UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

"AUDITORIA ELÉCTRICA A LA FABRICA DE CARTONES NACIONALES CARTOPEL"

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELÉCTRICO

Autores:

ELIZABETH VERONICA VINTIMILLA CORDOVA

PAÚL ISIDRO PALADINES ERAS

Director:

ING. PABLO MENDEZ SANTOS

Cuenca, marzo de 2012

Los conceptos vertidos, análisis, resultados y conclusiones en este trabajo, son de absoluta responsabilidad de los Autores.

_____

Verónica Elizabeth Vintimilla Córdova

_____

Paúl Isidro Paladines Eras

CERTIFICACIÓN

El presente trabajo de tesis previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico fue guiado satisfactoriamente por el Ing. Pablo Méndez Santos, quien autoriza su presentación para continuar con los trámites correspondientes.

Cuenca, marzo de 2012

_____

Ing. Pablo Méndez Santos

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado que sin él no existiría.

A mi abuelito Rodolfo Córdova, que aun a pesar de ya no estar conmigo fue mi ejemplo digno a seguir de superación y entrega, gracias a él puedo ver alcanzada mi meta.

A mi princesa Adamaris que con su sonrisa me daba la fuerza a seguir luchando, prestándome el tiempo que le pertenecía para cumplir mi sueño.

A mis padres Ilda y Bolívar que siempre me alentaron a seguir adelante y lucharon junto a mí en esta larga trayectoria, porque en gran parte gracias a ellos, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Esto es por ustedes, por lo que valen todo, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mis hermanas Mariuxi, Alexandra, Geniffer, a mi hermano Bolívar, a mis sobrinos por haber impulsado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

A mi tío Leónidas por darme su apoyo incondicional y su confianza.

A Janet, Blanquita María y Julia L. quienes cuidaron de mi hija mientras realizaba mis estudios.

A Marcelo Torres por darme las herramientas necesarias para llegar hasta el final de esta carrera.

Verónica Vintimilla

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida y permitirme tener esta oportunidad de superación.

Con mucho aprecio y admiración a:

*Mi madre **Germa,** mujer noble, cariñosa, sincera y sobre todo muy trabajadora que con su ejemplo, sacrificio y esfuerzo han sido fundamentales para la consecución de este objetivo.*

*A **Juancho** que más que ser un padre es un amigo, un ser, de gran carisma, alegría y sobre todo muy bondadoso que siempre estuvo apoyándome y no escatimo esfuerzo alguno.*

*A mis hermanos: **Denis** gran soñador y generoso, **Yamina**, extrovertida y divertida, que siempre hemos estado apoyándonos en la consecución de nuestros objetivos para el bienestar y superación familiar.*

*A todos los compañeros/as y amigos/as que un día nos aventuramos en este sueño, para los que quedaron en el camino, para los que todavía continúan en la luchan y especialmente para los que tuvieron que partir a estar cerca del creador **Diego Sánchez "Gato"**.*

Finalmente a todos esos hombres y mujeres que a lo largo de la historias han defendido los principios de libertad, justicia y equidad, que se han mantenido firmes a ellos y jamás han claudicado, para todos ellos gratitud por servirme de ejemplo en la consecución de grandes objetivos uno de ellos esta graduación.

Avancemos a una sociedad más justa, más incluyente, más equitativa, con infinito amor.

Paúl I. Paladines E

AGRADECIMIENTO

Nuestros sinceros agradecimientos al Profesor Director, Ing. Pablo Méndez, por brindarnos su apoyo y colaboración incondicional, aportando con ideas y comentarios al proyecto para llegar a una exitosa culminación.

También, al Ing. Marcelo Maldonado, Jefe de Mantenimiento del área de Molino CARTOPEL y a los técnicos eléctricos de planta, por su colaboración durante el desarrollo de esta tesis, al proporcionar información, datos y sugerencias para una satisfactoria culminacion del proyecto.

A la Universidad Politécnica Salesiana y en especial a la Carrera de Ingeniería Eléctrica que nos dieron la oportunidad de formar parte de ella.

A nuestros compañeros, que con el pasar de los años se convirtieron en nuestros amigos, gracias por todo su apoyo, cariño, comprensión y la paciencia que nos tuvieron en los momentos más difíciles.

Y para todas las personas que a lo largo de estos años han contribuido de alguna u otra forma a la consecución de este objetivo.

¡Gracias!

Verónica & Paúl

INDICE DE CONTENIDOS

Pág.

CERTIFICACIÓN……3
DEDICATORIA……4
AGRADECIMIENTO……6
ÍNDICE DE TABLAS……..12
ÍNDICE DE FIGURAS……14
INTRODUCCIÓN……16

CAPITULO I

CONCEPTOS RELACIONADOS CON EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AUDITORIA ENERGÉTICA

1.1 INTRODUCCIÓN……..17
1.2 LA AUDITORIA ENERGETICA Y LA EFICIENCIA ENERGETICA 18
1.2.1 AUDITORIA ENERGETICA 18
1.2.2 EFICIENCIA ENERGETICA 19
1.2.3 ASPECTOS IMPORTANTES PARA FOMENTAR LA EFICIENCIA 20
1.2.4 RELACIÓN ENTRE LA AUDITORÍA Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA 20
1.3 LA AUDITORIA ELECTRICA……22
1.3.1 OBJETIVOS DE UNA AUDITORIA ELECTRICA 22
1.3.2 BENEFICIOS DE LA REALIZACIÓN DE UNA AUDITORÍA ELECTRICA..... 23
1.3.3 QUE ASPECTOS SE DEBE CONSIDERAR DURANTE UNA AUDITORIA ELECTRICA ……23
1.3.3.1 SUMINISTROS ENERGÉTICOS……23
1.3.3.2 PROCESOS DE PRODUCCIÓN ……24
1.3.3.3 ASPECTOS TÉCNICOS RELEVANTES A CONSIDERAR……25

1.3.4 COMO SE REALIZA LA AUDITORIA ELÉCTRICA 26
1.3.4.1 MEDICIÓN Y TOMA DE DATOS 26
1.3.4.2 CONTABILIDAD ENERGÉTICA 28
1.3.4.3 REDACCIÓN DE LAS PROPUESTAS DE AHORRO ENERGÉTICO 29
1.3.4.4 ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DE LAS POSIBLES MEJORAS 29
1.3.4.5 INFORME DE MEJORAS TRAS LA REALIZACIÓN DE LA AUDITORÍA ELÉCTRICA 30
1.3.4.6 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS 31
1.4 TIPOS DE AUDITORIAS ENERGETICAS 32
1.4.1 AUDITORIA ENERGETICA PRELIMINAR 32
1.4.2 AUDITORIA ENERGETICA DETALLADA 32
1.4.3 AUDITORIA ENERGETICA ESPECIAL 33
1.4.4 TIPOS DE ENERGIAS QUE CONTEMPLA LA AUDITORIA 33
1.5 AREAS DONDE SE PUEDE REALIZAR AUDITORIAS ENERGETICAS 34
1.6 TÉCNICAS DE AHORRO DE ENERGÍA, REDUCCIÓN DE CONSUMO Y COSTOS QUE SE OBTIENE CON LA AUDITORÍA ENERGETICA 35
1.7 ECUADOR Y SUS ACCIONES EN EFICIENCIA ENERGETICA 37
1.8 EXPERIENCIAS Y RESULTADOS DE AUDITORIAS ENERGETICAS REALIZADAS 40
1.8.1 CASO ESPAÑOL 40
1.8.1.1 AUDITORIA REALIZADA A UNA INDUSTRIA LACTEA 41
1.8.2 CASO ECUATORIANO 42
1.8.2.1 AUDITORIA ENERGETICA A LA INDUSTRIA CONFECCIONES RECREATIVAS "FIBRAN" 42

CAPÍTULO II

EL PROCESO INDUSTRIAL DE FABRICACION DE PAPEL Y ANALISIS ELECTRICO

2.1 INTRODUCCION 44
2.2 INFORMACION GENERAL DE CARTOPEL 45

2.3 PROCESO GENERICO DE FABRICACION DE PAPEL 46
2.4 CARACTERISTICAS DE LA PLANTA DE CARTOPEL 47
2.5 PROCESO DE ELABORACION DE PAPEL EN CARTOPEL 52
2.5.1 ÁREA DE MATERIA PRIMA 52
2.5.2 ETAPA DE PREPARACIÓN DE LA PASTA 53
2.5.3 ETAPA DE LIMPIEZA 54
2.5.4 ETAPA DE REFINAMIENTO 55
2.5.5 ETAPA DE FORMACIÓN DEL PAPEL 56
2.5.5.1 MESAS DE FORMACIÓN 56
2.5.5.2 ÁREA DE PRENSAS 57
2.5.5.3 ÁREA DE SECADO 58
2.5.5.4 ÁREA DE BOBINADO 58
2.5.6 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA FABRICACIÓN DEL PAPEL 60
2.6 PRODUCCION DE CARTOPEL 61
2.6.1 TIPOS DE PAPEL PRODUCIDOS 61
2.7 REQUERIMIENTOS DE ENERGIA ELECTRICA DE CARTOPEL 64
2.7.1 SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA DE CARTOPEL 64
2.7.2 FACTURACION DE CARTOPEL POR CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA 67
2.8 DESARROLLO DE LA AUDITORIA ELECTRICA 72
2.8.1 INSTRUCCIONES GENERALES 72
2.8.2 FASES DE DESARROLLO DE LA AUDITORIA ELÉCTRICA 73
2.8.3 CENSO DE CARGA 73
2.8.4 ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL CENSO DE CARGA 78
2.8.4.1 CONCEPTOS ESTADISTICOS USADOS PARA EVALUAR LOS DATOS RECOPILADOS 78
2.8.5 BALANCE DE ENERGIA ELECTRICA EN LA PLANTA 81
2.8.5.1 CONSUMO ELECTRICO POR AREAS DE LA INDUSTRIA 81
2.8.5.1.1 AREA DEL MOLINO 82
2.8.5.1.2 ÁREA DE SERVICIOS AUXILIARES PARA CALDERAS 83
2.8.5.1.3 ÁREA DE CONVERSIÓN 84
2.8.5.1.4 ÁREA DE ONDUTEC 86
2.8.5.1.5 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN 87
2.8.5.2 CONSUMO ELECTRICO POR ETAPAS DEL PROCESO 88

