grupo Corimon S.A. se dedica a la elaboración de empaques y etiquetas flexibles para diversos productos de alto consumo como alimentos, bebidas, golosinas, entre otros. Se encuentra ubicada en Mariara Edo. Carabobo, cuenta con unos 30.000 m² de construcción. Para observar el plano físico de la planta véase el apéndice A. Su sistema eléctrico viene alimentado por una línea trifásica de 13.8kV suministrada por la empresa Corpoelec, la cual tiene como llegada tres subestaciones internas, equipadas con un total de siete transformadores trifásicos ofreciendo una potencia nominal de hasta 6.590 kVA, estos reducen la tensión a 460V, 440V o 220V, dependiendo de la unidad, en la

figura 1.3 se muestra el diagrama unifilar. La planta posee un consumo mensual promedio de unos 730.000 kWh y su demanda contratada se ubica en 1.860 kVA datos que han sido tomados de la facturación de Corpoelec para la empresa.

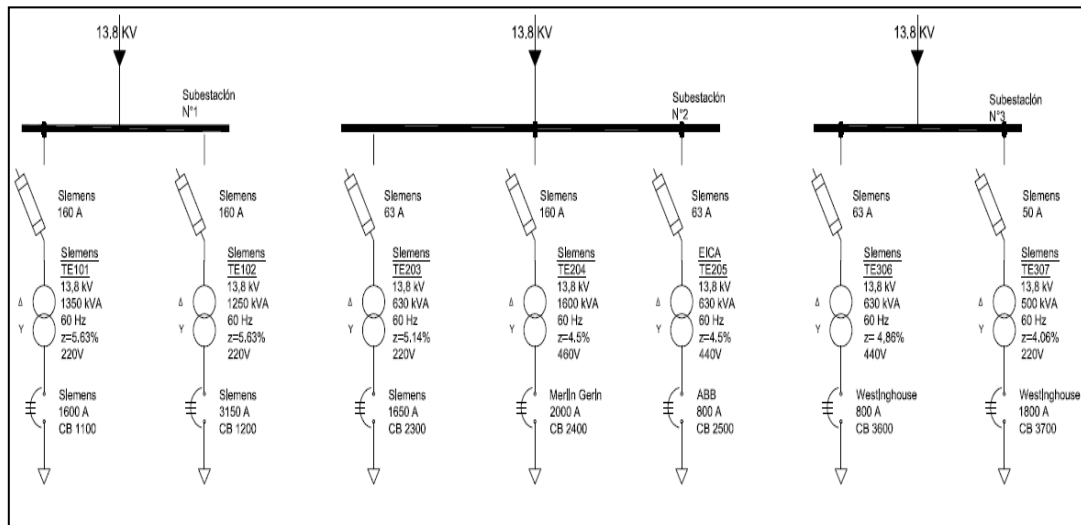


Figura 1.3 Diagrama Unifilar General.

Montana Gráfica entra en la clasificación de alto consumidor, ya que factura por encima de 30.000 kWh/mes [5]. Como se puede apreciar se trata de una fábrica con un consumo energético considerable y la misma experimenta los síntomas típicos de organizaciones que no son proactivas con el uso moderado de energía (alumbrado de alto consumo y equipos que son relativamente ineficientes en comparación con nuevas tecnologías), las decisiones y estrategias que toma la gerencia en cuanto a la optimización del consumo no han sido tan efectivas como se esperaba, por lo que la implantación de un Sistema de Gestión Integral tendría un impacto más significativo en cuanto al uso eficiente de la energía.

Para entender exactamente en qué se basa un Sistema de Gestión Integral de la Energía (S.G.I.E.), se debe aclarar que se entiende por eficiencia energética, y no es más que utilizar los mínimos recursos energéticos posibles para lograr un objetivo propuesto, ya sea un producto, realizar un proceso, o cualquier otra actividad que requiera el consumo de energía. Esto se logra mediante las acciones tomadas por productores o consumidores para reducir el uso de energía por unidad de producto o servicio, sin afectar la calidad del mismo [1].

Se entiende por un Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE) aquellos procedimientos y actividades estructuradas, que se integran al modelo de gestión organizacional de la empresa, con el objetivo de alcanzar el mínimo consumo y costo de energía posible a través de un proceso rentable de mejora continua de los hábitos y las tecnologías y cuyos resultados conduzcan a una cultura energético ambiental que se verifique en el incremento de la productividad o la competitividad y la reducción del impacto ambiental [6].

1.2 Objetivo General

- ✓ Implementar un Sistema de Gestión Integral de Energía en la empresa Montana Grafica, filial de Corimon S.A., ubicada en Mariara Edo. Carabobo.

1.3 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar un diagnóstico energético en la empresa Montana Gráfica, filial de Corimon S.A., identificando procesos, censando la carga conectada, elaborando diagramas unifilares, realizando mediciones de

cargas con un analizador de variables eléctricas y calidad de energía, para encontrar potenciales de ahorros energéticos, económicos y de disminución del impacto ambiental.

- ✓ Realizar la caracterización energética de la empresa, haciendo el uso de gráficos como: energía-producción vs tiempo, control, energía vs producción, metas e índices de consumo.
- ✓ Evaluar características energéticas de motores independientes, equipos y maquinaria en la planta.
- ✓ Realizar propuestas, sugerencias y recomendaciones en base al estudio hecho que permitan disminuir el uso ineficiente de la energía en la empresa.

1.4 Justificación

La empresa Montana Gráfica, filial del Grupo Corimon S.A., presenta la problemática relacionada al uso ineficiente de la energía, por lo que la implantación del SGIE, proporcionará un monitoreo completo de su sistema eléctrico, lo que se traduce en identificar áreas o procesos en los que se acentúe el malgasto de la energía, requiriendo la realización de cambios hacia nuevas estrategias o tecnologías que eleven su eficiencia, de esta manera la empresa, al reducir su consumo energético, libera carga al sistema interconectado nacional permitiendo la conexión de nuevos usuarios sin hacer nuevas inversiones a nivel de generación, además de disminuir el impacto ambiental ocasionado por las plantas generadoras de electricidad.

La empresa, al darle importancia al tema de reducción del consumo de energía, crea un gran aporte cultural, ya que sirve como ejemplo a sus trabajadores para que estos apliquen medidas similares sus vidas cotidianas.

Adicionalmente, disminuir la energía consumida trae como beneficio económico a la empresa, la reducción de costos debido a este concepto, permitiendo productos a menores precios, haciéndola más competitiva en el mercado.

La aplicación de nuevas estrategias o tecnologías para realizar un determinado proceso, fortalece a la empresa en el ámbito gerencial ya que siempre se estarán analizando nuevas propuestas y nuevos métodos de operación, siempre en búsqueda de una mejora continua.

El desarrollo de este tipo de proyecto, a nivel académico, es de suma importancia, ya que fortalece la línea de investigación perteneciente al Dpto. de Potencia titulada Calidad de Energía y Eficiencia Energética, de la Escuela de Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Carabobo. También se estrecharon las relaciones ente la Universidad Simón Bolívar y la Universidad de Carabobo, ya que trabajando en conjunto se lograron los objetivos para la implantación del SGIE.

Es necesario resaltar la gran importancia de que las empresas como Montana Gráfica, acudan a los centros universitarios para la realización de este tipo de proyectos, ya que los beneficios académicos, de extensión e investigación, son numerosos, además de la experiencia laboral adquirida por estudiantes y profesores involucrados en el trabajo.

1.5 Delimitaciones

La implementación del SGIE en la empresa Montana Gráfica, Filial del Grupo Corimon S.A., consta de tres etapas: la decisión de estrategias, la instalación y la operación del mismo. Este proyecto cubre las dos primeras, ya que la fase operación queda como labor de la empresa, por lo tanto, se

Capítulo I. El Problema

S.G.I.E Montana Gráfica, Grupo Corimon S.A.



abarca todo lo que respecta al análisis exhaustivo del sistema eléctrico (capacidad instalada, de la carga total conectada y del consumo estimado de la empresa), además de la realización de propuestas de planes y proyectos, que ayuden a la reducción del consumo y no tengan un impacto negativo en su producción las cuales pudieran ser medidas de corto, mediano y largo plazo, que traerían como consecuencia un ahorro en costos por motivo de compra de energía y el uso más eficiente y ecológico de la misma.

CAPÍTULO II.

Marco Teórico

2.1 Antecedentes

A continuación se citan trabajos realizados que se relacionan con el objeto de estudio:

GUEVARA, Siulmar (2010) DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN EL HOTEL ALBA CARACAS.[7] Este trabajo realizado en conjunto entre profesores y estudiantes de la Universidad Simón Bolívar, tiene como principal objetivo analizar con profundidad los hábitos de consumo de energía del Hotel Alba Caracas, para realizar esto, se aplicó un procedimiento de diagnóstico energético del hotel, que explica con exactitud cómo se caracteriza el consumo del mismo, ubicando puntos de desperdicio de energía, así como cuantificar el nivel de ahorro energético de las medidas establecidas por la gerencia y poder establecer recomendaciones que pudieran requerir o no, de algún tipo de inversión monetaria, trayendo como beneficio llevar a un mejor manejo y control de la energía eléctrica. El principal aporte de esta investigación han sido las referencias bibliográficas aportadas, ya que estas fueron muy útiles al momento de realizar la implantación del S.G.I.E. en la empresa Montana Gráfica.

ORTA, Julio (2010) DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN EL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA ELECTRICIDAD DE CARACAS.[8] Este trabajo realizado en conjunto entre profesores y estudiantes de la Universidad Simón

Bolívar, tiene como objetivo analizar con profundidad los hábitos de consumo energético del edificio principal de la Electricidad de Caracas, para ello se requirió hacer un análisis del sistema energético del mismo, realizando censo de cargas, analizando calidad de energía, registrando tendencias de consumo, identificando potenciales de ahorro para luego recomendar acciones que harán más eficiente el consumo de energía en el edificio descrito anteriormente. Esta investigación si bien se enfoca en una localidad con distintas características a la empresa Montana Gráfica, ha servido de referencia debido a que de igual forma se requiere realizar en primera instancia un diagnóstico energético completo en la empresa, con el fin de obtener una base de datos necesaria para la implantación de un SGIE. Un gran aporte de este proyecto ha sido el procedimiento para la adquisición de datos necesarios para realizar el diagnóstico energético y la organización de los mismos, para luego establecer con claridad los puntos de ahorro energético más significativos.

CAMPOS, Juan. PRÍAS, Omar. QUISPE, Enrique. VIDAL, Juan. LORA, Edgar. (COLOMBIA, 2008) EL MGIE, UN MODELO DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA EL SECTOR PRODUCTIVO NACIONAL.[9] En este trabajo divulgado por la Universidad Autónoma del Occidente, ubicada en Cali, Colombia, se propone un modelo de gestión energética para el sector productivo colombiano, denominado modelo de gestión integral de la energía (MGIE). Éste, ha sido desarrollado al considerar las experiencias de gestión energética nacionales e internacionales en los últimos quince años y el estado de desarrollo del sector productivo nacional colombiano. El trabajo como lo describe su nombre, es un modelo que sirve de referencia para la implantación en una empresa, de un sistema de gestión integral de la energía (SGIE) y cuyo objetivo principal será reducir el consumo energético y sus costos. Dicho modelo se va adaptando de acuerdo a las necesidades,

recursos y limitaciones que posee la empresa en donde se implemente. Este proyecto ha servido como la base principal para la implantación de un sistema de gestión de la energía en la empresa Montana Gráfica, ya que en base a este modelo, se han definido las estrategias y pasos de cómo lograr los objetivos propuestos, es decir, definición de las etapas a seguir para la implantación del sistema de gestión de la energía, los documentos necesarios para la implantación del mismo, estrategias de promulgar la gestión energética en la empresa, concientización de los trabajadores en relación al ahorro energético, así como pasos a seguir para el monitoreo del SGIE.

CAMPOS AVELLA, Juan Carlos. (COLOMBIA) AHORRO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO.[10] Este proyecto realizado por la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia (UPME) en conjunto con el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y Tecnología (COLCIENCIAS), tiene como principal objetivo hacer un enfoque en los potenciales de ahorro existentes en la industria del cemento, ya que en este tipo de industria el impacto de la energía eléctrica en el costo del producto final es de suma importancia. Gran parte del proceso requiere un alto consumo energético por parte de los motores para la molienda, que en ocasiones pueden llegar hasta el 40% del consumo eléctrico de la planta. Para ubicar los principales potenciales de ahorro, este trabajo parte en primera instancia en describir los tipos de cementos que se producen, las diferentes tecnologías existentes para la producción del cemento, así como describir el proceso de producción del cemento en un diagrama de bloques en el cual se identifican las distintas fases del proceso y las materias primas utilizadas en cada una de las fases. Con este último paso es posible describir la distribución de energía eléctrica consumida en cada una de las etapas del proceso de producción, para a partir de allí identificar los potenciales de

ahorro en la industria del cemento. El aporte principal de este proyecto es la utilización de diagramas de flujo del proceso de producción, ya que estos son de suma importancia al momento de determinar los principales consumidores de energía eléctrica en un proceso, de igual forma poder cuantificar el impacto de la energía en el producto final. En el proyecto de implantación de un SGIE en la empresa Montana Gráfica, fueron desglosados varios procesos que se realizan en ella para lograr el producto final, se elaboraron diagramas de flujos de proceso que incluyen las etapas y materias primas utilizadas en cada proceso, para posteriormente con el censo de carga poder cuantificar el impacto de la energía en cada etapa del proceso de producción de la empresa.

MONTESINOS, Johan. MARIANO, Rony. (2010) ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA ENSAMBLADORA DE VEHÍCULOS CHRYSLER DE VENEZUELA LLC.[11] Este trabajo realizado en conjunto entre estudiantes y docentes de la Universidad de Carabobo, tiene como objetivo principal realizar una auditoría energética en la empresa Chrysler de Venezuela, con el propósito de mejorar la eficiencia energética en la empresa. Para lograr esto, se realizaron censos de carga, se registraron tendencias de consumo y se identificaron los potenciales de ahorro para luego proponer medidas alternativas de ahorro en base a los resultados obtenidos y a la rentabilidad de los mismos. La realización de este trabajo fue muy organizada, por lo que el aporte de este trabajo fue seguir como ejemplo la estructura con la que este se realizó en cuanto al planteamiento de medidas en las diversas áreas de consumo.

GARCIA, Eduardo. GUERRA, Eduardo. (2011) IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA. CASO: CORIMON PINTURAS, RESIMON Y CERDEX; EMPRESAS PERTENECIENTES AL GRUPO

CORIMON S.A.[12] Es trabajo realizado en conjunto entre estudiantes y docentes de la Universidad de Carabobo con la participación de docentes de la Universidad Simón Bolívar, tiene como propósito implantar un Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE) en las empresas filiales del Grupo Corimon S.A. Cerdex, Resimon y Corimon Pinturas. En este trabajo se identificó la caracterización energética de las empresas, se realizaron censos de carga, se identificaron potenciales de ahorro en ellas, para luego pasar a la parte de medición de estos potenciales, y una vez obtenido los resultados se realizó un análisis para proponer recomendaciones en búsqueda de una mejor eficiencia energética en la empresa. Este trabajo sirvió de soporte en varios ámbitos, pero su aporte principal para la implantación del SGIE en Montana Gráfica fue la metodología con que se realizó el análisis financiero del proyecto.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Eficiencia Energética

La energía es fundamental en la realización de procesos o para producir cierto efecto, por lo tanto al incrementar el consumo de energía para realizar cada vez mas actividades, se disminuyen a mayor rapidez los recursos naturales del planeta, causando un gran impacto en el medio ambiente, por lo que ha surgido hoy en día una gran de necesidad de hacer un uso eficiente de la energía.

La eficiencia energética puede definirse como la: “reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso”. [13]

La eficiencia energética implica lograr los requisitos establecidos por el cliente con el menor gasto energético posible y la menor contaminación ambiental por este concepto [8].

Para poder conocer si se está haciendo un uso eficiente de la energía, es necesario hacer un análisis en el uso de la misma y en la manera en que se consume. Para realizar dicha actividad se utilizan los diagnósticos energéticos, que más adelante se explicaran en detalles [8].

2.2.2 Indicadores Energéticos

La gestión energética implica una medición periódica de las variables del proceso como base para encontrar las eficiencias y los consumos, además permite analizar las condiciones de operación actuales y calcular sus indicadores, definir metas de mejoramiento y revisar el comportamiento en el tiempo, plantear y evaluar posibles ahorros y mejoras, y tomar decisiones de control. Los indicadores energéticos son muy valiosos para registrar, comentar y analizar periódicamente un cierto proceso, y el análisis de sus comportamientos históricos es el que permite descubrir ciertas oportunidades de mejora [14].

Dichos indicadores permiten medir cuán óptimo se utiliza la energía para producir una unidad de producto. Los Indicadores de Eficiencia Energética adoptan diferentes formas dependiendo de los objetivos buscados, de modo que existen indicadores económicos, tecno-económicos o indicadores de ahorro energético [14].

En relación con la profundidad del análisis, mientras mayor sea el nivel de agregación de la información utilizada, los indicadores pueden englobar diversos efectos. A medida que el nivel de desagregación aumenta, la

influencia de los cambios estructurales disminuye, por lo que es más posible identificar las variables que afectan a la eficiencia energética y comprender de mejor manera la evolución en los consumos agregados de energía [14].

Las características básicas que deben tener los indicadores son, que sean confiables, periódicos, desagregados, que cubran los parámetros básicos, de manera que faciliten la evaluación del sector y evalúen los resultados frente a objetivos y/o metas [14].

Los indicadores de forma general son parámetros de medición que agrupan generalmente más de una variable básica que caracteriza un evento, a través de formulaciones matemáticas sencillas, permitiendo una fácil comprensión de las causas, comportamiento y resultados de una actividad.

De esta forma fue definido por el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) [15], al igual que los tres tipos de indicadores energéticos utilizados, los cuáles se mencionan a continuación:

- **Índices de consumo:**

Energía consumida / Producción realizada o servicios prestados.

Energía consumida / Área construida.

- **Índices de Eficiencia:**

Energía teórica / Energía real.

Energía producida / Energía consumida.

- **Índices Económico-Energéticos:**

Gastos Energéticos / Gastos Totales.

Gastos energéticos/ Ingresos.

Energía total consumida / Valor de la producción total realizada.

2.2.3 Sistema de gestión integral de la energía (SGIE)

El sistema de gestión integral de la energía es el conjunto de procedimientos y actividades estructuradas que integra los componentes del sistema organizacional de la empresa, para alcanzar el consumo mínimo de energía [6].

El modelo de gestión integral, según [6], se desarrolla en tres etapas fundamentales:

- Decisión estratégica
- Instalación del Sistema de gestión integral de la energía en la empresa
- Operación del Sistema de gestión integral de la energía en la empresa

Estas etapas se implementan en forma de sistema con el propósito de aprovechar integralmente todos los recursos disponibles en la empresa y analizar en forma estratégica a la organización en función de la eficiencia con impacto en la productividad y en la consolidación de una cultura [16]. Para la implementación del SGIE en la empresa, según [16], se deben cumplir por cada etapa ciertas actividades que se esquematizan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Actividades y Etapas de S.G.E.I.

<i>Etapas</i>	<i>Actividades</i>
I	1. Caracterización energética
	2. Compromiso de alta gerencia.
	3. Alineación organizacional.
	4. Estructura Tecno-organizativa.
II	5. Establecimiento de Indicadores.
	6. Determinación de variables de control.
	7. Establecimiento del sistema de monitoreo.
	8. Diagnóstico Energético.
	9. Programa de mantenimiento dirigido a la eficiencia.
	10. Plan de medidas de nula, baja, media y alta inversión.
	11. Gestión organizacional de SGIE.
	12. Preparación del Personal.
	13. Documentación del SGIE.
	14. Auditoría Interna.
III	15. Seguimiento y divulgación de indicadores.
	16. Seguimiento y evaluación de buenas prácticas.
	17. Implementación de programas y proyectos de mejoras.
	18. Plan de Entrenamiento y evaluación del personal.
	19. Chequeos de gerencia.
	20. Evaluación de resultados.
	21. Ajustes.

2.2.3.1 Decisión estratégica

En esta etapa se identifica el estado actual de la empresa, las metas globales y los impactos en la productividad, el medio ambiente, la utilidad, los gastos operacionales, el rendimiento y las ventas de la implementación de un sistema de gestión integral de la energía [16].

2.2.3.2 Caracterización energética.

Se realiza mediante una identificación global del estado actual de la Empresa en cuanto a la administración y al uso eficiente de la energía. Dicha identificación consiste de la aplicación de herramientas de caracterización para la determinación del potencial de ahorro total por reducción de la variabilidad operacional, de la planeación de la producción y de la mejora de la capacidad técnica - organizativa de la empresa para administrar la energía en forma eficiente [16].

2.2.3.3 Compromiso de la alta gerencia.

Se presenta el estado actual de la empresa a la alta gerencia, se establecen los compromisos de tiempos, tareas y de reducción de costos energéticos, se determinan los requisitos para implementar el SGIE en la empresa y el plan de negocios con base en resultados. Se establecen los compromisos generales de la gerencia durante la instalación y operación del sistema [16].

2.2.3.4 Alineación organizacional.

Se presenta por la gerencia a todas las áreas de la compañía involucradas los objetivos, plazos, resultados esperados del SGIE y métodos de trabajo que se utilizarán. Se hace énfasis en la participación, responsabilidades y los compromisos del personal de la empresa para el exitoso desempeño del trabajo [16].

2.2.3.5 Estructura Tecno-organizativa.

Se realiza un Análisis de los unifilares de distribución de energía primaria y secundaria en la empresa, análisis o elaboración de los censos de

carga de energía, Diagrama de Pareto de consumo de la empresa por energéticos, análisis o confección del flujograma del proceso productivo, identificación de posibles centros de costo energético, evaluación de la infraestructura de medición de los diferentes energéticos por centros de costo, identificación de las áreas y equipos claves de la empresa, familiarización con la estructura orgánica de mando de la empresa, con los procesos y procedimientos del sistema organizacional que aplica la empresa para su funcionamiento [16].

2.2.3.6 Instalación del Sistema de gestión integral de la energía en la empresa

A continuación se presenta la secuencia de instalación del SGIE en la empresa y una descripción de cada paso.

2.2.3.6.1 Establecimiento de indicadores.

Se realiza la aplicación de una metodología de caracterización en cada centro de costo energético a través de gráficos de correlación, identificación de la línea base o meta, gráficos de control del índice de consumo, determinación de la “producción crítica” por procesos y gráficos de tendencia para el monitoreo, gráficos base 100 [16].

También en esta actividad se hace Validación o cambio de los indicadores actuales, definición de nuevos indicadores, establecimiento de metas alcanzables, establecimiento de gráficos de tendencia y base 100 en cada centro de costo, gráfico de Pareto de pérdidas de la empresa, Árbol de indicadores base 100, gráfico de evaluación del presupuesto, grafica de Pareto de pérdidas absolutas y recuperables por áreas y a nivel de empresa [16].

2.2.3.6.2 Determinación de variables de control.

En esta actividad se hace identificación de variables de control o eventos que impactan los consumos energéticos en cada centro de costo o subprocesos de los centros de costo de la empresa, además Se realizan talleres con los operadores de cada turno de trabajo para desarrollar los mapas de navegación de los procesos productivos y mapas conductuales, identificar y validar las variables de control e identificar acciones, procedimientos o proyectos para el seguimiento o control de las variables identificadas. En este proceso se deben utilizar los mecanismos de estimulación a la generación de ideas y proyectos de innovación y aprovechar la experiencia del recurso humano en la empresa. Se hace en cada centro de costo y a nivel de empresa para las áreas de gestión táctica siguientes: operación, coordinación, mantenimiento, producción. Clasificación y reducción de variables, acciones, procedimientos y proyectos [16].

2.2.3.6.3 Establecimiento del sistema de monitoreo.

Consiste en establecer en cada centro de costo el sistema de monitoreo de la eficiencia energética del proceso. Este sistema se compone de: Software o herramienta de monitoreo. Indicadores a monitorear, variables a monitorear, valores estándares, tiempo e intervalos de monitoreo, gráficos de resultados, reportes de resultados, sistema de información y divulgación de resultados, responsable del monitoreo y equipo de mejora. El equipo de mejora es el que se encarga de analizar los resultados diarios del monitoreo y adoptar las acciones correctivas o preventivas requeridas [16].

Este proceso de control se puede realizar de diferentes formas. En los sistemas de control energético es recomendable utilizar el método de control selectivo. La selección de las áreas y equipos se realiza sobre la base de la

estructura de consumo y de pérdidas energéticas de la empresa. Se cubre el 20% de las áreas o equipos que provocan el 80% de las posibles pérdidas energéticas en la empresa. Este método incluye el control por excepción, o sea, dentro de estas áreas o equipos se priorizan aquellas que tienen tendencia a las mayores desviaciones [16].

2.2.3.6.4 Diagnóstico energético.

De acuerdo a la profundidad y alcance del diagnóstico energético se acostumbra a clasificarlo en diferentes grados o niveles, normalmente se utilizan los siguientes dos niveles [1]:

2.2.3.6.4.1 Diagnóstico energético de nivel 1:

Consiste esencialmente en una recolección de información y su análisis, poniendo el énfasis fundamental en la identificación de fuentes de posible mejoramiento en el uso de la energía [1].

El diagnóstico energético de nivel 1, se centra en el análisis de los equipos y sistemas de conversión primaria y distribución de energía, los equipos auxiliares, sin abarcar los procesos tecnológicos. Analiza principalmente sistemas tales como generación y distribución de vapor, generación y suministro de electricidad, sistemas de refrigeración, aire acondicionado, agua, aire comprimido, iluminación, etc. [1]

Ofrece una visión detallada de los patrones de utilización y costos de la energía y permite definir un conjunto de medidas de ahorro, evaluadas técnica y económicamente. Proporciona la información necesaria para un diagnóstico de nivel 2 [1].

2.2.3.6.4.2 Diagnóstico energético de nivel 2:

Este tipo de diagnóstico abarca todos los sistemas energéticos, tanto equipos de conversión primaria y distribución, como del proceso tecnológico. Incluye además, los aspectos de mantenimiento y control automático relacionados con el ahorro y uso eficiente de la energía [1].

Estos diagnósticos se realizan con el objetivo de identificar las oportunidades, las soluciones y las medidas o proyectos de ahorro energético en los equipos y procesos claves de la empresa [6].

Para ello se realizan las siguientes actividades: definición de áreas y equipos de diagnóstico. Definición de balances de masa y energía y pruebas a equipos y sistemas a realizar. Diagnóstico a los estándares de operación, regímenes de trabajo típicos, nivel de instrumentación, lazos de control y automatización, la planeación de la producción, planeación e indicadores del mantenimiento, al estado técnico de los equipos, nivel de automatización y control, nivel tecnológico, a los efluentes energéticos y al uso de la energía y el agua. Listado de oportunidades clasificadas en: gestión, instrumentación, control y automatización, estado técnico, mejoras tecnológicas, recuperación de energía. Validación de las oportunidades identificadas con especialistas de la empresa. Listado de soluciones y medidas correspondientes a las oportunidades clasificadas. Validación de soluciones con especialistas de la empresa [6].

2.2.3.6.5 Programa de mantenimiento dirigido a la eficiencia.

Con el objetivo de fortalecer capacidades y competencias en el desarrollo de los procesos asociados a la vigilancia tecnológica para la toma de decisiones estratégicas que ayuden al desarrollo, innovación e

incorporación de nuevas tecnologías eficientes y cambios en los procesos, se requiere la conformación de redes de conocimiento integrada por expertos, grupos de investigación, gremios, centros de desarrollo tecnológico, entre otros actores, con capacidad de análisis del entorno que contribuyen en la definición de escenarios de futuro y actualización permanente del estado del arte de las tecnologías asociadas a los procesos medulares de la empresa con mayor consumo de energía e impacto en la productividad [6].

2.2.3.6.6 Plan de medidas de nula, baja, media y alta inversión

En este paso se hace la Identificación y valoración técnica, económica, ambiental y financiera de medidas a corto, mediano y largo plazo. Clasificación de las medidas sin cambios tecnológicos y con estos. Clasificación de medidas por recuperación de la inversión, inversión inicial y tiempo de ejecución [1].

2.2.3.7 Gestión organizacional del SGIE.

A partir de aquí se comienza a Definir o actualizar la entidad colectiva asesora para la gestión energética (Comité, Junta, Equipo de mejora etc.) con la finalidad de Establecer funciones, responsabilidades y autoridades, Definir una política energética, Objetivos y Metas de consumo y de reducción de pérdidas.

2.2.3.7.1 Preparación del personal.

Para este paso se debe hacer la identificación del personal clave de la empresa. Se identifican necesidades de competencias del personal, se hace un plan de preparación del personal, un plan de evaluación de calificación, competencias y de estimulación del desempeño del personal, entrenamiento

al personal en buenas prácticas de operación y mantenimiento, entrenamiento al personal en nuevas metodologías de gerenciamiento energético en la industria, entrenamiento al personal para la comprensión y administración del SGIE, entrenamiento del personal para el auto diagnóstico y mantenimiento dirigido a la eficiencia de los equipos claves en el consumo energético característico de la empresa [6].

2.2.3.7.2 Documentación del SGIE.

Según [6], se hace la documentación del SGIE, estableciendo Procedimientos y Registros.

2.2.3.7.2.1 Procedimientos

- ✓ Procedimiento de Comunicación.
- ✓ Procedimiento de Control y de modificación de Documentos del SGIE.
- ✓ Procedimiento para la Compra de energía.
- ✓ Procedimiento para la ejecución de Acciones Correctivas y Preventivas.
- ✓ Procedimiento para la Auditoría periódica al SGIE.
- ✓ Procedimiento para elaborar Instrucciones de Trabajo del SGIE (instrucciones de operación, de mantenimiento, de producción etc.).

2.2.3.7.2.2 Registros

- ✓ Resultados de las revisiones de la Gerencia al SGIE.
- ✓ Análisis y decisiones tomadas por la Gerencia sobre modificaciones, expansiones o compra de equipos, sistemas o procesos que impactan significativamente el uso de la energía.

- ✓ Evaluación de Ofertas de Proveedores de energéticos.
- ✓ Evaluación de los Contratos definitivos de compra de energía.
- ✓ Cambios de Procedimientos establecidos.
- ✓ Justificación de Acciones Correctivas y Preventivas.
- ✓ Resultados de las auditorias al SGIE.
- ✓ Actividades de entrenamiento al personal vinculado con la energía.
- ✓ Actividades de los equipos de mejora.

2.2.3.7.3 Auditoría Interna.

Se establece la metodología de la auditoria, haciendo Revisión de cumplimiento de requerimientos, identificando inconformidades, Estableciendo acciones correctivas y preventivas para luego hacer seguimiento y cumplimiento de acciones correctivas [6].

2.2.4 Información Básica para la implementación del sistema de gestión integral de la energía en una empresa

A continuación se presenta, según [6], la Información Básica para la implementación del SGIE en una empresa.

- ✓ Flujograma del proceso productivo y sistemas auxiliares.
- ✓ Censo de carga de equipos por portador energético.
- ✓ Estructura contable de la empresa. Centros de costo actuales de la empresa.
- ✓ Datos de diseño de operación de los equipos y procesos principales consumidores.
- ✓ Actividades de mantenimiento de diseño de los equipos y procesos mayores consumidores.

- ✓ Unifilares térmicos y eléctricos de los energéticos primarios y secundarios.
- ✓ Estructura de medición de los consumos de los portadores energéticos primarios y secundarios.
- ✓ Estructura de medición de los subproductos, productos semielaborados y elaborados de la empresa.
- ✓ Organización o estructura administrativa de la empresa.
- ✓ Costos actualizados de los portadores energéticos primarios.
- ✓ Costo unitario de los portadores energéticos secundarios.
- ✓ Diagrama de la gestión organizacional de la empresa.
- ✓ Estructura de costos de producción de la empresa. Impacto de los costos de energía en los costos de producción.
- ✓ Indicadores actuales de consumo, costos, eficiencia y gestión energética que tiene la empresa.
- ✓ Métodos actuales de evaluación de la gestión energética de la empresa.
- ✓ Contratos de compra de energéticos primarios.
- ✓ Manual de los sistemas de gestión organizacional implementados en la empresa. (Calidad, Talento Humano, Mantenimiento, Seguridad y Salud Ocupacional, Gestión ambiental, Gestión Tecnológica).
- ✓ Informes anteriores de diagnósticos energéticos o auditorios energéticos.

2.2.5 Potencial de ahorro

Para una actividad específica, el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) [1] clasifica en varias categorías el potencial de ahorro.

Potencial teórico: el cual está determinado por las leyes termodinámicas que gobiernan las transformaciones energéticas desde la energía primaria hasta el trabajo final.

Potencial técnico: el cual está determinado por el estado del arte de la tecnología, por lo que depende del momento en que se evalúe.

Potencial económico: que establece el ahorro que se puede alcanzar con resultado económico positivo en las inversiones energéticas necesarias para alcanzarlo.

Potencial comercial: que determina el punto en que las inversiones en eficiencia energética son más atractivas que en otras áreas.

2.2.6 Circuito Equivalente de un Motor de Inducción.

El circuito equivalente de un motor asíncrono tiene como objetivo obtener un red que explique el comportamiento de la maquina visto desde el estator [17]. En la figura 2.1 se muestra el circuito equivalente para un motor de inducción.

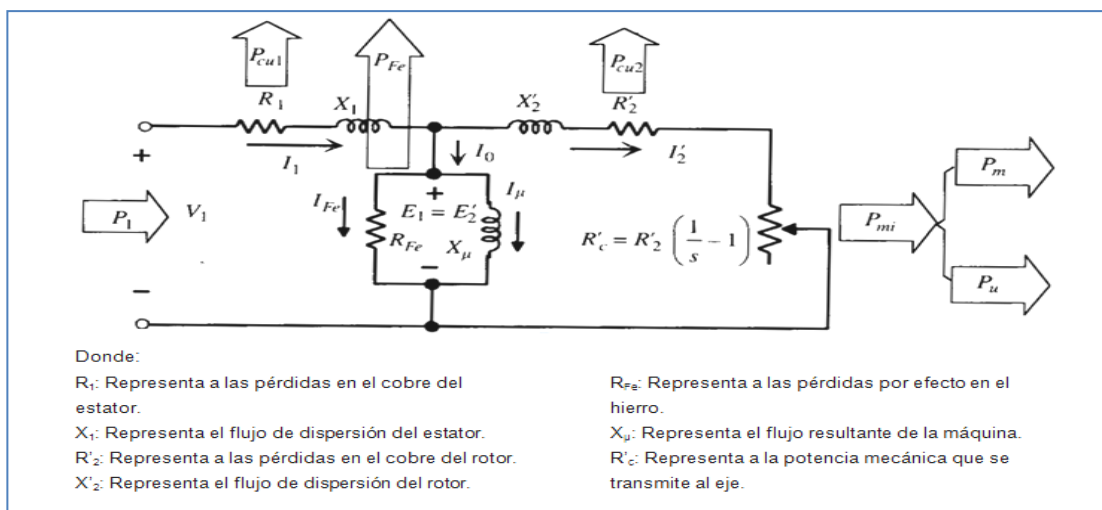


Figura 2.1 Circuito equivalente del motor de Inducción [17].

La obtención de estos parámetros se realizan mediante los ensayos de de vacío y de rotor bloqueado en la máquina, en las cuales se miden la potencia en vatios, la corriente y la tensión existentes en una de las fases [17].

2.2.6.1 Pérdidas en el Motor de Inducción

En un motor asíncrono existe una transformación de energía eléctrica en mecánica, que se transmite desde el estator al rotor, a través del entrehierro, y el proceso de conversión está inevitablemente ligado con las pérdidas en los diferentes órganos de la máquina [17]. A continuación en la figura 2.2 se muestran todas las potencias existentes en el motor de inducción.

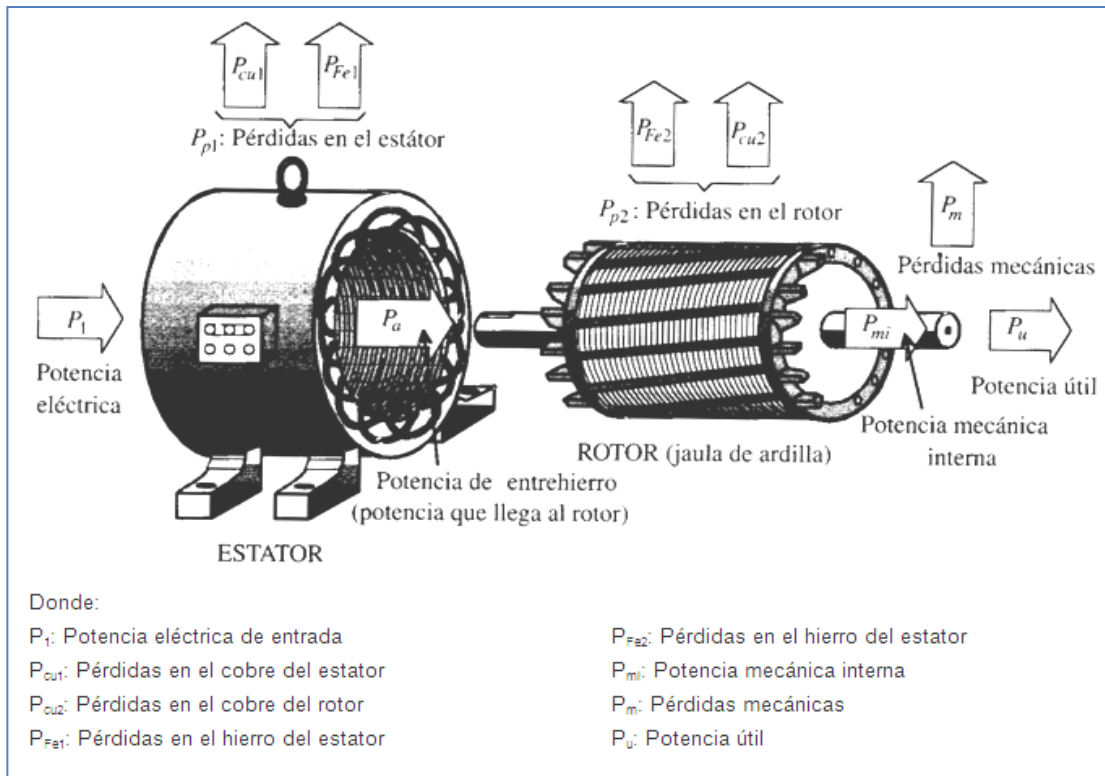


Figura 2.2 Potencias presentes en el motor de inducción [17].

Las pérdidas en el cobre del estator y del rotor dependen directamente del consumo de corriente de la máquina, mientras que las pérdidas en el hierro y las pérdidas mecánicas no varían con la carga, estas se mantienen constantes bajo cualquier condición de trabajo y dependerán de la construcción del motor. Estas pérdidas se representan eléctricamente como resistencias tal como se definió en la sección 2.2.6 y se observó en la figura 2.1

Por lo que la eficiencia de un motor de inducción viene definido con la ecuación 2.1, la cual establece una relación entre la potencia útil y la sumatoria de ésta con todas las pérdidas existentes en la máquina que es lo mismo que la potencia de entrada, éste valor arrojado por la ecuación es porcentual y que mientras más se acerque al 100% es más aceptable ya que las pérdidas tendría menor influencia en la potencia que la red entrega para mover un carga.

$$\eta = \frac{P_u}{P_u + P_{cu1} + P_{cu2} + P_{Fe} + P_m} \times 100\% \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

2.2.7 Factibilidad Económica

El estudio de la rentabilidad de una inversión, busca determinar con la mayor precisión posible, la cuantía de las inversiones, costos y beneficios de un proyecto, para posteriormente compararlos y determinar la conveniencia de emprenderlo [18].

2.2.7.1 Valor Presente Neto (VPN)

La ecuación 2.2 define el VPN, en ella se indica que éste es el valor resultante de restar la suma de los flujos netos (ingresos-egresos) de cada año a la inversión inicial. Esto equivale a comparar todas las ganancias

esperadas contra los desembolsos necesarios para producir esas ganancias, en términos de su valor equivalente en este momento o tiempo cero. Para que el proyecto sea factible las ganancias deberán ser mayores que los desembolsos, lo cual dará por resultado que el VPN sea mayor que cero (0) [19].

$$VPN = -P + \frac{FN_1}{(1+i)^1} + \frac{FN_2}{(1+i)^2} + \frac{FN_3}{(1+i)^3} + \frac{FN_4}{(1+i)^4} + \frac{FN_5}{(1+i)^5} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Donde:

VPN: Valor presente neto

P: Inversión inicial

FNx: Flujo neto correspondiente a cada período

i: Tasa de rendimiento

2.2.8 Herramientas de análisis para la implantación del SGIE

2.2.8.1 Gráficos de Control

Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Se usan como instrumento de autocontrol y resultan muy útiles como complemento a los diagramas causa y efecto, para detectar en cuales fases del proceso analizado se producen las alteraciones [1].

Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normal, es decir existe un valor medio \bar{X} del parámetro de salida muy probable de obtener, y a medida que nos alejamos de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro cae bruscamente, si no aparecen causas externas que alteren el proceso, pudiendo ser prácticamente cero para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar (3σ) del valor medio. Este comportamiento (que debe probarse en caso que no exista seguridad que

ocurra) permite detectar síntomas anormales actuando en alguna fase del proceso y que influyan en desviaciones del parámetro de salida controlado [1].

El cálculo de \bar{X} se realiza mediante la ecuación 2.3, la cual establece el promedio de todos los valores que se hayan obtenido.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

La desviación estándar (σ), se calcula mediante la ecuación 2.4, la cual establece que ésta es la raíz cuadrada de la relación entre la sumatoria de la diferencia de todos los valores obtenidos con el promedio ya calculado (ecuación 2.3), y la cantidad de datos menos uno (1).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

El gráfico (ver ejemplo, Figura 2.3), consta de la línea central (\bar{X}) y las líneas límites de control ($\bar{X} \pm 3\sigma$). Los datos de la variable cuya estabilidad se quiere evaluar se sitúan sobre el gráfico. Si los puntos situados se encuentran dentro de los límites de control superior e inferior, entonces las variaciones proceden de causas aleatorias y el comportamiento de la variable en cuestión es estable. Los puntos fuera de los límites tienen una pauta de distribución anormal y significan que la variable tuvo un comportamiento inestable. Investigando la causa que provocó la anomalía y eliminándola se puede estabilizar el proceso [1].

El objetivo del uso de este gráfico es determinar si los consumos y costos energéticos tienen un comportamiento estable o un comportamiento anómalo [1].

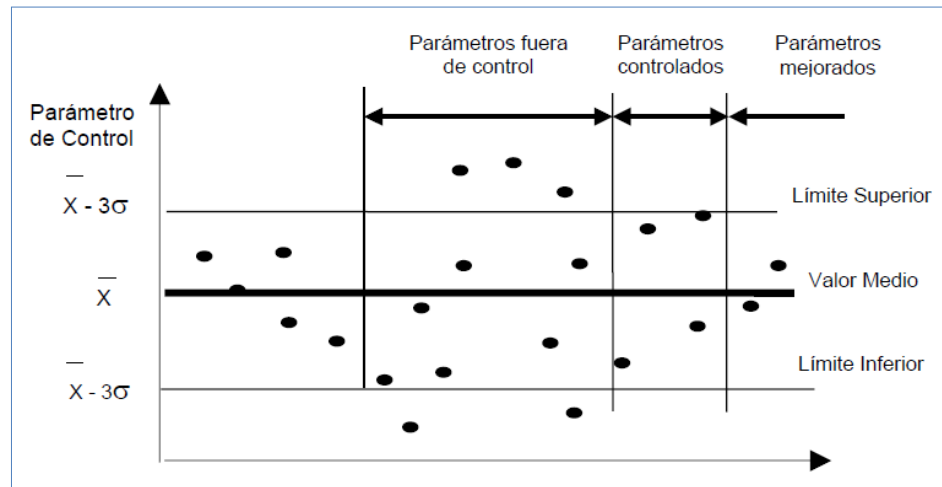


Figura 2.3 Ejemplo de Gráfico de Control. [3]

2.2.8.1.1 Utilidad de los Gráficos de Control:

Según el CEEMA [1], los beneficios de realizar los gráficos de control son los siguientes.

- ✓ Conocer si las variables evaluadas están bajo control o no.
- ✓ Conocer los límites en que se puede considerar la variable bajo control.
- ✓ Identificar los comportamientos que requieren explicación e identificar las causas no aleatorias que influyen en el comportamiento de los consumos.
- ✓ Conocer la influencia de las acciones correctivas sobre los consumos o costos energéticos.

2.2.8.2 Gráfico de consumo y producción en el tiempo (E – P vs T)

Consiste en un gráfico en donde se muestra en simultáneo el consumo energético y la producción en el tiempo, dicho gráfico se debe utilizar para cada portador energético importante para la empresa, y puede establecerse

a nivel general de la empresa, en áreas específicas, procesos, productos o servicios (Ver Figura 2.4) [1].

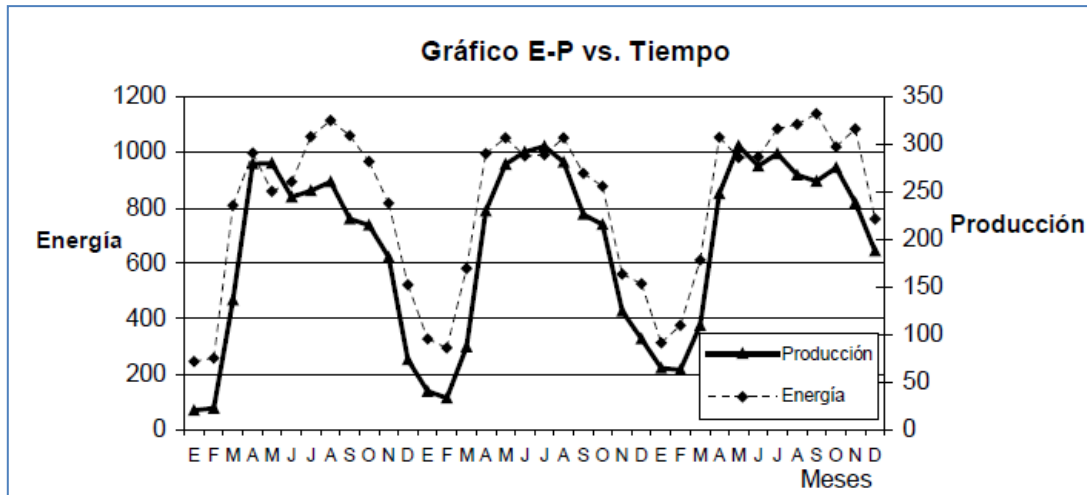


Figura 2.4 Ejemplo de Gráfico de Energía - Producción vs. Tiempo. [1]

2.2.8.2.1 Utilidad de el Gráfico E – P vs T

Según el CEEMA [1], los beneficios de realizar el gráfico E – P vs T son los siguientes:

- ✓ Muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción.
- ✓ Permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos.

2.2.8.3 Gráfico de consumo – producción (E vs. P)

Para las empresas industriales y de servicios, realizar un diagrama de dispersión de la energía usada en un período de tiempo determinado con respecto a la producción realizada o los servicios prestados durante ese mismo período, revela importante información sobre el proceso, ya que al

realizar la recta de caracterización del consumo vs producción, se puede establecer el consumo energético no asociado a la producción [1] (Ver Figura 2.5).

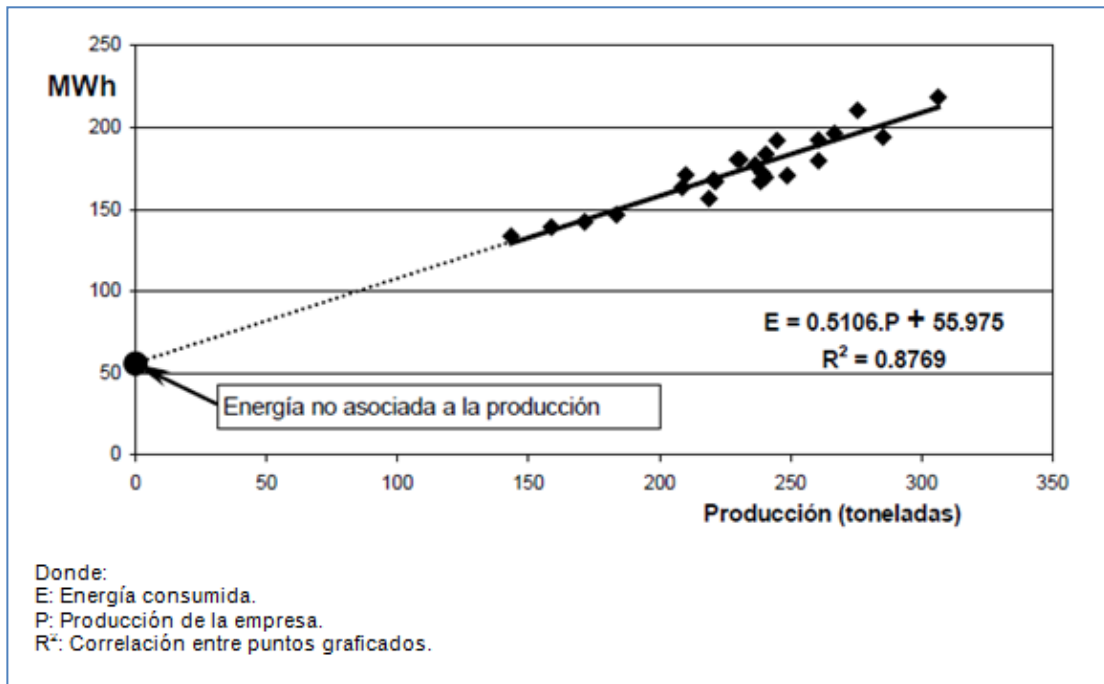


Figura 2.5 Ejemplo de un Gráfico de Consumo vs. Producción. [1]

La ecuación 2.5 representa la forma genérica de la recta que se gráfica, en donde el valor E_0 representa el consumo no asociado a la producción, es decir, para una producción nula, mientras que el valor m es la pendiente de dicha recta.

$$E(P) = m * P + E_0 \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

Este gráfico de E vs. P puede realizarse por tipo de portador energético, y por áreas, considerando en cada caso la producción asociada al portador en cuestión. Por ejemplo: una fábrica de helados graficará el consumo de combustible o electricidad versus las toneladas de helados producidas,

mientras que en un hotel turístico se puede graficar el consumo de electricidad o de gas versus los cuartos-noches ocupados [1].

2.2.8.3.1 Utilidad de los Diagramas E vs. P

Según el CEEMA [1], los beneficios de realizar el gráfico E vs P son los siguientes:

- ✓ Determinar en qué medida la variación de los consumos energéticos se deben a variaciones de la producción.
- ✓ Mostrar si los componentes de un indicador de consumo de energía están correlacionados entre sí, y por tanto, si el indicador es válido o no.
- ✓ Establecer nuevos indicadores de consumos o costos energéticos.
- ✓ Determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre los consumos energéticos y establecer variables de control.
- ✓ Identificar el modelo de variación promedio de los consumos respecto a la producción.
- ✓ Determinar cuantitativamente el valor de la energía no asociada a la producción.

2.2.8.4 Diagrama de Índice de consumo – Producción (IC vs P)

Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico E Vs. P y la ecuación 2.5, con un nivel de correlación significativo. El gráfico IC Vs P es una línea curva con asíntota en el eje x, en el valor de la pendiente m de la expresión E(P) [1]. La expresión de la curva se obtiene mediante las ecuaciones 2.5 y 2.6 en donde se observa que el índice de consumo (IC) es

que la relación entre energía consumida y la cantidad de producción manufacturado que a nivel de energía eléctrica sería la cantidad de kilovatios-hora requeridos para producir una unidad de producto.

$$E(P) = m * P + E_0 \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

$$IC = \frac{E}{P} = m + \frac{E_0}{P} \quad (\text{Ecuación 2.6})$$

La curva muestra que el índice de consumo depende del nivel de la producción realizada. En la medida que la producción disminuye es posible que disminuya el consumo total de energía, como se aprecia de la ecuación 2.5 pero el gasto energético por unidad de producto aumenta. Este se debe a que aumenta el peso relativo de la energía no asociado a la producción respecto a la energía productiva. El incremento de la producción disminuye, por el contrario, el gasto por unidad de producto, pero hasta el valor límite de la pendiente de la ecuación 2.5 [1].

En cada gráfico IC Vs. P existe un punto donde comienza a dispararse el índice de consumo para bajas producciones. Este punto se puede denominar punto crítico. Producciones por encima del punto crítico no cambian significativamente el índice de consumo, sin embargo, por debajo del punto crítico se incrementa cada vez más [1].

El gráfico IC Vs. P es muy útil para establecer sistemas de gestión energética, y estandarizar procesos productivos a niveles de eficiencia energética superiores, valores de IC por debajo de la curva teórica indican un incremento de eficiencia del proceso, en el caso contrario existe un potencial de disminución del índice de consumo igual a la diferencia entre el IC real (sobre la curva) y el IC teórico (en la curva) para igual producción. También se pueden establecer sobre este gráfico las metas de reducción del índice

proyectadas para el nuevo periodo e ir controlando su cumplimiento [1] (ver ejemplo, Figura 2.6).

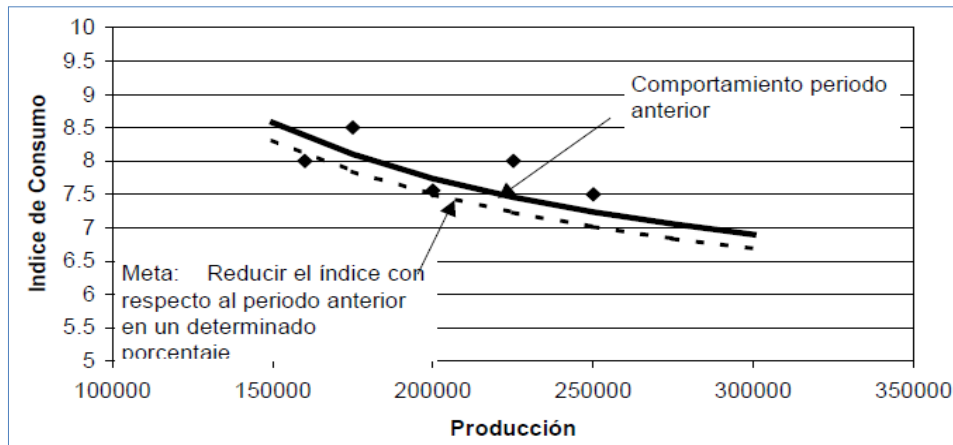


Figura 2.6 Ejemplo de un Gráfico de Índice de Consumo vs. Producción. [1]

2.2.8.5 Diagrama de Pareto

Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en porcentaje. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total [1] (ver ejemplo, Figura 2.7).

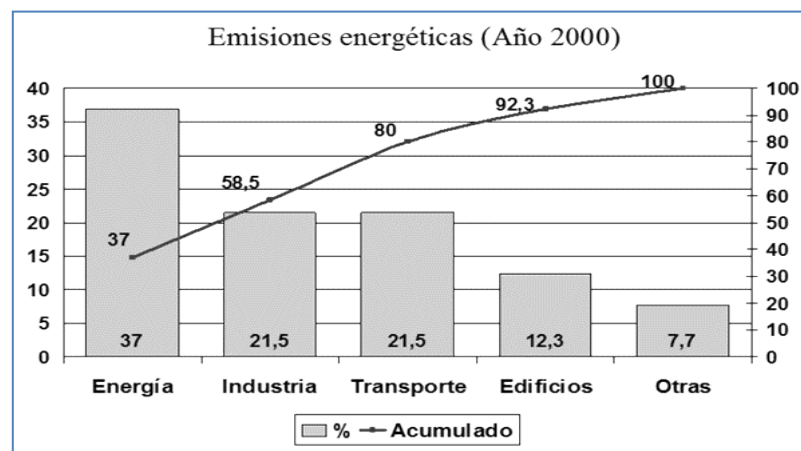


Figura 2.7 Ejemplo de un Diagrama de Pareto. [1]

El diagrama de Pareto es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80 – 20, que identifica el 20% de las causas que provoca el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado [1].

2.2.8.5.1 Utilidad del Diagrama de Pareto.

Según el CEEMA [1], los beneficios de realizar los Diagramas de Pareto son los siguientes:

- ✓ Identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser: los mayores consumidores de energía de la fábrica, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos.
- ✓ Predecir la efectividad de una mejora al conocer la influencia de la disminución de un efecto al reducir la barra de la causa principal que lo produce.
- ✓ Determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora.

2.2.8.6 Algoritmo de Matlab para Evaluación de Motores

Mediante un algoritmo en Matlab, desarrollado por los profesores de la Universidad Simón Bolívar José Manuel Aller, Alexander Bueno en conjunto con los estudiantes de la Universidad de Carabobo Eduardo García, Eduardo Guerra y los autores de este trabajo; se pueden determinar los parámetros del circuito equivalente para cada equipo, esto se realiza mediante un proceso de iteración con los datos de placa del motor. Luego se introducen los datos de medición real del motor para que el software determine el punto de operación para cada equipo, el cual se reseña en gráficos de torque vs

deslizamiento, y eficiencia vs deslizamiento, además de esto también genera datos acerca de la operación actual del equipo, como:

- ✓ Potencia actual de salida
- ✓ Potencia en pérdidas
- ✓ Eficiencia
- ✓ Porcentaje de Carga
- ✓ Deslizamiento

En el apéndice G, se presenta el código creado bajo el ambiente MatLab, utilizado para la evaluación de los motores una vez obtenidos sus datos de placa y realizada la medición de sus parámetros eléctricos.

2.3 Definición de Términos Básicos

Centro de costo energético: Área del flujo grama del proceso productivo que cuenta con medición de los consumos energéticos.

Diagrama energético productivo: Es el flujo grama del proceso representado por centros de costo energético y donde se reflejan: los flujos de materiales, desechos de materiales, flujos de energía, desechos de energía, porcentaje de energía consumida en cada centro respecto al total.

Diagramas de Pareto: Diagrama que representa el 20% de las causas que provocan el 80% de los efectos de un fenómeno dado.

Eficiencia energética: Es la relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

Equipos claves: El 20% de los equipos que representan el 80% de los consumos o de las pérdidas energéticas de la empresa o centro de costo.

Gestión: Coordinación de todos los recursos disponibles para conseguir determinados objetivos, implica amplias y fuertes interacciones fundamentalmente entre el.

Indicadores de eficiencia: Relación entre la energía consumida y la energía que debería haberse gastado en un proceso.

Indicadores de gestión: Son indicadores que permiten el seguimiento del cumplimiento de objetivos y metas.

Índice de consumo: Relación que existe entre la energía consumida y las unidades de producto obtenidas en un proceso dado. (kW/Ton; m³/Kg; MBTU/m²; Ton vapor/Kg etc.)

Mantenimiento dirigido a la eficiencia: Actividades, procedimientos o procesos que se encargan de evaluar, controlar y mantener la eficiencia energética de los equipos. Desde el punto de vista del mantenimiento tradicional este tipo de mantenimiento se considera preventivo o predictivo ya que los equipos generalmente comienzan a perder eficiencia energética antes de perder indisponibilidad.

Modelo de gestión: Conjunto de procesos, procedimientos, actividades estructuradas con el objetivo de aplicar un conocimiento y alcanzar unos resultados.

Nivel estratégico: Nivel donde se toman las decisiones globales de la empresa, que se relacionan con las direcciones básicas de la organización y la manera en que se utilizan los recursos.

Nivel táctico: Son aquellos áreas de la organización que realizan el trabajo básico (la razón de ser de la empresa, mediante la cual cumple su función en la sociedad) directamente relacionadas con la producción de servicios y productos.

Nivel operativo: Nivel en donde se ejecutan las acciones establecidas en el nivel táctico.

Personal clave: Personal que decide con su actuación el 80% del consumo o de la eficiencia energética de los procesos y equipos de la empresa.

Productividad: Medida de rendimiento que incluye eficiencia y eficacia.

Sistema de gestión integral de la energía: Conjunto de factores estructurados mediante normas, procedimientos y actuaciones que permite la materialización de la política, los objetivos y las metas de eficiencia energética a través de una participación activa de los trabajadores en relación con la tecnología y los procesos. Parte del sistema general de gestión de la empresa.

Variables de Control: Todas aquellas variables de proceso que pueden cambiar el indicador de índice de consumo energético del mismo, estas pueden ser:

- ✓ Parámetros operacionales.
- ✓ Eventos de proceso.
- ✓ Problemas de mantenimiento o estado técnico de equipos.
- ✓ Problemas de instrumentación, regulación, control.
- ✓ Problemas de conocimiento, información, coordinación.

CAPÍTULO III.

Marco Metodológico.

3.1 Tipo de Investigación

El tipo y diseño de la siguiente investigación depende de los objetivos ya planteados, estos indican que será una investigación de tipo documental, descriptiva y de campo.

Una investigación de tipo documental, como lo definió Baena (1985), “es una técnica que consiste en la selección y recopilación de información por medio de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, de bibliotecas, hemerotecas, centros de documentación e información”, en cambio Garza (1988), presenta una definición más específica de la investigación documental. Este autor considera que ésta técnica “...se caracteriza por el empleo predominante de registros gráficos y sonoros como fuentes de información, registros en forma de manuscritos e impresos. Para realizar este trabajo, se utilizaron bases teóricas, trabajos anteriormente realizados, informes y guías para la implantación de un SGIE. Así como también se recopiló información característica de la empresa como planos de planta, diagramas unifilares, manuales de los equipos y motores, informes de producción, costos asociados al consumo de energía, entre otros.

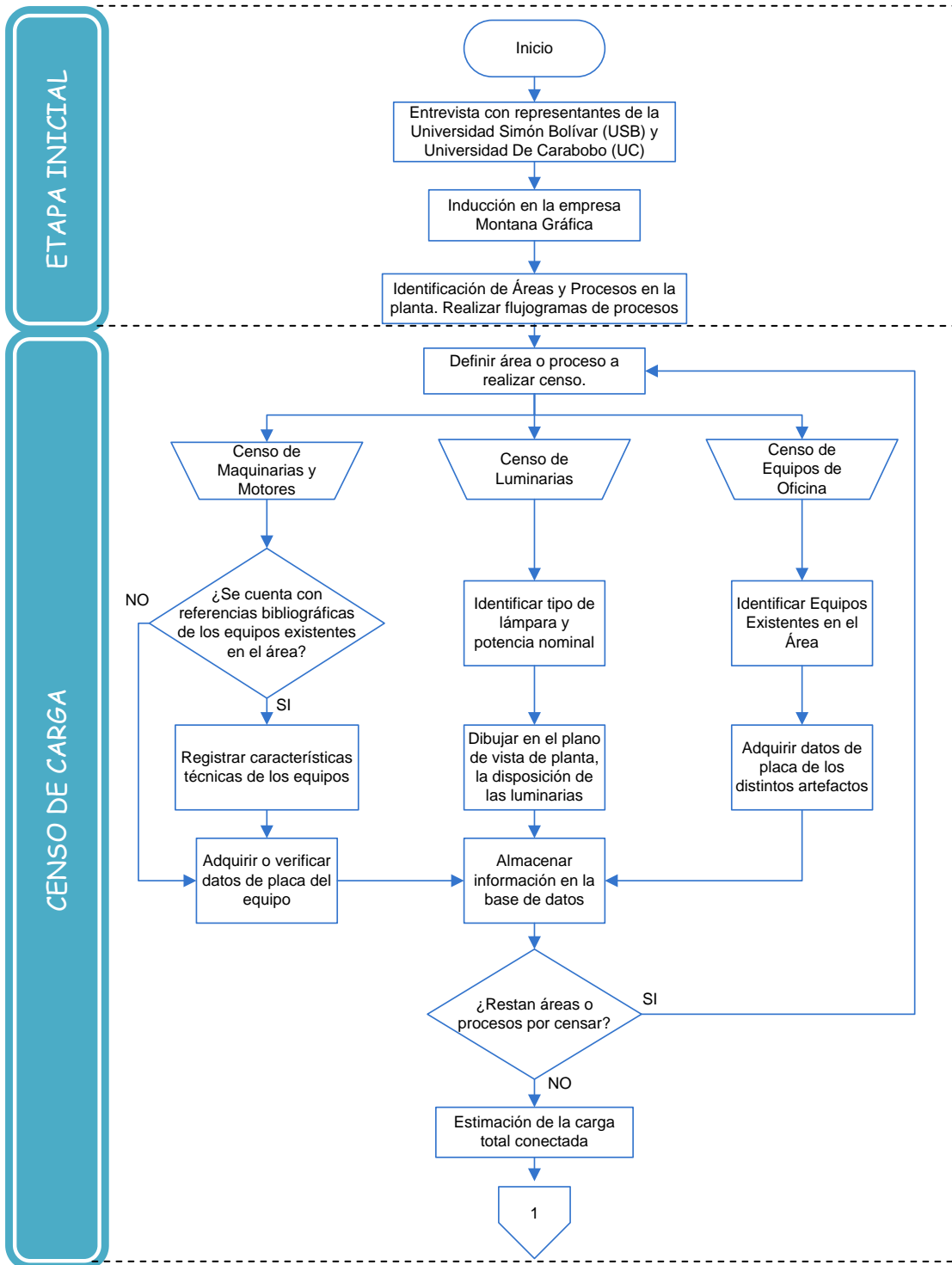
Danhke (1989), señala que “los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”. La investigación es de tipo descriptiva, debido a que con la

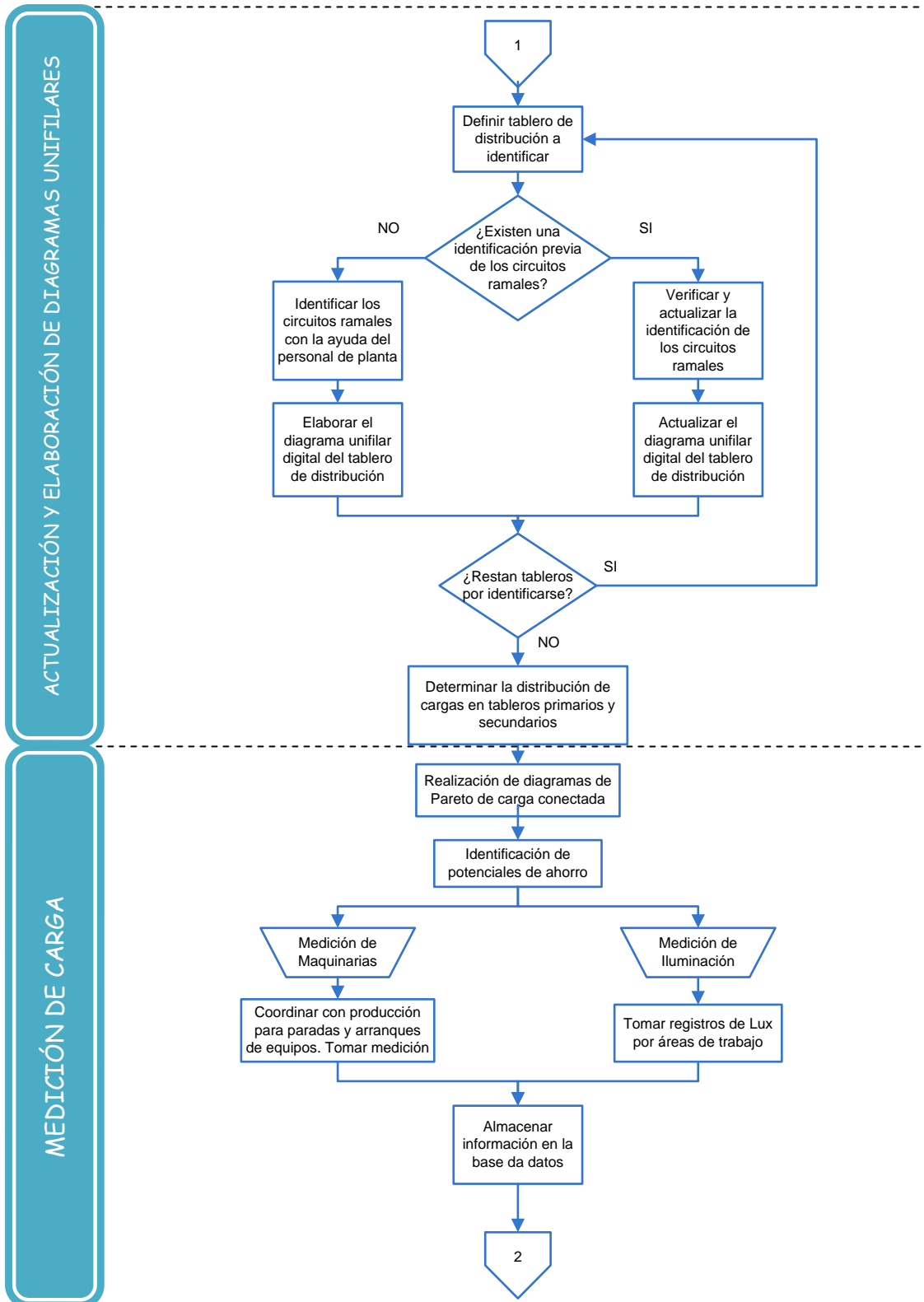
información recolectada, se procedió a realizar un diagnóstico que permitió interpretar, definir y entender las características de los distintos procesos realizados en la empresa. De la misma forma se logró describir la característica del sistema eléctrico de la planta, es decir, carga total instalada, demanda real, distribución de carga tanto en transformadores como en los tableros de distribución y se estimó el consumo de energía por procesos o áreas de la empresa. Todo lo anterior mencionado es de suma importancia para la implantación de un SGIE.

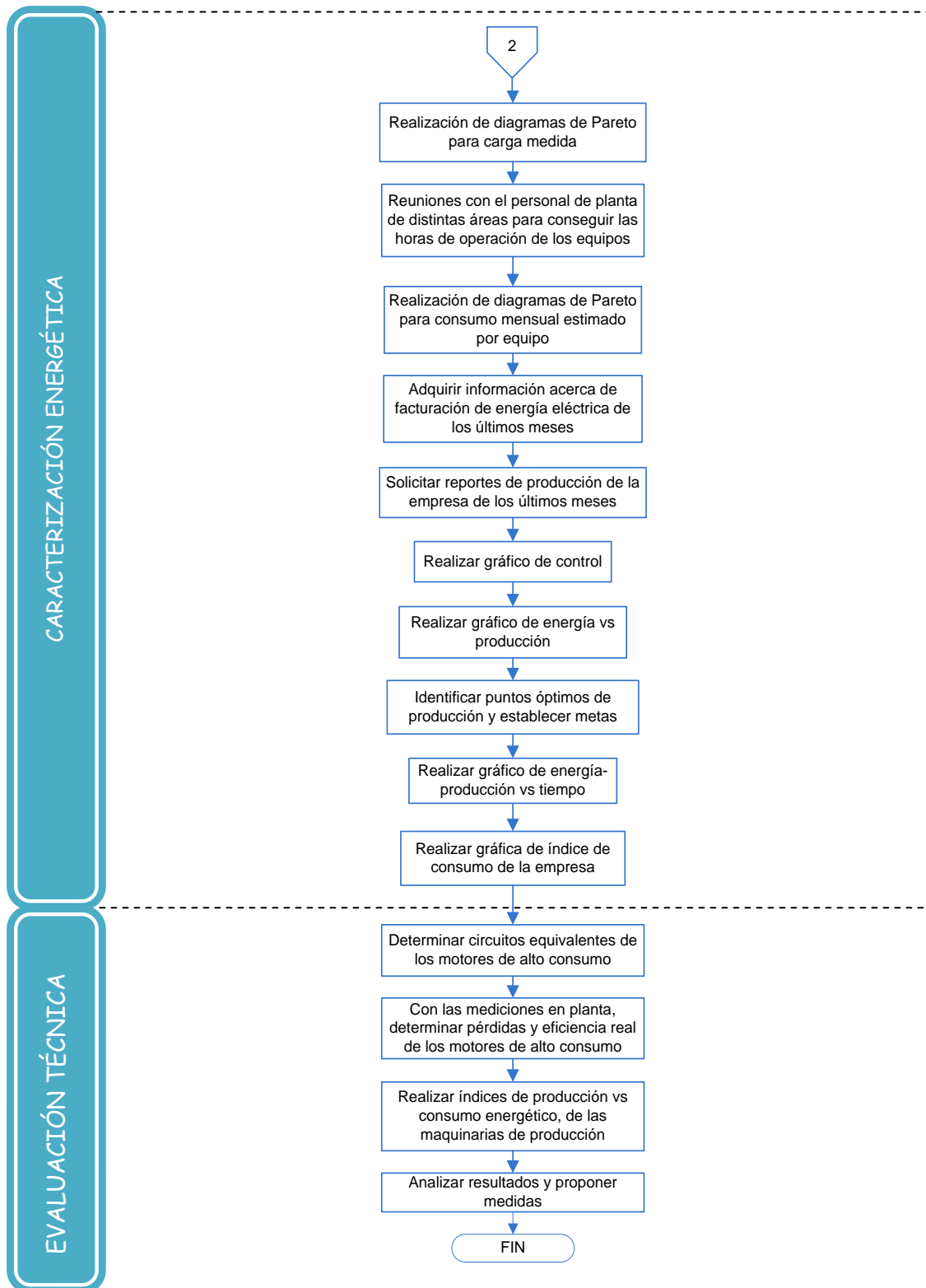
Esta investigación estuvo sustentada en un estudio de campo. La Universidad Pedagógica Experimental Libertador, (UPEL, 2003), en el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales que define a este tipo de investigación: “Se entiende por Investigación de Campo, el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad; en éste sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios...” (p. 14). Fue de suma importancia la realización del trabajo en campo en el proyecto, debido que para describir de forma exacta la característica eléctrica de la planta, se requirió recolectar o corroborar información de las distintas maquinarias y equipos de producción, así como realizar la medición del consumo real de energía de las mismas con el fin de evaluar su estado actual, para poder identificar los equipos o aéreas más eficientes de la empresa.

A continuación se presentan las actividades realizadas para el desarrollo de este trabajo enmarcadas en un diagrama de flujo.

3.2 Diagrama de flujo de actividades







3.3 Entrevista con representantes de la Universidad de Carabobo (UC) y de la Universidad Simón Bolívar (USB)

Este encuentro fue el primer paso a realizar, aquí, se estableció el plan de trabajo exacto a desarrollar en la empresa además de la entrega de material acerca de los procesos que allí se realizan. Es importante destacar que las reuniones con personal de la U.S.B. se mantuvieron durante todo el trabajo, con la finalidad de hacer seguimiento de los avances obtenidos y de proporcionar ayuda en cuanto a las diversas situaciones que se pudieran presentarse.

3.4 Inducción en la empresa Montana Gráfica

Lo más relevante de esta etapa fue conocer al personal del departamento de mantenimiento, ya que por decisión gerencial fueron estos los que debían prestar la mayor ayuda posible a la implantación del S.G.I.E., para este punto fue necesario realizar un recorrido por la planta para conocer sus instalaciones y los procesos que allí se realizan.

3.5 Diagnostico Energético

3.5.1 Identificación de Áreas y Procesos

Una vez realizada la inducción en la empresa, se definieron las áreas donde se encuentran los procesos, de manera tal de establecer un programación organizada para realizar en el censo de carga.

3.5.1.1 Elaboración de Flujogramas de Procesos

La siguiente etapa fue la de investigar a través de operadores, supervisores y demás personal, acerca de cómo se lleva a cabo cada

proceso en la empresa y los diferentes pasos que se realizan en cada uno de estos, con el fin de realizar diagramas de flujo para así, evaluar el grado de importancia de cada máquina en la producción.

3.5.2 Realizar Censo de Carga Conectada

Este censo consistió en identificar y documentar en la base de datos, los parámetros eléctricos nominales de cada máquina, luminaria y equipos de oficina existente en la planta, para poder efectuar la evaluación del rendimiento energético de la empresa. Esta etapa culmina con la estimación de toda la carga conectada de la empresa.

A continuación se describe la metodología utilizada para completar esta etapa del trabajo.

3.5.2.1 Censo de Maquinaria

El primer paso para comenzar con el levantamiento (censo), fue el de definir el área o proceso a trabajar, luego de esto, se consultaba con el personal de la empresa acerca de las máquinas que conforman en dicha área o proceso, para así buscar la información técnica en catálogos y manuales documentando la carga nominal de la máquina y de los motores que la conforman, en varios casos no se consiguió ubicar material entregado por el fabricante, sin embargo se pudo que ir hacia algunos documentos antiguos como cartas de pedidos o estimaciones de carga realizadas por la empresa.

En caso de encontrar o no, información técnica de la máquina se procedió a ir al sitio donde ésta se ubica para verificar o documentar los datos de placa de cada motor y de la máquina en su totalidad. Los formatos utilizados para almacenar la información fueron los siguientes:

Tabla 3.1 Formato para Datos de Placa de Máquina (Total).

Nombre					
Potencia (kVA)	Tensión Nominal (V)	Corriente (A)	Factor de Potencia	Tablero Alimentador	# Circuito Ramal

Tabla 3.2 Formato para Datos de Placa de Motores.

Transformadores											
Nº	Descripción	Marca	Potencia (HP)	Potencia (kW)	Tensión Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	Frecuencia (Hz)	Nº de Fases	RPM	Factor de Potencia	Potencia Eléctrica Calculada (kVA)

Es importante acotar que las casillas de Tablero Alimentador y # de Circuito Ramal corresponde a una etapa del trabajo que se explica más adelante.

3.5.2.2 Censo de Luminarias

La iluminación representa una carga que pocas veces es intermitente, es decir, en muchos casos pudiera llegar a utilizarse la luz artificial durante las 24 horas, sobretodo en el sector industrial y en aquellas empresas donde el ahorro energético no sea un punto a alcanzar, por lo tanto fue importante realizar esta actividad ya que si bien una luminaria tiene una potencia nominal baja, sus altas horas de trabajo pudiera tener un impacto considerable en la energía mensual que se consume.

Para realizar este paso se contó con un plano digital de la empresa (vista de planta), en el que se dibujaron las superficies de trabajo de las oficinas y la disposición de las luminarias existentes en estas y en planta. Además se consultó con el personal de la empresa acerca de la potencia de las lámparas existentes y esta información se almacenó en las tablas donde se muestra las cargas por tableros.

3.5.2.3 Censo de Artefactos de Oficinas

En este paso se utilizaron valores estándar de carga nominal para computadores, fotocopiadoras, fax, entre otros artefactos que se encuentran en oficinas. Básicamente lo que se hizo fue un recorrido por las distintas áreas y documentar la cantidad de estos aparatos encontrados en cada una de éstas.

3.5.3 Estimar la Carga total de la planta

Para concluir con el censo de carga, se procedió a almacenar digitalmente toda la información, para hacer un estimado de toda la carga conectada en la empresa, dicho trabajo se hizo para cada tablero de distribución que se identificó y para cada transformador ubicados las subestaciones de la planta. En las Tablas 3.3, 3.4 y 3.5 se muestran los formatos utilizados para el almacenamiento de la información recogida.

Tabla 3.3 Formato de Carga Conectada por Tablero de Distribución.
(Secundarios)

Tablero:	Nombre de Tablero
<i>Nombre de Carga</i>	<i>Potencia (kVA)</i>
Nombre #1	
Nombre #2	
Nombre #3	
TOTAL CARGAS	
Nombre de área #1	<i>(Valor de KVA en Iluminación)</i>
Nombre de área #2	<i>(Valor de KVA en Iluminación)</i>
ILUMINACIÓN (Total)	
TOTAL TABLERO	

Tabla 3.4 Formato de Carga Conectada por Transformador
(Tableros Principales)

Transformador # (S/E N°#) - Tensión (V) Potencia (kVA)					
Circuito	Nombre de Carga	Carga (kVA)	Iluminación (kVA)	Carga Total (kVA)	Observaciones

Tabla 3.5 Formato para Carga Total Conectada

Carga Total Conectada		
Carga	KVA	%
Transformador #		(Valor porcentual con respecto a la suma total)

3.5.4 Identificación de Tableros de Distribución.

La empresa posee una gran cantidad de tableros de distribución de energía eléctrica. Se realizó la identificación de los tableros principales (subestaciones) y de aquellos que alimentan las distintas áreas de trabajo, en muchas ocasiones estos ya tenían identificados los circuitos ramales; sin embargo, con la ayuda del personal de la planta, estos se verificaron o en su defecto, se identificaron por primera vez.

3.5.5 Actualización y Elaboración de Diagramas Unifilares

.Una vez ubicado el tablero, se procedió a cortar la alimentación de los circuitos ramales, con el debido consentimiento del personal, para censar la carga que cada uno posee, sobretodo en el caso de oficinas donde los tableros estaban poco identificados, también se utilizó un trazador de circuito proporcionado por la U.S.B. que de alguna manera facilitó e hizo más rápido el trabajo. Para los tableros de fuerza en su mayoría estaban identificados;

estos se verificaron con la pinza amperimétrica, comparando la medición justo después de la protección y en la llegada de la línea a la máquina.

El departamento de mantenimiento sólo poseía el diagrama unifilar de aquellos tableros principales cuya alimentación viene directamente de algún transformador de potencia, a estos se les ha venido realizado cambios por diversos motivos y, desde el año 2009 no se actualizaba esta información, por lo que se procedió a verificarla y realizar las modificaciones en la data.

El objetivo principal de este proceso es de tener almacenada la información acerca de cómo se encuentra distribuida la energía en la empresa.

Todos los diagramas unificables suministrados a la empresa se rigen bajo la norma COVENIN 398-94.

3.5.6 Medición de Cargas Representativas e identificación de Potenciales de ahorro

3.5.6.1 Realización de Diagramas de Pareto de Carga Conectada

Con el fin de identificar las cargas que poseen el mayor valor nominal se realizaron los Diagramas de Pareto por proceso y para cada transformador, de esta etapa se obtienen potenciales de ahorro energético que hay que medir y analizar su eficiencia en cuanto a su funcionamiento dentro de la producción de la planta. En el capítulo II (2.2.6.5), se definió el concepto y la utilidad de estos diagramas.

3.5.6.2 Medición de Maquinaria y Transformadores

Definidas las cargas que representan el 80% del consumo por proceso de producción, con un analizador de energía se inició la medición de éstas, allí se pueden conocer los siguientes parámetros:

- ✓ Armónicos de Tensión y Corriente
- ✓ Tensión y Corriente de trabajo
- ✓ Energía (activa, reactiva y aparente)
- ✓ Desequilibrio de Tensión y de Corriente
- ✓ Forma de Onda de Tensión y Corriente
- ✓ Gráfico Potencia Aparente vs Tiempo
- ✓ Gráfico Potencia Activa vs Tiempo
- ✓ Gráfico Potencia Reactiva vs Tiempo
- ✓ Gráfico Factor Potencia vs Tiempo
- ✓ Gráfico Corriente vs Tiempo

Esta medición también se realizó a la salida de los transformadores de cada subestación durante un tiempo de una hora aproximadamente, esto con la finalidad de obtener un consumo promedio estimado, se sabe que para obtener un valor más confiable, ésta debería hacerse en un período de siete días, pero debido a la gran cantidad de equipos y el corto plazo estimado para realizarse las mediciones, esto no se pudo realizar. En la tabla 3.6 se encuentra el formato para almacenar la medición en transformadores.

Tabla 3.6 Formato para Almacenar la Medición en Transformadores

TRANSFORMADORES												
Descripción	Carga Conectada (kVA)	Tension (V)			PICO			PROMEDIO			Tiempo de Medicion (min:seg)	Notas
		V _{ab}	V _{bc}	V _{ca}	Carga Medida (kVA)	Carga Medida (kW)	Factor de Potencia	Carga Medida (kVA)	Carga Medida (kW)	Factor de Potencia		

El proceso de medición consistió en establecer el sitio donde era posible instalar el equipo (en la salida desde tablero o llegada de la línea a la máquina), coordinar con el personal de producción para la parada y arranque de la máquina y grabar los parámetros necesarios. Una vez realizada la medición se descargó y almacenó la información en el computador dotado con el software suministrado por el fabricante del analizador de energía.

Todos los archivos generados por el equipo de medición han sido almacenados en carpetas digitales individuales para cada máquina, además de la elaboración de una tabla en donde se resume toda esta etapa. En ella se muestra un valor de potencia, éste en algunos casos fue tomado como una medición puntual y otros como un promedio de la gráfica S vs T debido a las variaciones registradas. (Ver tabla 3.6)

3.5.6.3 Medición de Iluminación

Utilizando un Luxómetro, se hizo la medición de la iluminación en los puntos de trabajo de oficinas y de planta, esto con el fin de diagnosticar la eficiencia de las luminarias en las distintas áreas de la empresa. En la tabla 3.7 se encuentra el formato para almacenar la medición de iluminación.

Tabla 3.7 Formato para Almacenar la Medición de Iluminación.

<i>Medición de Iluminación</i>			
Área	Iluminación Promedio (Lux)	Iluminación Mínima (Lux)	Iluminación Máxima (Lux)

3.6 Caracterización Energética

3.6.1 Estimación de Consumo Energético

Esta etapa consistió en una serie de reuniones efectuadas con superintendentes de producción de los distintos procesos, con el fin de

obtener información acerca de las horas de trabajo mensuales de las máquinas durante los dos últimos años fiscales con el objeto de establecer un consumo energético promedio para cada máquina además de poder evaluar y analizar el impacto de cada carga en cuanto a la cantidad de producción.

En la tabla 3.7 se muestra el formato utilizado para almacenar la información acerca de las mediciones realizadas y la estimación del consumo energético.

3.6.2 Realización de Diagramas de Pareto con el consumo mensual estimado.

Con los valores medidos para cada equipo y la estimación de su consumo energético mensual, se procedió a realizar los Diagramas de Pareto con estos nuevos datos, con la finalidad de determinar los equipos que tienen un impacto importante en el la facturación de electricidad.

Tabla 3.7 Formato de Medición y Estimación del Consumo Energético

LAMINADORAS, METALIZADORA Y EMBOZADORA															
Descripción	Carga Conectada (kVA)	Tensión (V)			Carga Medida (kVA)	Carga Medida (kW)	Factor de Potencia	Pico de Corriente de Arranque (A)	Armónicos Corriente (THD %)	Desequilibrio Tensión (%)	Desequilibrio Corriente (%)	Observaciones	Horas de trabajo Mensuales	Consumo mensual (kWh)	Acerca del Cálculo de las Horas de Trabajo Mensuales
		V _{ab}	V _{bc}	V _{ca}											

3.6.3 Almacenar datos de producción y facturación eléctrica mensual.

Fue necesario solicitar a los departamentos de Producción y de Contabilidad de la empresa la data acerca de las toneladas de material

producido y la cantidad de kilovatios-hora facturados, respectivamente desde el año 2008, con la finalidad de realizar los gráficos de Energía vs Producción.

3.6.4 Elaboración de Gráfico Energía-Producción vs. Tiempo

Este gráfico muestra la variación independiente de la Energía Eléctrica Consumida (kWh) y la cantidad de Producción (Ton) a través del tiempo con el fin de identificar algún comportamiento anormal en algún periodo (mes).

3.6.5 Elaboración de Gráfico de Control

Como se explicó en el capítulo II (2.2.6.1), su finalidad es descartar puntos ubicados fuera de los límites establecidos ($\pm 3\sigma$) ya que estos representan valores anormales sobre los que no se pueden establecer conclusiones. Para este trabajo se levantó el gráfico utilizando el consumo energético mensual (kWh) de la empresa.

3.6.6 Elaboración de Gráfico Energía vs Producción

Con los datos recolectados, se levantaron los gráficos de E vs P, estableciendo una tendencia lineal de los puntos para así determinar la correlación existente entre estos, y estimar el consumo teórico de la empresa que no influye en la cantidad de material producido (consumo base).

3.6.7 Establecimiento del Gráfico Meta de Energía vs Producción

Utilizando el Gráfico de E vs P, se realizó un nuevo gráfico llamado Meta, para éste, se determinaron los puntos ubicados por debajo de la recta de tendencia y con comportamiento lineal entre sí.

Este Gráfico indica la correlación entre las toneladas producidas y la energía consumida, más favorable para lograr un mejor índice de eficiencia.

3.6.8 Elaboración de Gráfico de Índice de Consumo vs Producción

Como se especificó en el capítulo II (2.2.6.4), con los datos de producción y consumo energético ya obtenidos se realizó el gráfico de índice de consumo real, mientras que con la ecuación obtenida para el consumo meta se realizó el gráfico meta de índice de consumo. En el eje de las ordenadas se muestra el cociente entre la energía y la producción en un mes, mientras que en el eje de las abscisas se muestra la producción en dicho mes. Se origina una curva asíntota al eje de las abscisas, que demuestra que la planta es más eficiente cuando la producción es elevada, ya que el índice de consumo tiende a disminuir, esto implica que se requiere menos energía por cada tonelada producida.

3.6.9 Determinar Eficiencia de Equipos y Maquinaria.

3.6.9.1 Determinar curva característica de operación de los motores

Esta actividad consistió en determinar los parámetros del circuito equivalente del motor con los datos de placa del mismo mediante un software desarrollado en Matlab (véase la sección 2.2.8.6 y Apéndice G), para así trazar la curva característica eficiencia versus deslizamiento del motor.

3.6.9.2 Determinar Pérdidas y Eficiencia de Equipos.

Con los parámetros anteriormente calculados se pueden determinar las pérdidas del núcleo y las pérdidas en el cobre cuando el equipo funciona en condición nominal, dichas pérdidas se mantienen casi constantes debido a

que las pérdidas en el núcleo se mantienen y las pérdidas en el cobre no varían notablemente. Con los datos de medición, se procede a calcular la eficiencia del mismo para el punto de condición de trabajo real del equipo.

3.6.9.3 Realizar índices de producción versus consumo energético de las máquinas de producción.

Para equipos que no sean motores, no se puede determinar un circuito equivalente de la máquina, por lo que se realizaron índices de consumo energético versus producción, para obtener cuanta energía es necesaria para una unidad de producción. Con estos índices se podrán hacer comparaciones entre equipos con la misma función pero distintos consumos energéticos, y determinar cuáles son más eficientes.

3.6.10 Analizar resultados y proponer medidas.

Con todos los datos obtenidos, se realizó un diagnóstico exhaustivo para lograr una eficiente utilización de energía en la empresa, esto se logrará con los resultados de eficiencia de equipos e índices de consumo versus producción de maquinarias, ya que se pueden proponer medidas de ahorro, cambios de equipos hacia nuevas tecnologías, reubicación o remplazo de equipos que no están siendo utilizados eficientemente, entre otras decisiones.

CAPÍTULO IV.

Desarrollo y Análisis de Resultados

4.1 Descripción de Áreas y Procesos.

Para la implantación del sistema de gestión de energía, es de suma importancia conocer las áreas de la planta y los distintos procesos que se realizan en ella, así como los equipos y materias primas que participan del mismo; esto permitirá tener una idea clara de cómo la empresa llega a su producto final, identificar cuales procesos impactan más en la facturación de energía eléctrica mensual, determinar porcentajes de automatización en la planta analizando los distintos procesos, entre otras características. Identificar los procesos también permitirá desglosar el trabajo de manera que sea más fácil de recompilar y analizar los resultados.

4.1.1 Identificación de Áreas.

Para facilitar el diagnóstico energético en la empresa, se dividió el área total de la planta en 6 partes, divididas de la siguiente manera:

- **Área 1 :**

Oficinas de Gerencia Técnica, Dpto. de Mantenimiento, área de servicios industriales, área de cilindros, S/E N°1, S/E N°3 y área de materia prima.

- **Área 2 :**

Área de rotograbado y Almacén de cilindros.

- **Área 3 :**

Laminadoras, máquina metalizadora, embozadora y la cortadora Guide-60

- **Área 4 :**

Almacén de productos terminados, área de acabado, mezclado de tinta, cortadoras y rebobinadoras, presurizadores ubicados al lado izquierdo de la planta y área de desechos

- **Área 5 (Exterior) :**

Campo deportivo, planta de tratamiento de agua y área de tanques

- **Área 6 (Mezzaninas) :**

Presurizadores, extractores, oficinas aéreas de producción y oficinas administrativas.

En el apéndice B se muestran las diferentes áreas, enmarcadas en un plano con vista de planta de la empresa.

4.1.2 Identificación de procesos

De igual forma se identificaron todos los procesos existentes en la planta. A continuación se nombran los distintos procesos realizados en la empresa:

- **Preparado de Cilindros**

En este proceso se graba imágenes en varios cilindros de cobre, que luego serán insertados en las máquinas de rotograbado para la impresión de la imagen que el cliente desee para su producto.

- ***Preparado de Tinta***

En este proceso se hacen las mezclas de tintas bases para conseguir el color deseado, en algunas ocasiones las tintas son mezcladas con oro o barniz para que se adhieran con más facilidad a algunos tipos de materiales de impresión.

- ***Rotograbado***

En este proceso hay máquinas de rotograbado que imprimen en alta velocidad una gran cantidad de rollos la imagen que el cliente desee que tenga su producto en el material que el mismo solicite.

- ***Laminado***

En este proceso se adhieren dos capas de materiales distintos de acuerdo a lo que requiera el cliente para su producto, se pueden realizar con distintos materiales de adhesión, como cera caliente, adhesivo con solvente o sin solvente. Los materiales que normalmente se unen son: papel y plásticos de distintas naturalezas.

- ***Metalizado***

Este proceso es único y poco utilizado en la empresa, pero cuando utilizado significa un consumo de energía muy significativo, por lo que se prefirió separar del proceso de laminado, aunque su objetivo es básicamente el mismo, unir una capa de algún metal a una capa de algún material plástico.

- ***Corte y Acabado***

En este proceso los rollos de impresión entregados por el proceso de rotograbado, luego de pasado por el área de laminado o metalizado cuando así lo requieran, son cortados de acuerdo a como el cliente lo requiera, es decir, entregados en rollos o entregados en laminas.

4.1.3 Flujogramas de Procesos

Como parte del conocimiento del procedimiento seguido para la elaboración del producto final de la empresa, se realizó un flujograma general del proceso de producción, así como para los distintos procesos en la planta.

En la figura 4.1.A se muestra el flujograma general de producción de Montana Gráfica, mientras que en el apéndice C, se ilustran los diagramas de flujo para cada proceso.

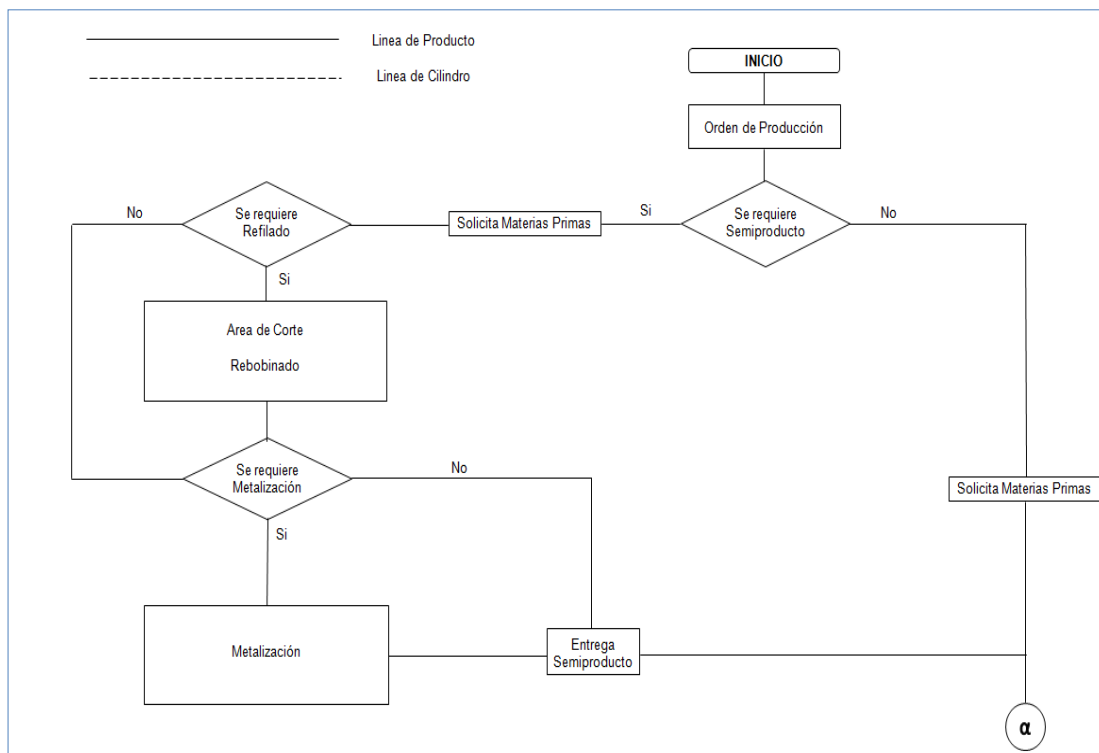


Figura 4.1 Flujograma General de Proceso de Producción.

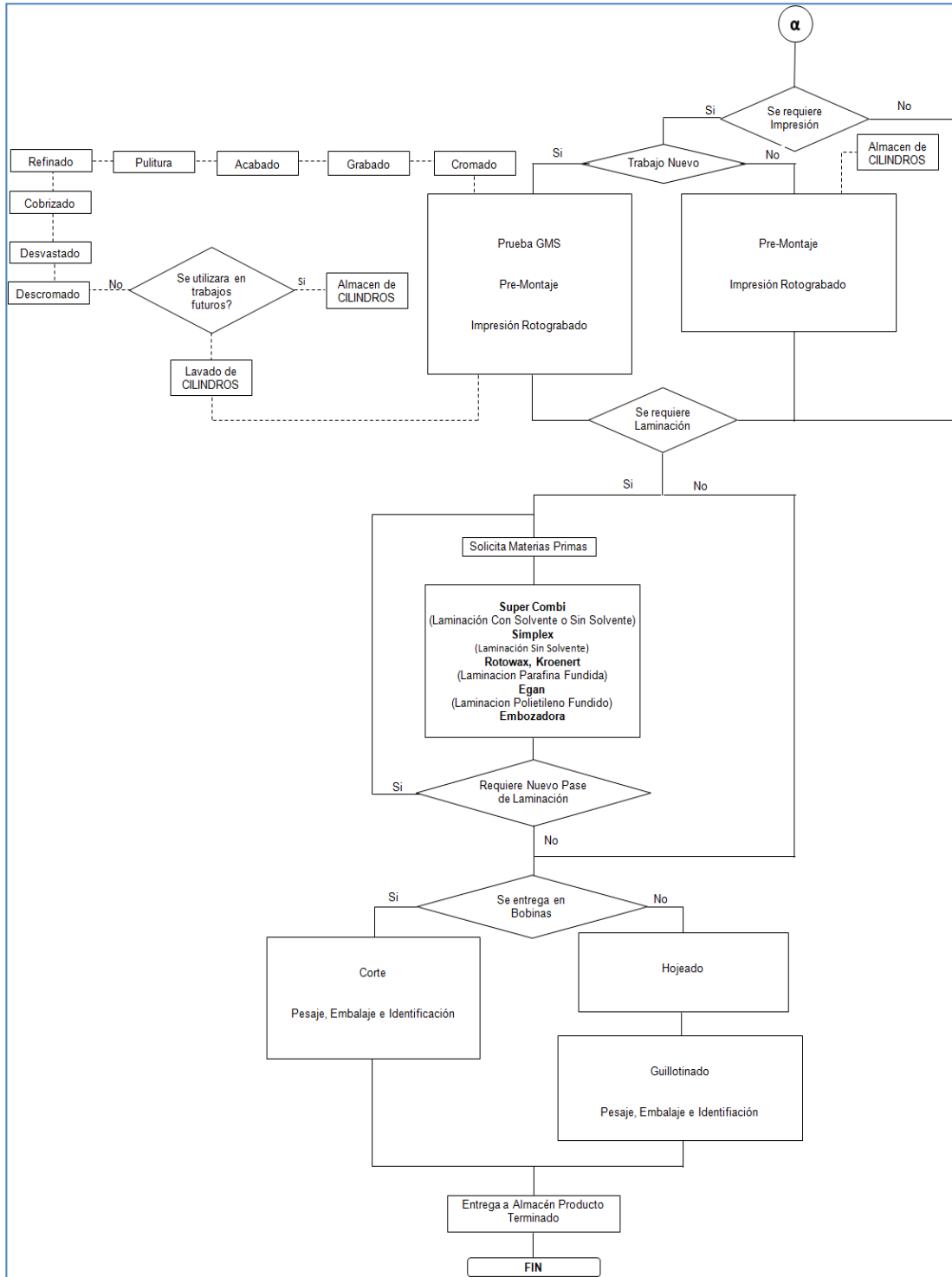


Figura 4.1 (Cont.) Flujograma General de Proceso de Producción.

Se observa en la figura 4.1, la secuencia que debe seguirse para obtener el producto final, tomando en cuenta que la realización de cada proceso está sujeta a la demanda del cliente.