2.8.5.2.1 ETAPA DE PREPARACION DE LA PASTA 90
2.8.5.2.2 ETAPA DE LIMPIEZA 91
2.8.5.2.3 ETAPA DE REFINAMIENTO 92
2.8.5.2.4 ETAPA DE FORMACION 93
2.8.5.2.5 TRATAMIENTO DE AGUAS 94
2.8.5.3 CONSUMO ELECTRICO POR CUADROS DE CONTROL 95
2.9 CURVA DE DEMANDA DE CARTOPEL 101
2.10 DESCRIPCION DE LA SITUACION ENERGETICA ACTUAL DE LA INDUSTRIA 103

CAPÍTULO III

ALTERNATIVAS DE AHORRO DE ENERGIA Y EVALUACION ECONOMICA

3.1 INTRODUCCION 104
3.2 ASPECTOS ECONOMICOS PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS . 104
3.2.1 VALOR ACTUAL NETO 104
3.2.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) 105
3.2.3 PERIODO DE RECUPERACION 106
3.3 ALTERNATIVAS PARA EL AHORRO DE ELECTRICIDAD 106
3.3.1 ILUMINACION 106
3.3.1.1 IMPLEMENTACION DE LUMINARIAS TIPO LED 108
3.3.1.1.1 LUMINARIAS SECTOR EL MOLINO 113
3.3.1.1.2 LUMINARIAS SECTOR EL SOTANO 115
3.3.1.1.3 LUMINARIAS SECTOR LINEA DE CONVERSION 116
3.3.1.1.4 LUMINARIAS SECTOR TALLERES 119
3.3.1.1.5 LUMINARIAS SECTOR ONDUTEC 121
3.3.1.1.6 RESUMEN DE LAS PROPUESTAS DE ILUMINACION 122
3.3.1.1.7 LUMINARIAS DE 32W EN EL SOTANO 124
3.3.2 CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA 125
3.3.2.1 ANALISIS DE LA COMPENSACION INDIVIDUAL 126

3.3.2.2 COSTOS PAGADOS POR CARTOPEL POR BAJO FACTOR DE POTENCIA 131
3.3.2.3 ACCION EMPRENDIDA PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA 134
3.3.2.3.1 EVALUACION ECONMONICA DE ESTA ACCION 134
3.3.3 POSIBLE IMPLEMENTACION DE COGENERACION 135
3.3.4 POSIBLE IMPLEMENTACION DE AUTOGENERACION..... 137
3.3.4.1 EVALUACION ECONOMICA DE LA AUTOGENERACION 141
3.3.5 MEJORAS OPERATIVAS EN LA INDUSTRIA..... 145
3.3.5.1 ACCIONES EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN 145
3.3.5.1.1 ESTIMACION DEL AHORRO ENERGETICO 146
3.3.5.2 ACCIONES EN LOS REFINADORES 150
3.3.5.2.1 ESTIMACION DEL AHORRO ENERGETICO.....157
3.3.5.3 REDUCCION DEL FACTOR DE CORRECCION FC 154
3.3.5.4 ACCIONES EMPRENDIDAS POR EL PERSONAL 156
3.4 ACCIONES EFICIENTES OBSERVADAS EN LA INDUSTRIA 156
3.5 RESUMEN DE LAS PROPUESTAS DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA.....157
3.6 INDICADORES DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA 158

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.....161
4.2 RECOMENDACIONES.....165
REFERENCIAS..... 168
ANEXOS.....170

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 2.1 Características de los Pulpers 56
Tabla 2.2 Grupos de Secadores 60
Tabla 2.3 Producción de Papel en el Mes de Agosto 2011 65
Tabla 2.4 Características del Equipo de Medición 67
Tabla 2.5 Características de los Transformadores 67
Tabla 2.6 Consumo de Energía CARTOPEL 2010-2011 68
Tabla2.7 Energía promedio consumida en un día. 68
Tabla 2.8 Precio de la energía en los distintos periodos de Facturación y alumbrado publico 72
Tabla 2.9 Facturación de CARTOPEL en el año 2010 73
Tabla 2.10 Facturación de CARTOPEL en el 2011 74
Tabla 2.11 Equipo requerido por el auditor 76
Tabla 2.12 Nomenclatura de los Cuadros de Control 78
Tabla 2.13 Formato ME001_Control de Maquinas Eléctricas QCM-1 79
Tabla 2.14 Consumo de engría en área Molino 84
Tabla 2.15 Presión de las Calderas. 86
Tabla 2.16 Potencia Nominal de los Principales Equipos 93
Tabla 2.17 Potencia Nominal de los principales equipos 94
Tabla 2.18 Potencia Nominal de los Equipos 95
Tabla 2.19 Potencia Nominal de las Bombas 96
Tabla 2.20 Consumos de Energía Eléctrica por Tablero 97
Tabla 2.21 Porcentajes de Consumo 106
Tabla 3.1 Decisiones a tomar según el VAN 102
Tabla 3.2 Decisiones a tomar según el TIR 108
Tabla 3.3 Ubicación, cantidad y tipo de luminarias existentes 109
Tabla 3.4 Niveles Actuales de iluminación 109
Tabla 3.5 Niveles de Iluminación requeridos en la i0ndustria papelera 110
Tabla 3.6 Iluminación necesaria para diversas tareas visuales 110
Tabla 3.7 Comparación de los diferentes tipos de luminarias 114
Tabla 3.8 Análisis luminarias – molino 115
Tabla 3.9 Análisis luminarias – sótano 117
Tabla 3.10 Análisis Luminarias –Línea de Conversión 119
Tabla 3.11 Análisis Luminarias –Talleres Área de Personal 121
Tabla 3.12 Análisis Luminarias –ONDUTEC 123
Tabla 3.13 Tiempo de retorno de la inversión 125
Tabla 3.14 Luminarias tipo T8 – 32W en el Sótano 126
Tabla 3.15 Motores que presentan el Mayor Consumo 129
Tabla 3.16 Valores de Potencia reactiva y nuevo FC 130
Tabla 3.17 Perdidas en los conductores y ahorro de energía por este concepto 131
Tabla 3.18 Potencia Reactiva 134
Tabla 3.19 Factor de Potencia registrado 134
Tabla 3.20 Costo de la Implementación del Banco de Condensadores 136
Tabla 3.21 Valores de vapor saturado en el ciclo de secado 139

Tabla 3.22 Proyectos hidroeléctricos ubicados en la vertiente del Pacifico *141*
Tabla 3.23 Proyectos hidroeléctricos ubicados en la vertiente del Amazonas *142*
Tabla 3.24 Características del Proyecto *143*
Tabla 3.25 Costos por transmisión y peaje de distribución *143*
Tabla 3.26 Ingresos por venta la energía al MEM *144*
Tabla 3.27 Costo total del proyecto *144*
Tabla 3.28 Energía consumida estimada por año *145*
Tabla 3.29 Costos que generara el Proyecto en Operación *146*
Tabla 3.30 Ahorro en la Línea de Conversión *148*
Tabla 3.31 Demanda Registrada *149*
Tabla 3.32 Refinadores existentes en CARTOPEL *152*
Tabla 3.33 Ahorro económico en el Refinador *153*
Tabla 3.34 Demanda Registrada *154*
Tabla 3.35 Factor de Corrección observado *156*
Tabla 3.36 Factor de corrección esperado *157*
Tabla 3.37 Propuestas de ahorro de energía *159*
Tabla 3.38 Propuestas de ahorro económico *160*
Tabla 3.39 Producción registrada en un mes en el Molino *160*
Tabla 3.40 Producción anual – Molino *161*
Tabla3.41 Producción – ONDUTEC *161*
Tabla 3.42 Consumo de energía anual *162*
Tabla 3.43 Índices de consumo *162*
Tabla 3.44 Nuevos índices *162*

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1 Ejemplo de una Distribución del Consumo Eléctrico 39
Figura 2.1 Logotipo del Grupo CARTOPEL. 48
Figura 2.2 Ubicación en la Ciudad de Cuenca de CARTOPEL 48
Figura 2.3 Bobinas de Papel producidas en la División Molino 52
Figura 2.4 Cajas de diversos productos producidos en la División Ondutec 52
Figura 2.5Vista general de Toda la Nave Industrial CARTOPEL 53
Figura 2.6 Distribución de la División Molino 54
Figura 2.7 Forma de la Fibra DKL en pacas 55
Figura 2.8 Pulper #3 57
Figura 2.9 Aspecto de la Fibra de Papel con sus derivaciones 58
Figura 2.10 Formación de la Hoja de Papel 59
Figura 2.11 Vista de la Cabeza Hidráulica 60
Figura 2.12 Tela en Mesa Formación 60
Figura 2.13 Montarollos de maquina corrugadora 62
Figura 2.14 Diagrama de Flujo del Proceso de Elaboración del Papel 63
Figura 2.15 Representación de una caja de Cartón 65
Figura 2.16 Producción de papel observada en Agosto_2011 66
Figura 2.17 Producción Diaria Molino Agosto-2011 67
Figura 2.18 Consumos Mensuales de Energía CARTOPEL 2010-2011 69
Figura2.19 Demandas Máximas observadas mensualmente en los años 2010-2011 70
Figura 2.20 Formulario para la toma de datos de Luminarias 78
Figura 2.21 Formulario para la toma de Datos de Equipos 78
Figura 2.22 Porcentaje de Consumo de Energía en el Área Molino 86
Figura 2.23 Porcentaje de Consumo del Área de Servicios Auxiliares 87
Figura 2.24 Corte a la bobina 88
Figura 2.25 Unión de 2 Bobinas 88
Figura 2.26 Porcentaje de Consumo del Área Línea de Conversión 89
Figura 2.27 Porcentaje de Consumo del Área ONDUTEC 90
Figura 2.28 Consumo en el área de iluminación 91
Figura 2.29 Distribución del consumo eléctrico por Áreas. 91
Figura 2.30 Distribución del consumo por Etapas del proceso 92
Figura 2.31 Equipos con mayor consumo en la Etapa de Preparación 93
Figura 2.32 Equipos que presentan el mayor consumo en la Etapa de Limpieza 94
Figura 2.33 Equipos que presentan el mayor consumo en la Etapa de Refinamiento 95
Figura 2.34 Equipos que presentan el mayor consumo en la Etapa de Preparación 96
Figura 2.35 Equipos que presentan el mayor consumo en el Tratamiento de Aguas 97
Figura 2.36 Distribución del consumo de Energía eléctrica por Tablero 99
Figura 2.37 Distribución del Consumo de Energía en Cuadro QCM-1 100
Figura 2.38 Distribución del Consumo de Energía en Cuadro QCM-2 100
Figura 2.39 Distribución del Consumo de Energía en Cuadro QCM-3 101
Figura 2.40 Distribución del Consumo de Energía en Cuadro QCM-5 101
Figura 2.41 Distribución del Consumo de Energía en Cuadro QCM-6 102

Figura 2.42 Consumos de energía en Pulper 4 - Screen SPM 1500 y Refinador Pilao 2000 ..... *102*
Figura 2.43 Distribución del Consumo de Energía en Cuadro QCM-23 ..... *103*
Figura 2.44 Distribución del Consumo de Energía en Cuadro QCM-27-28 ..... *103*
Figura 2.45 Energía consumida en CARTOPEL en el 2010 ..... *104*
Figura 2.46 Composición de la curva de consumo de energía *105*
Figura 2.47 Comportamiento de la demanda pico y la demanda máxima *105*
Figura 3.1 MODELO SOL48 | SOL60 | SOL72 ..... *112*
Figura 3.2 Distribución del Calor en Luminaria LED *113*
Figura 3.3 Circulación del vapor a través de los cilindros *139*
Figura 3.4 Esquema de un ciclo sencillo de cogeneración *140*
Figura 3.5 DP y DM registrados 2010 ..... *158*
Figura 3.6 DP y DM registrados 2011 ..... *159*
Figura 4.1 Modelo de Sistema de Gestión Energética según: Norma UNE-EN 16.001:2009 ..... *170*

INTRODUCCIÓN

En el presenté trabajo se realiza una Auditoria Eléctrica a la Fábrica de Cartones Nacionales CARTOPEL, en el cual se presenta un diagnóstico de la situación actual del consumo de energía eléctrica, un censo de todas las cargas más importantes y representativas, además de realizar la delineación de un plan de acción en el que se incluye las posibles soluciones para un uso eficiente de la energía.

El censo de carga permitió conocer cómo se encuentra distribuida la planta industrial e identificar donde se concentran los equipos y maquinarias, además de los diferentes procesos productivos que se desarrollan.

El balance de energía eléctrica permitió establecer la distribución del consumo dentro de la industria, identificando áreas, sistemas y procesos que hacen un uso intensivo de electricidad, así de esta manera identificar las alternativas que permitan disminuir y usar eficientemente la electricidad. Los rubros cobrados a CARTOPEL por concepto de energía eléctrica en el periodo de análisis son importantes, pues permiten conocer en qué medida las acciones que se plantean para el ahorro energético, se traducen en un ahorro económico. Las acciones que se plantean están basadas en las que tienen una inversión inicial así como aquellas medidas operativas que no requieren de inversión.

Con la aplicación de todas estas medidas es posible establecer el porcentaje aproximado de reducción de consumo eléctrico y el monto económico del ahorro, también es importante para saber cómo afectaría este a los niveles de producción de CARTOPEL.

Además se identificaron acciones que hacen que CARTOPEL use de forma adecuada la energía eléctrica, también es necesario manifestar que, para el proceso productivo, se requiere generar vapor, a través de calderas que usan combustibles fósiles , para lo cual sería necesario que se realice una auditoría más amplia de tipo energético a estas instalaciones, es decir una auditoria energética.

CAPITULO I

CONCEPTOS RELACIONADOS CON EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AUDITORIA ENERGÉTICA

1.1 INTRODUCCIÓN

El modelo actual de desarrollo basado en el consumo de energía no se puede mantener. La época de la energía barata ha pasado a la historia es necesario un nuevo modelo basado en el desarrollo sostenible.

Es imprescindible reducir la dependencia de nuestra economía del petróleo y los combustibles fósiles por su agotamiento progresivo, incremento y volatilidad de precios. Es una tarea urgente, porque la amenaza del cambio climático global y otros problemas ambientales son muy serios y a medio plazo, no podemos seguir basando nuestra forma de vida en una fuente de energía no renovable que se va agotando.

En los países desarrollados la industria utiliza entre la cuarta parte y un tercio del total de energía que producen cada uno de ellos. Las industrias se han dado cuenta de que una de las maneras más eficaces de reducir costos y mejorar los beneficios es usar eficientemente la energía es decir han aprendido a optimizar el uso de la energía, de forma económica y respetuosa con el ambiente.

Reciclar las materias primas es una de las maneras más eficaces de ahorrar energía. Aproximadamente las tres cuartas partes de la energía consumida por la industria se usa para extraer y elaborar las materias primas.

Usar eficientemente la energía significa no emplearla en actividades innecesarias y conseguir hacer las tareas con el mínimo consumo de energía posible. Desarrollar tecnologías y sistemas de vida y trabajo que ahorren energía es lo más importante para lograr un auténtico desarrollo, que se pueda llamar sostenible. Por ejemplo, se puede ahorrar energía dentro de una fábrica, con el uso de motores más eficientes,

que empleen menor cantidad de energía.

Para evolucionar hacia un nuevo modelo energético más sostenible, debemos fomentar el ahorro y la eficiencia energética en todas aquellas acciones que nos demanden un consumo de energía.

Todos los procesos industriales, instalaciones del sector, servicios residenciales y en el transporte, son necesarios procesos de transformación de energía: accionamiento de máquinas, calentamiento refrigeración, secado, iluminación, procesos de preparación de las materias primas, eliminación de sobrantes, procesos de cambio de fase, movilidad de personas y mercancías, etc. Suponen un alto consumo de energía y por lo tanto un coste, que en muchos casos ha dejado de ser marginal.

Por lo antes mencionado y una manera de llegar a los consumidores para promover eficiencia energética serían las auditorías energéticas, las industrias creen no tener la necesidad de realizar auditorías energéticas, prefieren pagar un alto costo por factores de potencia muy bajos y mal uso de la energía en horas pico o por combustibles de baja calidad.

Las auditorías energéticas son una herramienta importante a la hora de ahorrar energía y con ello a ser más eficientes, hasta el momento Ecuador es un país altamente dependiente de la generación hidráulica, el gobierno actual busca diversificar la matriz energética con el desarrollo de energías alternativas o energías renovables.

1.2 LA AUDITORIA ENERGETICA Y LA EFICIENCIA ENERGETICA

1.2.1 AUDITORIA ENERGETICA

"La ***auditoria energética*** es el proceso mediante el cual se evalúa la eficacia de los sistemas instalados y su relación entre lo consumido y lo aprovechado desde el punto

de vista energético."[1]

Es decir, la auditoria energética es un proceso que estudia y analiza los consumos energéticos de una instalación (vivienda, edificio, comercio, industria, etc.) para diagnosticar la situación **real** a través de las mediciones que se realizan, así como establecer la eficiencia del proceso o sistema y buscar oportunidades de ahorro de energía sin que esto lleve a alterar los resultados obtenidos en dicha actividad, de igual manera estas alternativas deberán ser evaluadas económicamente para su aplicación.