En líneas generales, los pasos iniciales en el proceso, es la obtención de materia prima, bien sea producida internamente (Metalizado, Laminado) o adquirida mediante proveedores externos. En caso de ser un trabajo nuevo, es necesario cumplir en su totalidad con el proceso de Cilindros, de manera simultánea con la adquisición del material para la impresión, el cual consta a su vez de varias etapas que deben llevarse a cabo (ver Apéndice C), de lo contrario habrá que chequear en almacenes para utilizar nuevamente los rodillos que contienen grabada la imagen que se desee imprimir.

Luego estas dos primeras etapas ya mencionadas, se realiza el Rotograbado del material, el cual es imprescindible para la realización del proceso independientemente de las necesidades del cliente, en éste se imprime la imagen que se ha grabado en los distintos cilindros, mediante varias etapas las cuales representan cada una un color del diseño que se desee.

Una vez impreso el material, se debe realizar el proceso de laminación de acuerdo a la necesidad del cliente, en el cual éste se une con algún otro material mediante cera o adhesivos especiales.

Existen algunos pedidos en los cuales, se debe entregar el producto en forma de bobinas y otros en los que el material se debe entregar en hojas. Para el primer caso, una vez impreso el material, éste pasa por cortadoras para eliminar los bordes indeseados de las bobinas, y para el segundo, se envía el producto impreso a las guillotinas para ser cortado y empaquetado. Luego de esto, se pesa el material y se almacena para su posterior entrega.

4.2 Caracterización Energética

Con los datos de los últimos dos años de la facturación de energía eléctrica mensual, más los datos de producción mensual proporcionados por el personal de la empresa, se realizó la caracterización energética de la empresa Montana Gráfica. Dicha caracterización se obtiene mediante la realización de gráficos, los cuales se mostraran en el desarrollo de esta sección.

Estos gráficos son de suma importancia para la implementación de un SGIE, ya que proporcionan datos como la variación de consumo de energía en base a la producción de la planta, consumos no asociados a la producción, puntos óptimos de producción, establecimientos de metas, entre otros datos.

4.2.1. Elaboración de Gráfico de Control

Como se explicó en el capítulo II (2.2.6.1), la finalidad de levantar este gráfico, es descartar los puntos ubicados fuera de los límites establecidos ($\pm 3\sigma$) ya que estos representan valores anormales y de incluirse en este estudio darían resultados incongruentes. Además de identificar los puntos que se acercan notablemente a los límites y encontrar las causas de esta desviación.

Para realizar este gráfico se utilizaron las facturas de los últimos dos años a la empresa Corpoelec con motivo de la compra energía eléctrica, ésta se mide en un período de tiempo al mes y luego se estima a 30 días. Dicha facturación se muestra en la tabla 4.1 de donde se obtiene un valor promedio de 731.905,47 kWh de consumo energético al mes y un factor de potencia de 0,82 el cual, según el reglamento de la ley de servicio eléctrico vigente [20], se encuentra por muy debajo del límite de 0,90 establecido.

Tabla 4.1 Facturación de Corpoelec.

Facturación Energía Eléctrica						
Mes	Días del Período	kVA Leídos	kWh del período	Factor de Potencia	Consumo Facturado a 30 días (kWh)	Costo Mensual (Bs)
ene-08	N/D	N/D	N/D	N/D	624.962,73	N/D
feb-08	N/D	N/D	N/D	N/D	783.231,60	N/D
mar-08	N/D	N/D	N/D	N/D	730.117,71	N/D
abr-08	N/D	N/D	N/D	N/D	880.683,33	N/D
may-08	N/D	N/D	N/D	N/D	764.133,64	N/D
jun-08	N/D	N/D	N/D	N/D	880.236,25	N/D
jul-08	N/D	N/D	N/D	N/D	800.563,24	N/D
ago-08	N/D	N/D	N/D	N/D	766.883,44	N/D
sep-08	N/D	N/D	N/D	N/D	835.515,00	N/D
oct-08	N/D	N/D	N/D	N/D	691.881,00	N/D
nov-08	N/D	N/D	N/D	N/D	1.013.199,00	N/D
dic-08	46	1.568	590.582	0,82	385.162,17	47.215,89
ene-09	17	1.714	596.215	0,82	1.052.144,12	35.022,69
feb-09	33	1.700	732.814	0,81	666.194,55	47.644,7
mar-09	36	1.734	676.903	0,81	564.085,83	47.846,97
abr-09	25	1.807	657.706	0,82	789.247,20	42.386,19
may-09	25	2.066	681.973	0,81	818.367,60	45.037,48
jun-09	33	2.169	774.496	0,82	704.087,27	54.200,61
jul-09	N/D	N/D	N/D	N/D	758.453,79	N/D
ago-09	32	2.032	830.745	0,82	778.823,44	54.496,83
sep-09	32	N/D	827.391	0,82	775.679,06	53.430,36
oct-09	28	1.944	662.007	0,83	709.293,21	44.864,23
nov-09	27	1.959	596.401	0,83	662.667,78	41.301,75
dic-09	36	657	581.490	0,83	484.575,00	42.815,80
ene-10	25	N/D	534.211	0,82	641.053,20	36.054,27
feb-10	34	1.664	775.181	0,83	683.983,24	51.020,42
mar-10	35	1.623	673.878	0,83	577.609,71	46.962,63
abr-10	28	1.726	634.826	0,83	680.170,71	42.612,33
may-10	29	1.547	768.948	0,84	795.463,45	48.578,16

Tabla 4.1 (Cont.) Facturación de Corpoelec.

Facturación Energía Eléctrica						
Mes	Días del Periodo	kVA Leídos	kWh del periodo	Factor de Potencia	Consumo Facturado 30 días (kWh)	Costo Mensual (Bs)
jun-10	N/D	N/D	N/D	N/D	709.266,21	N/D
jul-10	N/D	N/D	N/D	N/D	681.335,14	N/D
Promedio	30,65	1.727,33	682.103,94	0,82	731.905,47	45.970,08

En la figura 4.2 se muestra el gráfico de control en la empresa Montana Gráfica.

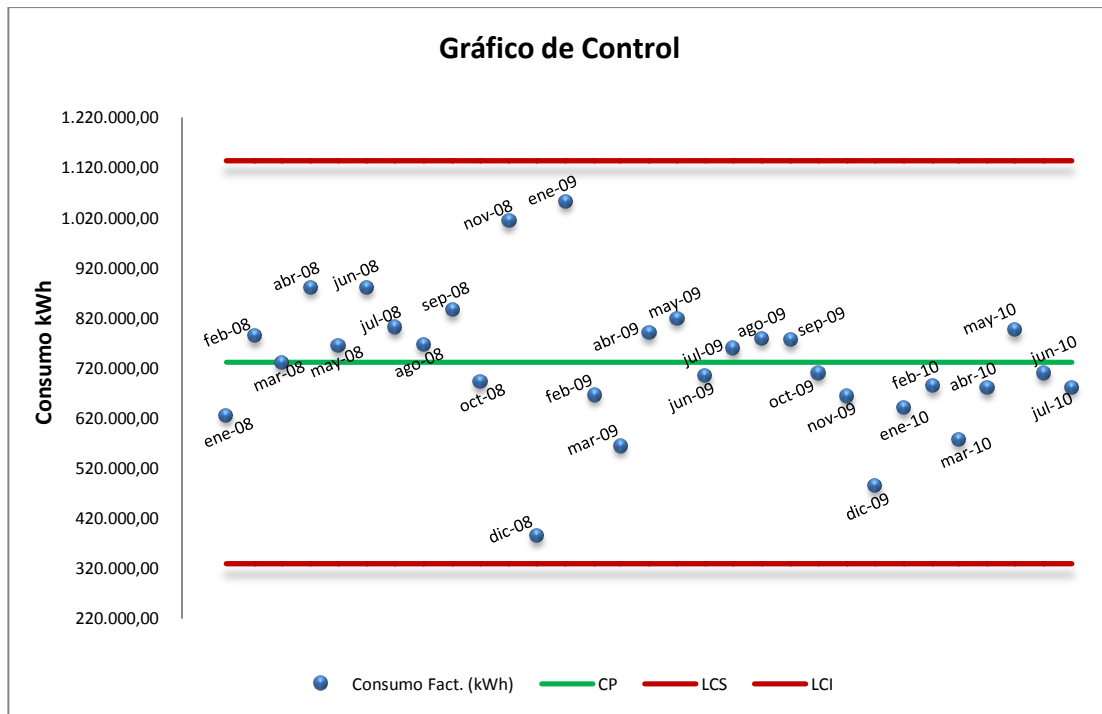


Figura 4.2 Gráfico de Control en Montana Gráfica

Se puede observar de la figura 4.2 que no existe ningún punto de consumo mensual que salga de los límites establecidos, por lo que todos los puntos son válidos para este estudio.

4.2.2. Elaboración de Gráfico Energía-Producción vs. Tiempo

Este gráfico muestra la variación independiente de la Energía Eléctrica Consumida (kWh) y la cantidad de Producción (Ton) a través del tiempo con el fin de identificar algún comportamiento anormal en algún periodo (mes) e identificar las causas o factores que producen dicho comportamiento anormal. En la figura 4.3 se muestra el grafico de Energía - Producción vs Tiempo de la empresa.

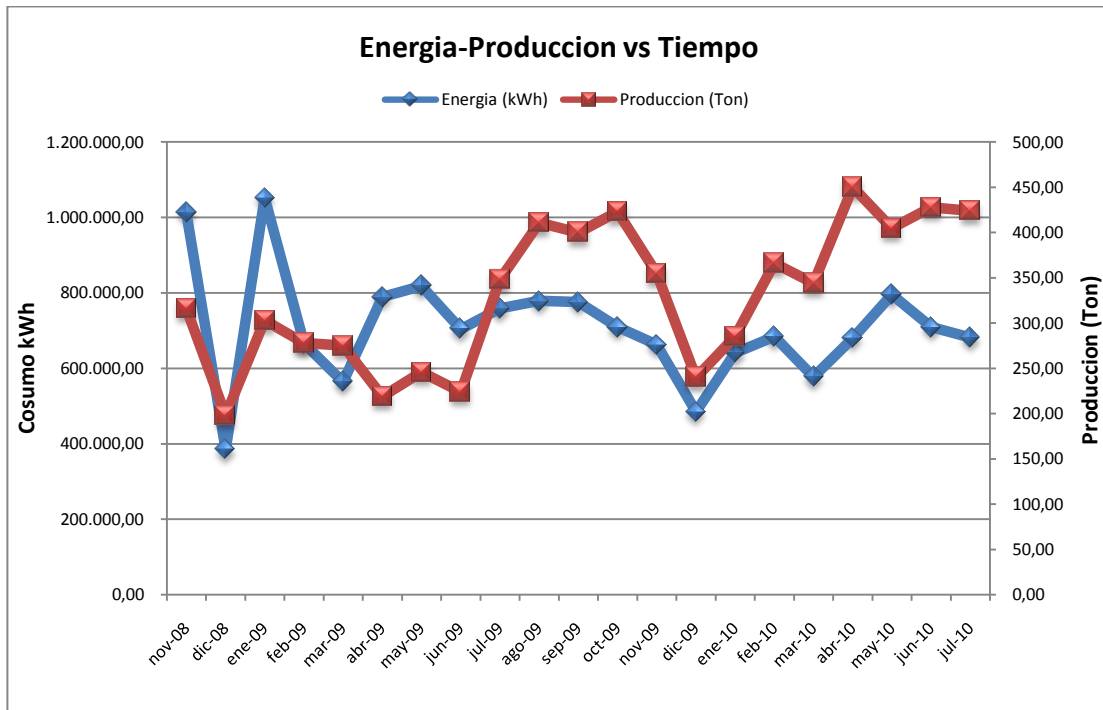


Figura 4.3 Gráfico de Energía-Producción vs Tiempo

Se puede observar en la figura 4.3, que no existe un comportamiento uniforme desde el período Noviembre 2008 a Junio 2009, así como también la existencia de un cambio notable de la relación entre la producción y la energía facturada a partir de julio 2009, debido a la incorporación de la rotogradora Rotomec V, y la desincorporación de la Flexográfica, en donde la producción de la empresa se incremento significativamente.

4.2.3. Elaboración de Gráfico Energía vs Producción

Este gráfico tiene como finalidad establecer la tendencia lineal que existe entre la producción y el consumo energético, y de esta forma definir cuantitativamente el valor de la energía no asociada a la producción.

En el caso de la empresa Montana Gráfica, como se observó Figura 4.3 (Gráfico Energía-Producción vs Tiempo) la empresa tiene dos características de consumo de energía muy distintas, esto debido a dos motivos fundamentales el primero es la incorporación de máquinas de mayor eficiencia como la Rotomec V y a la normativa publicada en septiembre del 2009 en la Gaceta Oficial N° 39.332 [4], en donde se debería reducir en un 20% el consumo de energía eléctrica, a fin de no ser penalizado con un corte en el suministro de electricidad. Por este motivo se decidió realizar un gráfico para las dos tendencias, uno para el período ubicado entre Noviembre 2008 (fecha a partir de la cual se posee datos de producción) y Agosto 2009, y otro para los meses desde Septiembre 2009 hasta Julio 2010

En las figura 4.4.A y 4.4.B, se muestran los gráficos de Energía vs Producción en las dos tendencias. En ellas se observa (Gráfico de Energía vs Producción), que antes de septiembre 2009, el consumo no asociado a la producción era de 452.566 kWh, mientras que después de esta fecha el consumo no asociado a la producción era de 300.054 kWh (66% de lo que era antes), esto es debido a que después de la orden de reducción de consumo, la empresa adoptó medidas de ahorro como reemplazo de luminarias, apagado circuitos de iluminación, apagado presurizadores de gran tamaño, adquisición de un compresor de aire más eficiente, entre otras medidas de ahorro.

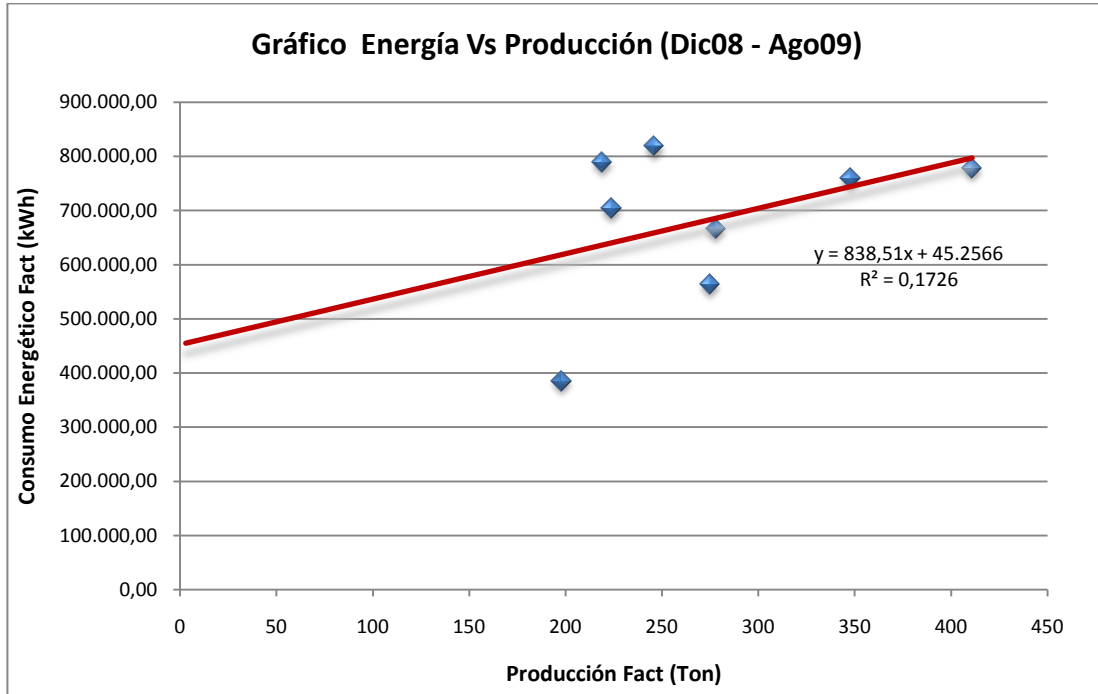


Figura 4.4.A Gráfico de Energía vs Producción (Dic.08 – Agos.09)

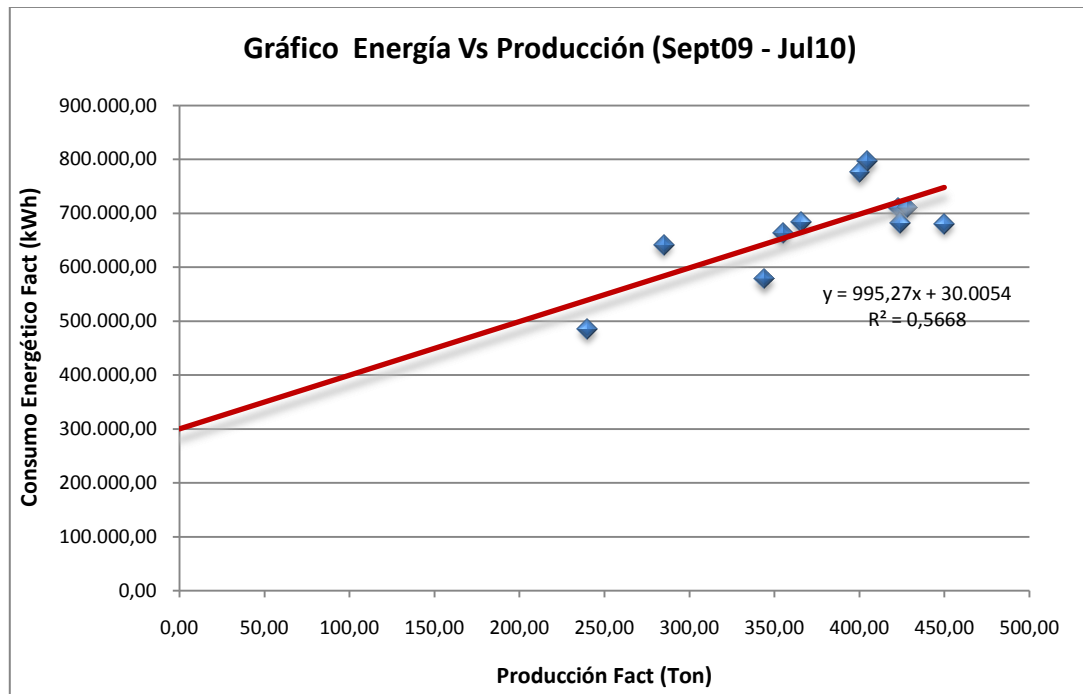


Figura 4.4.B Gráfico de Energía vs Producción (Sept.09 – Jul.10)

En la Figura 4.4.A se observa una correlación entre los puntos muy baja, es decir que, por diversos motivos que solo la empresa conoce, no existe una proporcionalidad entre lo que se produce y lo que se consume. También es de destacar que en noviembre 2008 y enero 2009, se encuentran los dos meses de mayor consumo en la planta y no se encontró una respuesta concreta para dicho incremento ya que la producción de este mes no justifica este hecho. Es importante resaltar que estos dos puntos disminuyen aun más la correlación existente entre los datos graficados, lo que indica la existencia de algún evento irregular en planta durante esos meses o un error en la medición-estimación hecha por Corpoelec.

En la figura 4.4.B (Gráfico de Energía vs Producción), se observa una correlación de un 57% entre los datos graficados, lo que quiere decir que existe una mayor fiabilidad en cuanto a estos, por lo que el estudio del consumo energético se hizo en base a este último período (Septiembre 2009- Julio 2010).

4.2.4. Establecimiento del Gráfico Meta de Energía vs Producción

Una vez realizados los gráficos de Energía vs Producción, se establecen las metas de consumo.

Para establecer las metas y que éstas sean alcanzables, inicialmente se seleccionaron los meses de mejor eficiencia en donde la planta ha trabajado, es decir, aquellos que se encuentran por debajo de la recta trazada en la figura 4.4.B, y mediante estos puntos seleccionados se establece una nueva tendencia de consumo, la cual se define como la tendencia meta, ésta se muestra en la figura 4.5.

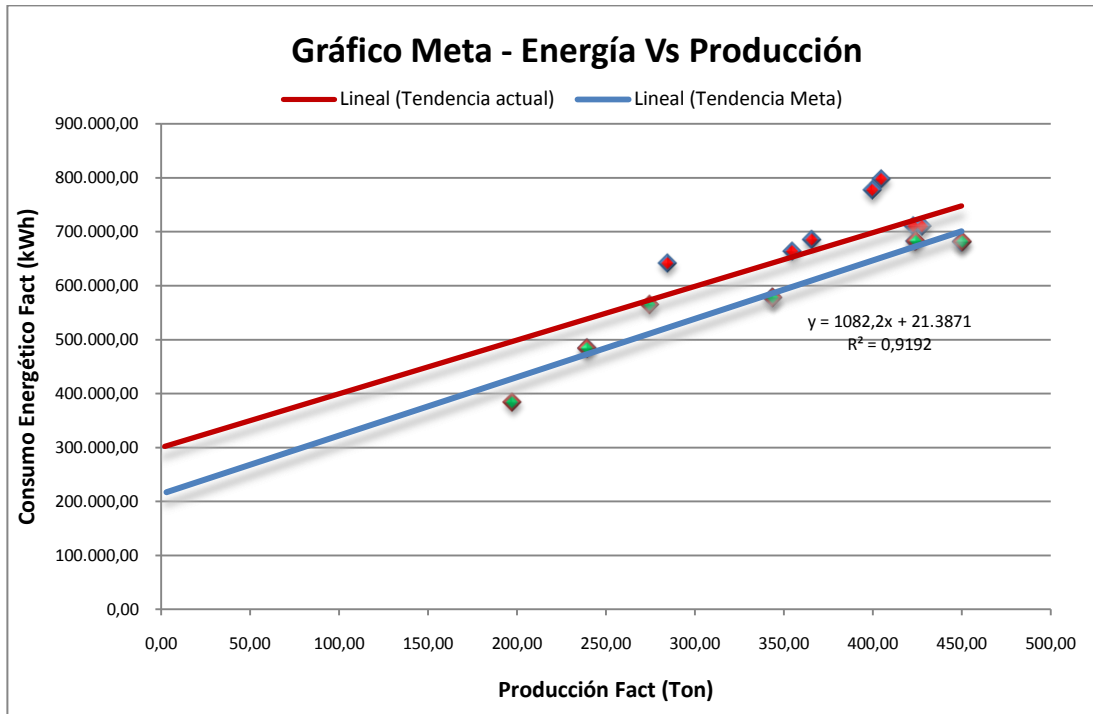


Figura 4.5 Gráfico Meta - Energía vs Producción.

Se puede observar en la figura 4.5, que la tendencia meta establecida se encuentra en paralelo con la tendencia actual, pero desplazada verticalmente hacia abajo. Esta nueva tendencia indica cual debería ser el consumo de energía eléctrica para cada valor de producción, para que la planta trabaje de forma más eficiente. El consumo no asociado a la producción de la tendencia meta es de 213.871 kWh, mientras que el de la tendencia actual es de 300.054 kWh, esto implica que si la planta logra mantener su producción dentro de la tendencia meta, implicaría un 29% de ahorro de energía.

Cabe destacar que la meta establecida anteriormente, se realizó con valores reales que la planta ya ha alcanzado, por lo que si la planta trabaja implementando nuevos sistemas de ahorro, los resultados pueden ser aún más eficientes.

4.2.5. Elaboración del Gráfico de Índice de Consumo vs Producción

Como se especificó en el capítulo II (2.2.6.4), con las ecuaciones obtenidas de la tendencia de consumo actual y la tendencia de consumo meta, y dividiendo éstas entre la producción, se puede obtener el gráfico de Índice de Consumo vs Producción, que indica la energía necesaria para producir una tonelada para un determinado valor de producción.

En la figura 4.6, se muestra el gráfico de índice de consumo vs Producción en la empresa Montana Gráfica.

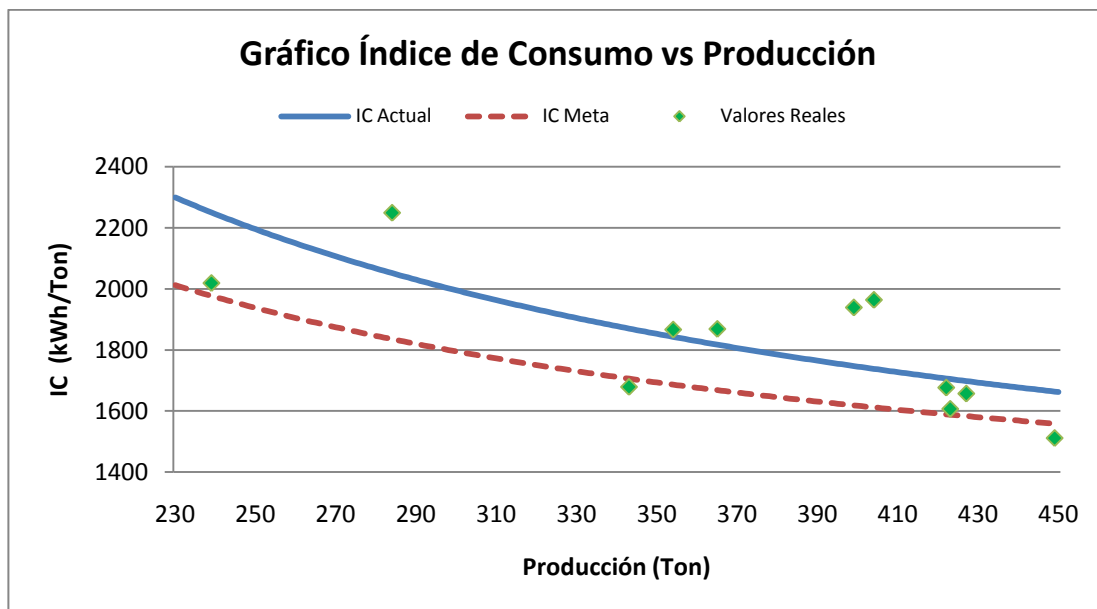


Figura 4.6 Gráfico Índice de Consumo vs Producción.

Como se puede observar de la figura 4.6, mientras mayor es la producción en la planta, menor es el impacto de la energía eléctrica en el costo de una tonelada de producción, debido a esto es importante que la producción en la empresa se mantenga a un nivel elevado, con el fin de reducir la cantidad de kWh por tonelada producida. Además, se pueden

observar dos curvas de índice de consumo teórico, una para la tendencia de consumo actual y otra para la tendencia de consumo meta.

Se puede deducir de la tabla 4.2, que además de la importancia de mantener la producción elevada, es necesario cumplir las metas establecidas para reducir notablemente el impacto de la energía por tonelada de producto.

Tabla 4.2 Análisis del Gráfico de Índice de Consumo

<i>Toneladas</i>	<i>IC Actual (kWh/Ton)</i>	<i>IC Meta (kWh/Ton)</i>
250	2.196,00	1.937,00
350	1.852,00	1.693,00
450	1.662,00	1.557,00

4.2.6. Censo de Carga Conectada

Para realizar el censo de carga de motores, se recolectó en planta los datos de placa. Cuando no era posible visualizar algunos de los datos como por ejemplo factor de potencia, eficiencia, entre otros, se asumieron valores estándares para los mismos. En la tabla 4.3.A se encuentra un muestreo de los motores independientes de mayor consumo en la planta, en el apéndice F se encuentra el listado completo de todos los motores independientes censados.

Tabla 4.3.A Muestreo del censo de carga de motores independientes

<i>Motores Independientes</i>									
Marca	Descripción	FRAME	Potencia (HP)	Potencia (kW)	Tensión Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	RPM	Factor de Potencia	Potencia Eléctrica Calculada (kVA)
N/D	Presurizador Pasillo Kroenert	324T	40	N/D	220/440	86/43	1765	N/D	32,77
AEG	Presurizador Pasillo Metaliz.	200L	N/D	35	210/420	120/60	1770	0,87	43,65
N/D	Presurizador Pasillo Sheeter	324T	40	N/D	230/460	99,5/49,75	1770	N/D	39,64
BBC	Presurizador Área Acabado	200L	46	34,3	230/460	114/57	1765	0,89	45,41

Tabla 4.3.A (Cont.) Muestreo del censo de carga de motores independientes.

<i>Motores Independientes</i>									
Marca	Descripción	FRAME	Potencia (HP)	Potencia (kW)	Tensión Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	RPM	Factor de Potencia	Potencia Eléctrica Calculada (kVA)
N/D	Presurizador Área S/E 3	N/D	N/D	22	220/440	73/36,5	N/D	N/D	27,82
WEG	Presurizador (VN10)	324T	40	30	208-230/460	105-95.2/47,6	1770	0,85	37,92
Siemens	Presurizador (VN11)	200L	40/48	30/36	220/440	98/59	1770	0,87	44,96
N/D	Presurizador Schiavi (VN12)	324T	40	N/D	440	59,5	1760	N/D	45,35
N/D	Extractor Pre-Montaje (VN3)	324T	40	N/D	220/440	90/45	1770	N/D	34,29

En cuanto a las unidades de enfriamiento (chillers), compresores y máquinas compuestas por varios motores y equipos, se buscó en los manuales respectivos las características eléctricas de cada uno, en casos en donde no se hayan encontrado datos, estos se tomaron directamente de la placa de los distintos componentes del equipo, para poder estimar la carga total del equipo. En las tablas 4.3.B, 4.3.C y 4.3.D se muestran los datos de placa de una unidad de enfriamiento, de un compresor de aire y la máquina metalizadora respectivamente.

Tabla 4.3.B Censo de carga de una unidad de enfriamiento.

<i>Chiller 2 - Westing House - 460 V</i>					
N° Motor	Descripción	Potencia (HP)	Tensión Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	Potencia Eléctrica (kVA)
1	Compresor	20	460	32,50	25,89
2	Compresor	25	460	40,00	31,87
3	Compresor	20	460	32,50	25,89
4	Compresor	25	460	40,00	31,87
5	Ventilador	2	460	3,30	2,63
6	Ventilador	2	460	3,30	2,63
7	Ventilador	2	460	3,30	2,63
Potencia Aproximada de la Máquina (kVA)					123,42

Tabla 4.3.C Censo de carga de un compresor de aire.

Compresor 1 - Ingersoll Rand - 460 V					
N° Motor	Descripción	Potencia (HP)	Tensión Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	Potencia Eléctrica (kVA)
1	Principal	100	460	121,00	96,41
2	Ventilador	2	460	3,20	2,55
Potencia Aproximada de la Máquina (kVA)					98,96

Tabla 4.3.D Censo de carga de una máquina compuesta por varios equipos.

Metalizadora - 460 V						
N°	Descripción	Potencia (HP)	Potencia (kW)	Tensión Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	Potencia Eléctrica (kVA)
1	Bomba Kinney 1	15	N/D	230 / 460	40 / 20	15,93
2	Bomba Kinney 2	15	N/D	230 / 460	40 / 20	15,93
3	Bomba Kinney 3	15	N/D	230 / 460	40 / 20	15,93
4	Bomba Raíz 1	N/D	N/D	440,00	34,50	26,29
5	Bomba Raíz 2	N/D	13	440,00	23,00	17,53
6	Bomba Raíz 3	N/D	18	440,00	30,50	23,24
7	Bomba Raíz 4	N/D	18	440,00	30,50	23,24
8	Bomba Raíz 5	N/D	3,55	260 / 440	1,2 / 6,5	4,95
9	Bomba Raíz 6	N/D	13	440,00	23,00	17,53
10	Bomba Difusora 1	N/D	24	440,00	N/D	33,22
11	Bomba Difusora 2	N/D	24	440,00	N/D	33,22
12	Motor Carro Móvil 1	0,5	0,37	380,00	0,94	0,62
13	Motor Carro Móvil 2	N/D	0,7	380,00	N/D	0,97
14	Bomba Aceite	3	2,2	220 / 380	9,9 / 5,7	3,75
15	Chiller 1	N/D	N/D	440,00	15,00	11,43
16	Chiller 2	N/D	N/D	440,00	15,00	11,43
17	Motor Giro Cil. 1	N/D	9	ARM: 400 DC CAMPO: 110 DC	ARM: 30,3 DC CAMPO: 5,8 DC	12,76
18	Motor Giro Cil. 2	N/D	52	ARM: 400 DC CAMPO: 110 DC	ARM: 150 DC CAMPO: 11,2 DC	61,23
19	Motor Giro Cil. 3	N/D	52	ARM: 400 DC CAMPO: 110 DC	ARM: 150 DC CAMPO: 11,2 DC	61,23
20	Motor Giro Cil. 4	N/D	9,2	ARM: 400 DC CAMPO: 110 DC	ARM: 30 DC CAMPO: 4,8 DC	12,53
21	Vent. G. Cilindros 1	0,75	0,55	220 / 380	2,2 / 1,3	0,86
22	Vent. G. Cilindros 2	0,75	0,55	220 / 380	2,2 / 1,3	0,86
23	Vent. G. Cilindros 3	0,75	0,55	220 / 380	2,2 / 1,3	0,86
24	Vent. G. Cilindros 4	0,75	0,55	220 / 380	2,2 / 1,3	0,86

Tabla 4.3.D (Cont.) Censo de carga de una máquina compuesta por varios equipos.

Metalizadora - 460 V						
N°	Descripción	Potencia (HP)	Potencia (kW)	Tensión Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	Potencia Eléctrica (kVA)
27	Aire Condicionado 3	N/D	1	400-440	N/D	1,26
28	Bomba Calentador	N/D	3	440,00	6,80	5,18
29	Compresor Calentador	N/D	N/D	440 - 480	37,20	28,35
Potencia Eléctrica Total Aproximada (kVA)						441,20

En general en el censo de carga se identificaron un total de 56 máquinas compuestas por motores y diversos elementos; y aproximadamente 50 motores independientes en las 6 áreas descritas anteriormente, además de equipos de oficina en un total 45 áreas de trabajo (oficinas, talleres, depósitos, etc.).

Para realizar el censo de carga en el área de las oficinas se hizo un recorrido por las mismas, anotando el valor de carga nominal de los equipos, así como la cantidad de luminarias que había en ellas. En la tabla 4.3.E se muestran ejemplos del censo de carga de equipos.

Tabla 4.3.E Censo de carga de equipos en una oficina

Equipos - Servicio Médico					
Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Corriente Nominal (A)	Tensión Nominal (V)	Potencia Eléctrica (kVA)
Computador de escritorio	1	200	N/D	N/D	0,235
Filtro de Agua	1	80	N/D	N/D	0,094
Nevera Tamaño Medio	1	430	N/D	N/D	0,506
Cafetera	1	688	N/D	N/D	0,809

Tabla 4.3.E (Cont.) Censo de carga de equipos en una oficina

<i>Equipos - Servicio Médico</i>					
Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Corriente Nominal (A)	Tensión Nominal (V)	Potencia Eléctrica (kVA)
Esterilizador	1	850	7,8	110	0,858
TV-AM/FM	1	12	N/D	N/D	0,014
Aire Acondicionado	1	36000 BTU	23	220	5,060
TV 27"	1	95	N/D	N/D	0,112
TOTAL					7,689

En la tabla y 4.3.F se muestran ejemplos de iluminación de una oficina.

Tabla 4.3.F Censo de carga de iluminación en una oficina

<i>Iluminación - Servicio Médico</i>			
Luminarias	Tipo	Potencia Individual (W)	Potencia Total (kW)
13	Fluorescente 1x4	40	2,08
3	Fluorescente 1x2	40	0,24
1	Incandescente	72	0,072
1	Lámpara de Mercurio	20	0,02
TOTAL			2,412

Simultáneamente mientras se realizaba el censo de máquinas, equipos y luminarias, se identificaron los circuitos de tableros principales de distribución y sub-tableros. Identificándose para cada tablero su fuente de alimentación, de igual forma los equipos que estos alimentaban. En la tabla 4.4 se muestra un ejemplo en el cual se presentan los resultados para el tablero de Servicios Prioritarios Generales (SPG).

Tabla 4.4 Censo de carga e iluminación por tablero.

Tablero:	SPG
Fuente:	Transformador #1, S/E #2
<i>Cargas</i>	<i>Potencia (kVA)</i>
TECM	7,689
TCL1A	21,430
Cargas Diversas	3,834
TOTAL CARGAS	32,952
<i>Iluminación</i>	<i>Potencia (kVA)</i>
Alumbrado Exterior	13,600
TECM	2,412
<i>Iluminación</i>	<i>Potencia (kVA)</i>
AELAB B	6,000
S/E 1	1,760
Planta	6,400
TCL1A	3,840
Luminarias Diversas	4,944
Pasillo Desarrollo	0,968
TOTAL ILUMINACIÓN	39,924
TOTAL TABLERO	72,876

Se identificaron un total de 53 tableros en la planta. En la tabla 4.4 se puede visualizar un muestreo de algunos de estos tableros con su carga en equipos, iluminación y su fuente de alimentación.

Una vez realizado el censo de carga y la identificación de circuitos de los tableros, ya se tienen todos los datos necesarios para determinar la carga total conectada de la planta.

Tabla 4.5 Muestreo de diferentes tableros con su carga y alimentación.

Tablero	Equipos (kVA)	Iluminación (kVA)	Carga Total (kVA)	Fuente de Alimentación
SPG	32,952	39,924	72,876	Transf. #1
TECM	7,689	2,412	10,101	SPG
TAFI	0,000	24,640	24,640	TGEI
TMP	21,401	16,320	37,721	Transf. #7
TCL1	14,191	0,000	14,191	Transf. #2
TCL2	197,250	0,000	197,250	Transf. #2
AELAB A	24,226	4,000	28,226	STEI
TEL	1,288	4,764	6,052	TGPB
TGPB	49,318	38,564	87,882	Transf. #2
STEI	24,226	20,672	44,898	Transf. #2

Para determinar la carga conectada total por transformador, se actualizaron los diagramas unifilares de cada transformador, y mediante los datos de carga de los equipos y de los tableros censados se obtuvo una estimación de la carga conectada total por cada transformador en la planta. A continuación en la figura 4.7 se muestra el diagrama unifilar del transformador #4 de la S/E #4. Para ver los demás diagramas de cada transformador ver apéndice D.

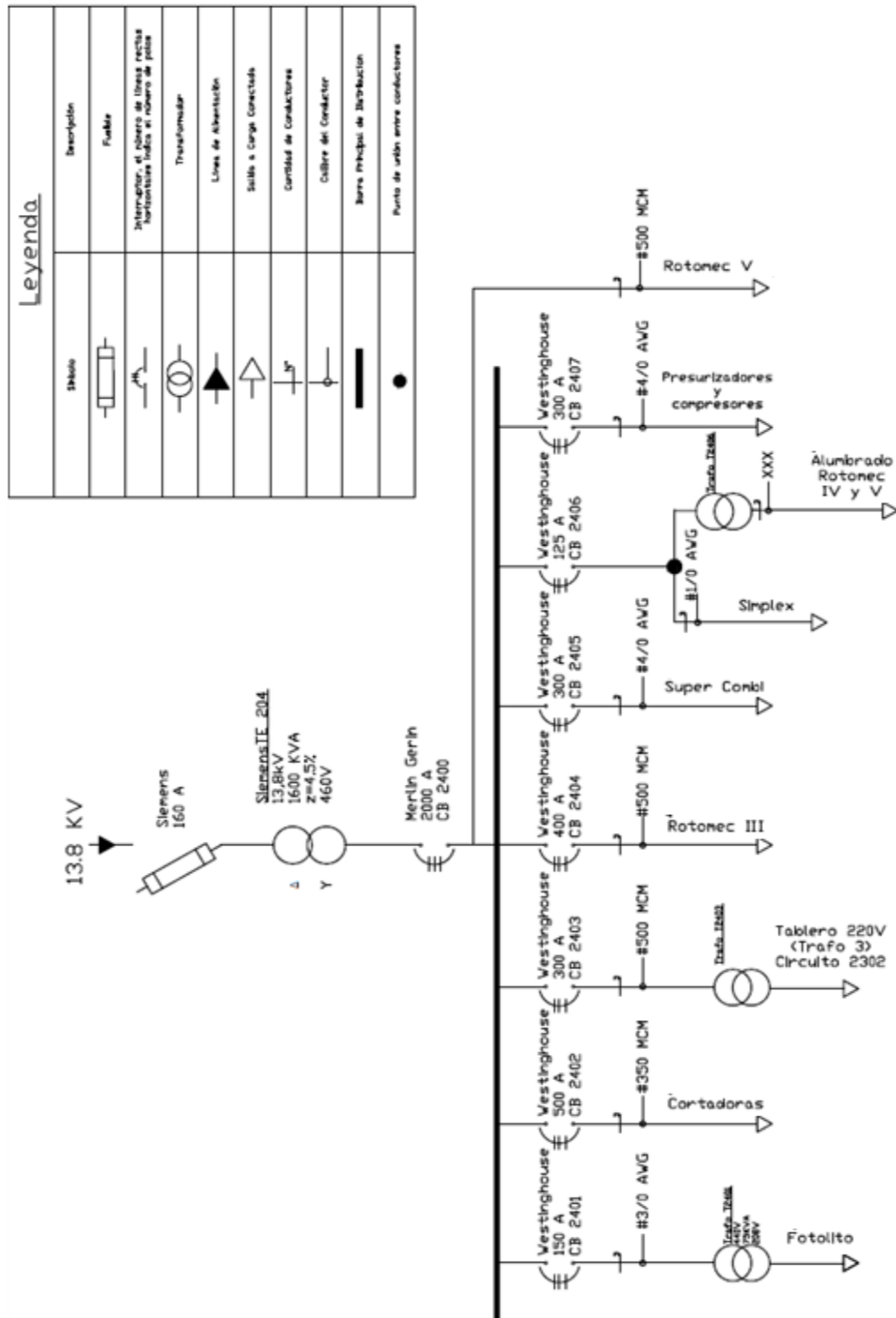


Figura 4.7 Diagrama Unifilar Transformador #4 de la S/E #2

Una vez realizado el censo de carga y la identificación de circuitos de los tableros, se tienen todos los datos necesarios para determinar la carga total conectada de la planta.

En la tabla 4.6 se muestra como se realizó la estimación de carga para cada transformador.

Tabla 4.6 Distribución de la Carga Conectada en Transformadores

<i>Transformador</i>	<i>Capacidad Instalada (kVA)</i>	<i>Carga de Iluminación (kVA)</i>	<i>Carga de Equipos (kVA)</i>	<i>Carga Total Instalada (kVA)</i>	<i>Carga de Iluminación c/respecto a la carga total (%)</i>	<i>Carga de Equipos c/respecto a la carga total (%)</i>	<i>Carga Total c/respecto a la capacidad instalada (%)</i>
N°1	1.350	0,00	1.968,49	1.968,49	0,00	100,00	145,81
N°2	1.250	107,77	989,35	1.097,12	9,82	90,18	87,77
N°3	630	11,55	255,47	267,02	4,33	95,67	42,38
N°4	1.600	33,10	1.465,86	1.498,96	2,21	97,79	93,68
N°5	630	0,00	443,41	443,41	0,00	100,00	70,38
N°6	630	0,00	378,90	378,9	0,00	100,00	60,14
N°7	500	22,43	270,02	292,45	7,67	92,33	58,49
Total	6.590	174,86	5.771,50	5.946,35	2,94	97,06	90,23

De la tabla 4.6 se observa que la capacidad instalada de la planta es de 6.590 kVA y la carga total instalada de 5.946,35 kVA, lo que representa un 90,23% de la capacidad instalada. En relación a las unidades de transformación, solamente el transformador #1 sobrepasa en carga conectada a la capacidad instalada (145,81%), el transformador #2 y el transformador #4 posee una carga conectada que se acerca bastante a la capacidad instalada (87,77% y 93,68% respectivamente), mientras que los demás transformadores poseen una carga conectada total entre un 42 a 71% de su capacidad nominal.

A partir de estos datos se puede saber de antemano, que existen transformadores que probablemente estén muy por debajo de su carga nominal, esto debido a que cuando se apliquen factores de uso y demanda diversificada, la carga real descenderá a un valor muy inferior del mostrado en la tabla 4.6.

4.2.7. Identificación de Potenciales de Ahorro

Después de finalizado el censo de carga de la planta y teniendo todos los datos de carga conectada en ella, se separan por cada proceso realizado en la planta las máquinas, equipos y motores involucrados en el mismo, con la finalidad de identificar los potenciales de ahorro.

La identificación de los potenciales de ahorro se hizo uso de la herramienta del Diagrama de Pareto, que aplicado a este estudio, indicará que existen aproximadamente un 20% de equipos que impactan en el 80% del consumo de energía total del área de estudio.

Es de suma importancia identificar los elementos que pueden impactar notablemente en el consumo de energía general de la planta, ya que estos representan posibles puntos de ahorro, por lo tanto en estos equipos se tomaron las mediciones de consumo de energía real, debido a que los elementos de bajo consumo tienen poca importancia analizarlos, ya que cualquier medida o recomendación que se tome en ellos, no impactará significativamente en el ahorro energético total que se desea lograr.

Desde la figura 4.8.A hasta la figura 4.8.E, se muestran los Diagramas de Pareto de carga conectada de cada proceso o área.

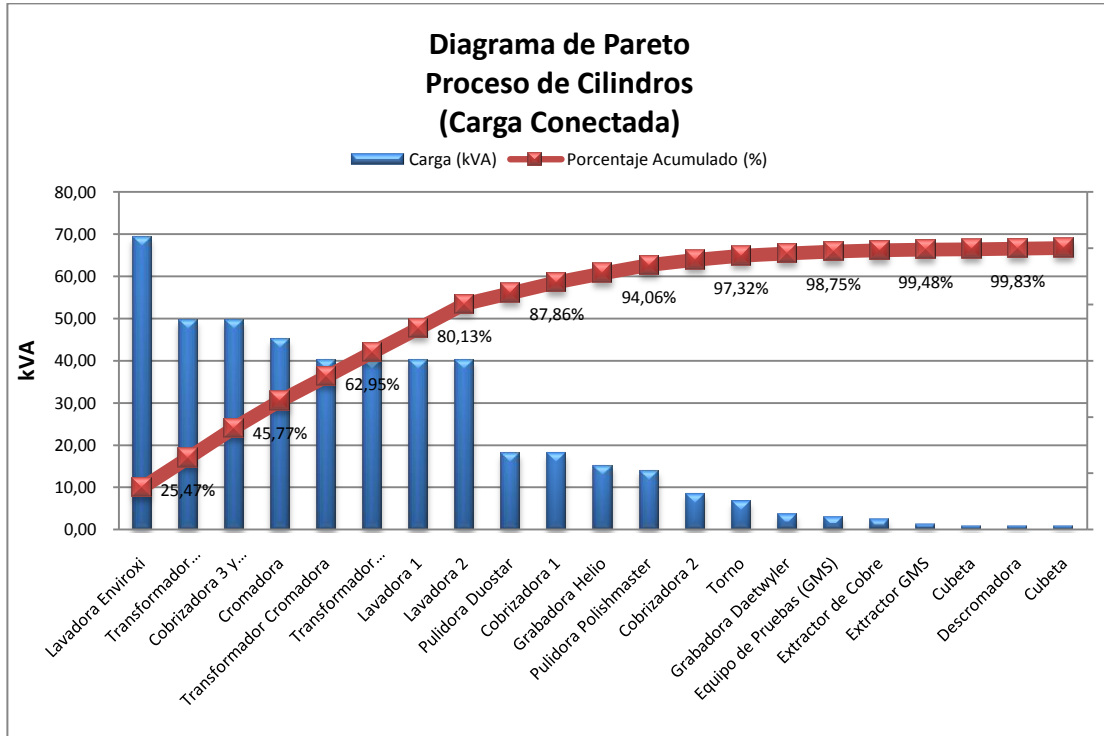


Figura 4.8.A Diagrama de Pareto de Carga Conectada del Proceso de Cilindros.

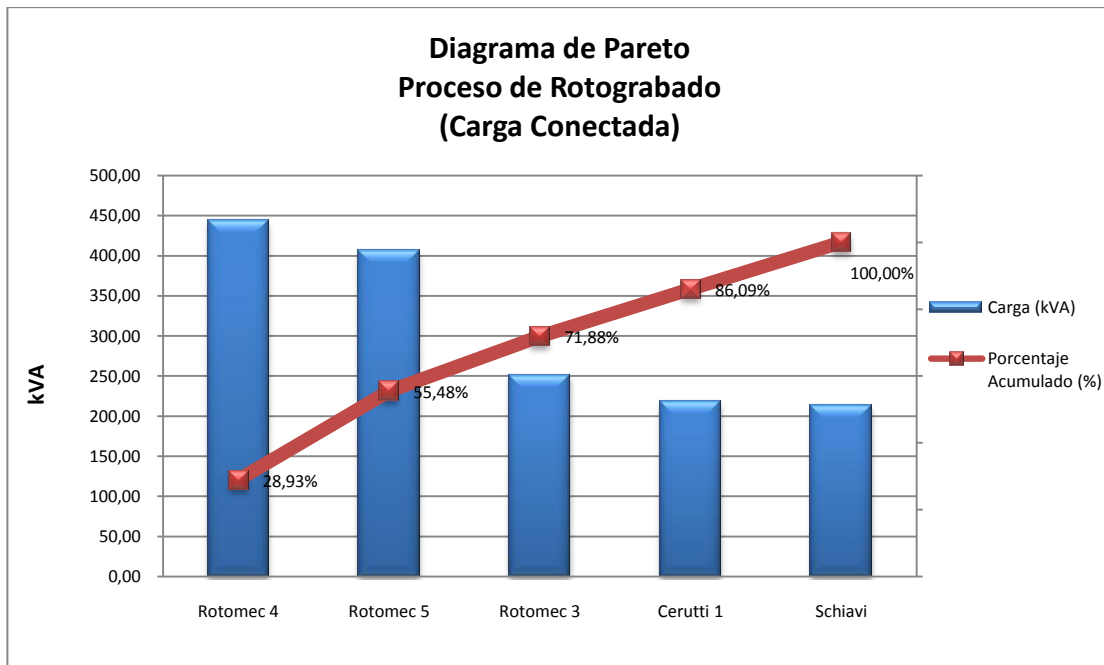


Figura 4.8.B Diagrama de Pareto de Carga Conectada del Proceso de Rotograbado.

De la figura 4.8.A, se puede observar que existen 9 cargas que representan casi un 84% de la carga total del área de cilindros. En estos equipos se realizaron las mediciones, pero además se tomaron mediciones en otros equipos, que aun con bajo consumo son muy utilizados en el proceso que se realiza en esta área, considerándose que era de gran utilidad saber sus parámetros eléctricos.

A partir de la figura 4.8.B, se pueden identificar 3 cargas que representan casi un 72% de la carga total del área de rotograbado: Rotomec 5, Rotomec 4 y Rotomec 3. Estos equipos son los potenciales de ahorro del área de rotograbado.

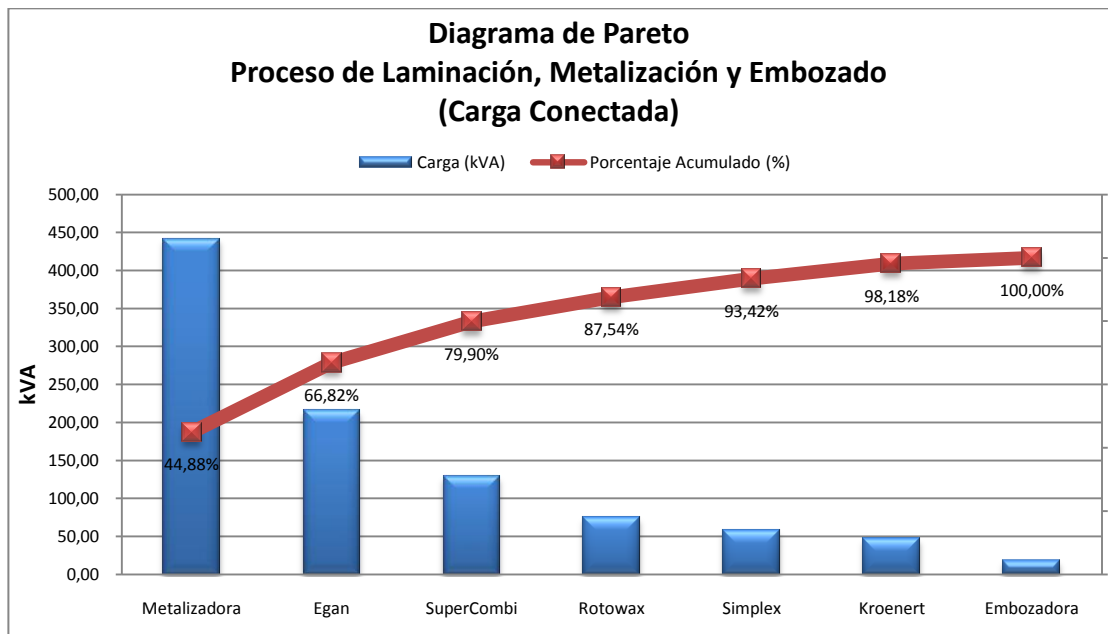


Figura 4.8.C Diagrama de Pareto de Carga Conectada del Proceso de Laminación, Metalización y Embozado.

Usando la figura 4.8.C, se puede identificar que existen 4 cargas que representan casi un 88% de la carga total del área de laminación, metalización y embozado. Además de realizarse las mediciones en los

potenciales de ahorro, se midieron los demás equipos, debido a que todos tienen una función específica en el proceso de laminado, y se consideró que era importante poseer sus características eléctricas.

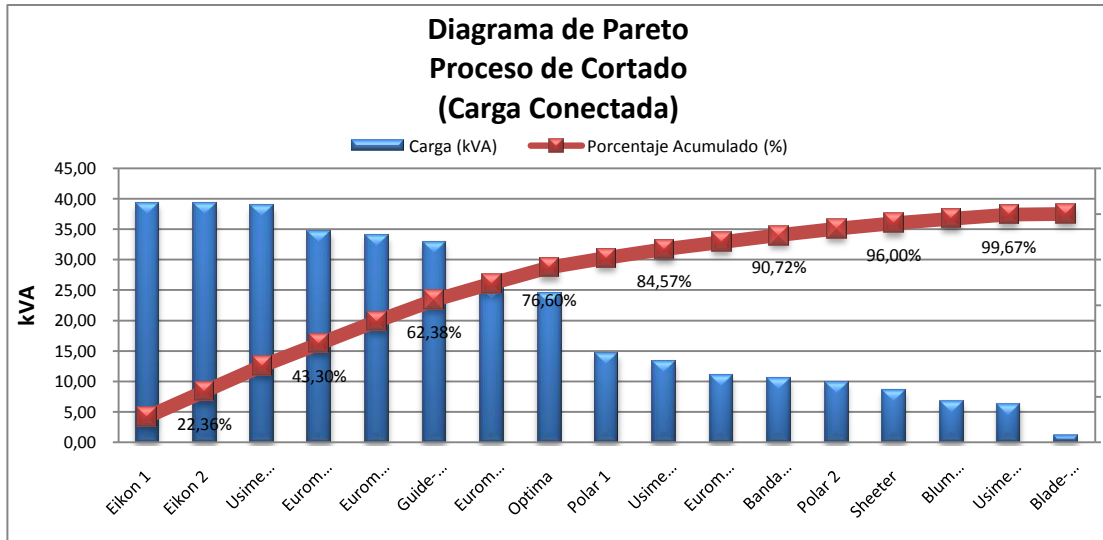


Figura 4.8.D Diagrama de Pareto de Carga Conectada del Proceso de Cortado.

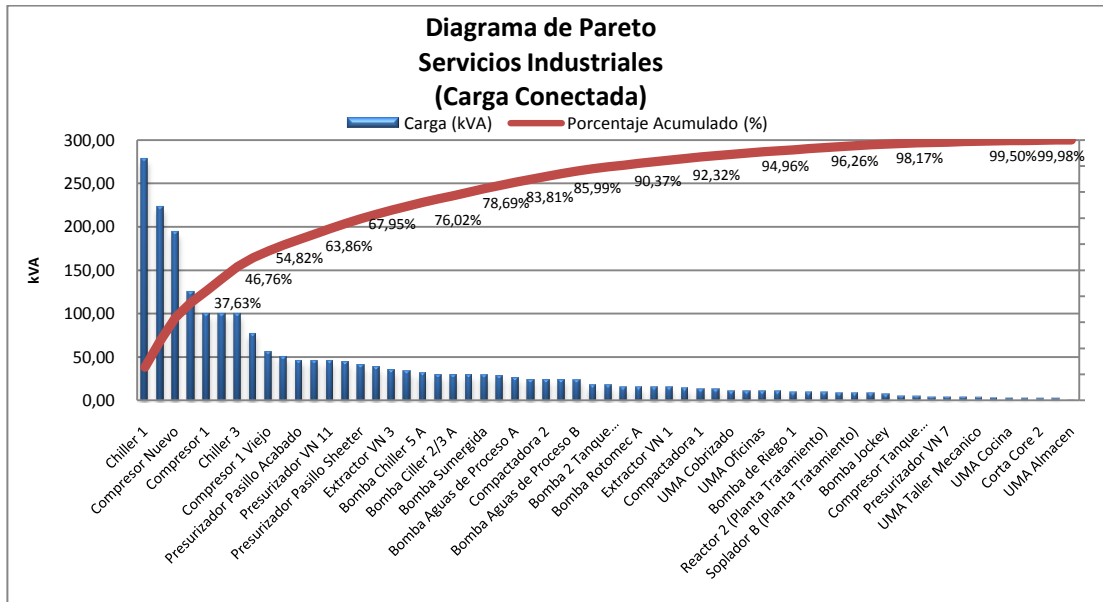


Figura 4.8.E Diagrama de Pareto de Carga Conectada del área de Servicios Industriales.

En la figura 4.8.D, se puede identificar que existen 10 cargas que representan casi un 85% de la carga total del área de cortado. En estos equipos se hizo énfasis para realizar las mediciones.

De la figura 4.8.E, se puede identificar que existen 27 cargas que representan casi un 86% de la carga total del área de servicios industriales. Además de realizarse las mediciones en los potenciales de ahorro, se midieron algunos motores o equipos, que aunque con bajo consumo de energía, son bastantes utilizados en la planta por lo que se consideró útil tener sus parámetros eléctricos.

4.3 Medición de los Potenciales de Ahorro e Iluminación.

Una vez concluida la identificación de la caracterización energética de la empresa Montana Gráfica e identificado los potenciales de ahorro en la se realizaron mediciones de consumo eléctrico en los equipos y motores de alto consumo. Para realizar esto, se utilizó el analizador de calidad de energía FLUKE 434; se midieron las variables de mayor interés para este estudio, como fue mencionado anteriormente en el capítulo III, para posteriormente analizar estos datos en función del tipo de equipo al cual se está midiendo.

4.3.1 Medición de Iluminación

La medición de iluminación se realizó con la ayuda de un Luxómetro, usando como referencia la norma UNE para iluminación de trabajos en interiores [21], con la cual se verificó si la cantidad de iluminación promedio por área es la recomendada de acuerdo a la actividad que se realice, para así evitar consecuencias negativas que afectan a la salud de los trabajadores y por ende, a la producción [22]. En las tablas 4.7.A y 4.7.B, se muestran las mediciones obtenidas de dos grupos de áreas, en el apéndice E se incluyen

las demás medidas de iluminación tomadas para las distintas áreas de trabajo de la empresa.

Tabla 4.7.A Muestreo de Medición de Iluminación en áreas de inspección de materiales

<i>Inspección de Materiales</i>					
Área	Iluminación Promedio (Lux)	Iluminación Min (Lux)	Iluminación Max (Lux)	Em Norma (lux)	¿Cumple con la Norma?
Lob Control Calidad (A)	667	70	900	500	Si
Lob Control Calidad (B)	658	300	1030	500	Si
Guillotinas	701	510	1050	500	Si
Oficina de Control Calidad	614	320	1280	1000	No

Tabla 4.7.B Muestreo de Medición de Iluminación en Almacenes

<i>Almacenes</i>					
Área	Iluminación Promedio (Lux)	Iluminación Min (Lux)	Iluminación Max (Lux)	Em Norma (lux)	¿Cumple con la Norma?
Materia Prima	194	20	430	300	No
Almacén General	45	5	70	100	No
Almacén Producto Terminado	65	50	80	300	No

En las tablas 4.7.A y 4.7.B se observa que la cantidad de lux en los laboratorios de control de calidad de materia prima y en la sala de guillotinas se cumple con la normativa establecida, sin embargo en otras localidades como la oficina de control de calidad, la iluminación es aproximadamente el 50% y en el caso del almacén general es apenas del 45% del valor

recomendado por la UNE, lo que sugiere un déficit significativo de la cantidad de luz en varios ambientes de la empresa.

4.3.2 Medición de Motores Independientes, Compresores y Chillers.

Al tratarse de motores de inducción, cuya carga se mantiene constante durante todo el ciclo de trabajo, las mediciones se realizaron durante un corto período de tiempo, lo necesario para medir la corriente de arranque y demás parámetros eléctricos en régimen permanente.

Para analizar la condición de trabajo de dichos motores, se utilizaron los datos recolectados en el censo de carga (sección 4.2.6) y mediante un algoritmo desarrollado por los profesores José Aller y Alexander Bueno bajo el ambiente MatLab (ver la sección 2.2.8.6 y Apéndice G), el cual determina el circuito equivalente de cada motor y en conjunto con las variables que se registraron con el analizador de energía, se determinaron variables como: eficiencia eléctrica, pérdidas, potencia de salida y porcentaje de carga respecto a la nominal.

- **Presurizador VN-12**

Este motor de 40 HP, es utilizado para mover un hélice que suministra aire mediante un sistema de ventilación hacia la planta, es uno de los motores de mayor tamaño en ella, por lo que mostrará el ejemplo de su medición además de los resultados obtenidos por el software desarrollado.

A continuación se muestra el diagrama fasorial de tensión, diagrama fasorial de corriente, valores RMS y pico de tensiones y corrientes, desequilibrio de tensión y corriente, gráfica de corriente vs tiempo, gráfica de potencia activa vs tiempo, tabla de potencias y energías, desde la figura 4.9.A hasta la 4.9.G, pertenecientes a la medición del presurizador VN-12.

Estas figuras son capturas de pantalla del analizador de energía, una vez realizada la medición en cada equipo, se procedió a almacenar los datos que aparecen en estas imágenes en una base de datos, para su posterior análisis mediante las tablas 4.8 hasta la 4.13.

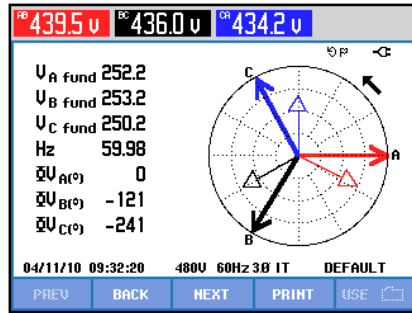


Figura 4.9.A Diagrama Fasorial de Tensión

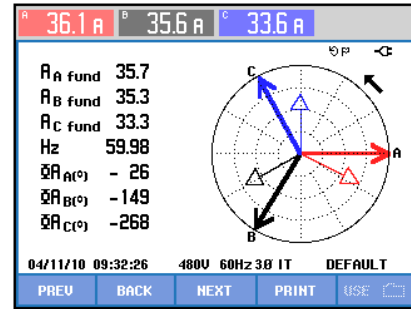


Figura 4.9.B Diagrama Fasorial de Corriente

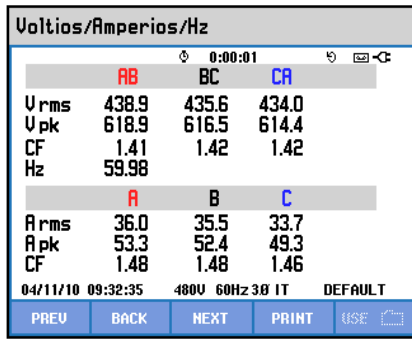


Figura 4.9.C Tensión, Corriente y Hertz

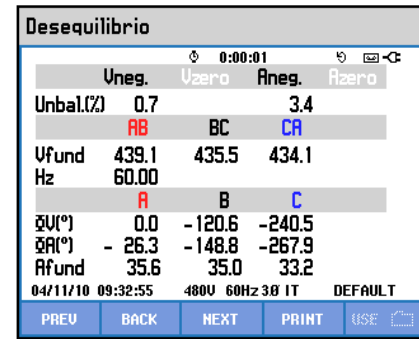


Figura 4.9.D Desequilibrio

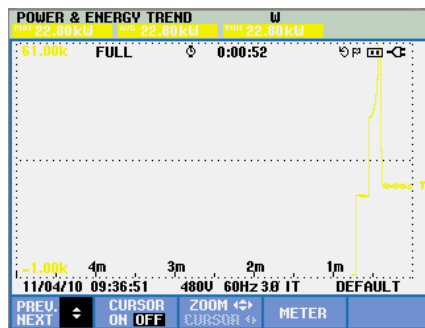


Figura 4.9.E Corriente vs Tiempo

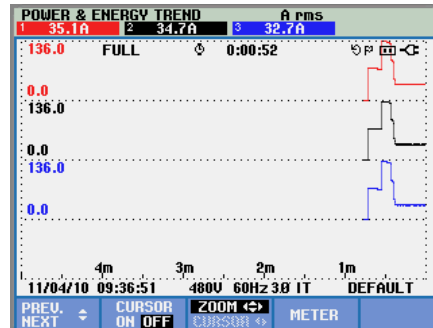


Figura 4.9.F Potencia Activa vs Tiempo

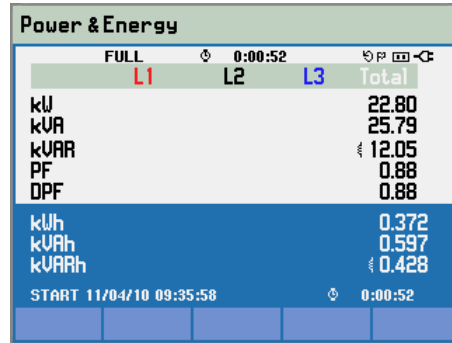


Figura 4.9.G Potencia, Energía y Tiempo de Medición

Las mediciones realizadas en los motores independientes, se muestran en la tabla 4.8., en ellas se resume los datos suministrados por las figuras obtenidas con el analizador de energía para cada equipo, además de las horas de trabajo mensual por motor y estimación de su consumo de energía mensual en kWh, además de identificar con un color anaranjado, las casillas cuyo parámetro eléctrico no son los estándares esperados, por ejemplo: bajo factor de potencia, altos desequilibrios de tensión o corriente, alto contenido de armónicos en la tensión o corriente.

Tabla 4.8 Mediciones de Motores Independientes, Compresores y Chillers

<i>Motores Independientes, Compresores y Chillers</i>													
Descripción	Carga Nominal (kVA)	Tensión (V)			Carga Medida (kVA)	Carga Medida (kW)	Factor de Potencia	Pico de Corriente de Arranque (A)	Armónicos Corriente (THD %)	Desequilibrio Tensión (%)	Desequilibrio Corriente (%)	Horas de trabajo Semanales	Consumo mensual (kWh)
		Vab	Vbc	Vca									
Bomba Chiller 5 A	30,48	431,6	434,7	437,6	22,4	16,8	0,75	N/D	<10%	0,8	6,5	84	5644,8
Bomba Chiller 1/2/3 A	28,96	433,9	439,3	436	23,97	21,13	0,882	N/D	<10%	0,7	6,2	84	7099,68
Bomba Sumergida	28,39	450,1	447	453,5	24,6	21,5	0,874	110	<10%	0,8	4	10,5	903
Bomba Aguas de Proceso A	25,91	434,6	440	436,7	12,64	10,13	0,801	N/D	<10%	0,7	6,8	84	3403,68
Bomba de Riego 2	23,63	450	447	453,9	18,8	16,4	0,872	231	<10%	0,9	10	N/D	N/D
Chiller 3	98,80	432,90	438,60	435,30	66,80	59,30	0,888	N/D	<10%	0,80	4,30	28	6641,6

Tabla 4.8 (Cont.) Mediciones de Motores Independientes, Compresores y Chillers.

Motores Independientes, Compresores y Chillers (Servicios Industriales)													
Descripción	Carga Nominal (kVA)	Tensión (V)			Carga Medida (kVA)	Carga Medida (kW)	Factor de Potencia	Pico de Corriente de Arranque (A)	Armónicos Corriente (THD %)	Desequilibrio Tensión (%)	Desequilibrio Corriente (%)	Horas de trabajo Semanales	Consumo mensual (kWh)
		Vab	Vbc	Vca									
Compactadora 2	23,63	457,3	459,7	463,6	14,55	6,36	0,437	34,6	<10%	N/D	N/D	21	534,24
Bomba 1 Tanque Hidroneumático	17,03	217,9	216,5	214,6	11,59	10,11	0,872	144	<10%	0,9	10,2	16,5	667,26
Bomba Rotomec A	14,1	434,8	439,9	436,7	15,02	13,54	0,901	N/D	<10%	0,7	4,8	84	4549,44
Presurizador Pasillo Metalizadora	43,65	452,5	459,4	456,9	26,9	16,02	0,596	N/D	<10%	0,6	9,2	168	10765,44
Presurizador Pasillo Sheeter	39,64	458,5	456,2	453,2	26,5	22,4	0,845	N/D	<10%	0,6	3,9	168	15052,8
Presurizador Pasillo Kroenert	32,77	457,2	455	452,1	22,13	18,44	0,833	N/D	<10%	0,6	4,9	168	12391,68
Extractor VN 3	34,29	439,5	436	434,2	16,18	11,68	0,722	130,3	<10%	0,7	7,3	168	7848,96
Presurizador VN4	5,56	439,5	436	434,2	3,05	2,02	0,662	17,5	0,7	14,3	N/D	168	1357,44
Presurizador VN 5	3,59	439,5	436	434,2	2,21	0,92	0,416	15	9,4	0,7	46,5	168	618,24
Presurizador VN 6	8,13	439,5	436	434,2	4,61	3,75	0,813	N/D	0,7	5,3	N/D	168	2520
Presurizador VN 7	3,59	439,5	436	434,2	2,32	0,56	0,241	14,6	0,7	4,2	N/D	168	376,32
Presurizador VN 9	3,59	439,5	436	434,2	1,75	0,73	0,417	27,1	0,7	7,3	N/D	168	490,56
Presurizador VN 10	37,92	439,5	436	434,2	19,88	16,02	0,806	N/D	<10%	0,7	8,7	168	10765,44
Presurizador VN 11	44,96	439,5	436	434,2	21,63	15,7	0,726	N/D	<10%	0,7	6,5	168	10550,4
Presurizador VN 12	45,35	439,5	436	434,2	26,16	23,2	0,887	131,8	<10%	0,7	3,4	168	15590,4
UMA Cobrizado	9,96	437	439,9	434,8	4,76	2,87	0,603	N/D	<10%	0,6	Error	168	1928,64
UMA Grabadoras	9,96	438,8	441,8	439,2	2,99	2,14	0,716	N/D	<10%	0,7	Error	168	1438,08
UMA Oficinas	9,96	438,8	441,8	439,2	5,24	3,45	0,658	N/D	<10%	0,6	Error	84	1159,2
Chiller 1	277,20	430,58	431,97	434,74	174,50	144,60	0,829	N/D	<10%	0,70	8,90	70	40488
Chiller 5	221,92	222,56	220,66	218,93	129,20	106,20	0,822	N/D	10,8	0,80	5,50	126	53524,8
Compresor Nuevo	193,57	433,70	438,40	435,50	91,28	85,00	0,931	N/D	32,9	0,70	4,80	120	40800
Chiller 2	123,42	431,28	434,57	437,00	84,40	70,40	0,834	N/D	<10%	0,80	6,00	28	7884,8
Compresor 1	98,96	432,90	437,90	435,20	92,70	79,50	0,858	N/D	<10%	0,80	4,60	48	15264
Compresor 2	98,96	429,90	435,60	432,60	85,80	73,60	0,858	N/D	<10%	0,80	9,60	48	14131,2
TOTAL (kWh)												286.541	

A partir de los resultados de las mediciones en los motores independientes, chillers y compresores, mostrado en la tabla 4.8 se puede de antemano afirmar que:

Existen motores que están trabajando muy por debajo de sus condiciones nominales, debido a que existen motores con factor de potencia muy bajos, lo que indica que el motor no se encuentra trabajando en su punto óptimo, además que algunas mediciones arrojan valores de kVA por la mitad del valor nominal e incluso más bajos. Posteriormente, en el desarrollo de este capítulo (sección 4.4.2), mediante el algoritmo en MatLab (véase la sección 2.2.8.6 y Apéndice G), se muestran los resultados del cálculo de las condiciones de trabajo para cada motor.

No se registró ningún valor de desequilibrio de tensión por encima del 2%, máximo recomendado de acuerdo a la norma NEMA MG1.1993 [23] y la IEC60034-2 [24]. Es importante mantener el desequilibrio de tensión por debajo de este valor ya que sistemas desequilibrados presentan armónicos de tensión cuya secuencia es inversa a la secuencia de la red, lo que hace se produzcan campos magnéticos que frenan al motor, aumentando el consumo de corriente del mismo generando calentamiento y reduciendo la eficiencia del motor.

4.3.3 Medición de Maquinarias y Transformadores

A continuación se describe un ejemplo de cómo se realizó la medición y análisis en una maquinaria compuesta por varios motores y elementos, es decir, un equipo cuyo comportamiento varía notablemente durante el tiempo, debido a su alto nivel de automatización. El mismo procedimiento, se realizó de forma semejante para las demás maquinarias en planta. Además se

muestran las mediciones en dos transformadores de la planta, uno en la S/E #1 y otro en la S/E #2.

- *Rotomec 5*

Al tratarse de un equipo compuesto por varios motores y elementos, se requiere hacer una medición por un periodo de tiempo prolongado, de unos 20 minutos, esto con el fin de conocer el consumo de energía eléctrica en sus distintos ciclos de trabajo y estimar consumos promedios de energía. Además se realizó la medición cuando este equipo se encontraba trabajando con su carga máxima (para este caso, los 10 módulos funcionando).

En las figuras que van desde la 4.10.A hasta la 4.10.G, se muestra el diagrama fasorial de tensión, diagrama fasorial de corriente, valores RMS y pico de tensiones y corrientes, desequilibrio de tensión y corriente, gráfica de corriente vs tiempo, gráfica de potencia activa vs tiempo, tabla de potencias y energías. A partir de estas figuras se obtienen los datos necesarios de operación de la máquina Rotomec 5.

Estas figuras son capturas de pantalla del analizador de energía, una vez realizada la medición en cada equipo, se procedió a almacenar los datos que aparecen en estas imágenes en una base de datos, para su posterior análisis mediante las tablas 4.9 hasta la 4.12.

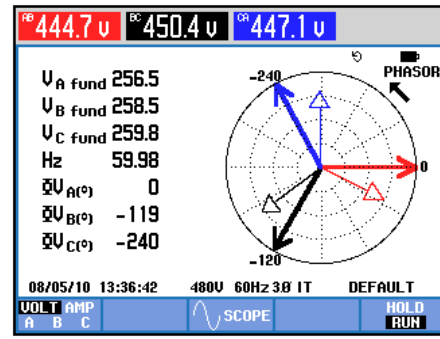
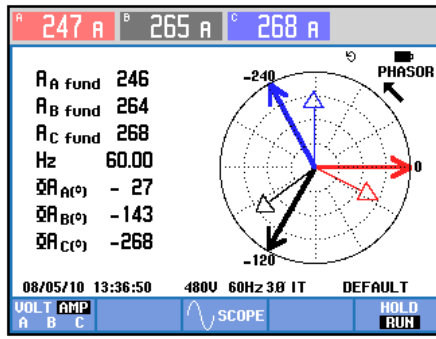


Figura 4.10.A Diagrama Fasorial de Tensión Figura 4.10.B Diagrama Fasorial de Corriente

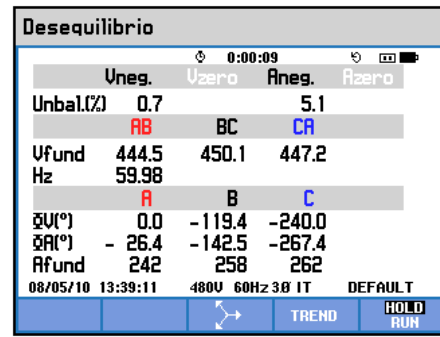
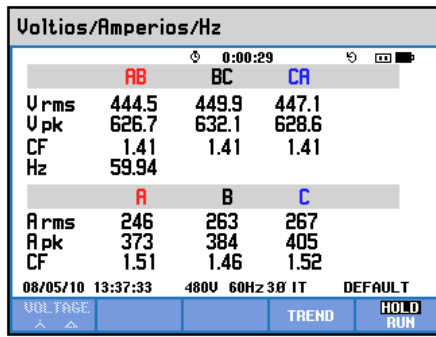


Figura 4.10.C Voltios, Amperios y Hertz

Figura 4.10.D Desequilibrios

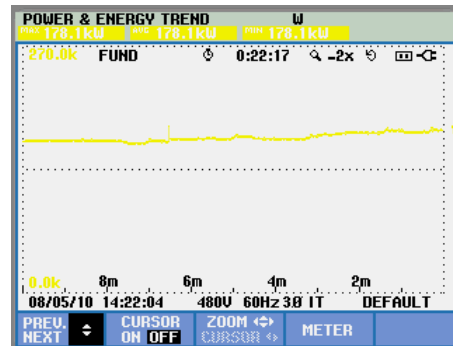
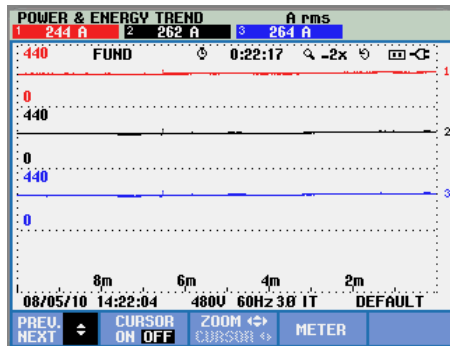


Figura 4.10.E Corriente vs Tiempo

Figura 4.10.F Potencia Activa vs Tiempo

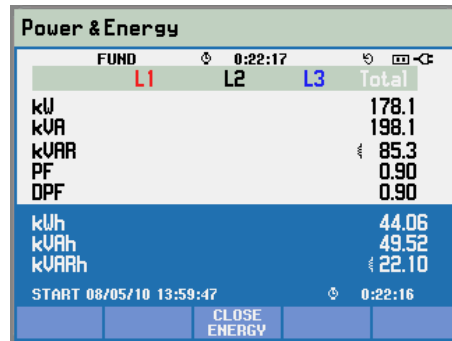


Figura 4.10.G Potencia, Energía y Tiempo de Medición

Las mediciones realizadas en los equipos de rotograbado, laminado, metalizado, embozado, cilindros, cortadoras y las mediciones en todos los transformadores se muestran a continuación desde las tablas 4.9 hasta 4.13; en ellas se resume los datos suministrados por las figuras obtenidas con el analizador de energía para cada equipo, además mencionan las horas de trabajo mensual por equipo o maquinaria y la estimación de su consumo de energía mensual en kWh, además de identificar con un color rojo, las casillas cuyo parámetro eléctrico no son los estándares o esperados, por ejemplo: bajo factor de potencia, altos desequilibrios de tensión o corriente, alto contenido de armónicos en la tensión o corriente.

Tabla 4.9 Mediciones de equipos en el área de Rotograbado

Rotograbado													
Descripción	Carga Conectada (kVA)	Tensión (V)			Carga Medida (kVA)	Carga Medida (kW)	Factor de Potencia	Pico de Corriente de Arranque (A)	Armónicos Corriente (THD %)	Desequilibrio Tensión (%)	Desequilibrio Corriente (%)	Horas de trabajo Mensuales	Consumo mensual (kWh)
		V _{ab}	V _{bc}	V _{ca}									
Rotomec 4	443,47	436,2	433,60	439,3	190,14	167,66	0,88	N/D	N/D	0,70	7,40	307,9	51.632,3
Rotomec 5	407,12	444,7	450,40	447,1	198,10	178,10	0,89	402	N/D	0,70	5,10	302,1	53.808,5
Rotomec 3	251,41	456,0	462,70	459,8	102,98	57,17	0,55	391	15	N/D	N/D	241,9	24.912,6
TOTAL (kWh)												130.353	

En la tabla 4.9 se puede observar que la Rotomec 3 presenta un bajo factor de potencia, lo que indica que el equipo está consumiendo mucha corriente para el trabajo que está realizando, esto hace que las pérdidas por las líneas sean mayores, y el factor de potencia en la entrada de la planta se vea afectado. Los demás equipos poseen valores normales en sus mediciones.

Tabla 4.10 Mediciones de equipos en el área de Laminado, Metalizado y Embozado

Laminadoras, Metalizadora y Embozadora													
Descripción	Carga Conectada (kVA)	Tensión (V)			Carga Medida (kVA)	Carga Medida (kW)	Factor de Potencia	Corriente de Arranque (A)	Armónicos Corriente (THD %)	Desequilibrio Tensión (%)	Desequilibrio Corriente (%)	Horas de trabajo Mensuales	Consumo mensual (kWh)
		V _{ab}	V _{bc}	V _{ca}									
Metalizadora	441,20	464,00	457,40	459,90	178,42	146,35	0,820	N/D	N/D	0,90	1,00	53,13	7.776,2
Egan	215,72	N/D	N/D	N/D	79,82	77,14	0,966	N/D	N/D	N/D	N/D	46,27	3.568,8
SuperCombi	128,62	463,70	460,50	458,10	20,90	19,90	0,952	N/D	57	0,70	22,10	407,47	8.108,7
Rotowax	75,10	211,80	213,10	209,00	27,97	27,04	0,966	N/D	12,6	1,10	16,10	1,71	46,19
Simplex	57,77	465,50	462,50	459,40	9,30	7,34	0,789	N/D	21,6	0,70	60,70	325,98	2.392,6
Kroenert	46,81	211,70	212,80	208,70	12,52	11,32	0,904	N/D	< 10%	1,10	14,80	9,08	102,83
Embozadora	17,91	212,00	213,40	209,20	4,80	4,10	0,854	N/D	< 10%	1,20	7,80	17,88	73,29
TOTAL (kWh)												22.068	

En la tabla 4.10 se puede observar que en cuanto a factor de potencia, todos los equipos presentan valores normales, los equipos que poseen factor de potencia por encima de 0,9 se deben a equipos cuya carga son altamente resistivas ya que trabajan con generación de calor para el proceso que realiza cada una, es decir, en el caso de Rotowax, Kroenert e Egan utilizan resistencias para calentar el material adhesivo (cera, parafina y Polietileno), mientras que la Supercombi utiliza calor para secar el solvente del material adhesivo. También se puede observar altos desbalances de corriente, así como presencia de armónicos en la corriente del equipo, lo cual

se debe a que son máquinas que trabajan con variadores de frecuencia, estos equipos tienden a tener corrientes cuya forma no es completamente senoidal.

Tabla 4.11 Mediciones de equipos en el área de Cortado

Cortadoras													
Descripción	Carga Conectada (kVA)	Tensión (V)			Carga Medida (kVA)	Carga Medida (kW)	Factor de Potencia	Pico de Corriente de Arranque (A)	Armónicos Corriente (THD %)	Desequilibrio Tensión (%)	Desequilibrio Corriente (%)	Horas de trabajo Mensuales	Consumo mensual (kWh)
		V _{ab}	V _{bc}	V _{ca}									
Eikon 1	39,17	464,80	458,80	462,10	9,12	8,13	0,891	53,30	28,50	0,70	14,20	432,72	3.517,99
Eikon 2	39,17	463,40	457,20	460,50	9,12	8,13	0,891	53,30	38,10	0,80	11,00	411,00	3.341,41
Usimeca 6	38,79	215,50	218,80	216,40	14,25	7,20	0,51	N/D	38,80	0,80	9,50	217,89	1.568,83
Euromac 6	34,59	461,60	458,90	464,90	8,34	1,94	0,23	16,00	54,40	0,80	7,00	41,50	80,51
Euromac 4	34,01	463,90	471,30	467,50	16,75	6,20	0,37	39,40	29,00	0,90	12,90	140,89	873,49
Guide-50	32,84	451,70	448,40	455,10	1,66	1,21	0,729	4,60	93,20	0,90	47,20	269,14	325,66
Euromac 1	25,27	458,10	464,00	460,80	15,12	7,36	0,487	32,50	43,00	0,70	20,80	321,58	2.366,85
Optima	24,53	218,30	217,30	220,40	15,16	6,80	0,449	N/D	< 10%	0,80	15,50	89,06	605,64
Polar 1	14,63	N/D	N/D	N/D	6,39	2,40	0,376	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Usimeca 5	13,31	N/D	N/D	N/D	4,92	2,49	0,505	N/D	N/D	N/D	N/D	214,61	533,92
Euromac 7	11,03	N/D	N/D	N/D	2,65	0,62	0,233	N/D	N/D	N/D	N/D	90,58	55,88
Polar 2	9,90	219,80	215,80	217,20	6,39	2,40	0,376	21,00	< 10%	0,60	6,60	N/D	N/D
Sheeter	8,59	459,50	457,10	462,20	6,89	2,19	0,318	13,30	< 10%	0,80	5,20	89,06	195,05
TOTAL (kWh)												13.465	

En la tabla 4.11 se puede observar que solamente equipos como Eikon1 y Eikon2 trabajan con factores de potencia altos, ya que los demás equipos poseen factores de potencia por debajo de 0,6, generando pérdidas en las líneas y disminuyendo el factor de potencia en la entrada de la planta. De igual forma se observa que en lo que se refiere a desbalances de tensiones, no existe ninguna anomalía. En cuanto a armónicos de corrientes algunos equipos poseen valores por encima de lo normal, esto

debido a que se tratan de equipos con varios elementos electrónicos que varían la forma de corriente de los equipos.

Tabla 4.12 Mediciones de equipos en el área de Cilindros

Cilindros													
Descripción	Carga Conectada (kVA)	Tensión (V)			Carga Medida (kVA)	Carga Medida (kW)	Factor de Potencia	Pico de Corriente de Arranque (A)	Armónicos Corriente (THD %)	Desequilibrio Tensión (%)	Desequilibrio Corriente (%)	Horas trabajo por cilindro	Consumo Mensual (kWh)
		V _{ab}	V _{bc}	V _{ca}									
Lavadora Enviroxi	69,10	433,70	439,00	435,90	13,50	12,11	0,897	N/D	N/D	0,70	6,40	0,50	1.878,56
Transformador Cobrizadora 2	49,54	N/D	N/D	N/D	12,57	10,97	0,873	N/D	N/D	N/D	N/D	2,00	1.574,20
Cobrizadora 3 y Transformador	49,51	216,20	217,90	219,80	8,71	7,87	0,904	N/D	16,60	0,90	21,10	2,00	1.786,49
Cromadora	45,00	220,10	212,70	218,60	11,09	10,70	0,965	N/D	N/D	0,90	2,90	0,75	2.736,53
Transformador Cromadora	40,01	220,30	214,90	218,60	8,10	7,80	0,962	N/D	21,40	1,10	1,30	0,75	1.994,85
Transformador Cobrizadora 1	40,01	215,10	217,00	218,60	12,57	10,97	0,873	N/D	13,30	0,90	4,60	2,00	2.742,50
Pulidora Duostar	18,00	445,93	449,90	452,00	3,55	3,40	0,958	N/D	N/D	N/D	N/D	0,58	566,24
Cobrizadora 1	17,99	216,70	219,10	220,50	3,42	1,94	0,567	47,80	18,80	0,90	13,80	2,00	485,00
Grabadora Helio	15,00	203,90	203,50	204,72	2,90	2,78	0,959	N/D	30,60	0,60	14,30	2,00	859,02
Pulidora Polishmaster	13,87	216,50	218,20	220,30	10,16	8,22	0,809	46,00	16,70	0,90	9,70	0,75	1.968,18
Cobrizadora 2	8,50	215,60	217,40	219,45	4,20	1,70	0,405	17,00	< 10%	1,00	10,10	2,00	243,95
Torno	6,68	216,70	218,80	220,30	6,30	2,39	0,379	N/D	< 10%	0,90	14,40	0,25	190,75
Grabadora Daetwyler	3,60	202,40	N/A	N/A	0,87	0,85	0,977	N/D	57,90	N/D	N/D	2,00	247,35
TOTAL (kWh)												17.273	

En la tabla 4.12 se puede observar que existen algunos equipos con factor de potencia bajos, como ya se ha mencionado, ocasionando mayores pérdidas en las líneas. En lo que se refiere a desequilibrios de tensión todos los equipos se encuentran por debajo del 2%, pero algunos equipos presentan armónicos de corrientes y desequilibrios de corriente que son originados por los elementos electrónicos que estos poseen.

- *Transformador N°2*

Ubicado en la Subestación N°1, el transformador N°2 es una máquina con una relación de tensión de 13,8k / 220 V, esta medición se realizó en un periodo de tiempo prolongado de más de 40 minutos, esto con el fin de poder obtener las variaciones en la potencia entregada a las cargas que alimenta como oficinas, alumbrado de planta, de servicios industriales, como el Chiller 5 y el sistema hidroneumático; entre otros.

En las figuras que van desde la 4.11.A hasta la 4.11.G se muestra el diagrama fasorial de tensión, diagrama fasorial de corriente, valores RMS y pico de tensiones y corrientes, desequilibrio de tensión y corriente, gráfica de corriente vs tiempo, gráfica de potencia activa vs tiempo, tabla de potencias y energía. A partir de estas figuras se obtienen los datos necesarios de operación del transformador.

Estas figuras son capturas de pantalla del analizador de energía, una vez realizada la medición en cada equipo, se procedió a almacenar los datos que aparecen en estas imágenes en una base de datos, para su posterior análisis mediante la tabla 4.13

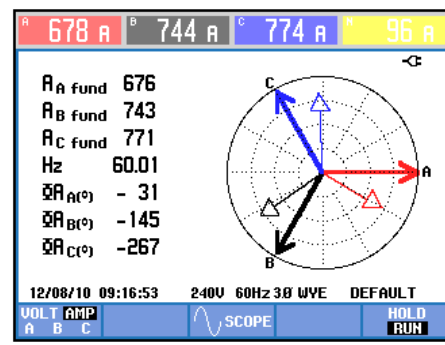
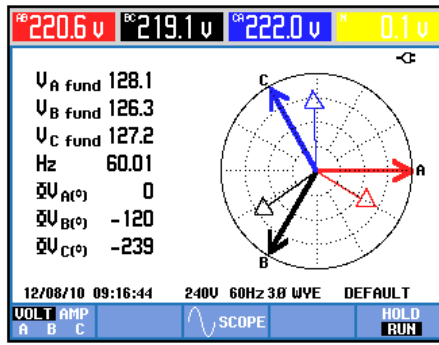


Figura 4.11.A Diagrama Fasorial de Tensión Figura 4.11.B Diagrama Fasorial de Corriente

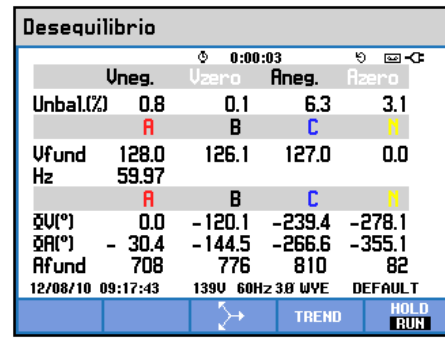
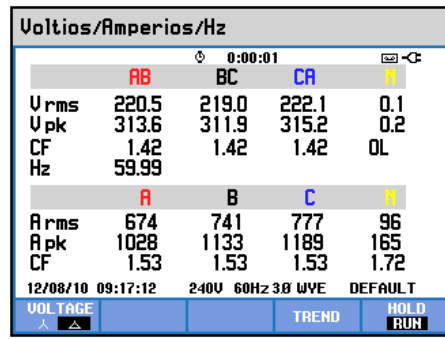


Figura 4.11.C Tensión, Corriente y Hertz

Figura 4.11.D Desequilibrio

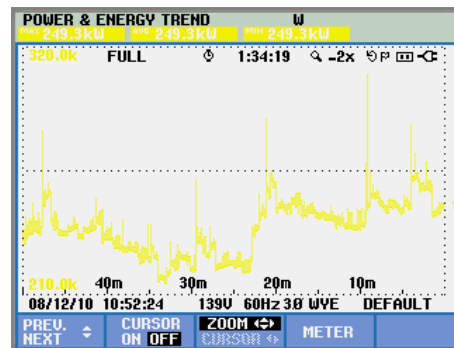
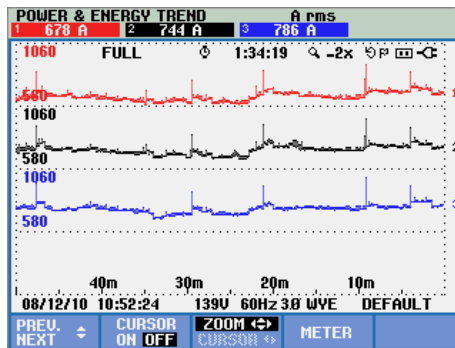


Figura 4.11.E Corriente vs Tiempo

Figura 4.11.F Potencia Activa vs Tiempo

Power & Energy					
	FULL	L1	L2	L3	Total
kW	74.5	85.8	89.0	249.3	
kVA	87.2	94.2	100.3	282.3	
kVAR	45.2	39.0	46.3	130.4	
PF	0.86	0.91	0.89	0.88	
DPF	0.86	0.91	0.89	0.89	
kWh	113.7	132.4	135.7	381.8	
kVAh	133.7	146.5	154.9	436.1	
kVAh	70.22	62.68	74.57	207.5	
START 08/12/10 09:18:04					1:34:19

Figura 4.11.G Potencia, Energía y Tiempo de Medición

En la tabla 4.13 se pueden ver las mediciones de todos los transformadores en la planta, se observa que la carga de los transformadores no sobrepasa a la mitad de la capacidad nominal del mismo en todos los casos, siendo el transformador N°1 el máximo cargado con un 41,83% y el transformador N°3 el menos cargado con un 2,69%. Esto indica que se pueden redistribuir cargas de tal forma de elevar la carga de un transformador y poder sacar otros de servicio eliminando las pérdidas que estos producen. Además se observa que los transformadores 1,2,3, 4, 5 y 6 presentan factor de potencia por debajo de 0,9; valores muy bajos para puntos tan cercanos a la acometida principal de la planta, haciendo que el factor de potencia de la planta se encuentre en un valor alrededor de 0,82 como se muestra en la tabla 4.1. Con las propuestas de cambios de motores a su punto de operación óptimo, cambios de tecnologías, entre otras propuestas se logrará mejorar el factor de potencia de cada equipo y a su vez el de la planta en general.

Tabla 4.13 Mediciones de los Transformadores

Transformadores										
Descripción	Capacidad Total (kVA)	Tensión (V)	PICO			PROMEDIO			Tiempo de Medición (min:seg)	Porcentaje de Carga (%)
			Carga Medida (kVA)	Carga Medida (kW)	FP	Carga Medida (kVA)	Carga Medida (kW)	FP		
Transformador N°1	1350	439,33	582,2	500,9	0,86	564,76	483,38	0,856	27:11:00	41,83%
Transformador N°4	1600	458,47	588,1	425,5	0,724	371,17	286,89	0,773	05:03:16	23,20%
Transformador N°2	1250	220,57	374,8	310,1	0,827	277,42	242,88	0,875	94:19:00	22,19%
Transformador N°5	630	449,28	291,8	224,8	0,77	178,42	146,35	0,82	18:53	28,32%
Transformador N°6	630	449,47	187	167,9	0,898	28,48	17,65	0,62	06:27	4,52%
Transformador N°7	500	222,83	38,3	35,3	0,922	31,61	28,79	0,911	13:00	6,32%
Transformador N°3	630	220,85	19,7	15,8	0,802	16,97	13,01	0,767	07:42	2,69%
TOTAL	6590	-----	2081,9	1680,3	-----	1468,83	1218,95	-----	-----	22,29%

De la tabla 4.13, se observa que el consumo promedio de los transformadores en total es de 1468,83 kVA, que representa un 22,29% de la capacidad instalada en la planta. En la Figura 4.12 se puede observar el porcentaje de consumo de cada transformador en relación al consumo total antes mencionado.

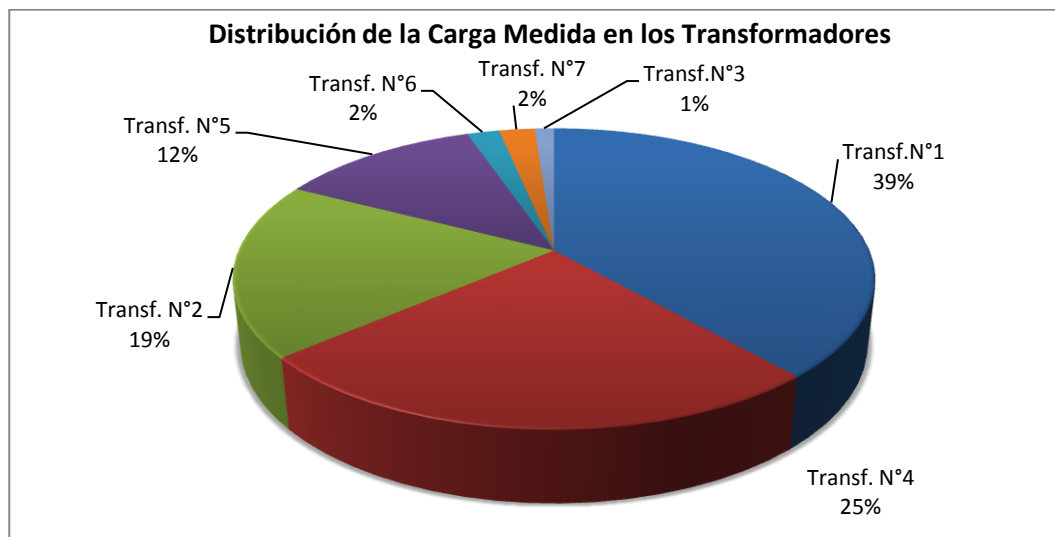


Figura 4.12 Distribución del Carga Medida en los Transformadores.

4.3.4 Realización de Diagramas de Pareto con el consumo energético mensual estimado.

En las tablas 4.8 hasta 4.12 mostradas anteriormente, se mencionan las horas de trabajo mensuales de los equipos y maquinarias. Estos datos fueron determinados en la mayoría de los casos por informes de producción y cuando no se disponían de ellos, se estimaban mediante los operadores de los equipos o supervisores de áreas. Una vez determinadas las horas de trabajo, se puede estimar el consumo en kWh mensual por cada equipo o maquinaria.

Para visualizar mejor los resultados, además de conocer con más precisión cuales equipos o maquinarias tienen mayor impacto en la facturación mensual de energía eléctrica en la planta, se realizaron Diagramas de Pareto para el consumo estimado en kWh de cada equipo. Estos diagramas por áreas de trabajo, se muestran a continuación desde la Figura 4.13.A hasta 4.13.E.

De la Figura 4.13.A, se obtiene que los equipos que más consumen energía mensualmente en el área de servicios industriales son: chiller 5 (53.524 kWh), compresor nuevo (40.800 kWh) y chiller 1 (40.488 kWh), ya que representan en conjunto 135.000 kWh al mes, casi un 47% del consumo mensual en esta área (286.541 kWh). Debido a esto, las medidas y recomendaciones que se puedan establecer para estos equipos, pueden causar un gran impacto en la disminución del consumo de energía eléctrica en la planta.

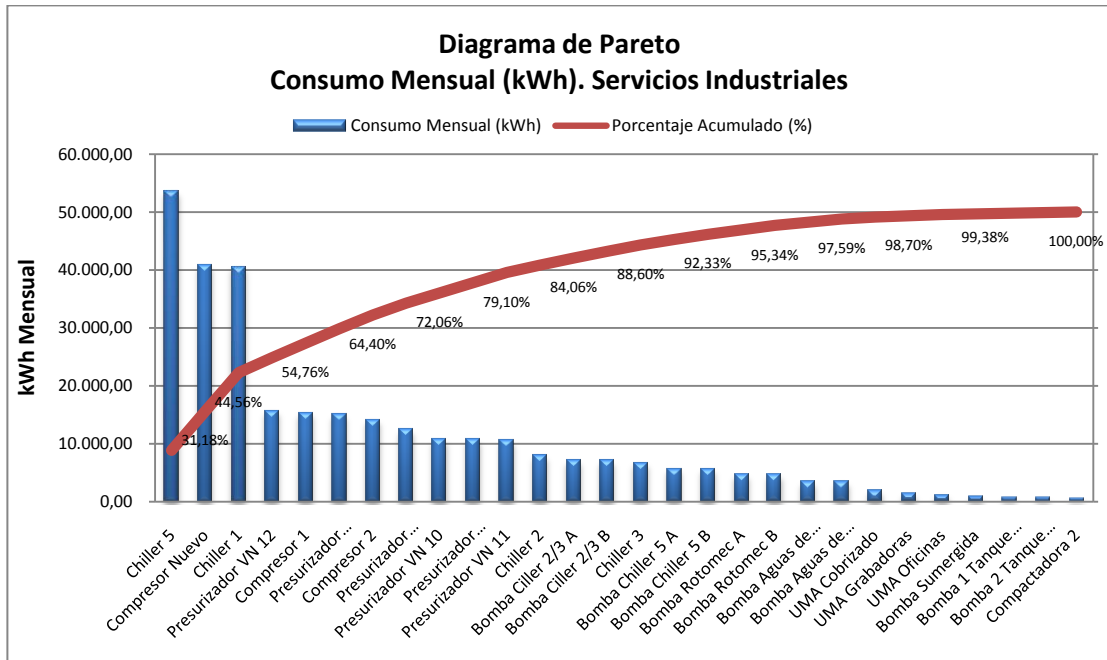


Figura 4.13.A Diagrama de Pareto de consumo Mensual (kWh) Serv. Industriales

El área de servicios industriales consume un total de 286.541 kWh, en energía eléctrica, es decir un 39% del promedio facturado por Corpoelec a la empresa.