1.2.2 EFICIENCIA ENERGETICA

"La ***Eficiencia Energética*** se puede definir 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. Otra forma de definirla es la relación existente entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos."[2]

Por lo tanto la eficiencia energética hace referencia a la optimización del consumo energético, busca disminuir el uso de energía pero produciendo los mismos resultados finales. La eficiencia es concepto que afecta a todos los seres humanos ya que todos necesitan energía para llevar adelante una actividad sea esta individual, colectiva, comercial e industrial, etc. Entonces como consumidores directos de la energía debemos tener la necesidad de ahorrar energía para reducir costos económicos y promover sostenibilidad económica, política y ambiental.

Los usuarios industriales y comerciales pueden desear aumentar eficacia y maximizar así su beneficio, tenemos claro que entre las preocupaciones actuales está la eficiencia energética para reducir costos y tener responsabilidad ambiental.

1 www.sinceo2.com/auditoria_energetica.

2Eficiencia energética de edificios. Pérez Álvarez, Beatriz Leiva Rando, Juan

1.2.3 ASPECTOS IMPORTANTES PARA FOMENTAR LA EFICIENCIA

Las políticas en materia energética son un instrumento necesario para incentivar el desarrollo de la eficiencia a nivel mundial. Los aspectos a tener en cuenta serán:

- **Diversificación del mix energético:** para reducir la dependencia del exterior y para que cobren más peso las energías menos contaminantes como las renovables.

- **Señales en los precios:** ajustar los precios de la energía con el fin de dar señales correctas a los consumidores, al tiempo que mantienen los alicientes para los cambios de comportamiento o de adquisición de equipos y tecnologías más eficientes.

- **Fomento del uso y desarrollo de nuevas tecnologías:** son necesarios incentivos para fomentar el desarrollo y uso de las nuevas tecnologías de cara a lograr una industria y un sector servicios innovadores y competitivos.

1.2.4 RELACIÓN ENTRE LA AUDITORÍA Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

El coste de la energía constituye uno de los factores de mayor peso dentro de los costes totales de los procesos productivos. Un correcto consumo energético permite a las empresas alcanzar una mayor productividad y calidad en su producción.

Por esta razón, el conocimiento de cómo la empresa contrata su energía, como la consume en sus procesos, cuanto repercute en sus costes, su posición relativa respecto a otras empresas similares y las posibles mejoras para disminuir el coste energético son aspectos fundamentales en la optimización económica y productiva de las industrias. Mediante la realización de la auditoria se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo eléctrico de la industria, detectando los factores de consumo de energía e identificando las posibilidades de ahorro, esto se busca optimizar el valor de la factura energética mediante el estudio de consumos totales y por unidad de producción.

La eficiencia no implica renunciar al logro de los objetivos, sino que persigue conseguirlo con menor uso de energía.

- **Razones que llevan a implantar medidas de eficiencia energética en una empresa (%)**

– Compromiso de la dirección de la empresa con la sostenibilidad
– Búsqueda de ahorro de costes en la factura energética
– Disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera
– Obtener ventajas competitivas
– Búsqueda de la mejora de la imagen de la empresa frente a sus partes interesadas
– Desarrollos legislativos
– Demandas de los clientes
– Presión institucional y de los grupos de interés, incluyendo la opinión pública
– Acceso a subvenciones e incentivos en materia de ahorro de energía

- **Oportunidades empresariales que encuentra una empresa ligadas a la eficiencia energética (%)**

– Mejora de la cuenta de resultados por los ahorros conseguidos
– Modernización del proceso productivo y de las instalaciones
– Desarrollo de productos eficientes energéticamente
– Posición de liderazgo frente a los competidores
– Mejora de la cultura corporativa en relación con la sostenibilidad
– Apertura de nuevos mercados que demandan productos y servicios energéticos para mejorar la eficiencia
– Mejora de la imagen corporativa de la compañía ante sus inversores y clientes

1.3 LA AUDITORIA ELECTRICA

Una **Auditoría Eléctrica** es un procedimiento sistemático que se basa en una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía eléctrica en un edificio, fábrica u otro local, se busca obtener un óptimo conocimiento del perfil de los consumos energéticos en una instalación, identificando y valorando las posibilidades de ahorro de energía desde el punto de vista técnico y económico.

La auditoría eléctrica es una parte fundamental de cualquier administración de energía, de cualquier empresa que desee controlar sus costos de energía.

Antes de iniciar una Auditoria Eléctrica, se debe tener una idea del alcance del proyecto, por tanto es necesario conocer los objetivos que se busca con la misma.

1.3.1 OBJETIVOS DE UNA AUDITORIA ELECTRICA

El auditor tiene un gran desafío, deberá conocer el funcionamiento de los equipos dentro del proceso para crear soluciones de ahorro de energía que se reflejaran en los valores de la facturación, para lo cual el auditor debe tener en consideración lograr los siguientes objetivos:

1. Obtener un conocimiento fiable de los consumos energéticos
2. Identificar dónde y cómo se consume la energía y los factores que afectan a su consumo
3. Optimizar el suministro de energía.
4. Mejorar la contratación de la energía eléctrica
5. Identificar el coste energético
6. Detectar y evaluar las oportunidades de ahorro y de mejora de la Eficiencia Energética
7. Eliminar las pérdidas energéticas
8. Maximizar la eficiencia de la instalación

9. Evaluar las oportunidades de diversificación de la energía y su repercusión en coste energético

1.3.2 BENEFICIOS DE LA REALIZACIÓN DE UNA AUDITORÍA ELECTRICA

La energía es un rubro muy importante para una empresa, el ahorro de energía podría significar el aumento de utilidades, precios más competitivos de sus productos, mayor disponibilidad de recursos para mejorar la atención al público, etc. Una auditoria eléctrica precisamente permitirá identificar los despilfarros de energía y reducir sus costos.

El beneficio más importante al realizar una auditoría eléctrica es determinar el mayor potencial de ahorro de energía dentro de la empresa ya que con esta acción conocemos dónde y cómo mejorar, al determinar qué procesos productivos consumen mayor y menor cantidad de energía se tomara la mejor decisión de Inversión en Ahorro, obteniendo los siguientes beneficios:

- Reducción de los costes energéticos mediante la optimización de los consumos energéticos
- Aumento de la vida útil de los equipos
- Aumento de la competitividad
- Mejora de la imagen corporativa por la contribución al cuidado del medio ambiente

1.3.3 QUE ASPECTOS SE DEBE CONSIDERAR DURANTE UNA AUDITORIA ELECTRICA

Para la obtención de los objetivos marcados en una Auditoría Eléctrica se debe realizar un análisis, estudio y evaluación de:

1.3.3.1 SUMINISTROS ENERGÉTICOS

- “Energía eléctrica: Esquema unifilar, contratación, consumo, conceptos facturados y evolución, coeficiente de simultaneidad, uso de generadores de

emergencia, inventariado de potencia de equipos consumidores.

- Autoproducción de energía: Tipo de instalaciones, producción y su evolución, contratación, determinación de autoconsumo y excedentes.

1.3.3.2 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

- Estudio de los procesos de producción y sus necesidades energéticas así como el nivel de utilización de la capacidad productiva de la instalación.
- Identificación de las operaciones básicas y líneas de proceso asignando las energías que se utilizan
- Identificación de los sistemas y equipos suministradores de energía y sus vínculos con otras operaciones.
- Relación de elementos que intervienen en procesos: Número de empleados, superficies, estacionalidad de procesos, análisis de ratios energéticos.
- Registro de consumos de los equipos, sistemas y partes del proceso.
- Estudio del mantenimiento y conservación de los equipos y sistemas y sus características técnicas.
- Comportamiento térmico de la instalación: Envolvente, cerramientos, zonas climáticas.
- Sistema eléctrico: Acometidas, transformación, distribución interior, distribución equivalente de cargas.
- Climatización: calefacción, refrigeración calidad del aire.
- Sistema de iluminación: Optimización del consumo. Luz natural y artificial, sectorización, identificación.
- Motores eléctricos: Control de arranque, optimización del consumo.
- Otras instalaciones tipo grupos electrógenos o batería de condensadores.”[3]

3www.stredes.com/auditorias_energeticas.pdf

1.3.3.3 ASPECTOS TÉCNICOS RELEVANTES A CONSIDERAR

- **Optimización del Factor de Potencia**

El bajo factor de potencia es un problema frecuente dentro de una industria. Los problemas que ocasiona el bajo factor de potencia son:

- **Cargo por Bajo Factor de Potencia**. Estos cargos pueden ser fácilmente evitados mediante la compensación de factor de potencia con la instalación de bancos de capacitores en la red eléctrica. Las inversiones para la adquisición de dichos bancos, suelen ser amortizadas entre 6 y 12 meses.