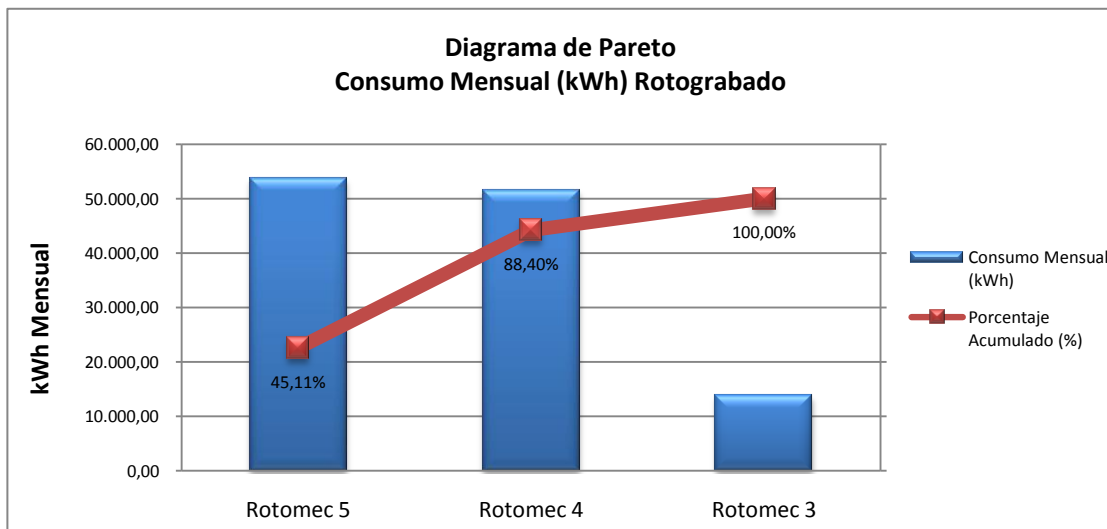


Figura 4.13.B Diagrama de Pareto de Consumo Mensual (kWh) en el área de Rotograbado.

En la Figura 4.13.B, se puede observar que las Rotomec 5 y 4 (igual tecnología) consumen en conjunto 105.440 kWh al mes, casi un 89% de la energía mensual total de este proceso (130.353 kWh), mientras que la Rotomec 3 consume apenas 13.830 kWh al mes. Se debe mencionar que los 3 equipos tienen la misma función, pero la producción de las Rotomec 5 y 4 son mucho más eficientes a la de la Rotomec 3, por lo que más adelante en este capítulo (sección 4.4.3) se realizarán comparaciones para identificar cual tecnología es más eficiente.

El área de rotograbado, consume el 18% de la energía promedio facturada al mes por Corpoelec.

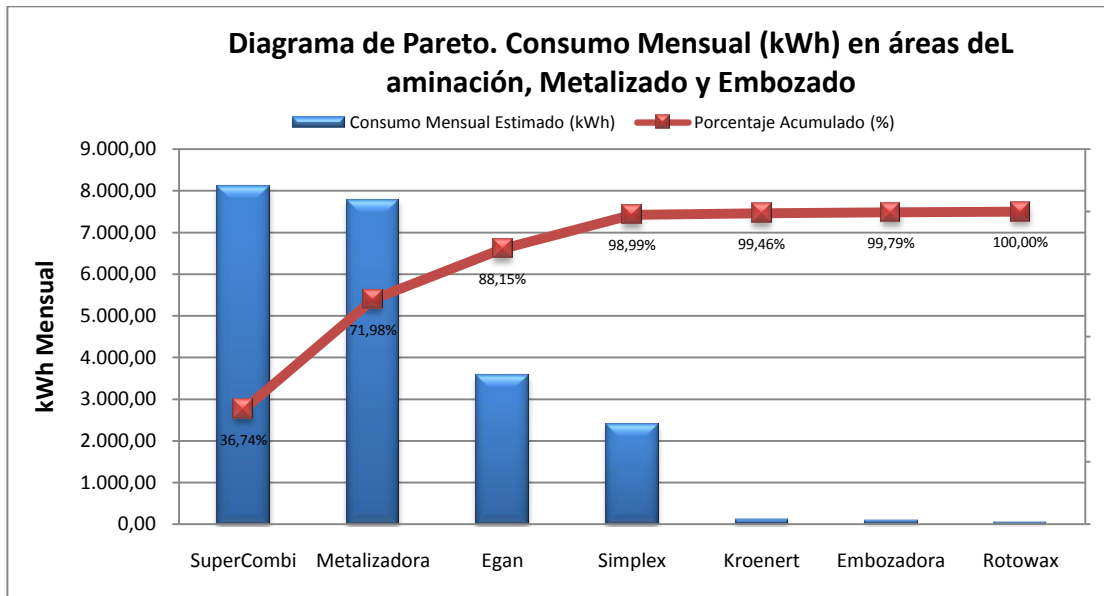


Figura 4.13.C Diagrama de Pareto de Consumo Mensual (kWh) en el área de Laminado, Metalizado y Embozado.

De la Figura 4.13.C, se obtiene que los equipos que más consumen energía eléctrica mensualmente en el área de laminado, metalizado y embozado son: Super Combi y Metalizadora, 15.884 kWh al mes en conjunto, representando un 72% del consumo mensual estimado de este proceso (22.078 kWh). La Super Combi consume bastante debido a su

continuo funcionamiento durante el mes y la Metalizadora debido a su elevado consumo puntual.

El área de Laminación consume el 3% de la energía promedio facturada por Corpoelec desde el año 2.008.

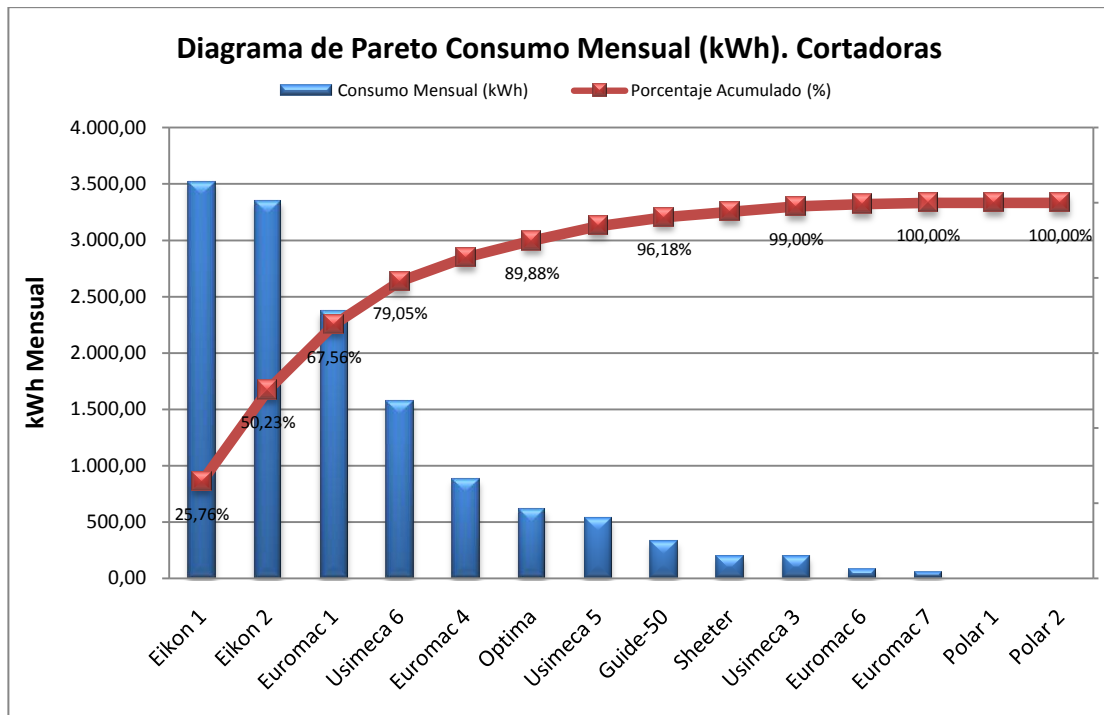


Figura 4.13.D Diagrama de Pareto de Consumo Mensual (kWh) en el área de Cortado.

De la Figura 4.13.D, se puede observar que los equipos de mayor consumo mensual en el área de cortado son: Eikon1, Eikon2, Euromac1 y Usimeca6. Entre ellos sumando un total de 10.793 kWh al mes, que resulta ser un 79% del consumo mensual de esta área (13.465 kWh).

El área de cortado, consume apenas un 2% del consumo promedio mensual de energía facturada por corpoelec.

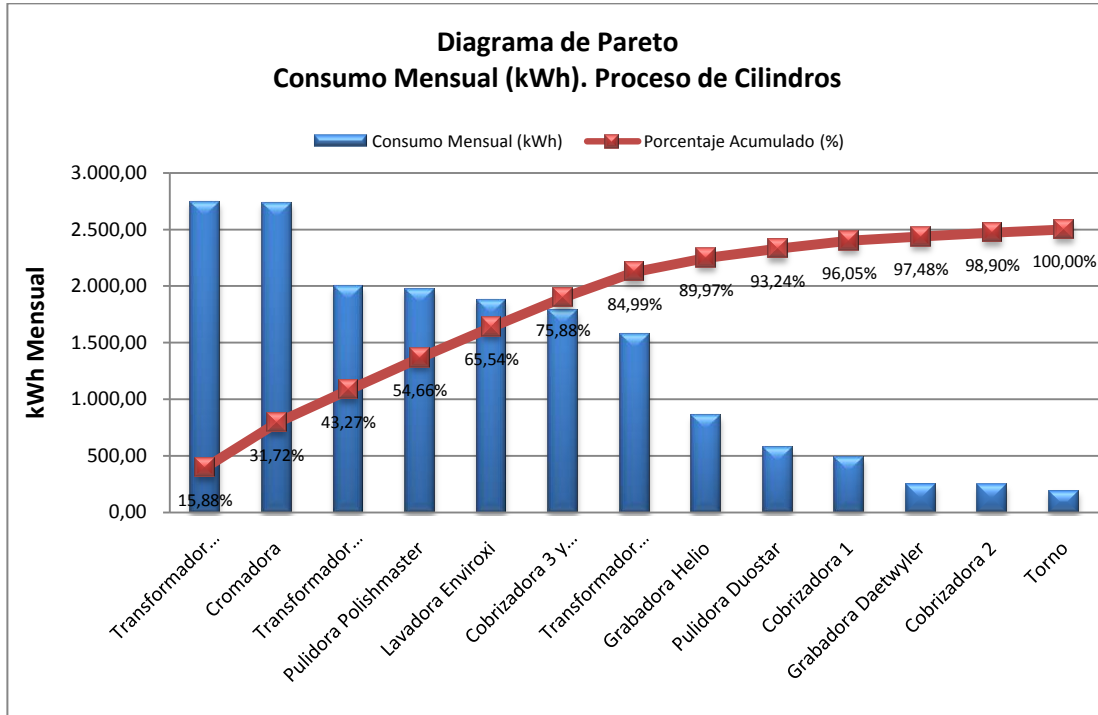


Figura 4.13.E Diagrama de Pareto de Consumo Mensual (kWh) en el área de Cilindros.

De la Figura 4.13.E, se puede observar que los equipos que más consumen en el área de cilindros son: Transformador Cobrizadora 1, Cromadora, Transformador Cromadora, Polishmaster, Enviroxi, Cobrizadora 3-transformador y Transformador Cobrizadora 2. Estos equipos en conjunto consumen 14.678 kWh, que representan un 85% del consumo mensual del área de cilindros (17.283 kWh).

El área de cilindros, consume alrededor de un 3% de la energía promedio facturada por Corpoelec desde el año 2.008 a la empresa Montana Gráfica.

4.4 Establecer y evaluar medidas de ahorro energético en iluminación, motores independientes, equipos y maquinaria en la empresa.

Mediante los datos recolectados durante el censo de carga, las mediciones realizadas, informes de producción, facturación energética y horas de trabajo de los distintos equipos, se realizó una evaluación técnica con el fin de proponer medidas de ahorro energético. Cada caso se analiza de manera individual de acuerdo a sus características de operación y los datos disponibles.

Los valores obtenidos por las propuestas de ahorro dan como resultado un nuevo gráfico meta en la empresa, que ahora no solo estará conformado por los puntos óptimos que ya han sido logrados por la empresa, sino que también se le sumarán las nuevas medidas de ahorro que en esta sección se proponen.

Actualmente, el Sistema de iluminación consume 52.552,88 kWh al mes, que representa un 7% del valor promedio de energía que factura Corpoelec mensualmente.

4.4.1. Evaluación del sistema de iluminación.

Es necesario realizar un estudio específico de la iluminación tanto en planta como en oficinas, de manera tal de obtener una mayor eficiencia en el sistema de iluminación, ya que durante el desarrollo de este trabajo, se pudieron observar una serie de aspectos que disminuyen el rendimiento de las luminarias, estos pueden ser mejorados rediseñando el alumbrado en esas zonas.

La existencia de lámparas dañadas, difusores sucios y vida útil ya expirada en algunas zonas de trabajo y pasillos, disminuyen en gran escala

la cantidad de Lux promedio por área, lo que quiere decir que hay dificultad para el trabajador de observar detalles, además de la aparición de fatiga, aumento de accidentes, riesgo de enfermedades y falta de atención [22].

La modificación constante de diversos puestos de trabajo, trae consigo una ineficiente orientación de la luminaria que impide una iluminación más uniforme en estos. En base a las mediciones de Lux por zonas de trabajo, mostrados en la sección 4.3.1, y lo que se observó durante el estudio referente a distribución y los tipos de luminarias utilizadas, así como las horas de descanso de cada zona de operación, se establecerán propuestas de ahorro energético por concepto de iluminación.

4.4.1.1 Iluminación en oficinas

Existen oficinas, áreas y puesto de trabajo, en las cuales hay más de 2 luminarias de 3x32 W en puntos muy cercanos, el cual elevan el consumo energético además de que pudiera causar el deslumbramiento en el trabajador, ya que la actividad realizada no requiere tanto nivel de iluminación, es decir son zonas donde existe un alto grado de ineficiencia, por lo que se propone a que se reduzca la cantidad de Lux en el área eliminando algunas luminarias, siempre y cuando se obtenga una iluminación acorde a la norma [21].

A partir del censo de carga realizado y las horas de trabajo estimadas en las diversas áreas, se muestra en la tabla 4.14 el consumo por concepto de iluminación en zonas donde se opera diariamente y en las que no existe alguna medida de ahorro energético para este tipo de carga, por lo tanto, se propone apagar las luminarias en los períodos de almuerzo, estableciendo un total de cuatro (4) horas para aquellas áreas donde el trabajo es de 24

horas al día y de una (1) hora en oficinas o áreas administrativas donde se mantiene actividad unas 10 horas al día.

Tabla 4.14 Ahorro energético al apagar las luminarias en horas de descanso.

AHORRO PRODUCTO DE APAGAR LAMPARAS EN HORAS DE DESCANSO						
Área	Potencia (W)	Horas de Trabajo (Día)	Horas de Descanso (Día)	Días al Mes	Consumo actual de Energía. (kWh-mes)	Ahorro Energético debido a las horas de descanso (kWh-mes)
Servicio Médico	2412	24	4	30	1736,64	289,44
Oficina Despacho	288	10	1	24	69,12	6,91
Oficina Materia Prima	640	10	1	24	153,60	15,36
Oficina Mantenimiento	576	24	4	30	414,72	69,12
Comedor	2304	24	4	30	1658,88	276,48
Cocina	1728	24	4	30	1244,16	207,36
Taller Mecánica Torno	4320	10	1	24	1036,80	103,68
Laboratorio	3724	10	1	24	893,76	89,38
Cilindros	10480	24	4	30	7545,60	1257,60
Premontaje	2832	24	4	30	2039,04	339,84
Sala Rackles	480	24	4	30	345,60	57,60
Sindicato	480	10	1	20	96,00	9,60
Oficinas Aéreas	2336	10	1	24	560,64	56,06
Oficina Almacén General	2976	10	1	24	714,24	71,42
Oficina Diseño	1152	10	1	20	230,40	23,04
Control de Calidad	672	10	1	30	201,60	20,16
RRHH	3792	10	1	20	758,40	75,84
Dpto. Ventas	1856	10	1	20	371,20	37,12
Gerencia	582	10	1	20	116,40	11,64
Acabado	1824	24	4	30	1313,28	218,88
Lob. de Tintas	384	10	1	20	76,80	7,68

Tabla 4.14 (Cont.) Ahorro energético al apagar las luminarias en horas de descanso.

AHORRO PRODUCTO DE APAGAR LAMPARAS EN HORAS DE DESCANSO						
Área	Potencia (W)	Horas de Trabajo (Día)	Horas de Descanso (Día)	Días al Mes	Consumo actual de Energía. (kWh-mes)	Ahorro Energético debido a las horas de descanso (kWh-mes)
Ofic. Limpieza	320	10	1	20	64,00	6,40
Oficinas Servicios	480	10	1	20	96,00	9,60
Total (kWh)					22.019,12	3.260,22
Ahorro Energético con Respecto al Consumo Actual (%)					15,08%	

Se observa que al aplicar la medida de apagar las luminarias en horas de descanso se obtiene un total de 3.260,22 kWh al mes, es decir un 15,08% de lo que actualmente se consume en estas áreas cuyas lámparas no se apagan duran todo el día laboral.

Otra medida propuesta es la sustitución de luminarias de 4x40 W con difusor por, otras llamadas especulares de 3x32 W como la que se muestra en la Figura 4.14, las cuales disminuyen el consumo energético y hacen más eficiente la cantidad de lux en cada área. Se muestra en la tabla 4.15 que la energía ahorrada sería de 2.647,04 kWh al mes, que representa un 40% del consumo total de las luminarias de 4x40 W.



Figura 4.14 Luminaria Especular de 3x32 W

Tabla 4.15 Ahorro Energético debido a la sustitución de luminarias de 4x40 (W) por 3x32 (W)

AHORRO AL SUSTITUIR LUMINARIAS DE 4X40 (W) POR OTRAS DE 3X32 (W)							
Área	Cantidad Luminarias de 4x40 W	Potencia actual (W)	Potencia Ahorrada (W)	Horas de Trabajo Diarias	Días de Trabajo al Mes	Consumo Actual de Energía (kWh-mes)	Ahorro Energético debido al cambio de luminarias (kWh-mes)
Servicio Médico	13	2080	832	24	30	1497,60	599,04
Oficina Materia Prima	4	640	256	10	24	153,60	61,44
Taller Mecánico	27	4320	1728	10	24	1036,80	414,72
Cilindros (grabado)	24	3840	1536	24	30	2764,80	1105,92
Sindicato	3	480	192	10	20	96,00	38,40
Oficina Corte	2	320	128	10	24	76,80	30,72
RRHH	20	3200	1280	10	20	640,00	256,00
Dpto. Ventas	6	960	384	10	20	192,00	76,80
Oficina Limpieza	2	320	128	10	20	64,00	25,60
Oficina Servicios	3	480	192	10	20	96,00	38,40
Total (kWh)						6.617,60	2.647,04
Ahorro Energético (%)						40,00%	

Si se reemplazan las luminarias 4x40W por las de 3x32W la tabla 4.15, sufriría una modificación en el consumo actual de energía, ya que éste disminuiría a 18.997,68 kWh-Mes, lo cual daría como resultado que al crearse un plan de apagado de lámparas en horas de descanso se obtenga un ahorro del 15,12% (2.872,63 kWh-Mes).

4.4.1.2 Iluminación de Planta

La iluminación de planta, del almacén de materia prima y exteriores, se excluyen de la medida de las horas de descanso ya que éstas son

lámparas de alta potencia (>400 W) y su arranque es lento. Sin embargo, se propone disminuir en un 20% la carga total de iluminación en estas áreas para así lograr una reducción en cuanto al consumo energético debido a la iluminación, estos resultados se muestran en la Tabla 4.16 donde se observa que la energía que se puede ahorrar es de 6.163,20 kWh al mes.

La reducción del 20% de la carga total en iluminación, consiste en apagar las luminarias de manera tal que no afecte la comodidad del trabajador, es decir en pasillos poco transitados, en almacenes de cilindros grabados, y en áreas cerca de ventanales. En relación a las luminarias ubicadas en el área exterior, se deben dejar encendidas las que sean estrictamente necesarias para cumplir labores de seguridad.

Tabla 4.16 Ahorro del 20% del consumo de luminarias de alta potencia

AHORRO PRODUCTO DE APAGAR EL 20% DE LA ILUMINACIÓN				
Área	Potencia (W)	Horas de Trabajo (Día)	Consumo Actual de Energía (kWh-mes)	Ahorro Energético 20% kWh-mes
Planta	38400	24	27.648	5.529,60
Materia Prima	3200	24	2.304	460,80
Exteriores	2400	12	864	172,80
Total			30.816	6.163,20
Ahorro Energético con Respecto al consumo actual			20,00%	

A continuación en la tabla 4.17, se muestra el ahorro energético que se obtiene al ejecutarse cada una de las medidas. También se muestra el consumo mensual actual de energía por concepto de iluminación y el ahorro obtenido al implementar todas las propuestas en conjunto.

Tabla 4.17 Resumen de Medidas de Ahorro por Concepto de Iluminación.

<i>Resumen de Medidas de Ahorro por Concepto de Iluminacion</i>			
Medida Propuesta	Energía actual consumida en iluminación en áreas de potencial ahorro (kWh-Mes)	Ahorro Energético (kWh-Mes)	Ahorro Energético
Apagar el 20% de Lámparas de Alta Potencia	30.816,00	6.163,20	20,00%
Sustitución de luminarias de 4x40W	6.617,60	2.647,04	40,00%
Apagar Luminarias en Horas de Descanso	21.736,88	2.872,63	13,22%
Total	52.552,88	11.682,87	22,23%

Como se observa en la tabla 4.17, si se aplicaran todas estas medidas en conjunto el resultado sería un ahorro total de 11.682,87 kWh-Mes, es decir, un 22,23% del consumo actual por concepto de iluminación en la empresa, cuyo valor es de 52.552,28 kWh-Mes, todo esto excluyendo áreas donde no hay un trabajo diario como la cancha deportiva y la sala de adiestramiento.

4.4.2. Evaluación de eficiencia en los motores independientes, chillers y compresores.

Para realizar propuestas de ahorro energético en lo que se refiere a motores independientes, compresores y chillers, se debe cuantificar bajo la condición actual de trabajo, los valores de energía asociados a las pérdidas y a la carga real.

Para conocer estos valores de energía, con los datos nominales de cada motor, los valores obtenidos en la medición eléctrica y un algoritmo

desarrollado en MatLab, (ver la sección 2.2.8.6 y Apéndice G) del cual también se obtienen las gráficas de torque vs deslizamiento, y eficiencia vs deslizamiento en las cuales se muestran algunas de estas curvas en el apéndice H.

Una vez obtenidos los parámetros de operación de cada motor, se observa que la gran mayoría a excepción de uno (1) se encuentran trabajando muy por debajo de sus condiciones nominales. Bajo estas condiciones de carga, como se explicó en el capítulo II sección 2.2.6.1, las pérdidas en el hierro se mantienen fijas y a su vez son proporcionales al tamaño del motor, es decir, mientras mayor sea el volumen del material ferromagnético, mayor será la potencia por pérdidas en el hierro. Por lo que la elección de un motor de menor dimensión y ajustado a la carga mecánica actual, lograría una reducción en cuanto a pérdidas, mejorando la eficiencia del motor y por ende la del sistema eléctrico de la planta.

A continuación se realizan nuevos cálculos de pérdidas, esta vez para un motor cuya potencia nominal sea lo más próximo posible a la carga mecánica correspondiente al equipo actualmente instalado, calculada por el programa de Matlab. Con este nuevo motor, se obtendrán nuevas pérdidas que a su vez serán menores que las calculadas para el motor instalado actualmente. En la tabla 4.18 se muestran dichos resultados.

Tabla 4.18 Tabla de comparación entre el motor actual y el motor propuesto ajustado a las mediciones realizadas.

Motores Independientes, Compresores y Chillers											
Descripción	Potencia del motor Actual (HP)	Potencia salida real (HP)	Potencia del motor nuevo (HP)	Pérdidas Actuales (W)	Pérdidas Nuevas (W)	Diferencia Entre Pérdidas (W)	Eficiencia Actual	Eficiencia Nueva	% Carga actual	% Carga Nueva	kWh ahorrados por mes
Bomba Chiller 5 A	30,00	22	25	2.054,54	1.307,27	747,27	0,89	0,93	74,33	92,28	251,08
Bomba Chiller 1/2/3 A	30,00	26	30	2.962,75	1.527,72	1.435,03	0,87	0,93	87,14	89,96	482,17

Tabla 4.18 (Cont.) Tabla de comparación entre el motor actual y el motor propuesto ajustado a las mediciones realizadas.

<i>Motores Independientes, Compresores y Chillers</i>											
Descripción	Potencia del motor Actual (HP)	Potencia salida real (HP)	Potencia del motor nuevo (HP)	Pérdidas Actuales (W)	Pérdidas Nuevas (W)	Diferencia Entre Pérdidas (W)	Eficiencia Actual	Eficiencia Nueva	% Carga actual	% Carga Nueva	kWh ahorrados por mes
Bomba Sumergida	25,00	26	25	3.399,28	1.498,38	1.900,90	0,85	0,93	103,4	107,01	79,84
Bomba Aguas de Proceso A	25,00	13	15	797,57	770,78	26,80	0,93	0,93	52,81	90,86	9,00
Bomba de Riego 2	24,80	20	20	3.015,30	1.179,03	1.836,27	0,83	0,93	82,04	104,99	N/D
Compactadora 2	24,00	11	10	1.586,73	610,43	976,30	0,83	0,93	43,85	108,69	82,01
Bomba 1 Tanque Hidroneumático	15,00	12	15	1.613,18	1.317,90	295,28	0,85	0,88	81,77	86,12	19,49
Bomba Rotomec A	15,00	17	20	1.398,01	1.791,51	-393,51	0,90	0,88	111,1	87,78	-132,22
Presurizador Pasillo Metalizadora	46,92	22	25	2.287,41	1.335,14	952,27	0,88	0,93	47,34	91,82	639,92
Presurizador Pasillo Sheeter	40,00	28	30	3.442,41	1.655,71	1.786,70	0,86	0,93	69,77	96,20	1.200,66
Presurizador Pasillo Kroenert	40,00	23	25	3.640,09	1.364,50	2.275,59	0,82	0,93	57,38	94,93	1.529,20
Extractor VN 3	40,00	15	15	3.023,69	855,16	2.168,54	0,78	0,93	36,93	101,91	1.457,26
Presurizador VN4	8,09	3	3	595,09	282,55	312,53	0,76	0,88	31,70	91,10	105,01
Presurizador VN 5	3,00	1	1	460,25	126,63	333,62	0,65	0,88	38,71	121,45	112,10
Presurizador VN 6	7,50	4	5	888,48	475,33	413,15	0,79	0,88	59,73	93,95	138,82
Presurizador VN 7	3,00	1	1	449,38	112,58	336,81	0,64	0,88	34,94	110,00	113,17
Presurizador VN 9	3,00	1	1	429,06	86,71	342,35	0,58	0,88	25,98	83,75	115,03
Presurizador VN 10	40,00	21	20	1.558,84	1.196,77	362,07	0,91	0,93	51,84	107,25	243,31
Presurizador VN 11	48,00	20	20	2.141,46	1.182,40	959,05	0,88	0,93	42,66	105,93	644,48
Presurizador VN 12	40,00	26	30	6.351,20	1.544,95	4.806,25	0,76	0,93	66,20	91,13	3.229,80
UMA Cobrizado	10,00	4	5	598,45	408,33	190,11	0,83	0,88	38,76	81,52	127,76
UMA Grabadoras	10,00	3	3	562,15	310,71	251,44	0,79	0,88	29,00	101,68	168,97
UMA Oficinas	10,00	5	5	643,43	486,67	156,76	0,84	0,88	46,06	96,37	52,67
Chiller 1	402,9	182	200	29.138,8	11.819,17	17.319,71	0,82	0,93	45,15	105,32	4.849,52
Chiller 2	179,3	89	100	13.506,5	5.733,60	7.772,92	0,83	0,93	49,35	102,63	2.176,42
Chiller 3	132,4	73	75	10.761,5	4.705,69	6.055,83	0,84	0,93	55,30	112,35	1.695,63

Tabla 4.18 (Cont.) Tabla de comparación entre el motor actual y el motor propuesto ajustado a las mediciones realizadas.

Motores Independientes, Compresores y Chillers											
Descripción	Potencia del motor Actual (HP)	Potencia salida real (HP)	Potencia del motor nuevo (HP)	Pérdidas Actuales (W)	Pérdidas Nuevas (W)	Diferencia Entre Pérdidas (W)	Eficiencia Actual	Eficiencia Nueva	% Carga actual	% Carga Nueva	kWh ahorrados por mes
Chiller 5	322,5	134	150	24.907,5	8.961,60	15.945,96	0,80	0,93	41,48	106,60	4.464,87
Compresor Nuevo	281,3	108	125	18.423,7	7.160,74	11.263,05	0,81	0,93	38,53	102,48	3.153,65
Compresor 1	143,8	99	100	13.127,5	6.247,09	6.880,50	0,85	0,93	68,68	111,88	1.926,54
Compresor 2	143,8	92	100	12.390,3	5.809,67	6.580,64	0,85	0,93	63,67	104,10	1.842,58
TOTAL AHORRO (kWh)											30.778

Utilizando el tiempo de operación mensual de cada motor mostrado en la tabla 4.8 de medición de motores independiente, compresores y chiller, multiplicándolo por el ahorro en potencia que se calculó para ajustar el motor a su carga actual mostrado en la tabla 4.18, se obtiene una estimación del ahorro energético mensual que se lograría en cada motor.

El consumo actual de energía por concepto de pérdidas en motores eléctricos, se calculó mediante las horas de trabajo de cada motor mostrado en la tabla 4.8 correspondiente a las mediciones de motores independientes, compresores y chiller, multiplicado por el valor de pérdidas actuales que se muestra en la tabla 4.18.

En la tabla 4.18 se muestran los parámetros calculados para la máquina actual y la que se propone. Se observa que se puede lograr un ahorro por concepto de pérdidas magnéticas de 30.778,98 kWh al mes, es decir un 18,52% con respecto a las actuales (51.968 kWh al mes).

4.4.3. Evaluación de índices de consumo energético de las máquinas en el área de Rotograbado.

El área de Rotograbado consta de 3 máquinas, cada una de ellas compuestas por muchos equipos como motores, resistencias, iluminación, refrigeración, entre otros elementos. Por lo que no se puede identificar un circuito equivalente para dicha máquina, y evaluar su eficiencia como se realizó en los motores independientes.

Para realizar la evaluación energética en esta área, se definieron índices de consumo para dos máquinas con distintas tecnologías, con el fin de comparar cuál tecnología es más eficiente desde el punto de vista energético. Debido a que la Rotomec 4 y Rotomec 5 son prácticamente idénticas, las comparaciones se establecerán entre la Rotomec 4 y Rotomec 3.

El índice de consumo se calcula mediante la ecuación 4.1, ésta indica cuántos kilovatio-hora (kWh) de energía eléctrica cada máquina consume para producir 1 tonelada de producto. Con los datos recolectados del departamento de producción sobre las horas de trabajo y toneladas producidas mensuales, además con las mediciones que se realizaron en las máquinas.

$$IC = \frac{\text{horas de trabajo mensual (horas)} * \text{Consumo potencia activa (kW)}}{\text{Producción mensual (Ton)}} \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

A continuación en las tablas 4.19.A y 4.19.B, se muestran los datos de algunos meses de producción en la Rotomec 4 y Rotomec 3 respectivamente. Se puede observar en las tablas la potencia activa promedio tomada de la tabla 4.9 correspondiente a la medición de equipos de rotograbado, horas de trabajo y producción obtenidas de los informes de

producción, y el índice de consumo calculado por cada mes, además del índice de consumo promedio.

Tabla 4.19.A Cálculo del Índice de Consumo de la Rotomec 4

ROTOMEC 4				
Mes	Consumo Promedio (kW)	Horas de trabajo (horas)	Producción (Ton)	Índice de Consumo (kWh/Ton)
Marzo 2010	167,66	339	88,30	643,67
Febrero 2010	167,66	397	124,88	533,02
Enero 2010	167,66	302	131,63	384,68
Noviembre 2009	167,66	312,25	88,39	592,29
Índice de Consumo Promedio (kWh/Ton)				538,41

Tabla 4.19.B Cálculo del Índice de Consumo de la Rotomec 3

ROTOMEC 3				
Mes	Consumo Promedio (kW)	Horas de trabajo (horas)	Producción (Ton)	Índice de Consumo (kWh/Ton)
Marzo 2010	57,17	299,75	25,19	680,35
Febrero 2010	57,17	219,25	19,87	630,95
Enero 2010	57,17	198	17,83	634,72
Noviembre 2009	57,17	249,75	23,45	608,80
Índice de Consumo Promedio (kWh/Ton)				638,71

De las tablas 4.19.A y 4.19.B se puede observar, que la Rotomec 4 requiere en promedio 538,41 kWh para producir una (1) tonelada de producto, mientras que la Rotomec 3 requiere 638,71 kWh para producir la misma cantidad de producto. Debido a esto se puede afirmar que las máquinas Rotomec 4 y Rotomec 5, ahorran un 16% de energía eléctrica para producir la misma cantidad que produciría la Rotomec 3.

Además, durante el proceso de mediciones de maquinarias, según la Tabla 4.9 (Mediciones de equipos en el área de Rotograbado), se pudo

observar un bajo factor de potencia de la Rotomec 3 ($fp=0,555$), un factor de potencia muy bajo para una máquina con tan alto consumo de energía. Las consecuencias negativas de esto resulta en la disminución del factor de potencia de la entrada principal de la planta, así como mayores pérdidas por efecto Joule en las líneas, debido a las altas corrientes que circulan en ellas.

Como se observa de la tabla 4.19.B la producción de la Rotomec 3 en un mes de alta producción (Marzo 2010) es de 25,19 toneladas y su índice de consumo promedio es de 638,71 kWh/Ton. De la tabla 4.19.A se obtiene que el índice de consumo de de la Rotomec 4 es de 538,41 kWh/Ton. La propuesta de ahorro en este proceso, es de utilizar las máquinas Rotomec 4 y 5 para producir, como mínimo, el 40% de la producción total asignada a la Rotomec 3. A continuación mediante la ecuación 4.2 se calcula la diferencia entre el consumo de la Rotomec 3 produciendo el 100% de las toneladas promedio al mes y el consumo producto de distribuir dichas toneladas en 40% a las máquinas Rotomec 4 y/ó Rotomec 5 y el resto (60%) a la misma Rotomec 3.

$$Ahorro = (IC_{Rot.3} * Prod_{Rot.3}) - [IC_{Rot.4} * (Prod_{Rot.3} * 0,4) + IC_{Rot.3} * (Prod_{Rot.3} * 0,6)]$$

(Ecuación 4.2)

$$Ahorro = 1.010,62 \text{ kWh}$$

Se observa del resultado anterior, que mensualmente se puede ahorrar 1.010,62 kWh al asignarle al menos el 40% de la producción mensual de la Rotomec 3 a las Rotomec 4 y/ó Rotomec 5.

4.4.4. Evaluación de índices de consumo energético de las máquinas en el área de Laminado.

El área de laminado consta de 5 máquinas, cada una de ellas compuesta por varios equipos como motores, resistencias, iluminación, refrigeración, entre otros elementos. De igual forma como sucedió con las

máquinas de rotograbado, no se pueden identificar circuitos equivalentes para cada máquina, y evaluar su eficiencia.

Para realizar la evaluación energética en esta área se definirán índices de consumo para las máquinas al igual como se realizó en el área de rotograbado. Mediante estos datos, se determinaron cuáles equipos son más eficientes desde el punto de vista energía vs producción, y se realizaron propuestas de ahorro en base a una redistribución de la producción, esto en máquinas cuya funciones son similares.

A continuación, en la tabla 4.20.A y tabla 4.20.B, se muestran los datos de algunos meses de producción en la Simplex y Super Combi, respectivamente. Se puede observar en las tablas la potencia activa promedio tomada de la tabla 4.10 correspondiente a la medición de equipos de laminado, horas de trabajo y producción obtenidas de los informes de producción, y el índice de consumo calculado por cada mes, además del índice de consumo promedio.

Tabla 4.20.A Cálculo del Índice de Consumo de la Simplex

SIMPLEX				
Mes	Consumo Promedio (kW)	Horas de trabajo (horas)	Producción (Ton)	Índice de Consumo (kWh/Ton)
Noviembre 2009	7,34	322,25	88,04	26,87
Octubre 2009	7,34	376,75	131,01	21,11
Julio 2009	7,34	174,5	61,37	20,87
Junio 2009	7,34	176,333	44,64	29,00
Abril 2009	7,34	96,166	26,76	26,38
Índice de Consumo Promedio (kWh/Ton)				24,84

Tabla 4.20.B Cálculo del Índice de Consumo de la Super Combi

SUPER COMBI				
Mes	Consumo Promedio (kW)	Horas de trabajo (horas)	Producción (Ton)	Índice de Consumo (kWh/Ton)
Noviembre 2009	19,90	419,5	115,85	72,06
Octubre 2009	19,90	424,75	126,47	66,83
Septiembre 2009	19,90	367	121,11	60,30
Agosto 2009	19,90	344,083	93,47	73,26
Julio 2009	19,90	168,25	55,77	60,04
Índice de Consumo Promedio (kWh/Ton)				66,50

Al comparar los índices de consumo entre la Simplex y Super Combi, máquinas cuyas funciones son similares (unir dos capas mediante adhesivo) pero la materia prima utilizada y la forma de operación de cada una son distintas, ya que la Super Combi utiliza adhesivo con solvente y posee un sistema de calentamiento para el secado de dicho adhesivo, mientras que la Simplex no requiere el uso de solvente, se puede observar que la Simplex solo requiere de 24,84 kWh para producir una tonelada de producto, mientras que la Super Combi requiere 66,50 kWh, por lo que la medida de ahorro que se propone en este caso es asignarle, como mínimo, el 40% de la producción de la Super Combi sea realizada en la Simplex.

En las tablas 4.20.A y 4.20.B se encuentran todos los valores necesarios para el cálculo de dicho ahorro. A continuación en la ecuación 4.3 se calcula la diferencia entre el consumo de la Super Combi produciendo el 100% de las toneladas promedio al mes y el consumo producto de distribuir dichas toneladas en 40% a la máquina Simplex y el resto (60%) a la misma Super Combi.

$$Ahorro = (IC_{SC} * Prod_{SC}) - [IC_{Simplex} * (Prod_{SC} * 0,4) + IC_{SC} * (Prod_{SC} * 0,6)]$$

(Ecuación 4.3)

Ahorro = 2.018,73 kWh

Se observa del resultado anterior, que mensualmente se puede ahorrar 2.018,73 kWh al asignarle el 40% de la producción mensual de la Super Combi a la máquina Simplex.

A continuación, en la tabla 4.20.C y tabla 4.20.D, se muestran los datos de algunos meses de producción en la Kroenert y Rotowax, respectivamente. Se puede observar en las tablas la potencia activa promedio tomada de la tabla 4.10 medición de equipos de laminado, horas de trabajo y producción obtenidas de los informes de producción, y el índice de consumo calculado por cada mes, además del índice de consumo promedio.

Tabla 4.20.C Cálculo del Índice de Consumo de la Kroenert

KROENERT				
Mes	Consumo Promedio (kW)	Horas de trabajo (horas)	Producción (Ton)	Índice de Consumo (kWh/Ton)
Noviembre 2009	11,32	9,75	1,67	65,94
Marzo 2010	11,32	13,75	3,51	44,40
Febrero 2010	11,32	30,25	6,32	54,18
Agosto 2009	11,32	28,25	5,045	63,39
Enero 2010	11,32	18,5	3,311	63,25
Índice de Consumo Promedio (kWh/Ton)				58,23

Tabla 4.20.D Cálculo del Índice de Consumo de la Rotowax

ROTOWAX				
Mes	Consumo Promedio (kW)	Horas de trabajo (horas)	Producción (Ton)	Índice de Consumo (kWh/Ton)
Noviembre 2009	27,04	17	4,152	110,70
Junio 2009	27,04	3,5	0,624	151,64
Índice de Consumo Promedio (kWh/Ton)				131,17

De igual forma sucede con las máquinas Kroenert y Rotowax, cuyas funciones son parecidas (unir dos materiales mediante cera o parafina, o cubrir un material con cera o parafina). Se observa que el consumo de la Kroenert por cada tonelada que produce es de 58,23 kWh, mientras que la Rotowax consume 131,17 kWh para producir una tonelada de producto, por lo que la medida de ahorro que se propone en este caso, es que como mínimo el 40% de la producción de la Rotowax sea realizada en la Kroenert.

En las tablas 4.20.C y 4.20.D se encuentran todos los valores necesarios para el cálculo de dicho ahorro. A continuación en la ecuación 4.4 se calcula la diferencia entre el consumo de la Rotowax produciendo el 100% de las toneladas promedio al mes y el consumo producto de distribuir dichas toneladas en 40% a la máquina Kroenert y el resto (60%) a la misma Rotowax.

$$Ahorro = (IC_{RTWX} * Prod_{RTWX}) - [IC_{Kroen.} * (Prod_{RTWX} * 0,4) + IC_{RTWX} * (Prod_{RTWX} * 0,6)]$$

(Ecuación 4.4)

$$Ahorro = 121,13 \text{ kWh}$$

Se observa del resultado anterior, que mensualmente se puede ahorrar 121,13 kWh al asignarle 40% de la producción mensual de la Rotowax a la máquina Kroenert.

A continuación, en la tabla 4.20.E se muestran los datos de algunos meses de producción en la Metalizadora. Se puede observar en las tablas la potencia activa promedio tomada de la tabla 4.10 correspondiente a la medición de equipos de laminado, horas de trabajo y producción obtenidas de los informes de producción, y el índice de consumo calculado por cada mes, además del índice de consumo promedio.

Tabla 4.20.E Cálculo del Índice de Consumo de la Metalizadora

METALIZADORA				
Mes	Consumo Promedio (kW)	Horas de trabajo (horas)	Producción (Ton)	Índice de Consumo (kWh/Ton)
Noviembre 2009	146,35	74,5	11,66	935,08
Octubre 2009	146,35	50,5	8,666	852,84
Septiembre 2009	146,35	109	19,311	826,07
Agosto 2009	146,35	52	9,58	794,38
Julio 2009	146,35	25,5	2,864	1.303,05
Índice de Consumo Promedio (kWh/Ton)				942,28

La metalizadora es el equipo que más consume energía para producir una tonelada de producto (942,28 kWh/Ton), por lo que la medida de ahorro que se propone en este caso es adquirir directamente el material metalizado, ahorrando el consumo de energía para producir dicho producto aunque esta medida implique mayores costos.

En la tabla 4.20.E se encuentran todos los valores necesarios para el cálculo de dicho ahorro. A continuación mediante la ecuación 4.5 se calcula el valor en kWh mensuales ahorrados, mediante el índice de consumo promedio de la Metalizadora y las toneladas promedio mensuales que ésta produce.

$$Ahorro = (IC_{Metalizadora} * Prod_{Metalizadora}) \quad \text{(Ecuación 4.5)}$$

$$Ahorro = 9.814,97 \text{ kWh}$$

Se observa del resultado anterior, que mensualmente se puede ahorrar 9.814,97 kWh si se adquiere el material metalizado en vez de utilizar la metalizadora para producirlo.

Con respecto a la máquina Egan, no se poseían datos suficientes para establecer índices de consumo y realizar algún análisis sobre su funcionamiento.

4.4.5. Evaluación de de las máquinas en el área de Cortado.

En esta área no se poseían los datos de producción por cada equipo como en las demás áreas, por lo que no se pudieron establecer índices de consumo para comparar tecnologías.

Debido a esto, la evaluación de esta área se hará en base a los resultados de las mediciones mostradas en la tabla 4.11 Medición de equipos en el área de cortado. Se puede observar que la mayoría de los equipos en esta área poseen factor de potencia muy bajos, lo que indica que la máquina está consumiendo mucha corriente para el trabajo que está realizando, aumentando la pérdidas en las líneas así como reduciendo el factor de potencia en la entrada de la planta.

A diferencia de las máquinas Eikon1 y Eikon2, que se encuentran trabajando bajo valores eficientes, la medida de ahorro en esta área es utilizar la máquina Eikon1 y Eikon2 el mayor tiempo posible, ya que además de ser los equipos más rápidos al cortar, son los equipos más eficientes.

4.4.6. Evaluación de de las máquinas en el área de Cilindros.

El área de Cilindros consta de máquinas compuestas por varios equipos como motores, resistencias, iluminación, refrigeración, entre otros elementos. De igual forma como sucedió con las máquinas de rotograbado y laminado no se pueden identificar circuitos equivalentes para cada máquina, y evaluar su eficiencia.

Por lo que la evaluación en esta área se establecerá mediante índices de consumo similares a los utilizados en las áreas anteriores, pero con la

diferencia que para este caso el índice de consumo viene definido por la ecuación 4.6, cuyo denominador es la cantidad de cilindros que se procesan mensualmente.

$$IC = \frac{\text{Consumo promedio mensual (kWh)}}{\text{Promedio de cilindros mensuales (N° de cilindros)}} \quad (\text{Ecuación 4.6})$$

A continuación se muestran desde la tabla 4.21.A hasta la tabla 4.21.C, los índices de consumo de los equipos de cilindros. Se puede observar en las tablas la potencia activa promedio tomada de la tabla 4.12 medición de equipos de cilindros, horas de trabajo y producción obtenidas de los informes de producción, y el índice de consumo calculado por cada mes, además del índice de consumo promedio.

Tabla 4.21.A Índice de Consumo de Cobrizadoras y Cromadora.

COBRIZADORAS Y CROMADORA			
Equipo	Consumo Promedio Mensual (kWh)	Promedio de Cilindros Mensualmente	Índice de Consumo (kWh/Cilindro)
Cobrizadora 1	3227,50	125,00	25,82
Cobrizadora 2	1818,15	71,75	25,34
Cobrizadora 3	1786,49	68,50	26,08
Cromadora	4731,38	341,00	13,88

Se puede observar de la tabla 4.21.A, que los índices de consumo de energía para las tres cobrizadoras son muy similares, por lo que no se puede proponer una medida de ahorro en este caso. En el caso de la cromadora tampoco existe una propuesta de ahorro ya que es la única máquina que realiza este proceso.

Tabla 4.21.B Índice de Consumo de Devastado y Pulido.

DEVASTADO Y PULIDO			
Equipo	Consumo Promedio Mensual (kWh)	Promedio de Cilindros Mensualmente	Índice de Consumo (kWh/Cilindro)
Duostar	566,24	285,50	1,98
Torno+Polishmaster	2158,93	319,25	6,76

Existen dos formas de realizar el devastado y pulido de un cilindro, una de ellas es utilizando el torno para realizar el devastado y la máquina polishmaster para pulir. La otra forma es utilizando la máquina Duostar que realiza los dos procesos simultáneamente.

Se puede observar de la tabla 4.21.B, que la eficiencia de la máquina Duostar que solo requiere 1,98 kWh para hacer el proceso de devastado y pulido en un cilindro mientras que el otro método requiere 6,76 kWh. Por lo que la medida de ahorro que se propone en este caso, es asignar, como mínimo, que el 40% de la producción del Torno y Polishmaster sea realizada en la Duostar.

En la tabla 4.21.B se encuentran todos los valores necesarios para el cálculo de dicho ahorro. A continuación en la ecuación 4.7 se calcula la diferencia entre el consumo del Torno+Polishmaster produciendo el 100% de las toneladas promedio al mes y el consumo producto de distribuir dichas toneladas en 40% a la máquina Duostar y el resto (60%) al mismo Torno+Polishmaster.

$$Ahorro = (IC_{T+P} * Prod_{T+P}) - [IC_{Duostar} * (Prod_{T+P} * 0,4) + IC_{T+P} * (Prod_{T+P} * 0,6)]$$

(Ecuación 4.7)

$$Ahorro = 610,40 \text{ kWh}$$

Se observa del resultado anterior, que mensualmente se puede ahorrar 610,40 kWh al asignarle el 40% de la producción mensual del Torno y Polishmaster a la máquina Duostar.

Tabla 4.21.C Índice de Consumo de Grabadoras.

GRABADORAS			
Equipo	Consumo Promedio Mensual (kWh)	Promedio de Cilindros Mensualmente	Índice de Consumo (kWh/Cilindro)
Helio	859,02	154,50	5,56
Daetwyler	247,35	145,50	1,70

Existen dos máquinas para el grabado de cilindros, y mediante los índices de consumo mostrado en la tabla anterior, se puede identificar que la grabadora Daetwyler requiere 1,7 kWh aproximadamente para realizar el grabado en un cilindro, mientras que la grabadora Helio requiere 5,56 kWh para realizar el mismo proceso, por lo que la medida de ahorro que se propone en este caso, es que como mínimo el 40% de la producción de la Helio sea realizada en la Daetwyler.