- **Cargo por kVA**. En algunos países, se contemplan cargos por kVA demandado. Como se puede observar en la ecuación (1), los kVA son inversamente proporcionales al factor de potencia, por lo que una mejora en el factor de potencia traerá como consecuencia una disminución de los kVA demandados.

$$kVA = \frac{kW}{FP} \quad (1)$$

Dónde:
kVA = demanda de potencia aparente
kW = demanda de potencia activa
FP = factor de potencia

Los ahorros económicos a obtenerse por este concepto se calculan mediante la ecuación (2)

$$\Delta\$ = kW\left(\frac{1}{FP} - \frac{1}{FP'}\right) * kVA \quad (2)$$

Dónde:
Δ$ = ahorro económico
kW = demanda máxima de potencia activa
FP = factor de potencia inicial
FP' = factor de potencia final
$kVA = cargo por demanda máxima de potencia aparente
Pérdidas

- **Eficiencia Electromecánica del equipo.**

El principal problema detectado es una baja eficiencia electromecánica de operación de los equipos, originada por diversos factores, dentro de los más frecuentes están: deficiente especificación del equipo, cambio en las condiciones de operación, ausencia

de mantenimiento predictivo

- **Aplicación de Velocidad Variable (VSD)**

Los variadores de velocidad son usados como alternativa a los sistemas de control convencional de caudal o presión en los sistemas, con muy buenos resultados desde el punto de vista de la eficiencia energética.

1.3.4 COMO SE REALIZA LA AUDITORIA ELÉCTRICA

Para tener éxito en la realización de la Auditoría Eléctrica se debe seguir una metodología adecuada la misma que permita conocer la situación *real* de la instalación o empresa.

1.3.4.1 MEDICIÓN Y TOMA DE DATOS

Para la correcta realización de una Auditoría es imprescindible la recogida de datos en las instalaciones con el objetivo de medir los valores de los servicios energéticos y la precisión de los equipos de medida o registro.

- Estos cálculos y la recogida de datos, deben ser realizados con equipos técnicos debidamente homologados y calibrados y manejados por especialistas con la cualificación adecuada.
- Los trabajos deben ser realizados cumpliendo con las reglamentarias medidas de seguridad para personal e instrumental y evitando cualquier molestia o interferencia en los procesos y operarios de la organización.

- **DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS A CONSIDERAR EN LA TOMA DE DATOS.**

En lo que respecta a este concepto, se estima conveniente anotar y registrar todos aquellos aspectos, detalles y parámetros que permitan adquirir un conocimiento amplio y cualificar con la máxima precisión posible:

- Los consumos energéticos.
- La tipología de los elementos consumidores.
- Los modos de consumo.
- Las prestaciones derivadas por aplicación de elementos y sistemas consumidores.

Por esta razón, se recomienda diseñar y utilizar un cuestionario detallado que incluya:

- Registros de carácter topológico.
- Registros de carácter energético.

Capaces de proporcionar un perfil muy completo de las características de las instalaciones y equipos.

- **INSTRUMENTAL UTILIZADO EN LA TOMA DE DATOS.**

Atendiendo a la importancia que se le asigna al conocimiento de los parámetros energéticos y electrotécnicos empíricos (de carácter prioritario con relación a otros tipos de datos deducidos de estimaciones o de carácter estadístico) **debe disponerse de un instrumental de medida calibrado (eléctrico y lumínico) concebido especialmente para el estudio de las instalaciones**. Este instrumental permite la adquisición y visualización de una serie de magnitudes electrotécnicas tales como:

- Tensiones por fase (V)
- Corrientes por fase (A)
- Potencia activa total (kW)
- Factor de potencia (cos ϕ)

- Demandas de energía reactiva registrables en cuadros de control y contaje de energía eléctrica
- Niveles de iluminación (Lux)

Además de ellos también se debe conocer detalles como:

- Recopilación de información general.
- Recopilación de documentación sobre facturación eléctrica.
- Visita a los centros de consumo y toma de datos empíricos (eléctricos y lumínicos).
- Confección del listado de problemas detectados

Estos datos deben adquirirse y anotarse sin manipulación de las instalaciones y sin afectar a su funcionamiento.
Es muy importante realizar este trabajo de campo de forma exhaustiva y minuciosa a través de visitas e inspecciones de las instalaciones, con la selección de la instrumentación de medida adecuada, de forma que pueda adquirirse información directa de todas las instalaciones, lo que permitirá alcanzar a un diagnóstico certero con el que formular propuestas de ahorro energético que sean viables técnica y económicamente.

1.3.4.2 CONTABILIDAD ENERGÉTICA

Los datos de campo obtenidos con el instrumental y equipamiento calibrado necesario en cada centro de consumo energético, son de amplia y variada naturaleza, debiendo estos mantener cierto grado de interrelación y coherencia, por lo que se estima conveniente **crear una base de datos relacional** donde almacenarlos y registrarlos de forma que se facilite posteriormente su análisis.

Basándose en los datos anteriores se realizan:

- Balances de energía de cada proceso.
- Detección de posibles mejoras energéticas.
- Cálculo del ahorro económico de las mejoras.
- Evaluación económica de la ejecución de las mejoras.

Asignando los correspondientes consumos de energía a cada equipo, sistema y operación que intervenga en las actividades de la organización y definiendo:

1.3.4.3 REDACCIÓN DE LAS PROPUESTAS DE AHORRO ENERGÉTICO

Una vez que se han analizado los datos, los parámetros e índices, se definirán las propuestas de ahorro energético cuantificadas económicamente en cada caso, las cuales pretenden:

- Optimizar la gestión energética del consumo, mejorando los costos de la tarifación.
- Conseguir ahorro energético.
- Mejorar la calidad del servicio.
- Mejoras en el proceso productivo.
- Posibilidades de cogeneración.

1.3.4.4 ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DE LAS POSIBLES MEJORAS

Una vez que se tienen seleccionadas las diferentes alternativas de mejora energética, se llevará a cabo el estudio de viabilidad económica. Este estudio servirá para decidir si se lleva a cabo o no una mejora en función de su rentabilidad. Para cada alternativa de ahorro se calculará lo siguiente:

- Coste de implantación (inversión inicial).
- Ahorros energéticos esperados.

- Tiempo de retorno (dinero ahorrado en energía dividido entre la inversión inicial).
- Mejoras de calidad, eficiencia, inconvenientes y otros.

Las mejoras propuestas deben ser sometidas a un análisis de viabilidad económica antes de ser llevadas a la práctica. Para realizar este estudio habrá que calcular los ahorros que se generan con cada alternativa.

AHORRO DE ENERGÍA = Consumo energía inicial - Consumo energía mejora propuesta

Los ahorros obtenidos con la fórmula anterior son ahorros energéticos. Esto significa que vienen medidos en kWh por lo que les tendremos que traducir a dólares para poder aplicarlos diferentes criterios económicos. Una vez obtenido ese ahorro económico junto con los costes de la inversión, se aplicarán los parámetros de rentabilidad que son el ***VAN, TIR y tiempo de retorno***.

1.3.4.5 INFORME DE MEJORAS TRAS LA REALIZACIÓN DE LA AUDITORÍA ELÉCTRICA

El objetivo final de una Auditoría Eléctrica es la realización de un informe con la propuesta de mejoras detectadas durante el transcurso del estudio eléctrico. Estas mejoras deben ir orientadas a la consecución de los siguientes objetivos:

- Reducción de los consumos energéticos y de sus costes asociados.
- Negociación y cierre de propuestas.
- Propuestas de diversificación en la generación de energía.
- Aumento de la eficiencia de los equipos, procesos o servicios.
- Estimación del periodo de retorno de las inversiones de las mejoras propuestas

1.3.4.6 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

La presentación de los resultados deberá reflejar los datos obtenidos, las mediciones realizadas sobre equipos, instalaciones y espacios iluminados y consumos específicos obtenidos, así como la evaluación del grado de eficiencia de aquellos sistemas o subsistemas que se considere afectan de forma propia al consumo global de las instalaciones.

a) Se incluirá una evaluación técnica del funcionamiento de cada instalación, con observaciones relativas a las medidas correctoras que se deberían adoptar para la perfecta explotación de la misma.

b) El Auditor propondrá las reformas que fueran precisas para alcanzar el máximo ahorro energético en la explotación de las instalaciones y el cumplimiento de los parámetros de calidad de las mismas, en función del análisis de todos los datos obtenidos del estudio de la instalación.

Las posibles mejoras serán valoradas en términos energéticos y económicos. El documento final incluirá el escenario de la situación actual de la planta mediante un cuadro resumen donde se refleje el número de equipos, el nº de puntos de luz, la potencia instalada, las horas de funcionamiento anuales y su consumo y coste anuales de energía

El informe final será complementado, en sus distintos capítulos, con información descriptiva de aquellas técnicas o nuevas tecnologías que le fueran de aplicación, puestas en el mercado para la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones y la reducción de su impacto ambiental: en el caso de la iluminación lámparas de menor consumo específico, sistemas de regulación y control, etc.