En la tabla 4.21.C se encuentran todos los valores necesarios para el cálculo de dicho ahorro. A continuación en la ecuación 4.8 se calcula la diferencia entre el consumo de la Helio produciendo el 100% de los cilindros promedio al mes y el consumo producto de distribuir dichos cilindros en 40% a la máquina Daetwyler y el resto (60%) a la misma Helio.

$$Ahorro = (IC_{Helio} * Prod_{Helio}) - [IC_{Daetw.} * (Prod_{Helio} * 0,4) + IC_{Helio} * (Prod_{Helio} * 0,6)]$$

(Ecuación 4.8)

$$Ahorro = 238,54 \text{ kWh}$$

Se observa del resultado anterior, que mensualmente se puede ahorrar 238,54 kWh al asignar 40% de la producción mensual de la Helio a la máquina Daetwyler.

4.4.7. Evaluación de los Equipos de Refrigeración de Agua (Chillers)

En relación al sistema de refrigeración de agua de la planta, se harán recomendaciones en base a lo observado durante la realización de este estudio. Existen 4 Chillers en la planta dividido en 2 funciones distintas, estas son:

Refrigeración de aguas de procesos: El objetivo principal según el personal encargado de esta área, es de mantener la temperatura de salida de los chiller entre 13 y 16 grados Celsius el agua que requieren las maquinarias para sus distintos procesos. Recientemente esta función le fue asignada al recién incorporado chiller 1, ya que anteriormente los chillers 2 y 3 eran los encargados de refrigerar el agua de procesos, por lo que estos últimos entran en servicio únicamente los fines de semana o cuando se requiera su uso.

Refrigeración de agua para el sistema de climatización: El objetivo principal es mantener a una temperatura baja el agua utilizada por los equipos de climatización (UMAS). Esta función es ejercida únicamente por el chiller 5.

En estos equipos se encuentran los potenciales de ahorro más significativos en planta, como fue identificado en la sección 4.3.4 en donde se cuantificó el consumo mensual de estos, resultando los más elevados de todos la planta, por lo que se deben realizar propuestas para disminuir el consumo energético de estos.

Se observó durante la realización del estudio, la existencia de deterioro del sistema de tuberías de agua refrigerada, se ha perdido el aislamiento térmico generando aumentos de temperatura del fluido, esto no permite que el agua se mantenga bajo la temperatura establecida en el chiller. Debido a los largos trayectos que debe recorrer el agua, es necesario una revisión constante del sistema de tuberías para mantenerlo en óptimo estado, ya que en caso contrario se requerirá un mayor trabajo por parte del chiller para mantener la temperatura baja del fluido, lo que se traduce en un mayor consumo de energía.

En la Figura 4.15 se muestra un ejemplo de fuga de agua en el sistema de tuberías de los chillers, así como el deterioro del aislamiento térmico.



Figura 4.15 Fugas y deterioro de aislamiento térmico en el sistema de tuberías de refrigeración de agua.

Otra medida propuesta es la utilización de equipos cuyo consumo de agua refrigerada son bastante elevados (metalizadora, egan, etc), en horarios nocturnos en donde la temperatura ambiente desciende notablemente y el trabajo que requieren realizar los chillers para mantener la

temperatura baja del fluido es menor, es decir requiere menos energía que en los horarios diurnos para mantener la misma temperatura.

4.4.8. Evaluación del Sistema de Climatización

Para realizar la evaluación de los equipos del sistema de climatización de la planta, éstos se clasificaron en equipos de aire acondicionado y en unidades de manejo de aire (UMA). Se realizaron propuestas mediante algunos aspectos observados durante el estudio, así como el apagado de estos equipos durante horas de descanso mientras la situación lo permita.

4.4.8.1 Equipos de Aire Acondicionado

En lo que se refiere a equipos de aire acondicionado en planta, se recomienda en primera instancia mantener la temperatura del termostato en valores entre 20 a 22 grados centígrados, contrario a algunos casos observados en planta, en el cual existían equipos programados a temperaturas entre 16 y 17 grados centígrados, manteniendo el compresor del mismo encendido en un 100% del horario de la jornada laboral.

Otra medida que se propone, es apagar los aires acondicionados durante las horas de descanso de los trabajadores, ya que se observó que en muchos casos estos equipos los mantenían encendidos incluso cuando no se encontraba personal en el área por un tiempo considerable. A continuación en la tabla 4.22, se muestran los valores de consumo de los equipos de aire acondicionado, donde se pueden proponer horas de descanso, aplicando 0,9 como factor de uso ya que se considera el encendido y apagado del compresor por la regulación del termostato, además del ahorro que implica apagar estos equipos durante las horas de descanso.

Tabla 4.22 Ahorro Energético por Apagar A/A en Horas de Descanso

Aires Condicionados						
Área	Potencia Eléctrica (kW)	Horas de Trabajo (Día)	Horas de Descanso (Día)	Días al Mes	Consumo Actual de Energía (kWh-mes)	Ahorro de Energía debido a horas de descanso (kWh-mes)
Servicio médico	4,10	24	4	30	2.950,99	491,83
Oficina Almacén Materia prima	2,30	10	1	24	551,71	55,17
Aire Sala Duostar	5,22	24	4	30	3.755,81	625,97
Desarrollo 1	14,26	10	1	20	2.852,50	285,25
Desarrollo 2	1,80	10	1	20	360,09	36,01
Desarrollo 2	3,56	10	1	20	711,96	71,20
Aire Helio	5,17	24	4	30	3.724,08	620,68
Sindicato	2,14	10	1	20	427,68	42,77
Oficina Corte	2,08	10	1	24	500,39	50,04
Oficina limpieza	0,49	10	1	24	116,64	11,66
Oficina Despacho	2,01	10	1	24	483,28	48,33
Oficina Seguridad	2,30	10	1	24	551,71	55,17
Oficina Producción	2,83	10	1	24	680,01	68,00
Oficina Producción	1,43	24	4	30	1.026,43	171,07
Oficina gerencia Operación	2,30	10	1	20	459,76	45,98
Área Diseño	5,59	10	1	20	1.117,80	111,78
Oficina Gerente Diseño	2,53	10	1	20	505,44	50,54
Control de Calidad	1,69	24	4	30	1.218,89	203,15
Aire Recepción	4,11	10	1	20	822,18	82,22

Tabla 4.22 (Cont.) Ahorro Energético por Apagar A/A en Horas de Descanso.

Aires Condicionados						
Área	Potencia Eléctrica (kW)	Horas de Trabajo (Día)	Horas de Descanso (Día)	Días al Mes	Consumo Actual de Energía (kWh-mes)	Ahorro de Energía debido a horas de descanso (kWh-mes)
Sala de Reuniones Gerencia	2,59	10	1	20	518,92	51,89
Central telefónica	1,26	24	4	30	909,79	151,63
Área Acabado	5,21	24	4	30	3.754,18	625,70
Laboratorio de tintas	2,55	10	1	20	509,65	50,97
Seguridad Industrial (almacén)	0,49	10	1	24	116,64	11,66
Oficina Servicios	0,64	10	1	24	153,96	15,40
Oficina Mantenimiento	1,21	24	4	30	872,47	145,41
Oficina Almacén	1,37	10	1	24	329,31	32,93
Oficina Dpto. de Ventas	4,54	10	1	20	908,82	90,88
TOTAL (kWh)					30.891,08	4.303,28
Ahorro Energético con Respecto al Consumo Actual					13,93%	

Se puede observar de la tabla 4.22, que si se aplican las horas de descanso para los equipos de aire acondicionado se pueden obtener ahorros de 4.303,28 kWh-mes, que representa un 13,93% del consumo actual debido a este concepto. Cabe destacar que si se aplica la propuesta de mantener la temperatura del termostato en los valores sugeridos, el ahorro energético puede ser más elevado aun.

4.4.8.2 Unidades de Manejo de Aire (UMA)

El sistema de climatización por UMAs es alimentado por el chiller 5, que enfría el agua lo suficiente para mantener el aire que circula por el sistema tuberías a una temperatura baja. Se observó durante la fase de trabajo de campo que las aéreas que operan bajo este sistema poseen temperaturas elevadas que causan disgusto en los trabajadores, contrastando con las zonas donde operan equipos de aire acondicionados individuales, de hecho existen espacios donde se instalaron equipos de aire acondicionado para realizar la función que debería ejercer las unidades de manejo de aire.

Como ya se observa en la sección 4.3.4, el consumo estimado mensual para el chiller 5 es de 53.524,8 kWh, uno de los consumos más significativos en planta, lo que indica que si este sistema de enfriamiento de aire no es eficiente, se desperdicia una gran cantidad de energía.

La recomendación es realizar una completa revisión del sistema de tuberías por climatización mediante UMAs, con el fin de ubicar puntos de fuga de aire, deterioro del aislamiento térmico de las tuberías, entre otras características que harán más eficiente este sistema y no desperdiciar energía eléctrica.

4.4.9. Evaluación de Compresores de Aire

En la empresa existen un total de tres (3) compresores de aire. Uno de ellos ha sido instalado para uso principal y posee una tecnología avanzada la cual hace que el equipo regule su consumo de acuerdo a la demanda. Éste sustituyó a los otros dos equipos que aún permanecen en planta, sin embargo el uso de estos ha quedado limitado a los fines de semana y a

casos de emergencia cuando se tenga que sacar de funcionamiento el compresor principal.

El compresor nuevo, puede abastecer toda la planta de aire comprimido, tarea que cumplían los otros dos equipos pero debido a que estos no poseen un control del consumo, siempre trabajaban al 100%. Una vez realizada la medición, se estimó la energía que se consume por concepto de compresión de aire. En la tabla 4.23 se muestra la estimación a treinta (30) días para el equipo nuevo trabajando en solitario y para los dos que trabajaban en conjunto como sucedía anteriormente. Allí se observa que podía llegar a consumir 45.930 kWh al mes trabajando únicamente los compresores 1 y 2, mientras que con la incorporación del equipo nuevo y designándole el 100% de las horas de trabajo al mes, se obtiene un ahorro de hasta 55,52% de esa energía.

Tabla 4.23 Energía requerida por cada compresor de aire en un mes de trabajo.

Compresores de aire				
Descripción	Potencia Entrada (kW)	Horas de Trabajo al día	Consumo Energético al Mes (kWh)	Porcentaje de Ahorro
Compresor Nuevo	85,00	10,00	25.500,00	55,52%
Compresores 1 y 2	153,10	10,00	45.930,00	

En la tabla 4.24 se muestra, una estimación del consumo energético actual al mes debido a los compresores de aire, en donde el equipo nuevo trabaja cinco (5) días a la semana, mientras que los otros dos operan en conjunto durante los fines de semana, allí se puede observar que estos últimos, consumen un porcentaje 37,52% del total de la energía utilizada por

los compresores, operando solamente un 25% de la horas al mes, lo cual confirma la gran diferencia de consumo energético que existe con el equipo instalado recientemente. En la Figura 4.16 se muestra un gráfico del tiempo de operación de los equipos y la energía consumida por todo el conjunto de compresores de aire.

Tabla 4.24 Energía actual consumida por compresores de aire mensualmente.

Compresores de Aire					
Descripción	Potencia Entrada (kW)	Horas de Trabajo al Mes	Consumo Actual de Energía (kWh-mes)	Porcentaje Actual de Tiempo de Trabajo	Porcentaje Actual de Energía Consumida
Compresor Nuevo	85,00	200,00	17.000,00	71,43%	58,12%
Compresores 1 y 2	153,10	80,00	12.248,00	28,57%	41,88%

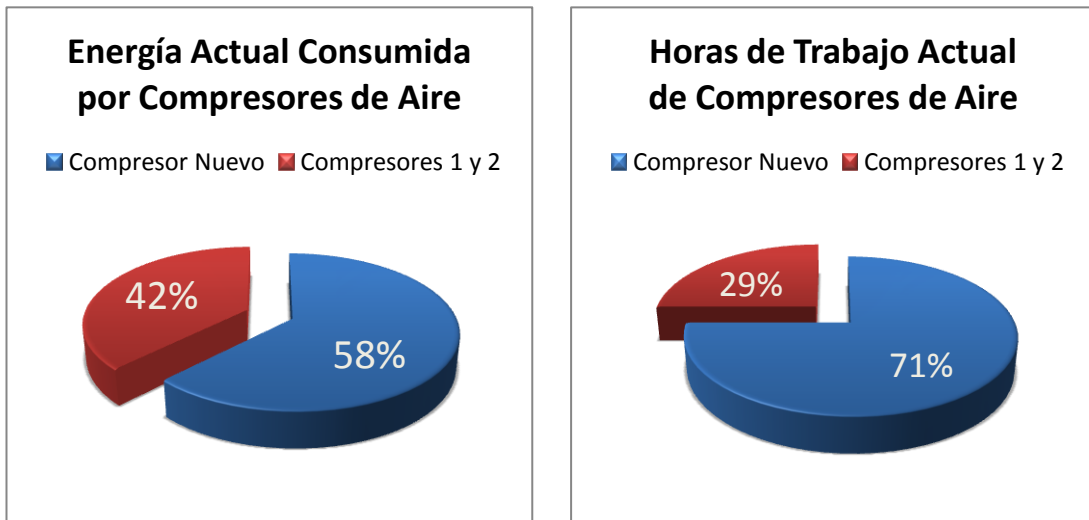


Figura 4.16 Porcentaje de Horas de Trabajo y Energía Consumida actualmente al mes por compresores de aire.

Se propone dejar de utilizar los dos compresores antiguos los fines de semana, para así obtener el ahorro energético que se observa en la tabla

4.25 que estaría en el orden de 7.148 kWh (21,89%) con respecto al consumo actual al mes de los equipos de aire comprimido.

Tabla 4.25 Ahorro energético al dejar de usar los compresores viejos en fines de semana.

<i>Ahorro al dejar de usar los compresores viejos</i>	
Consumo Energético Actual (kWh-Mes)	32.648,00
Ahorro Energético (kWh-Mes)	7.148,00 21,89%

Durante la realización de este trabajo se observaron fugas en las tuberías, además del uso del aire comprimido para limpieza del personal y de diversas áreas, lo cual no forma parte del proceso de producción y representa un desperdicio de energía, ya que el equipo se ve obligado a aumentar su consumo energético para mantener la presión en el sistema.

Es necesario informar al personal acerca del ahorro energético para concientizarlo y así evitar el uso indebido del aire comprimido. Además, se debe realizar un mantenimiento constante a las tuberías por donde fluye el aire, así como a los diversos filtros y secadores.

4.4.10. Evaluación de Equipos de Oficina

El consumo energético en oficinas, está constituido prácticamente en su totalidad por los computadores utilizados en estas áreas, excluyendo la iluminación, evaluada en la sección 4.4.1.1 de este capítulo. Es por ello, que surge la necesidad de plantear propuestas acerca de estas cargas para contribuir en la cantidad de energía que se puede ahorrar.

La primera de estas propuesta es la de apagar los computadores durante una (1) hora, correspondiente al período de descanso diario de la

jornada laboral. En la tabla 4.26 se muestra que al tomar la medida se obtiene un total de 194 (kWh-Mes), lo que representa un 7,11% con respecto a la energía que se consume por este concepto.

Tabla 4.26 Ahorro Energético por concepto de equipos de oficina

AHORRO APAGAR COMPUTADORES EN HORA DE DESCANSO		
Total de Computadores	45	
Energía Consumida (kWh-Mes)	2.728	
Ahorro Energético	194 (kWh-Mes)	7,11%

Otra medida propuesta para aportar al uso eficiente de la energía, es configurar los computadores para un apagado automático en caso de largo tiempo de inactividad.

Es necesario concientizar a los trabajadores a que modifiquen sus costumbres en beneficio del ahorro de energía. Por ejemplo, una vez culminada la jornada laboral, lo ideal sería que estos procederían a apagar todos los equipos eléctricos que se encuentren en su área de trabajo, ya que no tiene ninguna relevancia dejarlos conectados a la red eléctrica si esta energía no será utilizada.

4.5 Adición de las Medidas Propuestas al Gráfico Meta de Energía vs Producción

Una vez cuantificado el valor de energía eléctrica (kWh) que se puede ahorrar mensualmente mediante la aplicación de cada una de las medidas propuestas, la tendencia de consumo meta establecida en la sección 4.2.4 sufrirá una modificación, ya que este gráfico ha sido formado inicialmente por

puntos óptimos y reales de operación actual en la planta. Se establecerán dos nuevos gráficos meta, uno de ellos adicionando las medidas que no requieran inversión monetaria en maquinarias y equipos, y otro que incluye todas las propuestas de ahorro energético, esto con el fin de sentar bases para el análisis económico de la sección 4.6, ambos casos darán como resultado una tendencia paralela a la meta anterior pero desplazada hacia abajo, lo cual quiere decir que se tendría un menor valor de consumo no asociado a la producción.

En el establecimiento de los nuevos gráficos metas, se aplicaron factores a los valores de ahorro energético por concepto de iluminación, equipos de oficinas y de aire acondicionado con el fin de darle más realismo a los resultados, ya que en algunas áreas ya se aplican la medida de apagar la iluminación y computadores en horas de descanso, además de esto, los equipos de climatización no trabajan al 100% de su consumo durante todo su período de trabajo. Estos factores son los siguientes:

- ✓ Se aplicó un factor de 0,6 al valor obtenido por concepto de ahorro al apagar las luminarias.
- ✓ Se aplicó un factor de 0,8 al valor obtenido por concepto de ahorro al pagar los equipos de oficinas.
- ✓ Se utilizó un factor de 0,9 al consumo nominal de aires condicionados.

Es importante acotar que estos factores fueron definidos mediante la observación de costumbres del personal de la empresa.

En la Figura 4.17.A y 4.17.B se muestran los nuevos gráficos meta de energía vs producción para medidas propuestas sin inversión y para todas las medidas propuestas respectivamente. Se puede observar en rojo la tendencia actual de la planta, cuyo consumo no asociado a la producción es de 300.054 kWh al mes. De color azul se observa la tendencia meta

establecida para las condiciones actuales de trabajo en la planta, cuyo valor no asociado a la producción es de 213.871 kWh al mes.

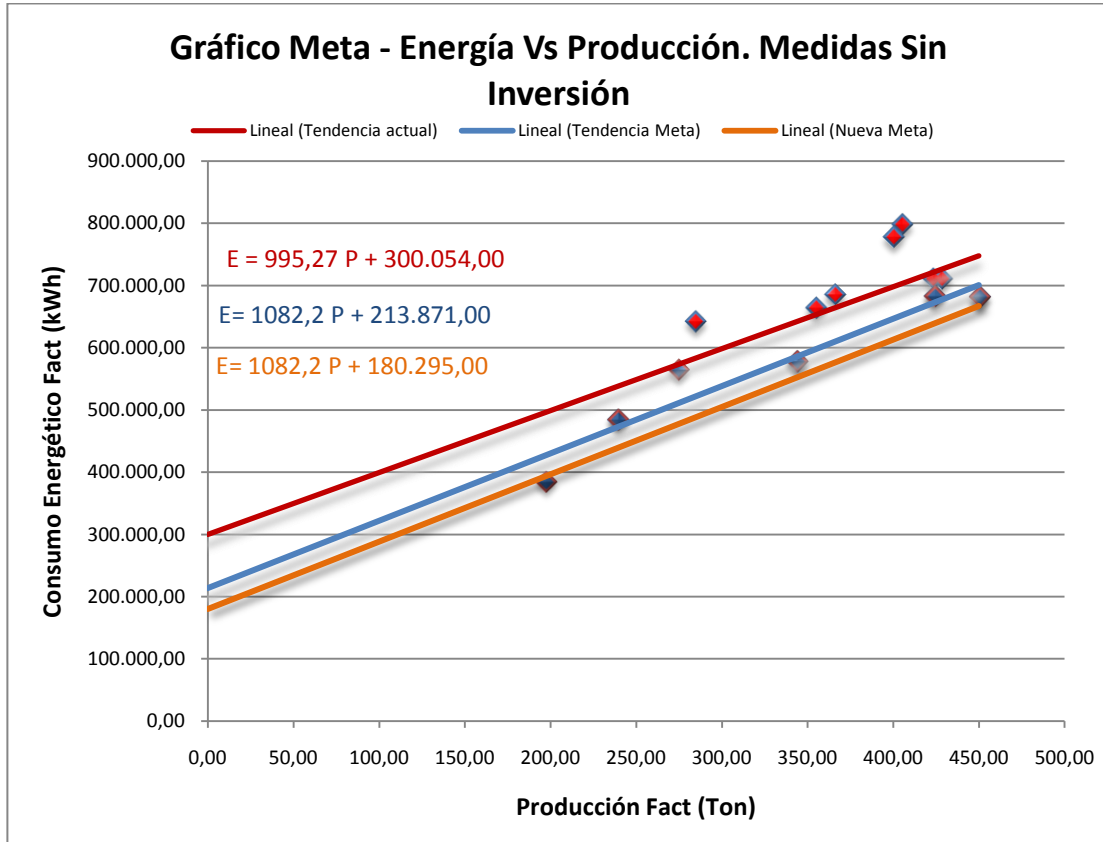


Figura 4.17.A Nuevo Gráfico Meta – Energía vs Producción – Propuestas sin Inversión.

En la Figura 4.17.A se observa de color anaranjado, la nueva tendencia meta debido a la implementación de las medidas de ahorro sin inversión, cuyo valor asociado a la no producción es de 180.295,00 kWh al mes, esto representa un 40,00% de disminución con respecto a la tendencia actual y un 15,70% de disminución con respecto a la tendencia meta establecida en la sección 4.2.4.

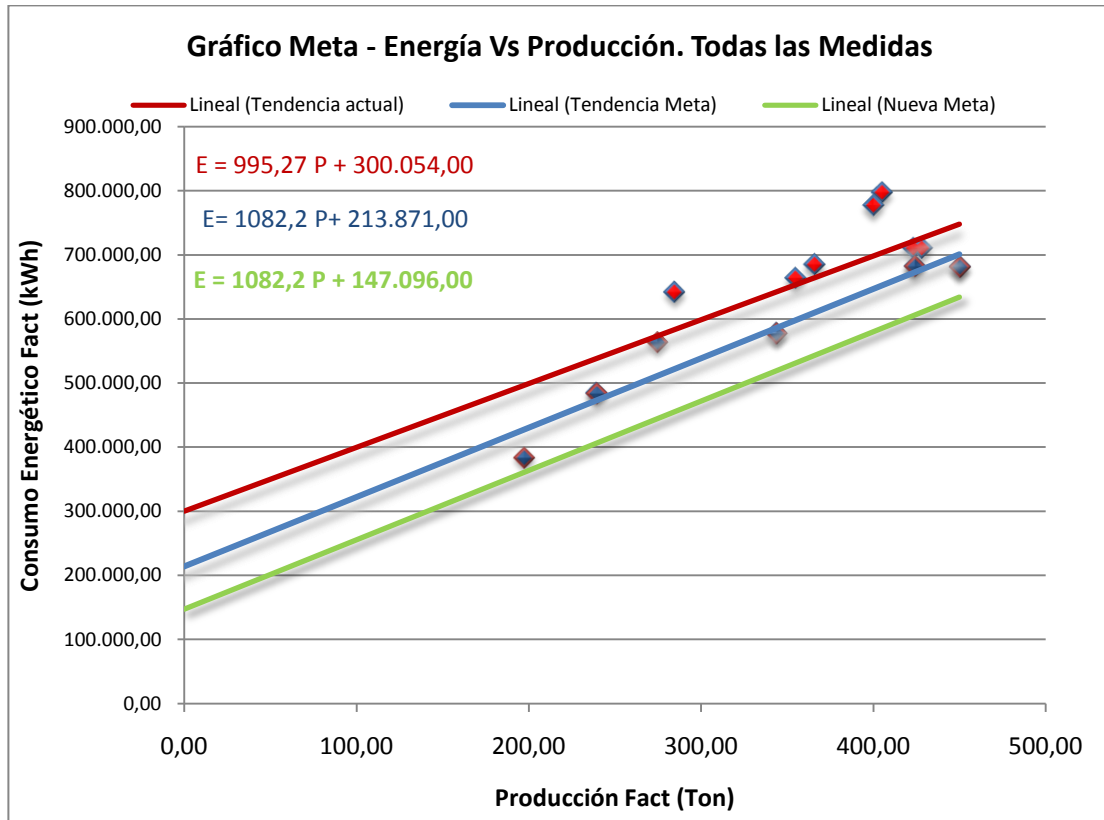


Figura 4.17.B Nuevo Gráfico Meta – Energía vs Producción – Todas las Propuestas.

En la Figura 4.17.B se observa de color verde la nueva tendencia meta debido a la implementación de todas las medidas, que arroja un valor de consumo no asociado a la producción de 147.096,00 kWh al mes, que representa un 51% de disminución del consumo actual no asociado a la producción y un 31,20% con respecto a la meta previamente establecida en la sección 4.2.4.

4.6 Evaluación Económica del Proyecto

En esta sección se procede a realizar una evaluación económica del proyecto en base a los resultados obtenidos debido a la implementación de las medidas de ahorro propuestas, además de que la empresa pueda

mantenerse en los puntos óptimos de consumo meta establecido en la sección 4.2.4.

Para cuantificar monetariamente el ahorro energético de las nuevas metas establecidas en la sección 4.5, se utilizó el valor del costo de la electricidad de 0,03848 Bsf/kWh, de acuerdo con la tarifa establecida por Corpoelec para la empresa Montana Gráfica. En la tabla 4.1, se observa que la empresa Montana Gráfica consume en promedio 731.905,47 kWh-mes y paga en promedio a Corpoelec la cantidad de 45.970,08 Bsf al mes.

En la sección 4.2.4, se estableció una meta de acuerdo a los valores óptimos de consumo respecto a la producción, la operación de la empresa bajo esta tendencia meta preliminar, implica un ahorro energético de 86.183 kWh-mes, que representa Bsf 3.316,32 mensuales de ahorro.

En las figuras 4.18.A y 4.18.B se muestra el costo en Bolívars Fuertes (Bsf) que se ahorraría al mes debido a las medidas sin inversión y todas las medidas propuestas respectivamente.

Se observa a continuación en la figura 4.18.A, referente a las medidas propuestas sin inversión, que las medidas que representan los valores más significativos son la de utilizar el compresor nuevo un 100% del tiempo y reducir la iluminación de planta, exteriores en un 20% y el apagado de aires acondicionado en horas de descanso, ya que representan al mes Bsf 275,06; Bsf 237,16 y 165,59 Bsf respectivamente.

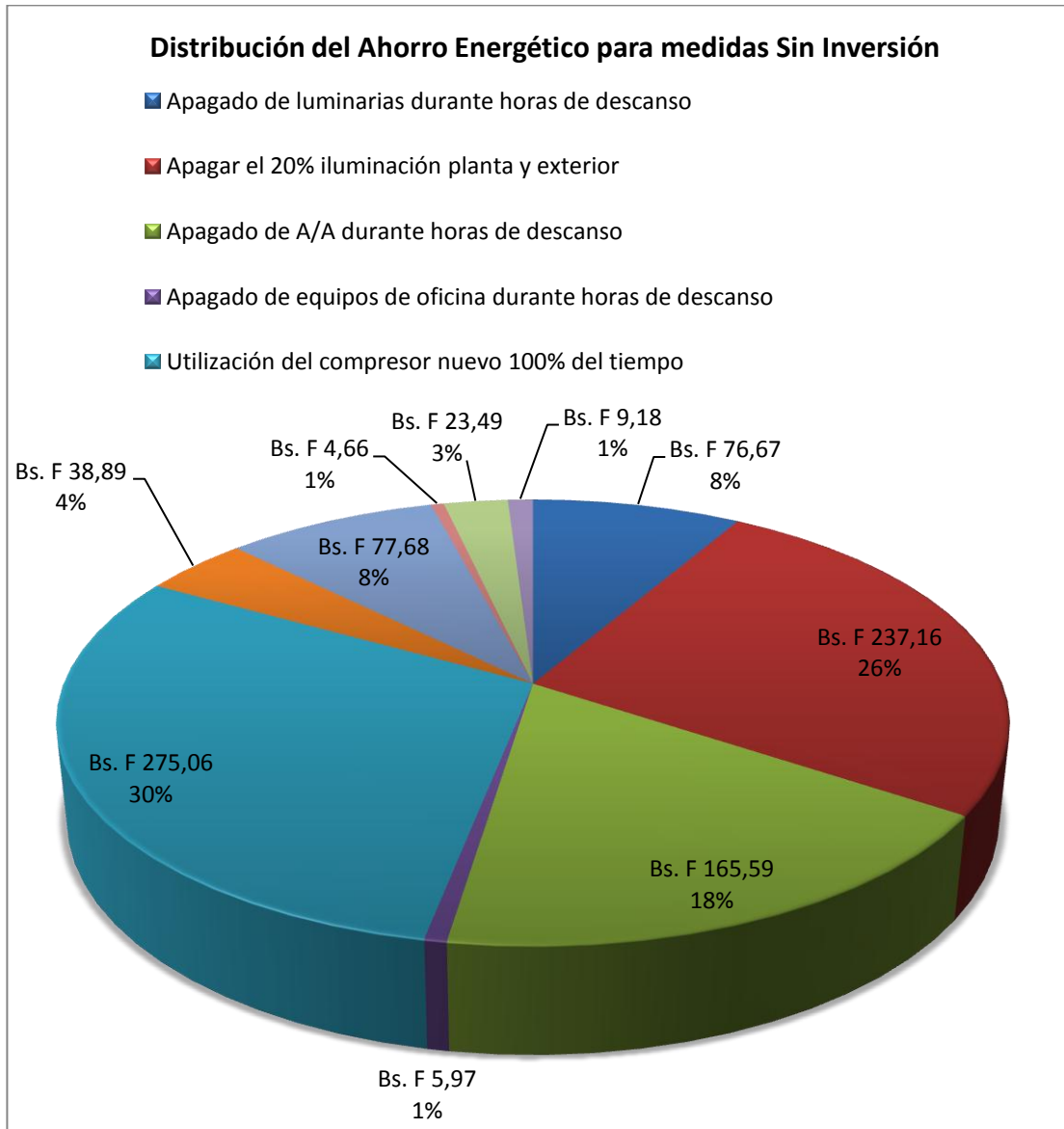


Figura 4.18.A Distribución del ahorro energético mensual debido medidas sin inversión.

Se observa a continuación en la Figura 4.18.B, referente a todas las medidas propuestas, que las propuestas que más impactan es la sustitución de motores por unos más acordes a la carga que presentan en el eje y el apagado de la Metalizadora, estas propuestas representan Bsf 1.184,37 y Bsf 377,68 respectivamente.

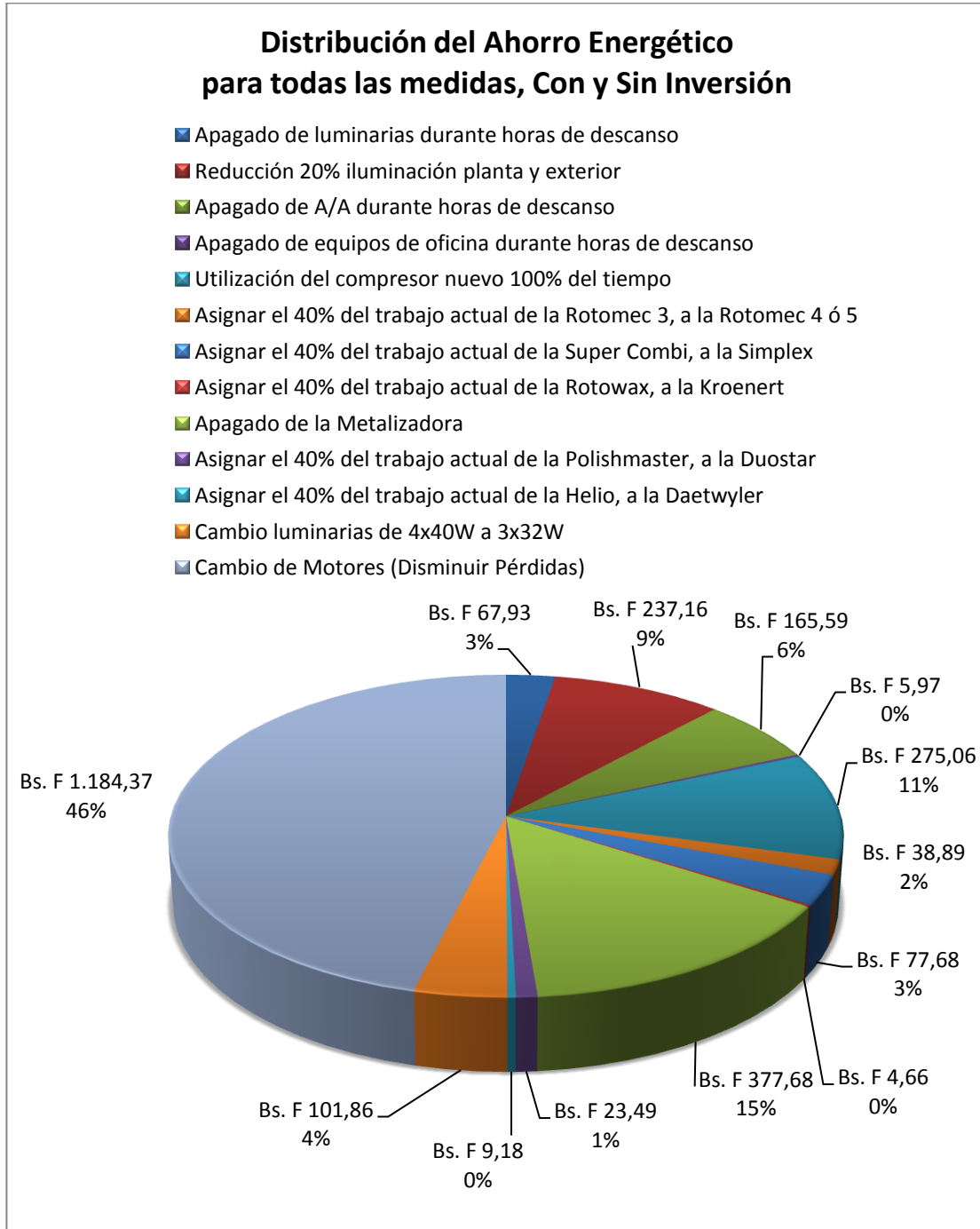


Figura 4.18.B Distribución del ahorro energético mensual para todas propuestas.

En la tabla 4.27 se muestra un resumen acerca del valor de energía eléctrica y su costo en Bolívares Fuertes (Bsf) que se pudiera obtener al

aplicar las medidas con inversión, sin inversión y la operación de la empresa en los puntos óptimos de consumo con respecto a la producción.

Tabla 4.27 Resumen del ahorro energético

Propuesta	Ahorro Mensual (kWh)	Ahorro Mensual (Bsf.)	Porcentaje
Meta Teórica	86.183,00	3.316,32	56,34%
Medidas Sin Inversión	23.534,50	905,61	15,39%
Medidas Con Inversión	43.240,74	1.663,90	28,27%
TOTAL	152.958,24	5.885,83	100,00%

4.6.1 Factibilidad Económica.

4.6.1.1 Factibilidad económica de la inversión inicial del proyecto con respecto a las medidas propuestas SIN inversión.

La factibilidad económica del proyecto se hace en base a que la empresa logre operar bajo las condiciones optimas de consumo vs producción (tendencia meta), además de las medidas propuestas sin inversión durante un periodo de 5 años (medidas a corto y mediano plazo). La tasa mínima de rendimiento se considerará constante en 17% durante el periodo de estudio.

Para el primer año ($t=0$), se considera únicamente el costo del proyecto como flujo monetario, para los demás años se considera como flujo neto el ahorro anual que se obtiene mediante las propuestas sin inversión y operación de la planta bajo la tendencia meta consumo vs producción (4.221,93Bsf/mes ó 50.663,16Bsf/año, ver tabla 4.27), pero incrementándose en los años a medida que las medidas sean impuestas. Se considera la tarifa eléctrica constante bajo todo el periodo de estudio.

El valor actual es calculado mediante la ecuación 2.2, mostrada en la sección 2.2.7.1 del Capítulo II, y se muestra a continuación:

$$VA_{(17\%)} = -98104 + \frac{12665,79}{(1 + 0,17)^1} + \frac{25331,58}{(1 + 0,17)^2} + \frac{37997,37}{(1 + 0,17)^3} + \frac{50663,16}{(1 + 0,17)^4} + \frac{50663,16}{(1 + 0,17)^5}$$

$$VA_{(17\%)} = 11.171,38$$

Los ingresos superan los costos, por lo que económicamente el beneficio es superior al mínimo exigido durante el periodo de estudio. En la tabla 4.28 se muestra la interpretación del valor actual en el análisis del proyecto.

Tabla 4.28 Interpretación del valor actual del proyecto

Año	Inversión Por Recuperar al inicio	Flujo Neto	Rendimiento Mínimo	Inversión Recuperada	Inversión por Recuperar
1	98.104,00	12.665,79	16.677,68	-4.011,89	102.115,89
2	102.115,89	25.331,58	17.359,70	7.971,88	94.144,01
3	94.144,01	37.997,37	16.004,48	21.992,89	72.151,12
4	72.151,12	50.663,16	12.265,69	38.397,47	33.753,65
5	33.753,65	50.663,16	5.738,12	44.925,04	-11.171,38

De la tabla 4.28 se observa que con la tasa interna de retorno seleccionada (17%), la inversión del proyecto se recupera en su totalidad al finalizar el 5to año al implementar las medidas sin inversión y cumplir con los puntos óptimos del gráfico de energía vs producción.

4.6.1.2 Factibilidad Económica de la sustitución de motores

En la sección 4.4.2, específicamente en la tabla 4.18, se muestran los valores óptimos de potencia nominal que deben tener los motores de

acuerdo a su carga actual, de igual forma muestra el ahorro mensual que se obtiene si se realiza la sustitución del motor. En esta sección se procede a realizar un análisis económico para establecer si son rentables estas propuestas.

Esta evaluación es realizada en un periodo de cinco (5) años considerando una tasa de rendimiento de 17%; los precios de los motores fueron obtenidos por Tollmex Corporation [25].

Para el primer año ($t=0$), la inversión inicial se considera como el costo unitario del motor y un 20% del valor del mismo por concepto de instalación y otros gastos; para los demás años se considera como flujo neto el ahorro anual que se obtiene por realizar la sustitución del motor.

El valor actual es calculado mediante la ecuación mostrada en la sección 2.2.7.1 del Capítulo II, y se muestra a continuación a manera de ejemplo, el cálculo del valor actual para el motor de la Bomba Chiller5 A, donde se recomienda sustituir un motor de 30 hp por uno de 25 hp cuyo costo unitario es de 20.590 Bsf, obteniendo un ahorro anual de 116,26 Bsf.

$$VA_{(17\%)} = -(20.590 * 1,20) + \frac{115,93}{(1 + 0,17)^1} + \frac{115,93}{(1 + 0,17)^2} + \frac{115,93}{(1 + 0,17)^3} + \frac{115,93}{(1 + 0,17)^4} + \frac{115,93}{(1 + 0,17)^5}$$

$$VA_{(17\%)} = -24.337,07$$

Los costos superan los ingresos, por lo que no es rentable realizar la sustitución de este motor de forma inmediata.

Para conocer el tiempo de recuperación de esta inversión, se suman los flujos netos de cada año, hasta que estos superan el costo inicial de la inversión. En el caso del motor de la Bomba Chiller5 A, los flujos netos se muestran en la figura 4.19.

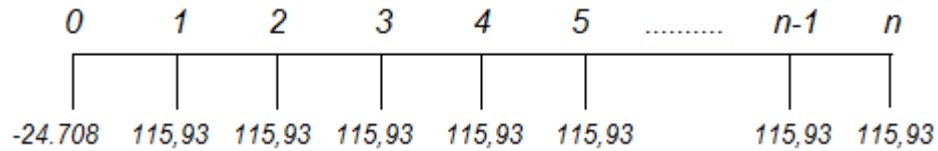


Figura 4.19 Flujos Netos de la sustitución de la Bomba Chiller5 A

Como se observa de la figura 4.19, los flujos netos se mantienen constantes durante todos los años, por lo que se puede determinar el tiempo de recuperación de la inversión mediante la siguiente ecuación:

$$-Inversión\ Inicial + X * Flujo\ Neto > 0 \quad (\text{Ecuación 4.9})$$

$$X(TRI) > \frac{Inversión\ Inicial}{Flujo\ Neto} ; X(TRI) > \frac{24.708}{115,93}$$

$$TRI = 178 \text{ años}$$

Se observa que se requiere 178 años para recuperar la inversión de sustituir la Bomba Chiller5 A.

En la tabla 4.29 se muestra la evaluación de los valores actuales y tiempo de recuperación para los demás motores.

Tabla 4.29 Evaluación Económica de Sustitución de Motores

Descripción	Motor Actual (HP)	Motor Nuevo (HP)	Costo Unitario (Bsf)	Ahorros Anuales (Bsf)	VA (5 años)	¿Rentable?	Tiempo de Recuperación (años)
Bomba Chiller 5 A	30	25	20.590,00	115,94	-24.337,07	NO	178
Bomba Chiller 1/2/3 A	30	30	26.150,00	222,65	-30.667,68	NO	118
Bomba Sumergida	25	25	20.590,00	36,87	-24.590,05	NO	559
Bomba Aguas de Proceso A	25	15	14.040,00	4,16	-16.834,70	NO	3379

Tabla 4.29 (Cont.) Evaluación Económica de Sustitución de Motores

Descripción	Motor Actual (HP)	Motor Nuevo (HP)	Costo Unitario (Bsf)	Ahorros Anuales (Bsf)	VA (5 años)	¿Rentable?	Tiempo de Recuperación (años)
Compactadora 2	24	10	10.970,00	37,87	-13.042,84	NO	290
Bomba 1 Tanque Hidroneumático	15	15	14.040,00	9,00	-16.819,21	NO	1561
Bomba Rotomec A	15	20	16.920,00	-61,05	-20.499,33	NO	N/A
Presurizador Pasillo Metalizadora	46,92	25	20.590,00	295,49	-23.762,63	NO	70
Presurizador Pasillo Sheeter	40	30	26.150,00	554,42	-29.606,23	NO	48
Presurizador Pasillo Kroenert	40	25	20.590,00	706,12	-22.448,87	NO	30
Extractor VN 3	40	15	14.040,00	672,90	-14.695,15	NO	21
Presurizador VN4	8,09	3	5.980,00	48,49	-7.020,87	NO	124
Presurizador VN 5	3	1	4.330,00	51,76	-5.030,39	NO	84
Presurizador VN 6	7,5	5	6.960,00	64,10	-8.146,92	NO	109
Presurizador VN 7	3	1	4.330,00	52,26	-5.028,81	NO	83
Presurizador VN 9	3	1	4.330,00	53,12	-5.026,06	NO	82
Presurizador VN 10	40	20	16.920,00	112,35	-19.944,55	NO	151
Presurizador VN 11	48	20	16.920,00	297,60	-19.351,89	NO	57
Presurizador VN 12	40	30	26.150,00	1.491,39	-26.608,52	NO	18
UMA Cobrizado	10	5	6.960,00	58,99	-8.163,26	NO	118
UMA Grabadoras	10	3	5.980,00	78,02	-6.926,38	NO	77
UMA Oficinas	10	5	6.960,00	24,32	-8.274,19	NO	287

Tabla 4.29 (Cont.) Evaluación Económica de Sustitución de Motores

Descripción	Motor Actual (HP)	Motor Nuevo (HP)	Costo Unitario (Bsf)	Ahorros Anuales (Bsf)	VA (5 años)	¿Rentable?	Tiempo de Recuperación (años)
Chiller 1	402,9	200	186.150,00	2.239,31	-216.215,66	NO	84
Chiller 2	179,3	100	96.320,00	1.004,98	-112.368,71	NO	96
Chiller 3	132,4	75	78.490,00	782,97	-91.682,99	NO	101
Chiller 5	322,5	150	161.860,00	2.061,70	-187.635,91	NO	79
Compresor Nuevo	281,3	125	138.760,00	1.456,23	-161.853,02	NO	96
Compresor 1	143,8	100	96.320,00	889,60	-112.737,86	NO	109
Compresor 2	143,8	100	96.320,00	850,83	-112.861,90	NO	114

Se puede observar de la tabla 4.29, que en ningún motor resulta rentable realizar su sustitución de forma inmediata, por lo que estas son propuestas largo plazo, es decir, la sustitución de estos motores se deben realizar cuando estos culminen su vida útil.

4.6.1.3 Factibilidad Económica de la sustitución de luminarias

Como se evaluó en la sección 4.4.1.1, el cambio de luminarias de 4x40 W a las de tipo 3x32W, disminuyen el consumo energético además de mejora la iluminación en un área. En esta sección se procede a realizar una evaluación económica para establecer si resulta rentable realizar los cambios de estas luminarias de forma inmediata.

Esta evaluación es realizada en un periodo de cinco (5) años considerando una tasa de rendimiento de 17% y considerando a 400 bsf el precio de la luminaria completa [26].

Para el primer año (t=0), la inversión inicial se considera como el costo total de todas las luminarias y lámparas, además de un 20% de este valor

por concepto de instalación y otros gastos; para los demás años se considera como flujo neto el ahorro anual que se obtiene por realizar la sustitución de las luminarias.

Se censaron un total de 104 luminarias de 4x40 W, y la sustitución de estas por luminarias de 3x32 W implica un ahorro de 2.647,04 kWh mensuales que se traducen en 1.222,29 Bsf al año. El valor actual es calculado mediante la ecuación mostrada en la sección 2.2.7.1 del Capítulo II y se muestra a continuación.

$$VA_{(17\%)} = -(400 * 104 * 1,20) + \frac{1.222,29}{(1 + 0,17)^1} + \frac{1.222,29}{(1 + 0,17)^2} + \frac{1.222,29}{(1 + 0,17)^3} + \frac{1.222,29}{(1 + 0,17)^4} + \frac{1.222,29}{(1 + 0,17)^5}$$

$$VA_{(17\%)} = -46.009,44$$

Los costos superan los ingresos, por lo que no es rentable realizar la sustitución de estas luminarias de forma inmediata.

Para conocer el tiempo de recuperación de esta inversión, se suman los flujos netos de cada año, hasta que estos superan el costo inicial de la inversión. En el caso la sustitución de luminarias, los flujos netos se muestran en la figura 4.19.

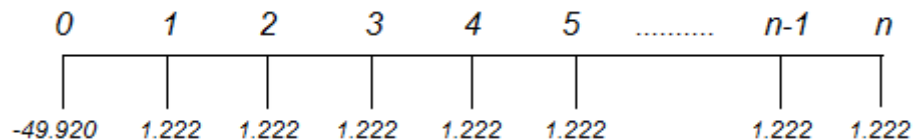


Figura 4.20 Flujos Netos de la Sustitución de Luminarias

De igual forma como en el caso de la sustitución de motores, el tiempo de retorno de inversión se puede calcular mediante la ecuación 4.9, como se muestra a continuación:

$$-Inversion\ Inicial + X * Flujo\ Neto > 0 \quad (\text{Ecuación 4.9})$$

$$X(TRI) > \frac{\text{Inversion Inicial}}{\text{Flujo Neto}} ; X(TRI) > \frac{49.920}{1.222}$$

$$TRI = 41 \text{ años}$$

Se requieren 41 años para recuperar la inversión de sustituir todas las luminarias 4x40 W a 3x32 W. Por lo que se recomienda realizar los cambios de estas luminarias cuando éstas culminen su vida útil.

CAPÍTULO V.

Resumen de Propuestas.

A continuación se hace un resumen acerca de todas las medidas propuestas. En el capítulo 4, específicamente a partir de la sección 4.4, en donde se hizo una evaluación técnica de la operación actual de los diversos equipos de producción además de otros aspectos como la iluminación.

Las acciones a tomar se dividen en corto, mediano y largo plazo de acuerdo a la facilidad con la que éstas se puedan aplicar en la empresa, sobre todo si se requiere de inversión monetaria.

- *Corto Plazo*

Las acciones a tomar a corto plazo, son aquellas que pudieran implementarse en menos de un mes y no requieren de inversión monetaria. Las medidas a corto plazo propuestas son las siguientes:

- ✓ Apagar las luminarias, equipos de aire acondicionado y demás artefactos de oficina durante las horas de descanso.
- ✓ Concientizar al personal acerca de uso eficiente de la energía, de manera de tal de que estos adopten costumbres, como la de apagar equipos que no estén en uso o cuando el trabajador lo vea conveniente, como cafeteras, computadores, fotocopiadores, etc.

- ✓ Mantener la temperatura del termostato de los equipos de aire acondicionado a un valor de 22°C, creando un ambiente agradable para el trabajador, ya que no es muy frío ni caluroso y permite que el compresor se apague durante más tiempo.
- ✓ Disminuir en 20% la iluminación de planta y zonas de exteriores.

- *Mediano Plazo*

Las medidas a mediano plazo propuestas, son aquellas que se necesitaran de una dedicación temporal a la planificación, reorganización de la producción y utilización de maquinaria, a continuación se presentan las propuestas a mediano plazo.

- ✓ Identificar las causas de haber alcanzado los puntos óptimos de consumo energético del gráfico meta de E vs P, para que la planta pueda operar nuevamente sobre estos y así lograr el ahorro energético calculado.
- ✓ Crear un plan de producción para que en la medida de lo posible, se evite el uso simultáneo de maquinaria de producción, cuya operación no es continua y pudiera ser puesta en funcionamiento en algún horario en donde estén trabajando la menor cantidad de equipos.
- ✓ Asignar, como mínimo el 40% de la producción estipulada de las máquinas Rotomec 3, Rotowax, Polishmater y Helio; a equipos que cumplen la misma función pero poseen mejor índice de consumo, es decir, a la Rotomec 4 o 5, Kroenert, Duostar y Daetwyler, respectivamente

- ✓ No utilizar la Metalizadora, en su lugar, adquirir el material ya metalizado.

- *Largo Plazo*

Las medidas a implementar a largo plazo son las aquellas que requieren una inversión monetaria que, a pesar de no ser económicamente factible y lo elevado del tiempo de recuperación de este capital, en conjunto representan el 5%, del consumo de energía promedio de la empresa por lo tanto, estas propuestas son vitales para el cumplimiento del 20% de ahorro exigido por Corpoelec. Las acciones a tomar a largo plazo son las siguientes:

- ✓ Reemplazar gradualmente luminarias con difusor de 4x40W, por luminarias especulares de 3X32W
- ✓ Sustituir de motores sobrecargados por otros, mencionados en la sección 4.4.2, con una capacidad acorde a la carga que presenta se presenta en el eje actualmente,

La implementación de estas medidas a largo plazo, pudiera realizarse a medida que los equipos cumplen su vida útil o en caso de alguna avería que requiere el reemplazo del mismo.