1.4 TIPOS DE AUDITORIAS ENERGETICAS

La auditoría energética comprende un amplio espectro de estudios energéticos que pueden ir desde un rápido paseo a través de una instalación para identificar los principales problemas, hasta un análisis más detallado que permita implantar medidas de eficiencia energética así como satisfacer aspectos económicos financieros que las empresas auditadas así lo soliciten. Se puede destacar algunos tipos como:

1.4.1 AUDITORIA ENERGETICA PRELIMINAR

Es una simple llamada de auditoría, diagnóstico o auditoría de recorrido es el más simple y más rápido tipo de auditoría. Consiste una breve reseña de instalación de facturas de servicios públicos y otros datos de explotación, y una caminata a través de la instalación para familiarizarse con la construcción y operación para identificar cualquier zona de desperdicio de energía o de ineficiencia.
Típicamente, sólo las principales áreas problemáticas se descubren durante este tipo de auditoría. Las medidas correctivas se describen brevemente, y rápida aplicación de estimaciones de costos.

Este nivel de detalle, aunque no suficiente para llegar a una decisión final sobre la ejecución de un proyecto de medidas, es suficiente para dar prioridad a proyectos de eficiencia energética y para determinar la necesidad de una auditoría más detallada.

1.4.2 AUDITORIA ENERGETICA DETALLADA

Consiste la recopilación de información más detallada sobre la instalación y operación de realizar una evaluación más detallada de medidas de conservación de energía. Requiere el uso de equipos de medida y su alcance puede abarcar la totalidad de los recursos energéticos de la empresa.

Entrevistas en profundidad con el personal de operación de las instalaciones se llevan a cabo para proporcionar una mejor comprensión de los principales consumidores de energía y sistemas para conocer a corto y largo plazo los patrones de consumo de

energía.

Este tipo de auditoría será capaz de identificar toda la energía de las medidas de conservación adecuadas para la instalación, habida cuenta de sus parámetros de funcionamiento."[4]

1.4.3 AUDITORIA ENERGETICA ESPECIAL

"Consiste en una evaluación más profunda a la obtenida en la auditoria detallada, llegando al detalle de toma de registros por aparato, medición de otros parámetros en diferentes partes de la distribución del energético, análisis de fallas durante un periodo determinado y su efecto en las horas hábiles de trabajo.
Este tipo de Auditorias Especiales se vuelven permanentes, durante un periodo de tiempo de evaluación que puede llegar a un ano y en el cual se debe efectuar los correctivos necesarios para el éxito de los cambios e inversiones efectuadas."[5]

Esta Auditoria representa un costo alto y requiere de una firma auditora que tenga todos los instrumentos requeridos para una Auditoria Energética sofisticada.

1.4.4 TIPOS DE ENERGIAS QUE CONTEMPLA LA AUDITORIA

Dado que una auditoria Energética contempla diversas clases de energías o áreas que pueden ser auditadas como, ***Energía eléctrica***, ***Combustibles***, ***Autoproducción de energía*** y Otras fuentes de energía como ***vapor, gases calientes, agua caliente y refrigerada***.

En nuestro caso la Auditoria se dedicara a lo que es la Energía eléctrica por tanto los siguientes conceptos tendrán más relación con la electricidad que con algún otro tipo de energía.

4http://es.wikipedia.org/wiki/tipos_auditorias

5Tesis:Desarrolló y Aplicación de una guía para Realizar Auditorías Energéticas Sector Industrial
Paul Muños, Efraín Vergara, Escuela Politécnica Nacional

1.5 AREAS DONDE SE PUEDE REALIZAR AUDITORIAS ENERGETICAS

- **AUDITORIA ENERGETICA DEL ALUMBRADO PUBLICO**

La auditoría energética debe abarcar a todas las instalaciones de alumbrado público de titularidad municipal, tanto ejecutadas por el propio ayuntamiento como recibidas o asimiladas de promociones privadas, abarcando tanto a la iluminación vial, sea funcional o ambiental, como a la ornamental y a cualquier otro tipo de instalación de iluminación exterior fija que se considere susceptible de incluir en la auditoria.

El alcance de los trabajos a realizar será:

- Toma de datos inicial
- Auditoria energética de cada una de las instalaciones de alumbrado
- Análisis del cumplimiento de normativas
- Elaboración de propuestas de actuación

- **LA AUDITORIA ENERGETICA EN EDIFICIOS**

Una auditoria energética de un edificio es un estudio integral de todos los aspectos, tanto técnicos como económicos, que afectan directa o indirectamente al consumo de las diferentes energías de un edificio, cuyo objetivo es establecer un conjunto de reformas o mejoras encaminadas a un uso racional de la energía. Dichas mejoras no deben suponer una disminución en la calidad de los servicios prestados, en la productividad o en la habitabilidad del edificio.

Para la auditoria del edificio se puede seguir la siguiente metodología.

- Descripción del edifico
- Recopilación de datos
- Balance de energía y agua
- Descripción de los equipos existentes
- Elección y cálculo de indicadores

- Identificación de ineficiencias
- Actuación de mejoras

- **LA AUDITORIA INDUSTRIAL**

Una auditoria energética industrial consiste en realizar un análisis del consumo energético e identificar aquellos puntos de consumo que son susceptibles de optimizar: mejora de equipos de consumo energético, mejora de redes de distribución de energía, cogeneración, etc.

Se comienza con un análisis preliminar de la situación energética de la industria, seguidamente se realiza una inspección en detalle, realizando un estudio exhaustivo de los sistemas y procesos presentes. Finalmente se elabora el informe definitivo con las alternativas de mejora, estimación del ahorro e inversión.

Ámbitos de aplicación:

- Procesos Productivos
- Instalaciones Térmicas
- Instalaciones Eléctricas
- Equipos, maquinaria.

También se lo puede realizar en ámbitos como:

- **Comercios**
- **Hoteles**
- **Áreas Residenciales**

1.6 TÉCNICAS DE AHORRO DE ENERGÍA, REDUCCIÓN DE CONSUMO Y COSTOS QUE SE OBTIENE CON LA AUDITORÍA ENERGETICA

- **Identificar el coste energético**

- Electricidad, Consumo, Precio, Potencia máxima, Vatios de utilización, Factor de potencia, Combustible, Consumo, Precio, Coste equivalente y Gastos fijos y

variables.

- **Comparar los costes energéticos**

– Internamente: Históricos, Contajes temporales, Contajes fijos.
– Externamente: Con otras industrias del sector, Con otras industrias del área geográfica

- **Identificar cuándo se consume la energía**

– Identificar la carga semanal
– Confirmar los programas de arranque/paro de los equipo
– Identificar los potenciales picos de demanda
– Programar: reducir picos de demanda
– Investigar los consumos sin producción
– Evitar picos puntuales de demanda
– Considerar secuencias de arranque

- **Identificar dónde se consume la energía**

– Identificar los principales puntos de consumo
– Efectuar un inventario de las principales cargas

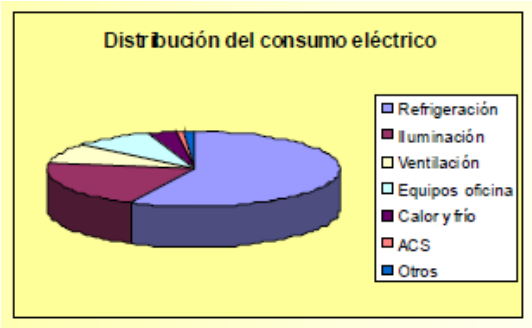


Figura 1.1 Ejemplo de una Distribución del Consumo Eléctrico

– **Eliminar las pérdidas**

– Eliminar pérdidas
– Lámparas, ventiladores, bombas

- Detectar fugas de aire comprimido, agua.
- Aislar conductos
- Disminuir condiciones de operación
- Temperaturas, caudales
- Presiones de aire comprimido
- Controlar Salidas y entradas de aire

- **Maximizar la eficiencia**
- Mantenimiento preventivo: Menor coste

Filtros, aceites y grasas

Limpiar intercambiadores

Condiciones de uso de motores

Optimizar rendimientos de combustión

- Tecnología

Cambiar iluminación (lámparas de baja eficiencia, LED,)

Equipos de alta eficiencia (calderas, motores, máquinas de frío)

Optimizar el suministro de energía.

- **Recuperar calores residuales**
- Considerar el uso de energías renovables y/o alternativas de alta eficiencia
- Solar térmica
- Solar fotovoltaica
- Eólica
- Micro cogeneración o cogeneración

1.7 ECUADOR Y SUS ACCIONES EN EFICIENCIA ENERGETICA

El País se encuentra en pleno desarrollo para crear una política sobre la eficiencia energética y energías renovables por lo que el MEER Ministerio de Electricidad y energías Renovables ha creado ***Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia***

Energética que se encarga de la gestión energética eficiente y del desarrollo de las energías renovable en el territorio, la cual determina, políticas, estrategias y directrices energéticas basadas en la sostenibilidad, seguridad y la diversificación; y fomenta el levantamiento de información y generación de conocimiento; y la aplicación de tecnologías eficientes y amigables con el medio ambiente, para mitigar los efectos del cambio climático y apuntalar hacia un desarrollo económico sostenible.

Dentro de los objetivos de esta Subsecretaria se contemplan los siguientes.

- **OBJETIVOS**

- "Determinar políticas, estrategias, directrices y planes en materia de energía renovable, eficiencia energética y biocombustibles.
- Desarrollar proyectos de marco legal y reglamentario para la aplicación de energías renovables y biocombustibles, la viabilización de la ejecución de auditorías energéticas, ahorro de energía, normas y etiquetado de artefactos que usan energía eléctrica y térmica.
- Desarrollar estudios de investigación en cooperación con universidades y centros de investigación, para el levantamiento de información estadística, técnica, económica, social y ambiental con respecto al status quo de la eficiencia energética, las energías renovables y los biocombustibles, y del potencial futuro de desarrollo de estas áreas (Línea Base).
- Desarrollar e impulsar los mercados de servicios energéticos, energías renovables y biocombustibles, y la generación de capacidades empresariales.
- Desarrollar una estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de programas de Eficiencia Energética, Energías Renovables y Biocombustibles.
- Diseñar e implementar campañas de comunicación y promoción de eficiencia energética, biocombustibles y energías renovables.
- Desarrollar programas de educación a los niños y jóvenes, y capacitación profesional sobre ENERGÍA (ER, EE, BIO) con la participación de colegios,

universidades, empresas consultoras, proveedores de equipos e instituciones gubernamentales y no gubernamentales." [6]

- **PROYECTOS REALIZADOS**

- Normalización refrigeradoras; Normalización focos ahorradores.
- Auditorías energéticas en Edificios Públicos y Hospitales
- Auditorías Energéticas en el Sector Industrial y Hotelero
- Diseño de la Currícula Educativa de Energía
- Capacitación profesional en Gestión Energética (cooperación Cuba)

- **PROYECTOS EN EJECUCIÓN**

- Plan Nacional de Eficiencia Energética
- Ley de fomento de la eficiencia energética y ley de Biocombustibles
- Estudios de pre factibilidad de 14 mini centrales hidroeléctricas (convenio con universidades)
- Censo industrial sector textil y plásticos
- Estudio de factibilidad aprovechamiento de residuos agrícolas, agroindustriales y pecuarios para la obtención de biogás para la generación de energía eléctrica y térmica.
- Estudio de factibilidad combustión de la cascarilla de arroz para la obtención de energía térmica o eléctrica.
- Programa de Eficiencia Energética en Edificios Públicos
- Proyecto de Eficiencia Energética en el Sector Industrial
- Focos Ahorradores
- Proyecto hidroeléctrico Chorrillos
- Construcción de proyecto hidroeléctrico Mira
- Proyecto eólico Santa Cruz Baltra
- Convenio de transferencia de conocimiento con el Gobierno Alemán: DED
- Validación de la Currícula Educativa de Energía"[7]

6**Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética_www.meer.gob.ec**

1.8 EXPERIENCIAS Y RESULTADOS DE AUDITORIAS ENERGETICAS REALIZADAS

A continuación se detallan algunos ejemplos de auditorías energéticas que se realizaron en España y en nuestro País, en los dos casos se busca ahorro de energía y darle un uso eficiente a la energía por lo tanto se presentan las alternativas con sus respectivos resultados.

1.8.1 CASO ESPAÑOL

- **AUDITORIA ENERGETICA EN ESPAÑA**

En España tanto el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (**IDAE**), así como también AEDIE, Asociación para la Investigación y Diagnosis de la Energía, Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid y Comunidad de Madrid.

Son los organismos encargados de impulsar las auditorias Energéticas ya que hasta el momento tienen emitidos algunos manuales y documentos sobre cómo realizar auditorías.

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) tiene un conjunto de actuaciones encaminadas al ahorro de energía y a la diversificación energética a través de fuentes renovables. Estas medidas están agrupadas en el Plan de Energías Renovables 2005-2010 y la Estrategia de Eficiencia Energética en España desarrollada mediante sus Planes de Acción 2005-2007 y 2008-2012.

A continuación se detallan algunos de los manuales que se han emitido por este organismo.

1. Manual de Auditorias Energéticas
2. “Protocolo de Auditoría Energética en Invernaderos. Auditoría energética de un invernadero para cultivo de flor cortada en Mendigorría”.

[7]Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética_www.meer.gob.ec

3. Documento nº 10: "Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes".
4. Tríptico promocional: "Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura".
5. "Consumos Energéticas en las Operaciones Agrícolas en España".
6. Documento no 1: "Ahorro de Combustible en el Tractor Agrícola".

Estos documentos están disponibles en la página web (*www.idae.es*), con el uso de estos manuales se realizó el caso que se presenta a continuación.

1.8.1.1 AUDITORIA REALIZADA A UNA INDUSTRIA LACTEA

La Industria se dedica a la producción de leche UHT, queso de pasta dura, queso fresco, leche pasterizada, leche en polvo, suero en polvo, queso en polvo, mantequilla y helados. Para llevar adelante todos sus procesos esta necesito las siguientes cantidades de energía.

- **Energía eléctrica**

El suministro eléctrico lo proporciona la distribuidora.

POTENCIA CONTRATADA: 1.500 kW

Esta industria por concepto energía eléctrica cancelo un total de **40.377,08** € /mes

El consumo anual medio es de 7.696.582 kWh (con un costo aproximado de 484.525,04 € /año). El precio del kWh por suministro es de 6,29 c€ /kWh.

- **MEJORA ENERGETICA RECOMENDADA PARA LA EMPRESA LACTEA**

- **MEJORA 1. OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ALUMBRADO EN HORAS DE PRODUCCION**

➢ "La industria cuenta con alrededor de 500 tubos fluorescentes de 65 W, funcionado de forma continua durante 6.700 horas al año.

- Se recomienda sustituir los tubos fluorescentes de ***65 W*** por tubos fluorescentes de ***58 W*** ya que estos tubos consumen menos energía eléctrica y dan un flujo luminoso similar.

- La inversión necesaria para la compra e instalación de los 500 tubos será aproximadamente de **4.507 €.**

- Con la sustitución se consigue un ahorro energético de un **10,8%** con respecto a la situación actual.
- El ahorro energético será:

500 x (65 - 58) W x 6.700 h = 23.450 kWh - año.

- El ahorro económico es de **1.475 €.** (Considerando un precio medio de 6,43 € /kWh). El periodo de la recuperación sin tener en cuenta el coste del dinero es de **37 meses**"[8]

1.8.2 CASO ECUATORIANO

1.8.2.1 AUDITORIA ENERGETICA A LA INDUSTRIA CONFECCIONES RECREATIVAS "FIBRAN"

Esta industria se especializa en Diseño y fabricación de ropa de Punto, cuenta con una producción mensual de 250.000 prendas, está ubicada en el Parque industria de la ciudad de Quito-Ecuador.

- **USO Y CONSUMO ELECTRICO**

Se consume principalmente en alimentación de motores, iluminación, computadores, el consumo de electricidad para el periodo **Junio 2010-Mayo 2011** corresponde a **2558268,4(kWh)** y por este concepto cancelo **$139333,79** dólares de Norteamérica.

8 Manual de Auditorias Energéticas, www.idae.es/Manual_de_Auditorias_Energeticas.pdf

- **PROPUESTAS DE AHORRO**

Considerando la información que obtuvieron y las mediciones realizadas se plantearon las siguientes propuestas de ahorro de energía.

- **ILUMINACIÓN:**

➢ "Existe una tendencia al uso de iluminación fluorescente **T8** de **32 W** y de **40W**, y hay lugares en donde se tiene una cantidad excesiva de luminarias por lo que se recomienda.

➢ Cambiar las luminarias por fluorescente T5 que son de mayor eficacia y consumen menos energía.

➢ Con este cambio en todas las áreas de la industria se lograría un ahorro de **158878,08 [kWh]/año** y un ahorro económico de **$ 10088.23** con una inversión inicial de **$ 30094,4** con el análisis económico el proyecto es viable y tiene un periodo de recuperación de 2.01 años.

➢ Para mejorar la utilización de la energía se debe implementar de sensores de luz de día, en las áreas que se consideran útiles, ya que de esta manera se aprovecha mejor la luz natural.

➢ Estos sensores se usaran en una área específica de la industria que con su uso se tendrá un ahorro de **8017,92 kWh/año** con representa un ahorro económico de **$ 430,29** dólares de Norteamérica."[9]

9Tesis: Desarrolló y Aplicación de una guía para Realizar Auditorías Energéticas en el Sector Industrial
Paul Muños, Efraín Vergara , Escuela Politécnica Nacional, Quito 2011

CAPÍTULO II

EL PROCESO INDUSTRIAL DE FABRICACION DE PAPEL Y ANALISIS ELECTRICO

2.1 INTRODUCCION

Para llevar adelante cualquier proceso o actividad se requiere de Energía, es así que en la actualidad, la Energía Eléctrica se ha convertido en el factor fundamental que permite al Sector Industrial llevar adelante sus procesos Productivos.

El suministro de energía Eléctrica es costoso y los recursos para producir energía son limitados, por tanto es importante en la Industria conocer como consumen dicha energía en sus procesos, cuáles son sus costos por este consumo e investigar la posibilidad de buscar alternativas para disminuir el consumo de electricidad.

La auditoría busca establecer la cantidad de energía eléctrica consumida en cada etapa del proceso productivo, así como la energía destinada a la instalación industrial, sistema de iluminación, calefacción y otras cargas instaladas en la industria.

La auditoría Eléctrica debe tener una estructura básica para ser llevada adelante, de tal manera que exista orden en la recolección de la información.

En la Industria que va ser auditada, se debe conocer aspectos generales, proceso de producción, estadísticas de producción, consumos de electricidad, costos por consumos eléctricos y otros aspectos que se consideren importantes para el desarrollo de la auditoria.