A continuación en la tabla 5.1, se muestra un resumen de las medidas obtenidas del análisis realizado a la empresa Montana Gráfica, además se muestra el ahorro energético y económico alcanzado al implementar cada una de éstas y el porcentaje que éste representa con respecto al consumo promedio registrado que es de 731.905,47 kWh al mes.

Tabla 5.1 Resumen de las propuestas realizadas

N°	Acción a Tomar	Ahorro Mensual (kWh)	Ahorro Mensual (Bsf)	Porcentaje de ahorro con respecto al consumo promedio mensual
1	Apagado de luminarias durante horas de descanso	1.765,40	67,93	0,24%
2	Reducción 20% iluminación planta y exterior	6.163,20	237,16	0,84%
3	Apagado de A/A durante horas de descanso	4.303,28	165,59	0,59%
4	Apagado de equipos de oficina durante horas de descanso	155,20	5,97	0,02%
5	Utilización del compresor nuevo 100% del tiempo	7.148,00	275,06	0,98%
6	Asignar el 40% del trabajo actual de la Rotomec 3, a la Rotomec 4 ó 5	1.010,62	38,89	0,14%
7	Asignar el 40% del trabajo actual de la Super Combi, a la Simplex	2.018,73	77,68	0,28%
8	Asignar el 40% del trabajo actual de la Rotowax, a la Kroenert	121,13	4,66	0,02%
9	Apagado de la Metalizadora	9.814,97	377,68	1,34%
10	Asignar el 40% del trabajo actual de la Polishmaster, a la Duostar	610,40	23,49	0,08%
11	Asignar el 40% del trabajo actual de la Helio, a la Daetwyler	238,54	9,18	0,03%
12	Cumplir Meta Teórica	86.183,00	3.316,32	11,78%
13	Cambio luminarias de 4x40W a 3x32W	2.647,04	101,86	0,36%
14	Cambio de Motores (Disminuir Perdidas)	30.778,73	1.184,37	4,21%
TOTAL		152.958,24	5.885,83	20,90%

Se observa que al implementar todas las medidas, y lograr operar en los puntos óptimos de producción se estaría reduciendo el 20,9% con respecto al consumo promedio de la planta registrado desde el 2008, con lo cual se cumple el decreto establecido por el Gobierno [2], en cuanto a la reducción del 20% de la energía que se consume.

En la figura 5.1 se muestra la distribución de este ahorro energético por cada medida tomada, en donde se observa que trabajar en los puntos óptimos de consumo representa el mayor porcentaje con un 56% del ahorro posible con respecto a total, el cambio de motores un 20% y el apagado de la Metalizadora 7%.

Distribución del Ahorro Energético

- Apagado de luminarias durante horas de descanso
- Reducción 20% iluminación planta y exterior
- Apagado de A/A durante horas de descanso
- Apagado de equipos de oficina durante horas de descanso
- Utilización del compresor nuevo 100% del tiempo
- Asignar el 40% del trabajo actual de la Rotomec 3, a la Rotomec 4 ó 5
- Asignar el 40% del trabajo actual de la Super Combi, a la Simplex
- Asignar el 40% del trabajo actual de la Rotowax, a la Kroenert
- Apagado de la Metalizadora
- Asignar el 40% del trabajo actual de la Polishmaster, a la Duostar
- Asignar el 40% del trabajo actual de la Helio, a la Daetwyler
- Cumplir Meta Teórica
- Cambio luminarias de 4x40W a 3x32W
- Cambio de Motores (Disminuir Pérdidas)

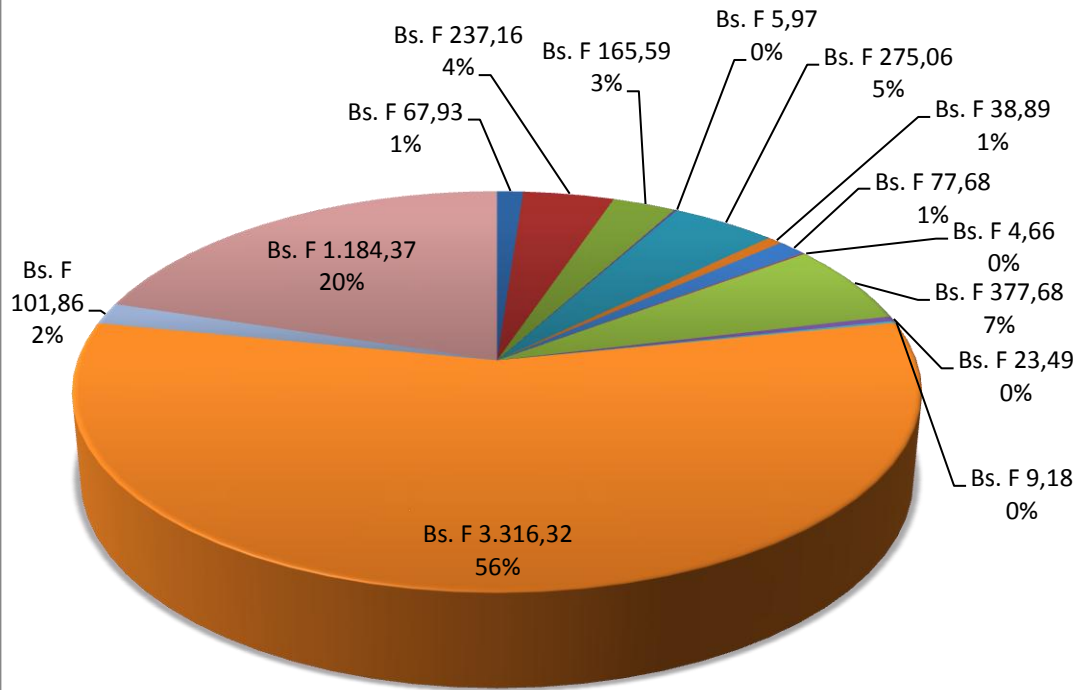


Figura 5.1 Distribución del ahorro Energético.

Tomando como consumo promedio mensual de una vivienda de 500 kWh mensuales, como lo indica la tarifa mínima para viviendas sociales según Corpoelec, en la tabla 5.2 se muestra la cantidad de residencias que se pudiera alimentar con el ahorro energético obtenido al implementar las medidas propuestas. Se puede observar que se pueden alimentar 67 casas implementando las propuestas sin inversión monetarias en equipos y maquinarias, 134 casas si se implementan todas las propuestas de ahorro energético y en un caso ideal que la empresa logre operar en los puntos óptimos de consumo de acuerdo a la producción además de la implementación de todas las acciones que se proponen en este trabajo, se pudieran alimentar hasta 306 residencias con la energía que se deja de desperdiciar.

Tabla 5.2 Cantidad de casas que pudiesen ser alimentada con la energía ahorrada.

Acciones a implementar	Energía Ahorrada al Mes (kWh)	N° de casas
Propuestas Sin Inversión	33.576,49	67
Propuestas CON y SIN Inversión	66.775,24	134
Nueva Meta (Todas las propuestas)	152.958,24	306

CAPÍTULO VI.

Conclusiones y Recomendaciones.

6.1. Conclusiones

En este trabajo, se realizó un estudio de eficiencia energética en la empresa Montana Gráfica, perteneciente al Grupo Corimon S.A. la principal causa es la problemática que en los últimos años existe hoy en día en Venezuela, en donde el sistema eléctrico nacional no puede satisfacer la demanda en su totalidad, representando un grave problema para la sociedad que actualmente realiza la mayoría de las actividades haciendo uso de la electricidad.

Tomando en cuenta que la solvencia de esta situación puede tardar algunos años, es necesario realizar un esfuerzo para superar las barreras económicas que se presentan a la hora de tomar acciones que conlleven a un uso eficiente de la energía eléctrica.

El sector industrial, como mayor consumidor, se ve en la obligación de implantar un Sistema de Gestión Integral de la Energía con el objetivo adoptar planes y medidas conforme al uso racional de la energía. A pesar de que la empresa Montana Gráfica venía realizando ciertas acciones como el apagado de luminarias, la sustitución de éstas por otras más eficientes y el uso moderado de equipos de alto consumo, se requirió realizar una auditoría energética para identificar y cuantificar los puntos potenciales de ahorro, de manera tal de minimizar la cantidad de energía consumida sin que esto afecte a la cantidad de productos manufacturado.

El diagnóstico energético de la empresa se realizó, cesando toda la carga que se encuentra en la planta en las seis áreas establecidas, proporcionándole a la empresa una extensa base de datos con la potencia eléctrica instalada en cada maquinaria de producción, en cada tablero de distribución y en cada transformador, resultando un total de 5.946,35 kVA instalados.

La caracterización energética de la empresa se realizó gracias a los datos proporcionados por los departamentos de mantenimiento y producción, con los cuales se levantaron los gráficos de control, energía vs producción, energía-tiempo vs producción, índice de consumo y diagramas de Pareto.

El gráfico de energía-tiempo vs producción muestra un cruce entre las curvas el cual se le atribuyó a la adquisición de maquinarias con nuevas tecnologías y a la implementación de medidas de ahorro energético, a partir de Septiembre del 2009, con la intención de disminuir el consumo eléctrico. Debido a este comportamiento anormal se decidió realizar dos gráficos de energía vs producción, uno para el período desde Diciembre del 2008 a Agosto del 2009, y otro desde Septiembre del 2009 a Julio del 2010, para así obtener una mejor correlación de puntos. En este trabajo se utilizó el segundo gráfico de E vs P mencionado, ya que éste representa el comportamiento más actual de la empresa y a partir de allí se obtuvo que el consumo energético no asociado a la producción es de 300.054 kWh.

El gráfico de índice de consumo de la empresa, demuestra que la empresa debe mantener una producción alta para que la cantidad de energía consumida por tonelada producida sea menor.

Los diagramas de Pareto, arrojaron las áreas y equipos de mayor consumo. El proceso Rotograbado, Laminación y los servicios industriales representan los principales potenciales de ahorro, estos son evaluados y

analizados este trabajo con el fin de proponer medidas que impacten de manera más significativa al consumo energético de la empresa.

Luego de realizar las mediciones con el analizador de energía, se calculó una potencia promedio instantánea de 1.468,83 kVA; es decir, 75,30% menos de la potencia de carga instalada, esto producto de la diversidad existente en el uso de cada equipo durante el proceso.

Un aspecto muy importante que se obtuvo, de acuerdo a la medición realizada, es lo subcargados que se encuentran los siete transformadores de la planta, en la tabla 6.1 se observa que en promedio estos se encuentran a un 18% de su carga nominal, siendo el transformador N°1 el de mayor consumo con 39% del consumo total de la empresa y el más cargado con un 42% de su dato de placa, mientras que el transformador N°3 consume sólo un 1% y presenta sólo un 3% de carga con respecto a su capacidad, esto contribuye, al igual que los motores con baja carga, a que la planta presente un factor de potencia promedio de 0,82; lo que representa un valor bajo, según el reglamento del servicio eléctrico [20], y que se traduce en ineficiencia energética del sistema.

Tabla 6.1 Carga en Transformadores

Descripción	Capacidad Total (kVA)	PROMEDIO		Carga Medida con respecto a la Nominal (%)	Distribución de Carga Medida (%)
		Carga Medida (kVA)	FP		
Transformador N°1	1350	564,76	0,856	41,83%	38,45%
Transformador N°4	1600	371,17	0,773	23,20%	25,27%
Transformador N°2	1250	277,42	0,875	22,19%	18,89%
Transformador N°5	630	178,42	0,82	28,32%	12,15%
Transformador N°6	630	28,48	0,62	4,52%	1,94%

Tabla 6.1 Carga en Transformadores

Descripción	Capacidad Total (kVA)	PROMEDIO		Carga Medida con respecto a la Nominal (%)	Distribución de Carga Medida (%)
		Carga Medida (kVA)	FP		
Transformador N°7	500	31,61	0,911	6,32%	2,15%
Transformador N°3	630	16,97	0,767	2,69%	1,16%
TOTAL	6590	1468,83	-----	22,29%	100,00%

Los motores eléctricos que trabajan de manera independiente (no acoplados a una máquina automatizada), a excepción de la bomba de agua para las máquinas Rotomec 4 y 5, se encuentran subcargados, en éste trabajo se elabora una lista para el reemplazo de estos por otros ajustados a la carga mecánica existente en el eje actualmente, dicha acción disminuye las pérdidas de potencia eléctrica.

Existe un gran déficit de niveles de iluminación en diferentes áreas de la empresa, según la norma [21], lo que pudiera traer consigo una serie consecuencias de que afectan directamente al trabajador y a la producción de la planta.

Se plantean seis propuestas con medidas para el ahorro de energía. Éstas se dividen en dos grupos las que requieren inversión monetaria y las que no, dichas acciones a tomar impactan de diferente manera el consumo actual de la empresa, el resultado de implementación de las medidas en el siguiente:

- ✓ El consumo energético estimado por concepto de iluminación actualmente es de 56.431,28 kWh-Mes, al aplicarse todas las medidas propuestas, dicha energía disminuiría en un 21%.

- ✓ En cuanto a motores independientes, por concepto de pérdidas se consume 53.072 kWh al mes, el reemplazo de las máquinas actualmente sobrecargadas reduce un total de 30.778,93 kWh-Mes es decir, un 58% del primer valor.
- ✓ Los equipos de climatización actualmente consumen 30.891,08 kWh al mes, tomando las acciones que en este trabajo se presentan se obtiene un 14% de ahorro es decir 4.303,28 kWh-Mes.
- ✓ La existencia de tres compresores de aire trae consigo un consumo energético al mes de 32.648 kWh, al dejar en operación solamente el compresor nuevo, se estarían ahorrando 7.148 kWh-Mes, que representan un 22%.
- ✓ Al aplicarse las medidas propuestas para los equipos de oficina se estaría reduciendo su consumo actual en 7,11%, es decir se obtiene un ahorro de 194 kWh al Mes.
- ✓ En cuanto a la producción, al aplicarse las medidas propuestas, las cuales están constituidas por la no utilización de la máquina Metalizadora y la asignación del 40% de la producción de la Rotomec 3, Rotowax, Super Combi Polishmaster y Helio, a equipos similares con mejor índice de consumo; se obtiene un ahorro del 13.814,43 kWh-Mes, que representa un 9,75% del consumo actual de estas máquinas en conjunto.

El consumo no asociado a la producción de la empresa actualmente es de 300.054 kWh-Mes, al aplicarse todas las acciones que en este trabajo se proponen, este valor se estaría reduciéndolo en un 51%, es decir que

cada mes la planta le estaría ahorrando al sistema eléctrico nacional un total de 152.958,00 kWh.

El consumo promedio registrado por la empresa, desde Enero 2008 hasta Mayo 2010, es de 731.905,47 kWh. Al aplicarse todas las acciones que en este trabajo se proponen, se estaría ahorrando el 20,90% con respecto a este valor, con lo cual se estaría cumpliendo la exigencia de la empresa Corpoelec, como medida para afrontar la crisis eléctrica que actualmente vive el país.

El costo de proyecto es de 98.104,00 Bsf, ésta cantidad se recupera, al aplicar las medidas que no requieren inversión monetaria y cumplir con los puntos óptimos del gráfico meta de energía vs producción, en 5 años, tomando en cuenta un tasa interna de retorno de 17%.

Ninguna de las propuestas que requieren inversión monetaria, resulta factible económicamente utilizando una tasa interna de retorno del 17% en un período de 5 años, debido al bajo actual costo del servicio eléctrico en Venezuela, sin embargo queda de parte de la empresa, valorar la importancia de obtener hasta un 20,90% de ahorro con respecto al valor promedio de consumo energético, que representa un gran aporte a nivel social y ecológico.

Se instaló el Sistema de Gestión Integral de la Energía cumpliendo con los 10 primeros pasos, ilustrados en el Capítulo II (Sección 2.2.3), culminando con la realización de propuestas y medidas que la empresa debe implementar para lograr un uso eficiente de la energía eléctrica. Sin embargo la idea de SGIE va más allá de toma acciones a nivel de inversiones económicas, se trata de que la empresa prepare y asigne a un personal para el seguimiento del mismo, de manera que poder realizar una auditoría interna

de las buenas prácticas que deben implementar los trabajadores de cualquier área laboral.

6.2. Recomendaciones

- ✓ Instalar capacitores en uno o varios puntos del sistema, de manera tal de que el factor de potencia, actualmente en 0,82; pudiera aumentar a un valor por encima del 0,9 establecido en el Reglamento del Servicio Eléctrico.
- ✓ Realizar campañas periódicas que concienticen al personal de la empresa con respecto al tema del ahorro de energía eléctrica, enfatizando el beneficio colectivo, social, ambiental y económico que este trae.
- ✓ Realizar un seguimiento periódico de los planes de ahorro y uso eficiente de la energía.
- ✓ Realizar mantenimiento constante en las luminarias, para evitar que éstas se ensucien, ya que pierden su eficiencia hasta en un 20% de iluminación.
- ✓ Sectorizar e independizar circuitos de iluminación en donde se permita, con el fin de apagar las lámparas que no se requieran utilizar.
- ✓ Seleccionar lámparas y luminarias que suministren el nivel de iluminación requerido por la norma según sea el área de trabajo. Para esto se requiere hacer estudios de niveles de iluminación requeridos por cada área.

- ✓ Respecto a la iluminación de planta, disminuir la altura de éstas con respecto al plano de trabajo, con el fin de reducir la cantidad de lámparas necesarias para obtener el mismo nivel de iluminación.
- ✓ Al incorporarse nuevos motores, asegurarse de que estos sean lo más acorde a su carga, disminuyendo las pérdidas que estos generan y mejorando el factor de potencia de la empresa.
- ✓ Cuando los motores actualmente instalados en planta requieran ser sustituidos, hacerlo por los valores recomendados en este estudio.
- ✓ Realizar periódicamente limpiezas a los motores con el propósito de remover la suciedad, polvo e impurezas que estos puedan presentar para que rindan a su máximo potencial. Por lo menos una vez al año se recomienda desmontarlos y hacerles limpieza.
- ✓ Realizar mantenimiento predictivo en los motores, tomando frecuentemente valores como corrientes, tensiones, resistencia de aislamiento, velocidad de operación, etc, con el fin de verificar si se mantienen bajo condiciones óptimas de operación y realizar medidas correctivas cuando se requiera.
- ✓ Adquirir equipos que permitan verificar las condiciones de operación de los motores para realizar análisis predictivos.
- ✓ Evitar el rebobinado de un motor más de 2 veces, ya que éste pierde considerablemente su eficiencia.

-
- ✓ Adquirir variadores de velocidades para motores de alto consumo con el fin de disminuir picos de corriente por el arranque de estos motores.
 - ✓ Realizar mantenimiento de limpieza a los equipos de aire acondicionado con cierta regularidad, esto puede traer ahorros de hasta 10% del consumo del equipo.
 - ✓ Mantener el termostato de los equipos de aire condicionados a temperaturas entre 20°C y 22°C evitando el encendido continuo del compresor del equipo.
 - ✓ Realizar mantenimiento constantemente el sistema de tuberías del agua que circula por los chillers, evitando fugas de agua así como reparación de partes donde el aislamiento térmico ya no cumple su función.
 - ✓ Realizar mantenimiento constante al sistema de UMAs,
 - ✓ Utilizar equipos que requieren altos consumos de agua refrigerada para horas nocturnas, donde la temperatura del agua es más fría y por ende el chiller opera durante períodos de tiempo más cortos.
 - ✓ Utilizar el compresor de aire recientemente adquirido el 100% del tiempo, ya que éste es más eficiente con respecto a los equipos antiguos.
 - ✓ Evitar uso innecesario del aire comprimido, como por ejemplo: limpiar pisos, utilizarlo para refrescarse, etc.

- ✓ Realizar mantenimiento al sistema de tuberías de aire comprimido con el fin de evitar fugas de aire, ya que el compresor requiere más trabajo para mantener la presión deseada.

- ✓ Apagar lámparas y equipos de oficinas durante las horas de descanso.

- ✓ Realizar planes de producción que evite la operación simultánea de equipos de alto consumo.

Apéndice A. Plano Físico de la Empresa

A continuación, se muestra el plano físico de la empresa Montana Gráfica.

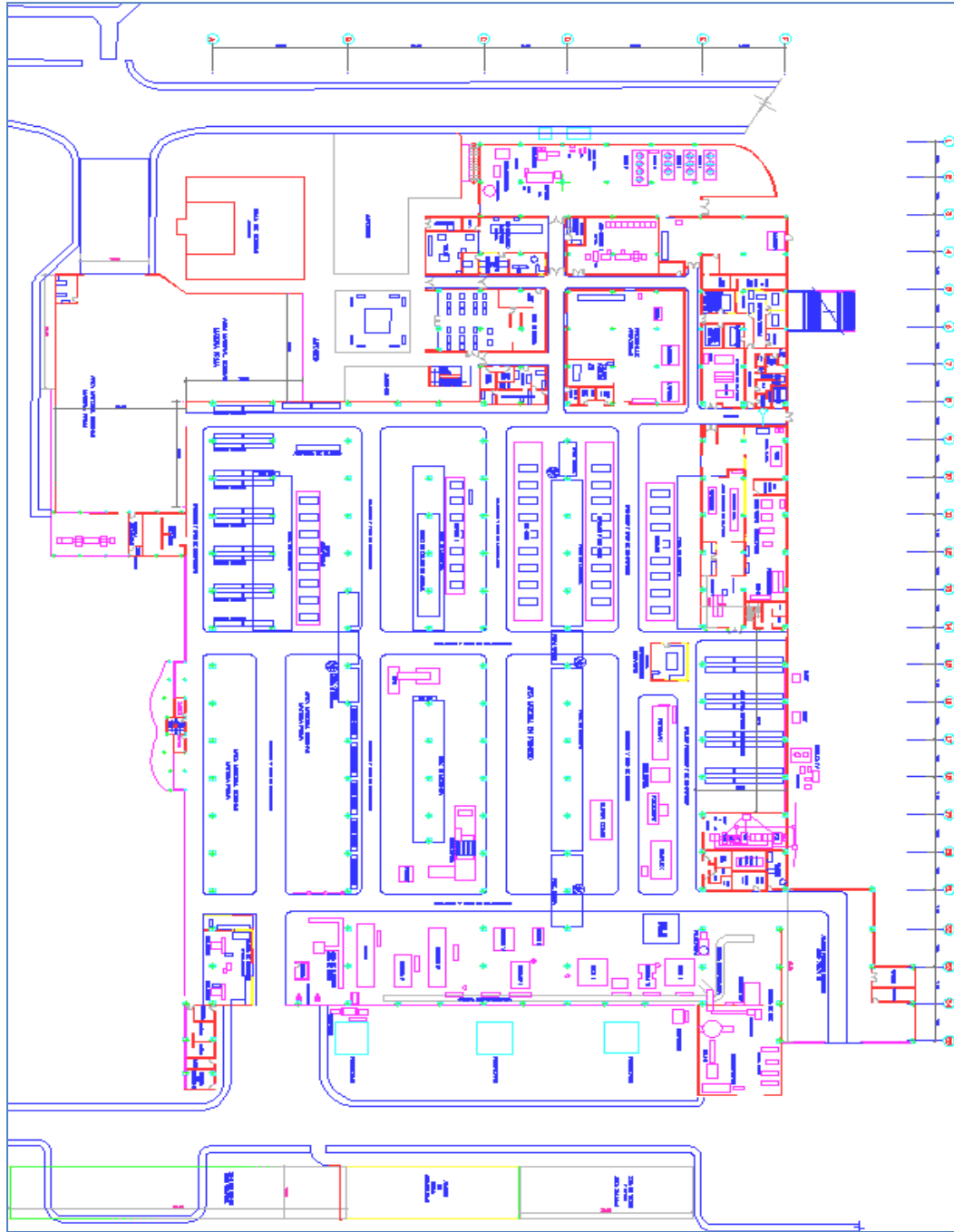


Figura A.1 Plano Físico de la Empresa

Apéndice B. División de Áreas

En la siguiente figura se muestra la división de áreas utilizada, para la realización del trabajo.

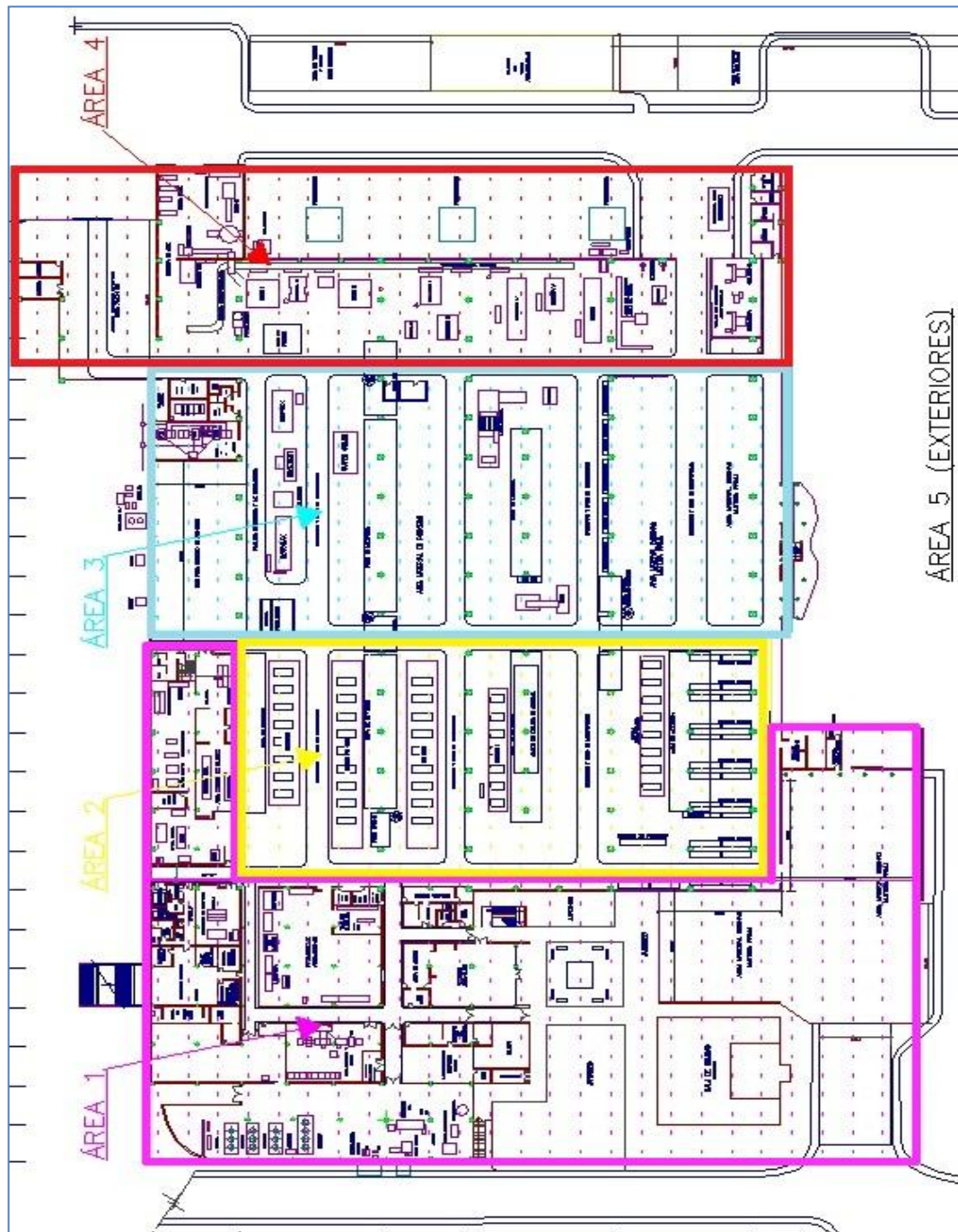


Figura B.1 División de áreas físicas.

Apéndice C. Flujogramas de Procesos

A continuación se presenta los flujogramas de los diversos procesos presentes en la empresa Montana Gráfica. Dichos procesos son los siguientes: Cilindros (Figura C.1), Tintas (Figura C.2), Rotograbado (Figura C.3), Metalizado (Figura C.4), Laminado (Figura C.5) y Cortado (C.6)

Es importante acotar que los procesos de cilindros, tintas y metalizado (de ser necesario), se realizan de manera simultánea para luego iniciar el proceso de Rotograbado.

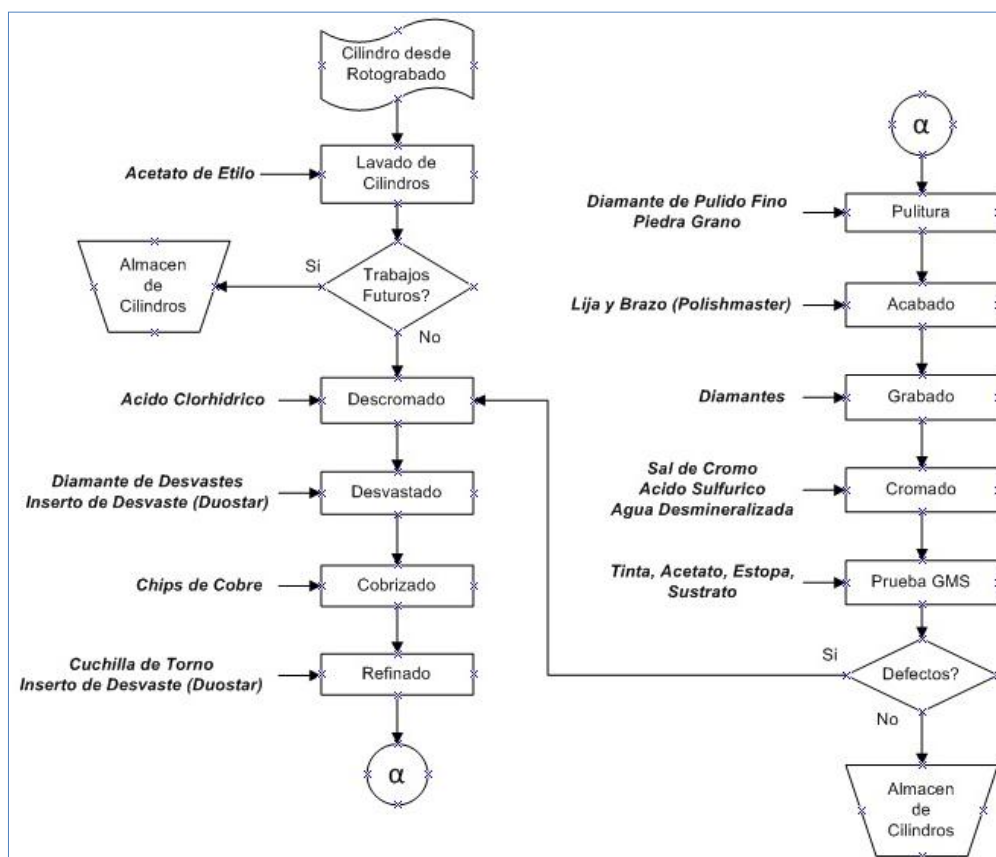


Figura C.1 Flujograma de proceso del área de cilindros.

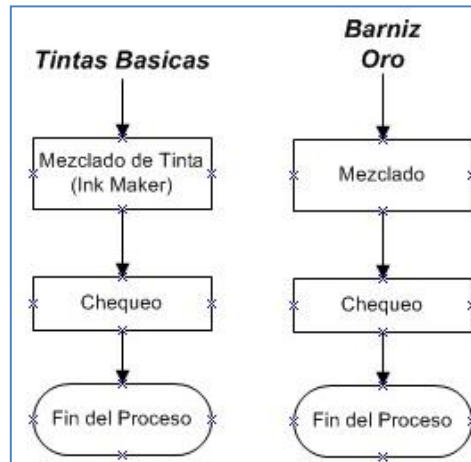


Figura C.2 Flujograma de proceso del área de Tintas.

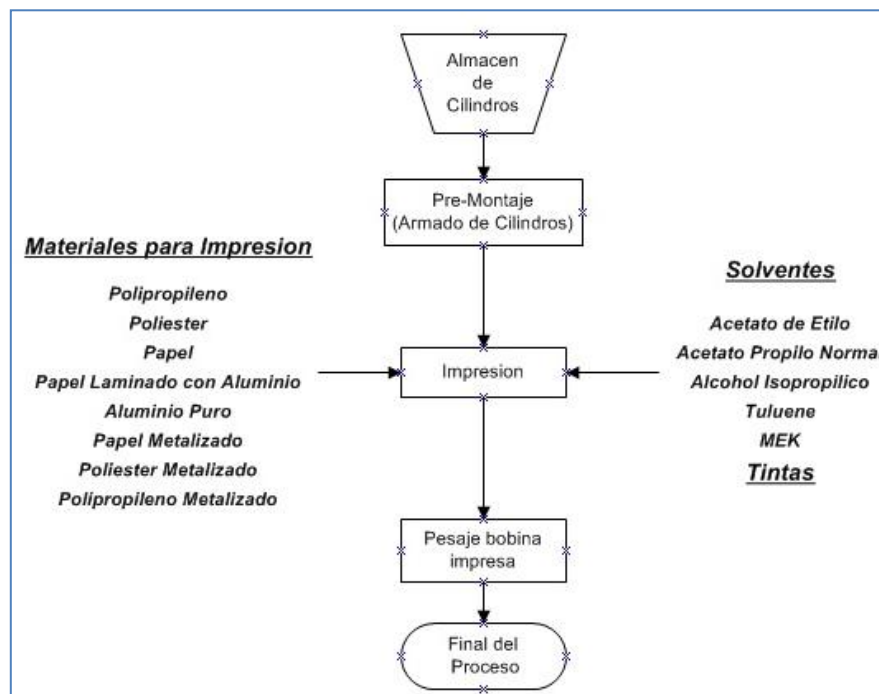


Figura C.3 Flujograma de proceso del área de Rotograbado.

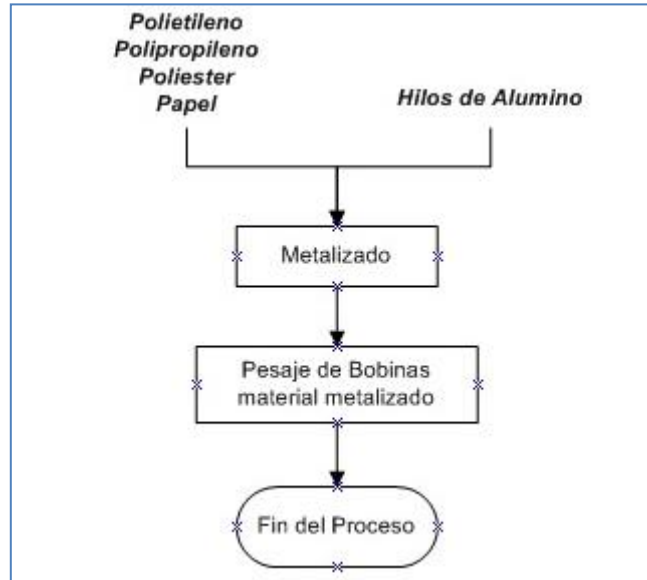


Figura C.4 Flujograma de proceso del área de Metalizado.

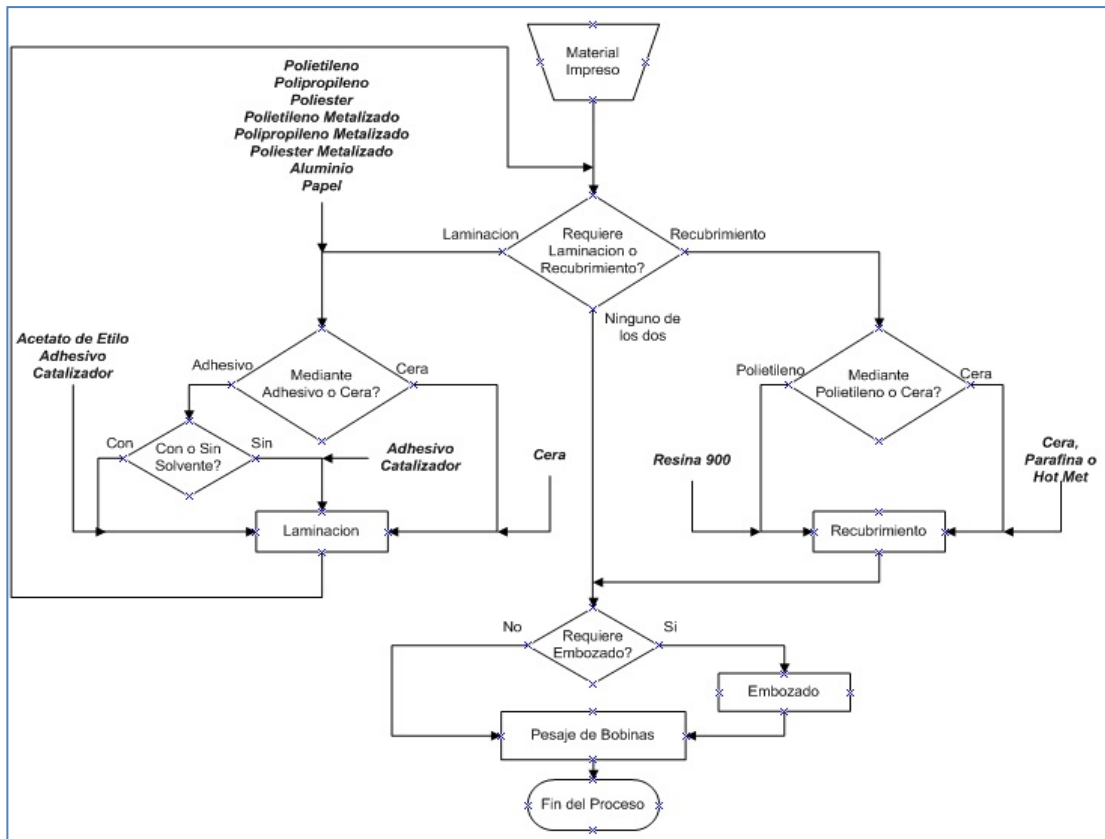


Figura C.5 Flujograma del Proceso de Laminado.

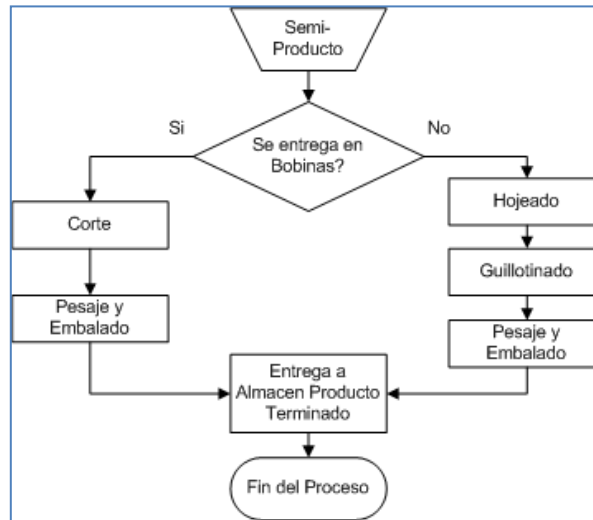


Figura C.6 Flujograma del Proceso de Corte y Acabado.

Apéndice D. Diagramas Unifilares

A continuación se muestran los diagramas unifilares de los siete transformadores existentes en la empresa Montana Gráfica, iniciando con la leyenda de símbolos utilizados.

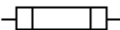








Leyenda	
Símbolo	Descripción
	Fusible
	Interruptor, el número de líneas rectas horizontales indica el número de polos
	Transformador
	Línea de Alimentación
	Salida a Carga Conectada
	Cantidad de Conductores
	Calibre del Conductor
	Barra Principal de Distribución
	Punto de unión entre conductores

Figura D.1 Leyenda de los Diagramas Unifilares.

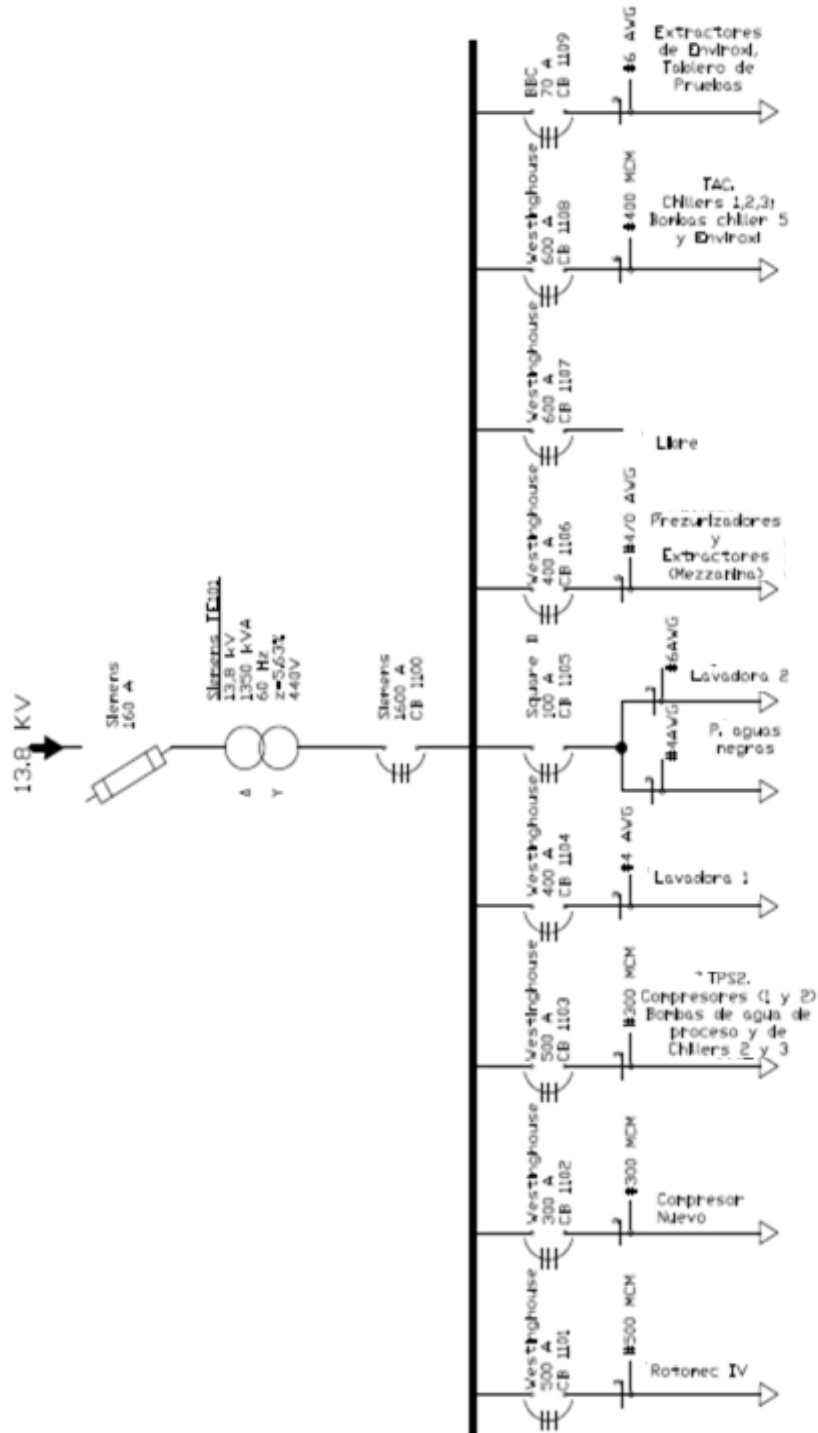


Figura D.2 Diagrama Unifilar de Transformador N°1.

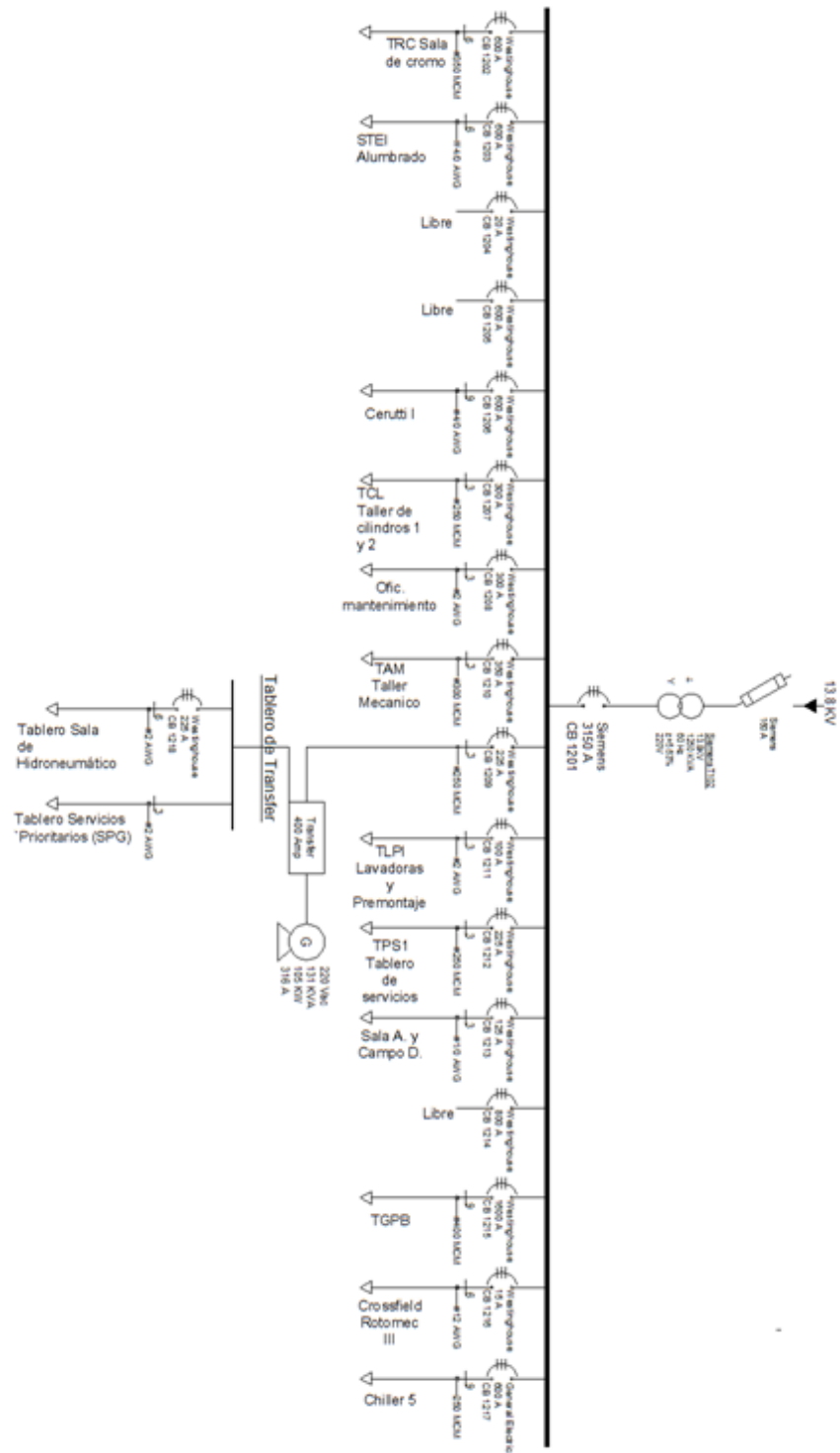


Figura D.3 Diagrama Unifilar de Transformador N°2.

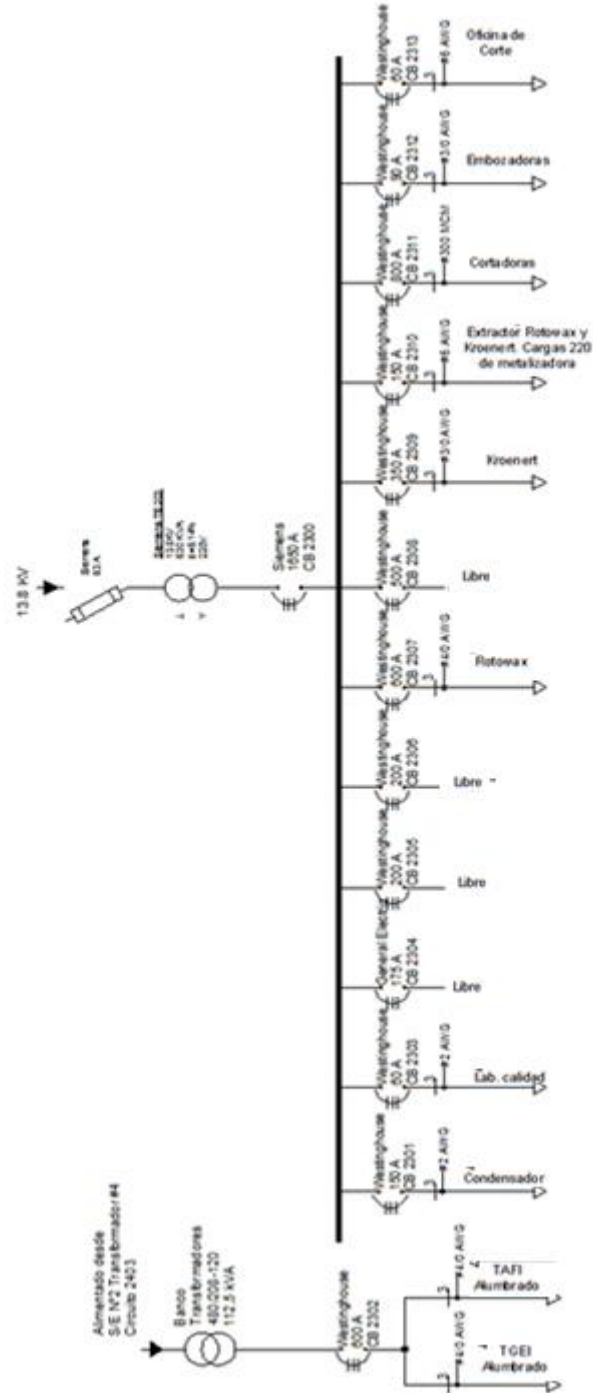


Figura D.4 Diagrama Unifilar de Transformador N°3.

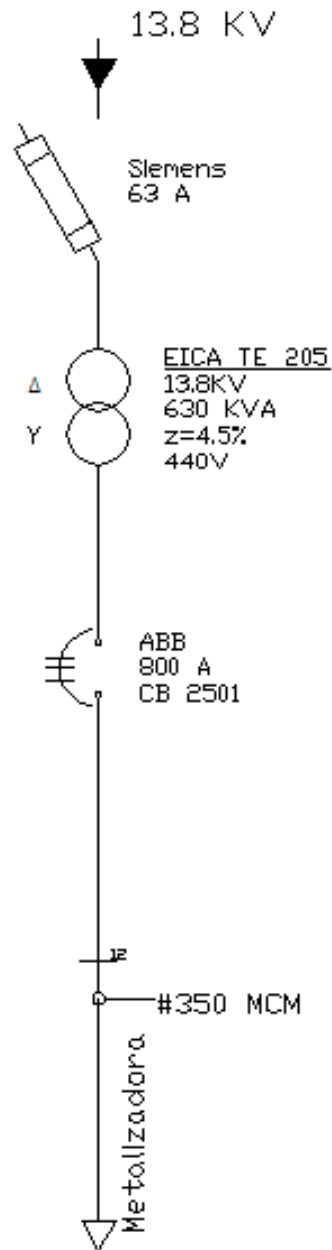


Figura D.5 Diagrama Unifilar de Transformador N°5.

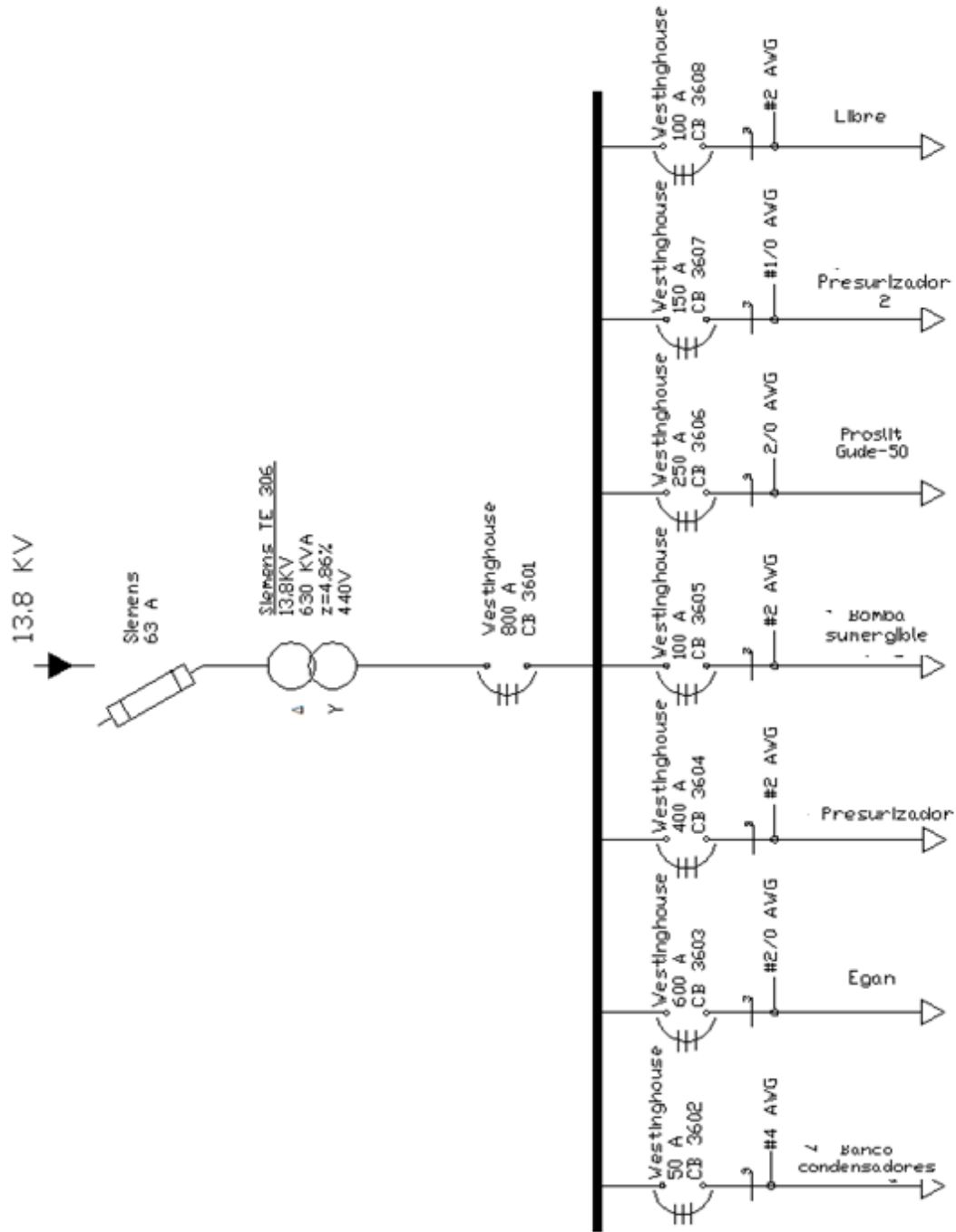


Figura D.6 Diagrama Unifilar de Transformador N°6.

Apéndice D. Diagramas Unifilares

S.G.I.E. Montana Gráfica, Grupo Corimon S.A.

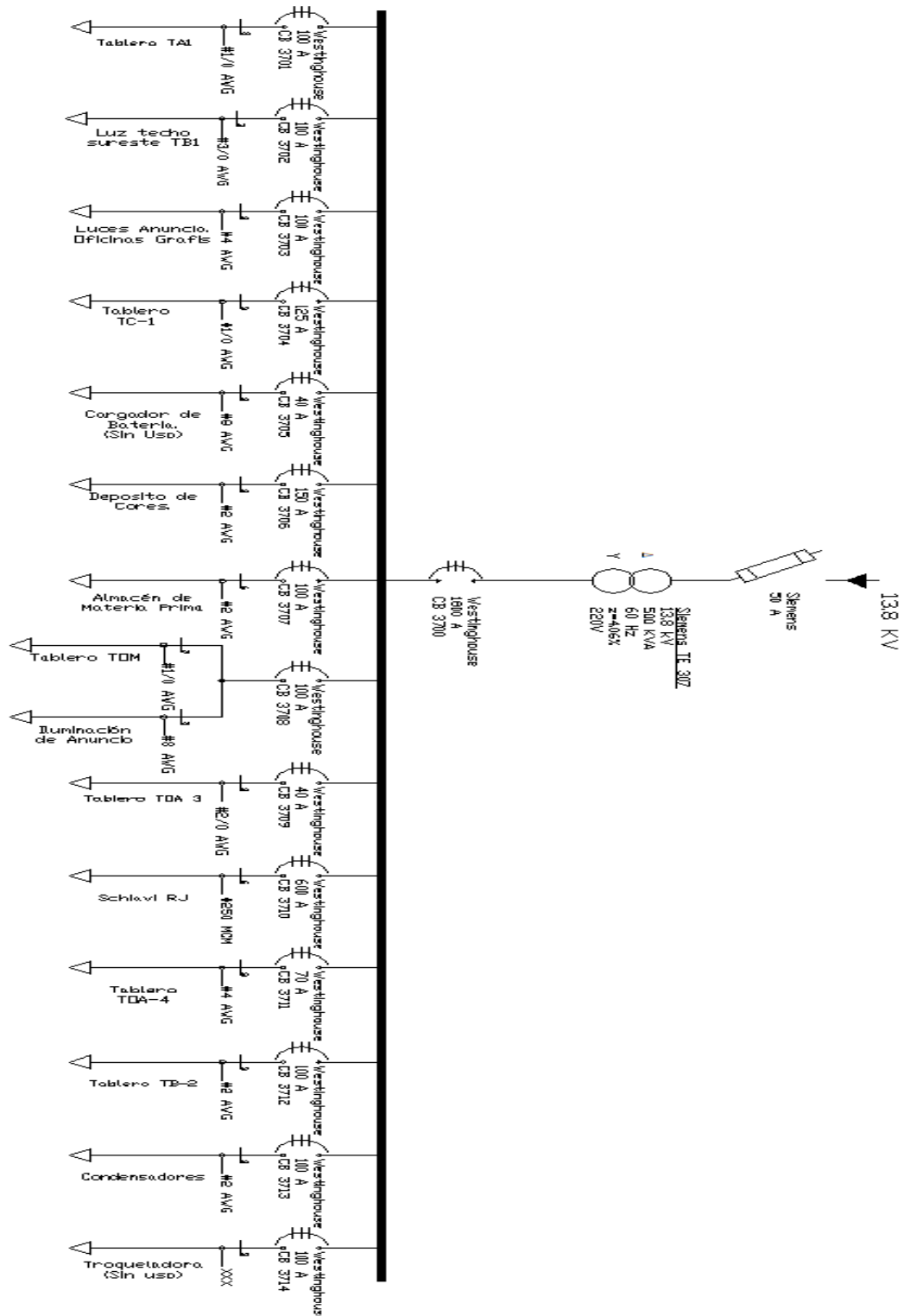


Figura D.7 Diagrama Unifilar de Transformador N°7.

Apéndice E. Medición de Iluminación

A continuación se presenta en la tabla E.1, la cantidad de iluminación en LUX, de cada una de las áreas de la empresa.

Tabla E.1 Iluminación en áreas de la Empresa

<i>Medición de Iluminación</i>			
Área	Iluminación Promedio (Lux)	Iluminación Mínima (Lux)	Iluminación Máxima (Lux)
Oficina de Mtto	383	180	570
Mtto	188	88	390
Taller Mec.	422	200	900
Sindicato	110	110	110
Pasillo (Mtto-SE)	75	5	160
Subestación N1	85	50	110
Premontaje	215	160	250
Taller Racles	455	180	730
Pasillo (Premontaje-Servicio Médico)	201	50	400
Servicio Médico	244	80	490
Sala Enviroxi	89	20	250
Materia Prima	194	20	430
Subestación N2	143	70	270
Oficina Mat Prima	358	110	520
Lab. Control Calidad (A)	667	70	900
Lab. Control Calidad (B)	658	300	1030

Tabla E.1 (Cont.) Iluminación en áreas de la empresa

<i>Medición de Iluminación</i>			
Área	Iluminación Promedio (Lux)	Iluminación Mínima (Lux)	Iluminación Máxima (Lux)
Sala de Reuniones	147	130	160
Gerencia Técnica	500	290	650
Oficina Gerencia Técnica A	900	900	900
Oficina Gerencia Técnica B	820	820	820
Gerencia Técnica (Cafetera Microondas)	730	730	730
Pasillo Gerencia Técnica Premontaje	57	20	75
Cromado de Cilindros	59	43	70
Cobrizado de Cilindros	62	40	80
Grabado de Cilindros	683	450	1090
Oficina de Cilindros	401	310	513
Duostar	1015	1000	1030
Oficina de Control Calidad	614	320	1280
Guillotinas	701	510	1050
Oficina Despacho	573	520	630
Almacén Producto Terminad	65	50	80
Planta Rotograbadoras	123	30	220
Pasillo Recursos Humanos	122	18	230
Pasillo Vista Planta	77	13	208
RH Recepción	496	230	820

Tabla E.1 (Cont.) Iluminación en áreas de la empresa

<i>Medición de Iluminación</i>			
Área	Iluminación Promedio (Lux)	Iluminación Mínima (Lux)	Iluminación Máxima (Lux)
RH Oficina A	131	63	190
RH Oficina B	293	260	340
RH Oficina C	345	150	500
RH Oficina D	455	360	550
RH Archivo	132	48	215
RH Sala de Reuniones	230	160	310
Gerencia General	346	218	420
Ofic. Gerencia General	717	550	990
Dpto. Ventas	837	186	2550
Diseño Recepción	390	290	450
Oficina Diseño	642	610	673
Sala de Diseño	533	380	750
Almacén General Recepción	233	80	400
Almacén General Oficina	481	200	670
Almacén General	45	5	70

Apéndice F. Censo de Motores Independientes

En la tabla F.1 se muestra el censo de carga de todos los motores independientes en la planta.

Tabla F.1 Censo de Carga de los Motores Independientes

<i>Motores Independientes</i>									
Descripción	Marca	Frame	Potencia (HP)	Potencia (kW)	Tensión Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	RPM	Factor de Potencia	Potencia Eléctrica Calculada (kVA)
Extractor de Refile	Brown Boberie	N/D	75	N/D	440/380/220	100/108/200	1465	N/D	76,21
Presurizador Acabado	BBC	200L	46	34,3	230/460	114/57	1765	0,89	45,41
Presurizador Schiavi (VN12)	N/D	324T	40	N/D	440	59,5	1760	N/D	45,35
Presurizador Rotomec 4 - Cerutti I (VN11)	Siemens	200L	40/48	30/36	220/440	98/59	1765/1770	0,87	44,96
Presurizador Pasillo Metaliz.	AEG	200L	N/D	35	210/420	120/60	1770	0,87	43,65
Presurizador Pasillo Sheeter	N/D	324T	40	N/D	230/460	99,5/49,75	1770	N/D	39,64
Presurizador Rotomec 3-5 (VN10)	WEG	324T	40	30	208-230/460	105-95.2/47,6	1770	0,85	37,92
Maquina de Soldar	N/D	N/D	N/D	N/D	230	90	N/D	N/D	35,85
Extractor Pre Montaje (VN3)	N/D	324T	40	N/D	220/440	90/45	1770	N/D	34,29
Presurizador Pasillo Kroenert	N/D	324T	40	N/D	220/440	86/43	1765	N/D	32,77
Bomba Sumergida	N/D	N/D	25	N/D	440	N/D	N/D	N/D	28,39
Presurizador S/E 3	N/D	N/D	N/D	22	220/440	73/36,5	N/D	N/D	27,82
Bomba de Riego B	N/D	N/D	N/D	18,5	220/380	62/36	3515	N/D	23,63
Trosadora	N/D	180	25	N/D	440	31	1770	N/D	23,63
Compactadora 2	Siemens	160L	24	N/D	220/440	62/31	1760	0,86	23,63
Bomba Tanque Hidroneumático A	WEG	N/D	15	N/D	N/D	N/D	3520	N/D	17,03
Bomba Tanque Hidroneumático B	WEG	N/D	15	N/D	N/D	N/D	3521	N/D	17,03
Riego Planta de Tratamiento	E.M.V.	N/D	15	11	460	17,8	3530	0,89	14,18

Tabla F.1 (Cont.) Censo de Carga de los Motores Independientes.

Motores Independientes									
Descripción	Marca	Frame	Potencia (HP)	Potencia (kW)	Tensión Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	RPM	Factor de Potencia	Potencia Eléctrica Calculada (KVA)
Extractor Sala de Limpieza (VN1)	Eberle	S132	15	N/D	220/440	37/18,5	1760	N/D	14,1
Ascensor de Carga	Demag	N/D	N/D	6,3	440	15,6	1730	0,68	11,89
Mezclador Tinta 2	N/D	N/D	10	N/D	230 / 440	27,6 / 13,8	1755	N/D	10,52
Torno #2	N/D	N/D	N/D	N/D	220	27	N/D	N/D	10,29
Compactadora 1	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	13,4	N/D	N/D	10,21
UMA Cobrizado	N/D	N/D	10	N/D	230/460	25/12,5	1150	N/D	9,96
UMA Grabadora	N/D	N/D	10	N/D	230/460	25/12,5	1150	N/D	9,96
UMA Oficinas	N/D	N/D	10	N/D	230/460	25/12,5	1150	N/D	9,96
Trasiego Aguas Negras	WEG	N/D	10	7,5	220/440	25,5/12,8	3530	0,88	9,75
Torno #1	N/D	N/D	N/D	N/D	220	22,53	N/D	N/D	8,59
Bomba de Riego A	Sulzer	N/D	7,5	N/D	N/D	N/D	3500	N/D	8,52
Reactor 1 (Planta de Tratamiento)	Siemens	112M	7,5	5,6	220/440	21,8/10,9	3460	0,87	8,31
Reactor 2 (Planta de Tratamiento)	Siemens	112M	7,5	5,6	220/440	21,8/10,9	3460	0,87	8,31
Soplador (Izq)	N/D	213T	7,5	N/D	230/460	20,8/10,4	3495	N/D	8,29
Soplador (Der)	N/D	213T	7,5	N/D	230/460	20,8/10,4	3496	N/D	8,29
Presurizador Sala de Limpieza (VN6)	N/D	N/D	7,5	N/D	230/460	20,4/10,2	1740	N/D	8,13
Bomba Jockey	BBC	N/D	6,3	4,7	220/440	17,4/8,9	3460	0,88	6,78
Mezclador Tinta 1	N/D	N/D	5	N/D	380 / 440	N/D	N/D	N/D	5,68
Presurizador Cromo #2 (VN4)	N/D	N/D	N/D	N/D	220/440	14,6/7,3	1725	N/D	5,56
Compresor Sist. Hidroneumático	N/D	N/D	5	3,7	220/440	12,6/5,3	3515	0,89	4,04
Corta Core 1	BBC	N/D	3,6	2,7	230/460	9,6/4,8	3480	0,86	3,82
Presurizador Sala Cromo (VN5)	N/D	182T	3	N/D	230/460	9/4,5	1740	N/D	3,59
Presurizador Sanitarios (VN9)	N/D	182T	3	N/D	230/460	9/4,5	1740	N/D	3,59
Extractor Sanitarios (VN7)	N/D	182T	3	N/D	230/460	9/4,5	1740	N/D	3,59

Tabla F.1 (Cont.) Censo de Carga de los Motores Independientes.

Motores Independientes									
Descripción	Marca	Frame	Potencia (HP)	Potencia (kW)	Tensión Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	RPM	Factor de Potencia	Potencia Eléctrica Calculada (kVA)
UMA Taller Mecánico	N/D	N/D	N/D	N/D	220	7,4	N/D	N/D	2,82
UMA Cocina	N/D	N/D	N/D	N/D	220	5,8	N/D	N/D	2,22
Polipasto torno #1	N/D	N/D	1,6	N/D	220	5,8	N/D	N/D	2,21
Polipasto torno #2	N/D	N/D	1,6	N/D	220	5,8	N/D	N/D	2,21
Extractor Sala Cromo (VN2)	N/D	145	1,5	N/D	230/460	5,18/2,56	1800	N/D	2,04
Corta Core 2	AEG	100L	3	N/D	220/440	4,7/2,5	N/D	0,6	1,79
Extractor Cocina (VN8)	N/D	N/D	1,5	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	1,7
Fresadora	N/D	N/D	N/D	N/D	220	4,4	N/D	N/D	1,69
Sierra	N/D	N/D	N/D	N/D	220	4	N/D	N/D	1,54
Taladro	N/D	N/D	N/D	0,85	220	3,5	N/D	N/D	1,33
Rectificadora	N/D	N/D	N/D	N/D	220	1,1	N/D	N/D	0,43
Esmeril	N/D	N/D	N/D	N/D	220	0,07	N/D	N/D	0,03

Apéndice G. Algoritmo de Evaluación de Motores

A continuación se muestra el código del algoritmo desarrollado por los profesores de la Universidad Simón Bolívar José Manuel Aller y Alexander Bueno en conjunto con los estudiantes Eduardo García, Eduardo Guerra y los autores de este trabajo, bajo el ambiente MatLab. El programa es utilizado para evaluar la operación de los motores independientes, calculando sus pérdidas y eficiencia.

```
%Datos de placa
%Vn (línea -línea V)
%In (fase - A)
%Pn (eje - HP)
%fpn
%nn (velocidad nominal - rpm)
Clear
[xnum,xtext]= xlsread('Motores2','Motor Actual','A6:Q12');
aux3=input('Comienza desde el motor=');
for aux=aux3:7
    aux2=1;
    start=input('Start=');
    if start==1
        %frec=input('frecuencia(Hz)=');
        frec=60;
        Vn=xnum(aux,4);
        In=xnum(aux,5);
        Pn=xnum(aux,2)*746; % Cambio en vatios
        fpn=xnum(aux,7);
        nn=xnum(aux,6)*2*pi/60; % Cambio a r/s;
        xtext(aux,1)
        Pn/746 % Cambio en vatios
        % falta de datos
        if fpn==0
            fpn=0.87;
        end
        if In==0
            eficn=0.85;
            In=Pn/(eficn*fpn*sqrt(3)*Vn);
        end
        eficn=Pn/(sqrt(3)*Vn*In*fpn);

        % Corriente de vacio

        if Pn>=1e5
            k=4;
        else
            if Pn>=3e3
```

```

        k=3;
    else
        k=2;
    end
end

Inom=In*exp(-j*acos(fpn));%Corriente nominal fasorial
p=floor(2*pi*frec/nn);%número de pares de polos
sn=1-(nn*p)/(2*pi*frec);%deslizamiento nominal
Tn=Pn/nn; %Par mecánico nominal

Sb=sqrt(3)*Vn*In;Vb=Vn;Zb=Vb*Vb/Sb;Ib=In;wb=2*pi*frec/p;Tb=Sb/wb;

% Cambio a modelo pu

a=1;
b=1;
c=1;
h=0;
Xth=0.2;
Rth=0.01;
Rm=30;
Perd_n=sqrt(3)*Vn*In*fpn-Pn; %Perdidas en W nominales
Perd_n_pu=Perd_n/Sb;
Inpu=Inom/Ib;
Tnpu=Tn/Tb;
Pnpu=fpn;

while sqrt(a^2+b^2+c^2)>1e-3
    h=h+1;
    %Vth=k/(k+0.5*Xth);
    Vm=1-(Rth+j*Xth/2)*Inpu;
    Zm=Rm*j*k/(Rm+j*k);
    Iopu=Vm/Zm;%Io/Ib;
    Irpu=Inpu-Iopu;
    Ir2=(Irpu*Irpu');
    Rr=Tnpu*sn/Ir2;
    Rth_n=(Pnpu-Rr/sn*Ir2-abs(Vm)^2/Rm)/abs(Inpu)^2;
    if Rth_n<=0
        Rth=Rr;
        disp('Rth < 0, problema con fpn, se asume Rth=Rr')
    end
    Q=sqrt(1-fpn^2)-abs(Vm)^2/k;
    Xth_n=Q^2/(Ir2+abs(Inpu)^2);
    Xm=j*k;
    PRm=Perd_n_pu-Rth_n*abs(Inpu)^2-Rr*Ir2;
    Rm_n=abs(Vm)^2/PRm;
    a=abs(Xth/Xth_n-1);
    b=abs(Rth/Rth_n-1);
    c=abs(Rm/Rm_n-1);
end

```

```

Xth=Xth_n;
Rth=Rth_n;
Rm=Rm_n;
end
Xth=j*Xth;
%Vth
disp('Pérdidas nominales en W ');
Pfe=Perd_n_pu-(Rth+Rr)*abs(Ir2); %Pérdidas en pu en el
hierro
P_fe=Pfe*Sb % Pérdidas en el hierro

% % Curvas de Operación

s_Tmax=Rr/sqrt(Rth^2+abs(Xth)^2);
s=linspace(0.001,s_Tmax*1.2,500);

Ve=1;
Ze=Rth+Xth/2;
Zth_n=Ze*Xm/(Ze+Xm)+Xth/2;
Vth=Ve*Xm/(Ze+Xm)
Ir=Vth./(Zth_n+Rr./s);
Te=abs(Ir).^2*Rr./s;
Ie=Ir+Vth/Xm;
Perdidas=abs(Vth)^2/Rm+Rth*abs(Ie).^2+Rr*abs(Ir).^2;
efic=1-Perdidas;

for g=1:length(s)
    Corrientes=inv([Rth+0.5*Xth+Zm,-Zm;-
Zm,Zm+0.5*Xth+Rr/s(g)])*[Ve;0];
    I1(g)=Corrientes(1,1);
    I2(g)=Corrientes(2,1);
    Psal(g)=Rr*(1-s(g))*abs(I2(g))^2/s(g);
    Pent(g)=real(Ve*conj(I1(g)));
    efic(g)=Psal(g)/Pent(g);

end

% Parametros del modelo
%Rth
%Rr
%Xth
%Xm
%Rm

% -----
% Datos de las medidas realizadas al motor

```

```

disp('Valores medidos promedio en la máquina');
Vop=xnum(aux,11)/Vb;
Iop=xnum(aux,16)/Ib;
fpop=xnum(aux,14);
Pop=xnum(aux,13)*1000/Sb;

Ie=Iop*exp(-j*acos(fpop));
Vm=Vop-(Rth+0.5*Xth)*Ie;
Ir=Ie-Vm/Xm;

Z=abs(Vm/Ir);
sop=Rr/(sqrt(Z*Z-Xth*Xth)/4)); % Deslizamiento de operación
Resultado(aux,aux2)=sop;
aux2=aux2+1;
wop=(1-sop)*wb*30/pi;%Velocidad rpm
Resultado(aux,aux2)=wop;
aux2=aux2+1;

% operación de la máquina

Corrientes1=inv([Rth+0.5*Xth+Zm,-Zm;-
Zm,Zm+0.5*Xth+Rr/sn])*[Ve;0];
I1n=Corrientes1(1,1);
I2n=Corrientes1(2,1);
Psaln=Rr*(1-sn)*abs(I2n)^2/sn;
Pentn=real(Ve*conj(I1n));
eficn=Psaln/Pentn;

Vthop=Vop*Xm/(Ze+Xm)
Irop=Vthop/(Zth_n+Rr/sop);
Teop=abs(Irop)^2*Rr/sop;
Ieop=Ir+Vth/Xm;
Perdidasop=abs(Vthop)^2/Rm+Rth*abs(Ieop)^2+Rr*abs(Irop)^2;

Corrientes2=inv([Rth+0.5*Xth+Zm,-Zm;-
Zm,Zm+0.5*Xth+Rr/sop])*[Vop;0];
I1op=Corrientes2(1,1);
I2op=Corrientes2(2,1);

Psalop=Rr*(1-sop)*abs(I2op)^2/sop; %según modelo
Resultado(aux,aux2)=Psalop*Sb;
aux2=aux2+1;

Pentop=real(Ve*conj(I1op));
Resultado(aux,aux2)=Pentop*Sb;
aux2=aux2+1;
%disp('Pérdidas en operación en W ');

Perdidasop=(Pentop-Psalop)*Sb;

```

```

Resultado(aux,aux2)=Perdidasop;
aux2=aux2+1;
%disp('Eficiencia en operación en pu ');
    %eficop=Psalop/Pentop
eficop=1-Perdidasop/(Pentop*Sb)
Resultado(aux,aux2)=eficop;
aux2=aux2+1;

Sobre=0;
Sub=0;
if Psalop*Sb>Pn
    %disp('Máquina sobrecargada en (%)')
    Sobre=Psalop*Sb/Pn*100-100;
else
    %disp('Máquina subcargada en (%)')
    Sub=100-Psalop*Sb/Pn*100;
end
Resultado(aux,aux2)=Sobre;
aux2=aux2+1;
Resultado(aux,aux2)=Sub;
aux2=aux2+1;

figure(1) % Curva de par
plot(s,Te*Tb,sn,Tn,'ro',sop,Psalop/(1-sop)*(Tb),'rx');grid
xlabel('Deslizamiento');
ylabel('Par en N.m');
legend('Curva Característica','Pto. nominal','Pto.
operación','location','southeast');

figure(2) % Rendimiento
plot(s,efic,sn,eficn,'ro',sop,eficop,'rx');grid
xlabel('Deslizamiento');
ylabel('Eficiencia');
legend('Curva Característica','Pto. nominal','Pto.
operación','location','southeast');
else
    finish;
end
end
disp('Guardar Gráficos, luego pulsar 1 y enter para continuar');
end
xlswrite('Motores2',Resultado,'Motor Actual','U6:AD12');

```

Apéndice H. Gráficos de Motores Independientes

A continuación se presenta un muestreo aleatorio de los gráficos Par vs Deslizamiento y Eficiencia vs Deslizamiento, obtenidos gracias al algoritmo desarrollado en MatLab, en donde se ilustran el puntos nominal y de operación de cada motor independiente sometido a evaluación.

De estas imágenes se puede observar el nivel de carga de cada máquina y realizar una comparación entre el punto de operación actual y el punto para el cual fue diseñada la máquina, según sus valores nominales.

- ***Presurizador del pasillo donde se ubica la máquina Sheeter.***

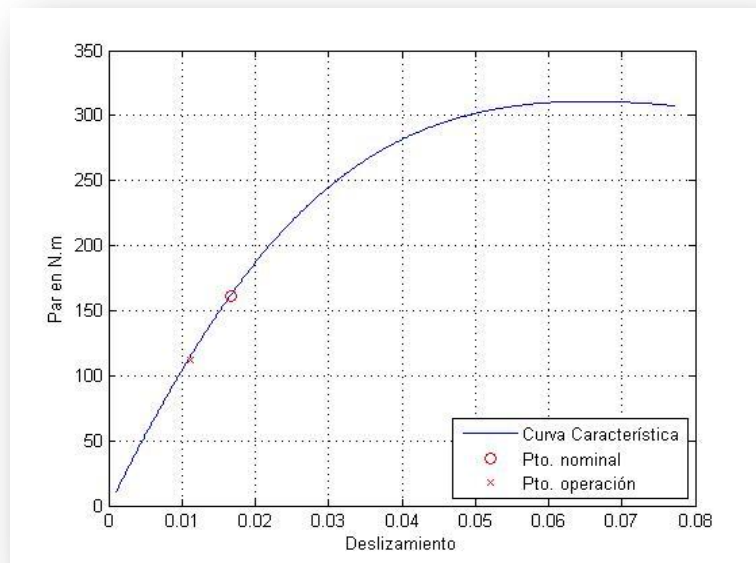


Figura H.1 Gráfico Par vs Deslizamiento del Presurizador Pasillo Sheeter.

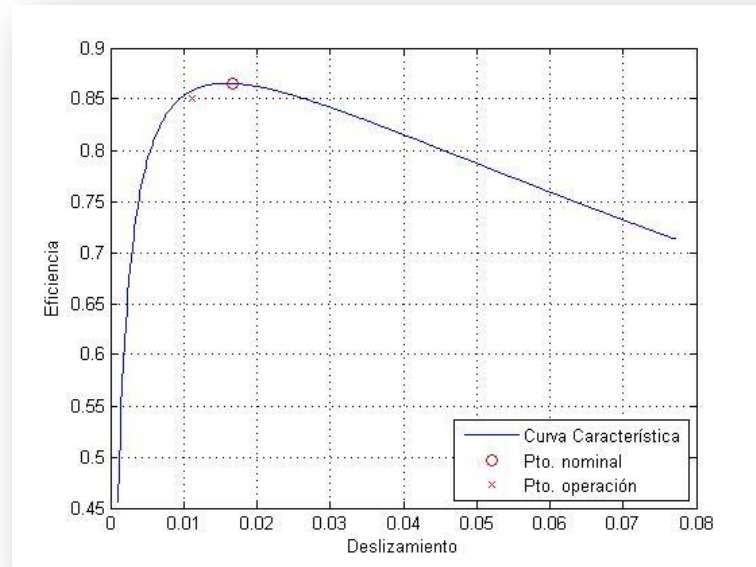


Figura H.2 Eficiencia vs Deslizamiento del Presurizador Pasillo Sheeter.

- ***Presurizador del pasillo donde se ubica la máquina Kroenert.***

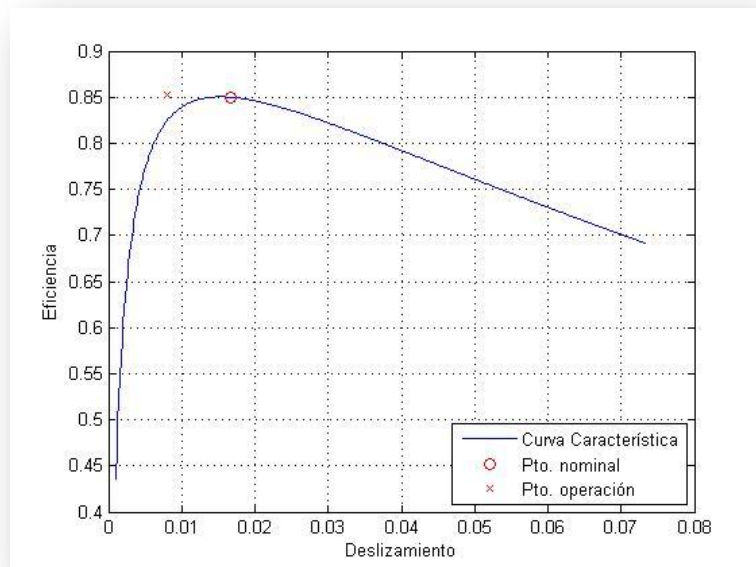


Figura H.3 Gráfico Par vs Deslizamiento del Presurizador Pasillo Kroenert.

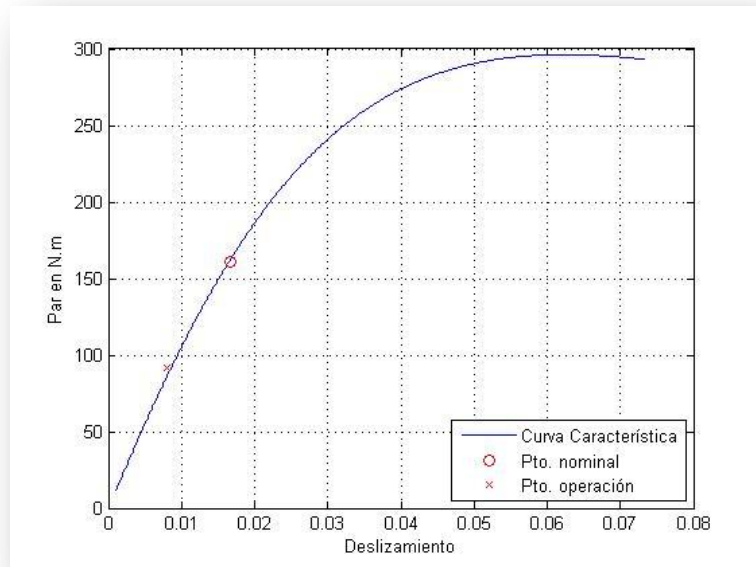


Figura H.4 Gráfico Eficiencia vs Deslizamiento de Presurizador Pasillo Kroenert.

- **Extractor VN3.**

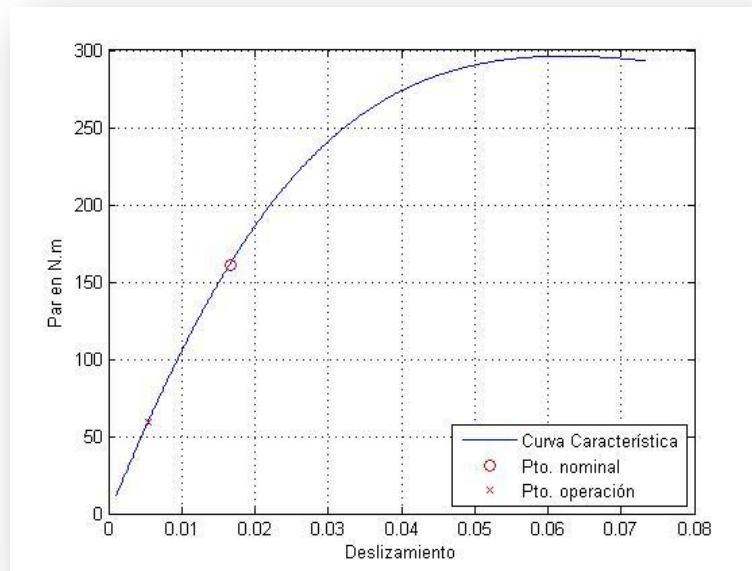


Figura H.5 Gráfico Par vs Deslizamiento del Extractor VN3.

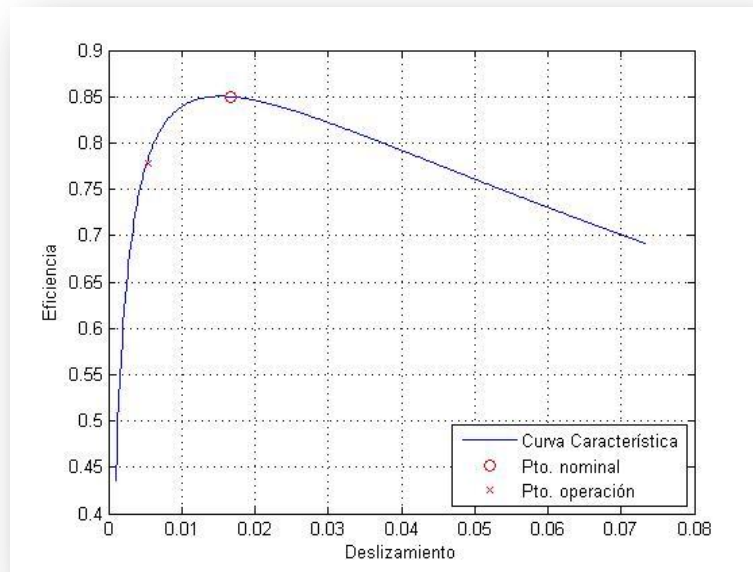


Figura H.6 Gráfico de Eficiencia vs Deslizamiento del Extractor VN3.

- **Bomba Chiller 5.**

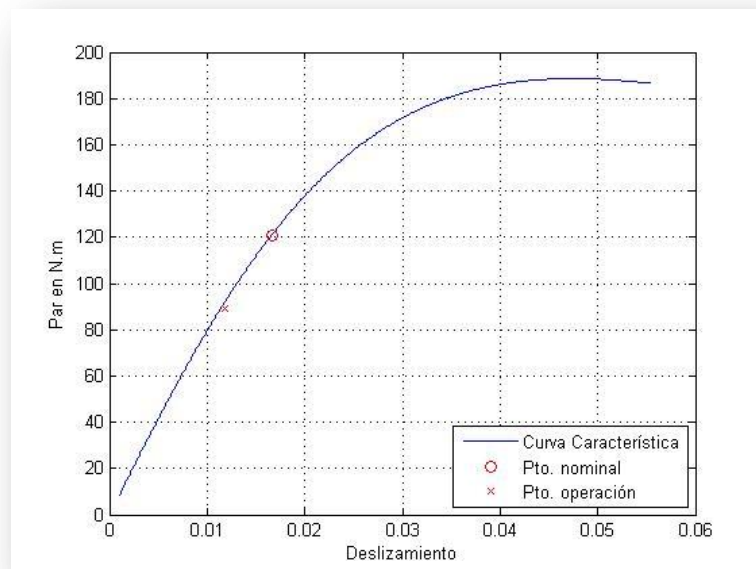


Figura H.7 Gráfico Par vs Deslizamiento de Bomba Chiller 5.

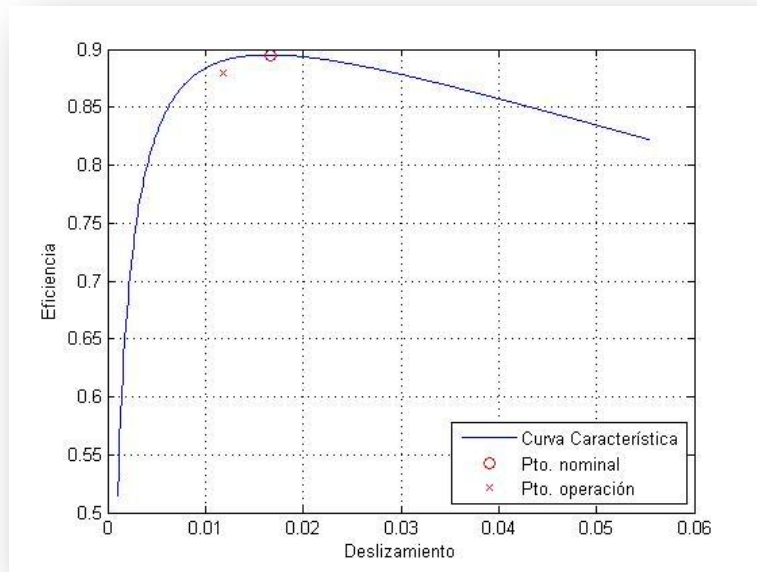


Figura H.8 Gráfico de Eficiencia vs Deslizamiento de Bomba Chiller 5.

- **Bomba chiller 1/2/3.**

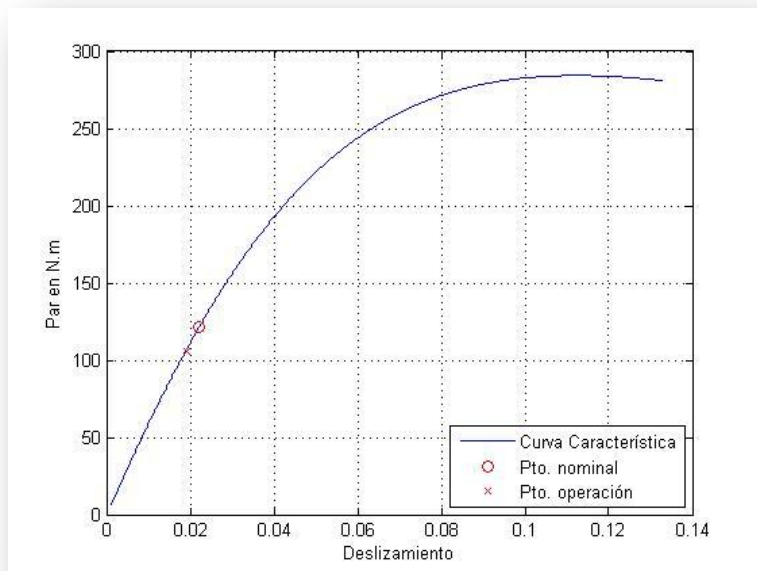


Figura H.9 Gráfico Par vs Deslizamiento de Bomba Chiller 1/2/3.

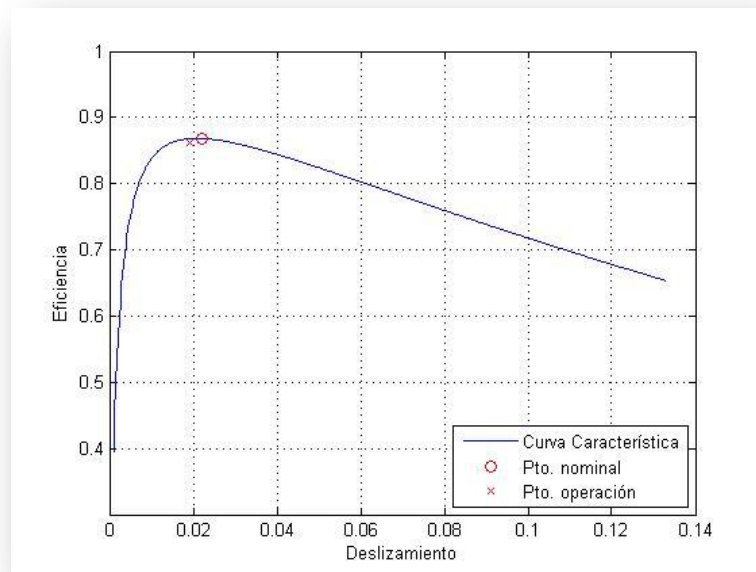


Figura H.10 Gráfico de Eficiencia vs Deslizamiento Bomba Chiller 1/2/3.

- **UMA Cobrizado.**

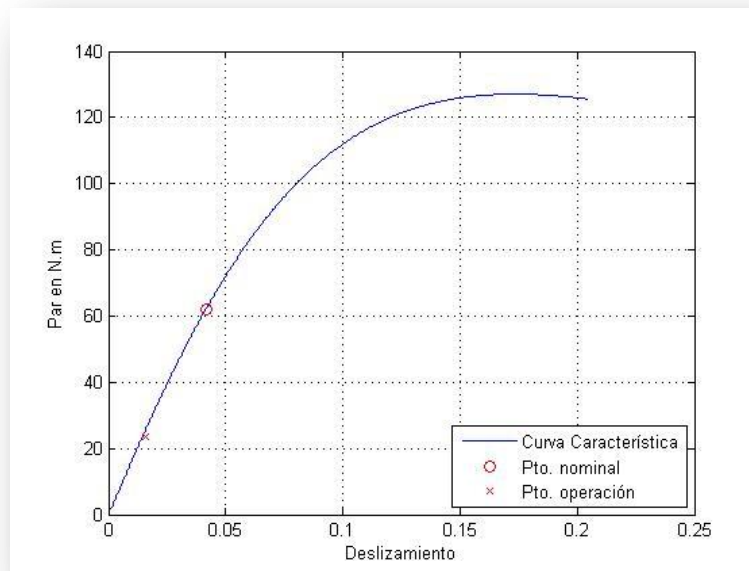


Figura H.11 Gráfico Par vs Deslizamiento UMA cobrizado.

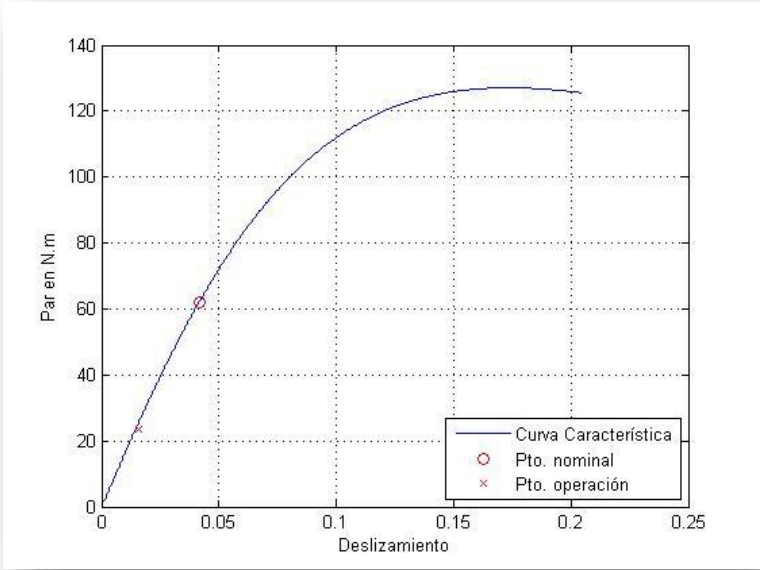


Figura H.12 Gráfico de Eficiencia vs Deslizamiento de UMA cobrizado.

Referencias Bibliográficas

- [1] CENTRO DE ESTUDIOS DE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE (2002). Gestión Energética Empresarial. Editorial Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos, Cuba.
- [2] OFICINA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA INTERCONECTADO. Sistema Eléctrico Nacional. [Artículo en Línea]. Disponible: <http://www.opsis.org.ve/>. [Consulta: 2010, Mayo 20].
- [3] ELECTRIFICACIÓN DEL CARONÍ. Demanda de Potencia del SEN. [Artículo en Línea]. Disponible: <http://www.edelca.com.ve/>. [Consulta: 2010, Mayo 25].
- [4] GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA N° 39.332. [Artículo en Línea]. Disponible: http://www.enelven.gob.ve/attachments/050_Gaceta%20Oficial%2039332.pdf [Consulta: 2010, agosto 14].
- [5] CORPOELEC. Propuesta de esquema de redistribución del servicio eléctrico. [Artículo en Línea]. Disponible: http://www.soberania.org/Archivos/corpoelec_propuesta_aumento_tarifas_nov_2009.pdf. [Consulta: 2010, Julio 23].
- [6] CAMPOS AVELLA, Juan Carlos (2008). Guía para la Implantación de Sistemas para la Gestión Integral de la Energía. Publicaciones UPME. Bogotá Colombia.
- [7] GUEVARA, Siulmar (2010). Diagnostico Energético en el Hotel Alba Caracas. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela.

Referencias Bibliográficas

S.G.I.E Montana Gráfica, Grupo Corimon S.A.



-
- [8] ORTA, Julio (2010). Diagnóstico Energético en el Edificio Principal de La Electricidad de Caracas. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela.
- [9] CAMPOS, Juan. PRÍAS, Omar. QUISPE, Enrique. VIDAL, Juan. LORA, Edgar. (2008) El MGIE, Un Modelo de Gestión Energética para el Sector Productivo Nacional. Colombia.
- [10] CAMPOS AVELLA, Juan Carlos. (2008) Ahorro de Energía en la Industria del Cemento. Colombia.
- [11] MONTESINOS, Johan. MARIANO, Rony. (2010) Estudio de la Eficiencia Energética en la Empresa Ensambladora de Vehículos Chrysler de Venezuela LLC. Valencia, Venezuela.
- [12] GARCIA, Eduardo. GUERRA, Eduardo. (2011) Implantación de un Sistema de Gestión de Energía. Caso: Corimon Pinturas, Resimon y Cerdex; Empresas Pertenecientes al Grupo Corimon S.A.
- [13] UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (2007). Guía didáctica para el desarrollo de Auditorías Energéticas. Publicaciones UPME. Bogotá, Colombia.
- [14] TRUJILLO VERA, Diego Alejandro (2007). Gestión e Indicadores Energéticos. Colombia.
- [15] BORROTO, A. (2006) Gestión Energética en el Sector Productivo y los Servicios. Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos, Cuba.

- [16] MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA (2008). Sistema de Gestión Integral de la Energía, Guía de Implementación. Bogotá, Colombia.
- [17] FRAILE MORA, Jesús (2003). Máquinas Eléctricas. Editorial McGraw-Hill. Quinta Edición.
- [18] SAPAG CHAIN, Nassir (1998). Cómo medir la rentabilidad de las inversiones. Editorial McGraw-Hill. Primera Edición.
- [19] BACA URBINA, Gabriel (2001). Evaluación de Proyectos. Editorial McGraw-Hill. Cuarta Edición.
- [20] MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, (2003). Reglamento del Servicio Eléctrico N°308 193° y 144°. Caracas, Venezuela.
- [21] COMITÉ DE NORMALIZACIÓN EUROPEA. Norma UNE 12464-1. Iluminación de los lugares de trabajo interior. [Artículo en Línea]. Disponible:http://www.proyectoluz.com/PDF/NORMATIVAS/normativa_europea_iluminacion_interior/normativa_europea_iluminacion_interior.pdf [Consulta: 2010, agosto 22].
- [22] CINZA, Ignacio (2007). Eficiencia en Iluminación Industrial (Phillips). [Artículo en Línea]. Disponible: www.eve.es/jornadas/ponencias_CO2/Ignacio_Cinza.pdf [Consulta: 2011, Febrero 16].
- [23] NEMA Standars Publication MG1.1997. MOTORS AND GENERATORS. National Electrical Manufacturers Association, Washinton DC, USA.

Referencias Bibliográficas

S.G.I.E Montana Gráfica, Grupo Corimon S.A.



-
- [24] IEC International Standards Rotating Electrical Machines Part 26 (2010): Effects of Unbalance Voltages on the performance of three-phase cage induction motors. Switzerland.
- [25] TOOLMEX CORPORATION. Ac Nema and Metric Electric Motors Price Book (2011). [Artículo en Línea]. Disponible: http://www.toolmex.com/new/documents/motors/PRICE-LIST_Motors.pdf [Consulta: 2011, abril 22].
- [26] OLX. Luminaria Especular 3 x 32 W. [Artículo en Línea]. Disponible: <http://maracay.olx.com.ve/luminaria-especular-3-x-32-w-o-lampara-especular-3-x-32-w-tambien-4-x-32-especular-iid-20183103> [Consulta: 2011, abril 22].