2.2 INFORMACION GENERAL DE CARTOPEL

La Fábrica de Cartones Nacionales CARTOPEL es una industria Ecuatoriana dedicada exclusivamente a la producción y comercialización de papel y cartón, ubicada en el Parque Industrial de la Ciudad de Cuenca, en la Av. Cornelio Vintimilla y Carlos Tosi.

Opera desde el año de 1991, la industria internamente se encuentra organizada en, la División CARTOPEL y la División ONDUTEC, la primera se dedica a la producción de Bobinas de Papel y la segunda la elaboración de Cajas de cartón, sus productos abastecen a varios sectores a nivel nacional e internacional.

CARTOPEL forma parte del Grupo CARTOPEL S.A.I el mismos que tiene plantas corrugadoras de papel en Guayaquil (Corrupac) y en Lima, Perú (Villa Marina) las misma que cuentan con maquinaria de última tecnología.

Figura 2.1 Logotipo del Grupo CARTOPEL.

Figura 2.2 Ubicación en la Ciudad de Cuenca de CARTOPEL

2.3 PROCESO GENERICO DE FABRICACION DE PAPEL

La Materia Prima constituye el papel reciclado, a partir de este se procede a la etapa de Molienda en la cual se obtiene por medios fisicomecánicos una suspensión acuosa de fibras llamada pasta, conformada por de agua, pulpa y/o desperdicio de papel y cartón.

"Para la conformación de la pasta se efectúa una formulación, seleccionando varios tipos de papel recuperado, en porcentajes diversos, que varían en función de las características del papel a ser fabricado. La pasta es sometida a diversos procesos de depuración para retirar todos aquellos materiales no fibrosos que acompañan al papel recuperado y que son perjudiciales para el proceso de operación, resistencia y apariencia del papel, tales como grapas, clips, plásticos, etc.

Así mismo, durante el proceso de preparación de la pasta se agregan diversos aditivos, con objeto de proporcionar al papel el color apropiado o mejorar sus propiedades físicas. Finalmente, se somete a la pasta a un proceso de refinación, para desarrollar los puntos de contacto entre fibras que permitan su adecuada formación en la máquina de papel.

Una vez obtenida la pasta, depurada, refinada y acondicionada, se bombea a la Máquina de Papel, en la que como primera fase, se distribuye a todo lo ancho de una malla plástica, de forma homogénea para minimizar las variaciones de peso en el papel. La pasta debe ingresar a la maquina con una relación adecuada de fibra-agua, con el objeto de que la hoja se forme apropiadamente. El resto de las operaciones de la máquina sirven para retirar el excedente de agua, recirculándolo al proceso, hasta obtener el papel seco.

En primera instancia, el agua drena a través de la malla de formación, de manera natural, por gravedad. Posteriormente, el drenado es inducido por medio de vacío. Cuando este procedimiento no permite retirar más agua, se pasa la hoja entre dos

rodillos recubiertos de hule u otro elastómero, exprimiéndola.

De la sección de prensas la hoja pasa a la sección de secadores, en la que entra en contacto con una superficie metálica caliente que evapora el agua remanente, hasta secar totalmente el papel.

Finalmente, en algunas calidades de papel, se pasa la hoja entre rodillos metálicos pulidos, con objeto de impartir lisura en su superficie y, posteriormente, enrollarlo. El rollo de máquina se rebobina, obteniendo uno o más rollos terminados, con la anchura y diámetro requeridos por el cliente."[10]

Por lo tanto la elaboración del Papel se puede resumir de la siguiente Manera.

- Recopilación de la Materia Prima
- Molienda para obtener la pasta
- Eliminación de impurezas
- Refinación, para desarrollar propiedades Físicas de la Pasta
- Formación
- Prensado
- Secado
- Enrollado o Embobinado

2.4 CARACTERISTICAS DE LA PLANTA DE CARTOPEL

CARTOPEL ha invertido desde su creación alrededor de USD 100 millones en maquinarias, materia prima importada y sistemas de control de calidad para mejorar su trabajo diario.

Eso ha hecho que la producción se eleve de forma notoria hasta llegar a los niveles actuales, pero sobre todo mejorando la calidad. CARTOPEL ahora es una empresa líder a nivel nacional en la fabricación de cajas de cartón.

10www.nevado.com.mx/page9.html

Como ya se menciono anteriormente la Planta industrial de la Ciudad de Cuenca tiene dos divisiones: ***Molino*** y ***ONDUTEC*** y cada una se encuentra organizada de la siguiente manera.

- **División Molino:** Sus operaciones principalmente están dedicadas a la elaboración de las bobinas de papel que servirán como materia prima de la división ONDUTEC.

  En el Molino la planta se encuentra distribuida según las etapas del proceso una a continuación de otra, como se detalla a continuación.

  - Patio de Materia prima
  - Área para la preparación de la pasta (Pulpers)
  - Área de limpieza y refinamiento de fibra
  - Área de químicos, luego
  - Formación del papel, la misma que, está conformada por:
    - Mesas de formación,
    - Área de prensas,
    - Área de secadores
    - y finalmente el área de bobinado

  También cuenta con un área que corresponde al Área de Conversión donde se elaboran láminas de papel para las cajas de banano, también esquineros de papel, así como, también se cuenta con maquinaria que permite unir las bobinas de papel que no cuentan con las dimensiones correctas y con esto se obtiene una bobina adecuada para ser enviada a la división ONDUTEC.

Figura 2.3 Bobinas de Papel producidas en la División Molino

- **División ONDUTEC:** Sus operaciones se basan en la elaboración de cajas de Cartón corrugado para satisfacer los requerimientos de los diferentes sectores agrícolas, industrial, floricultora y para los productores de Banano tanto como para el consumo interno como para la exportación.

  ONDUTEC se encuentra en otra nave industrial su proceso es independiente de la División Molino ya que este usa las bobinas de papel fabricadas como materia prima para su proceso de elaboración de Cajas aquí principalmente se encuentra la maquina corrugadora, también una serie de impresoras para los diseños de las cajas, y máquinas de troquelado, principalmente se elabora Cajas para Banano que es una de las principales exportaciones del Ecuador.

Figura 2.4 Cajas de diversos productos producidos en la División Ondutec

También existe un área dedicada para las oficinas administrativas, de comedores, camerinos, talleres, almacén de repuestos, Mantenimiento, Dispensario Médico, parqueadero para los vehículos de los funcionarios de la Empresa y para los camiones

que transportaran el producto terminado, así como también existe una Cancha de Futbol para la práctica del Deporte o para realización de eventos.

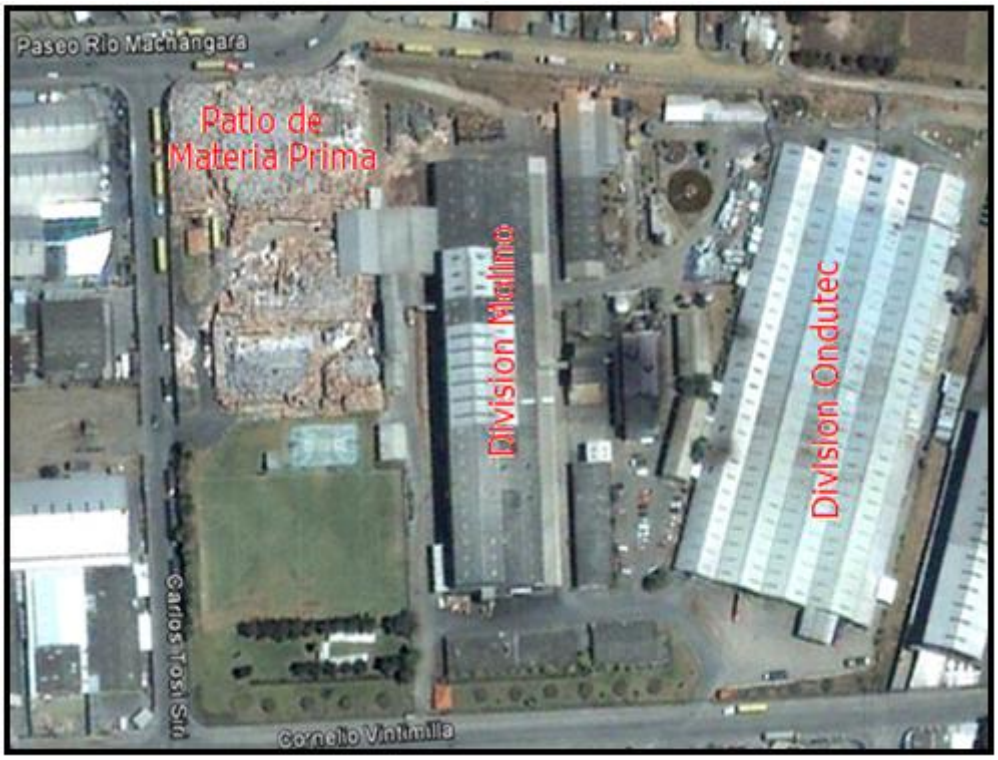


Figura 2.5Vista general de Toda la Nave Industrial CARTOPEL

Referencia: Imagen obtenida de Google Earth

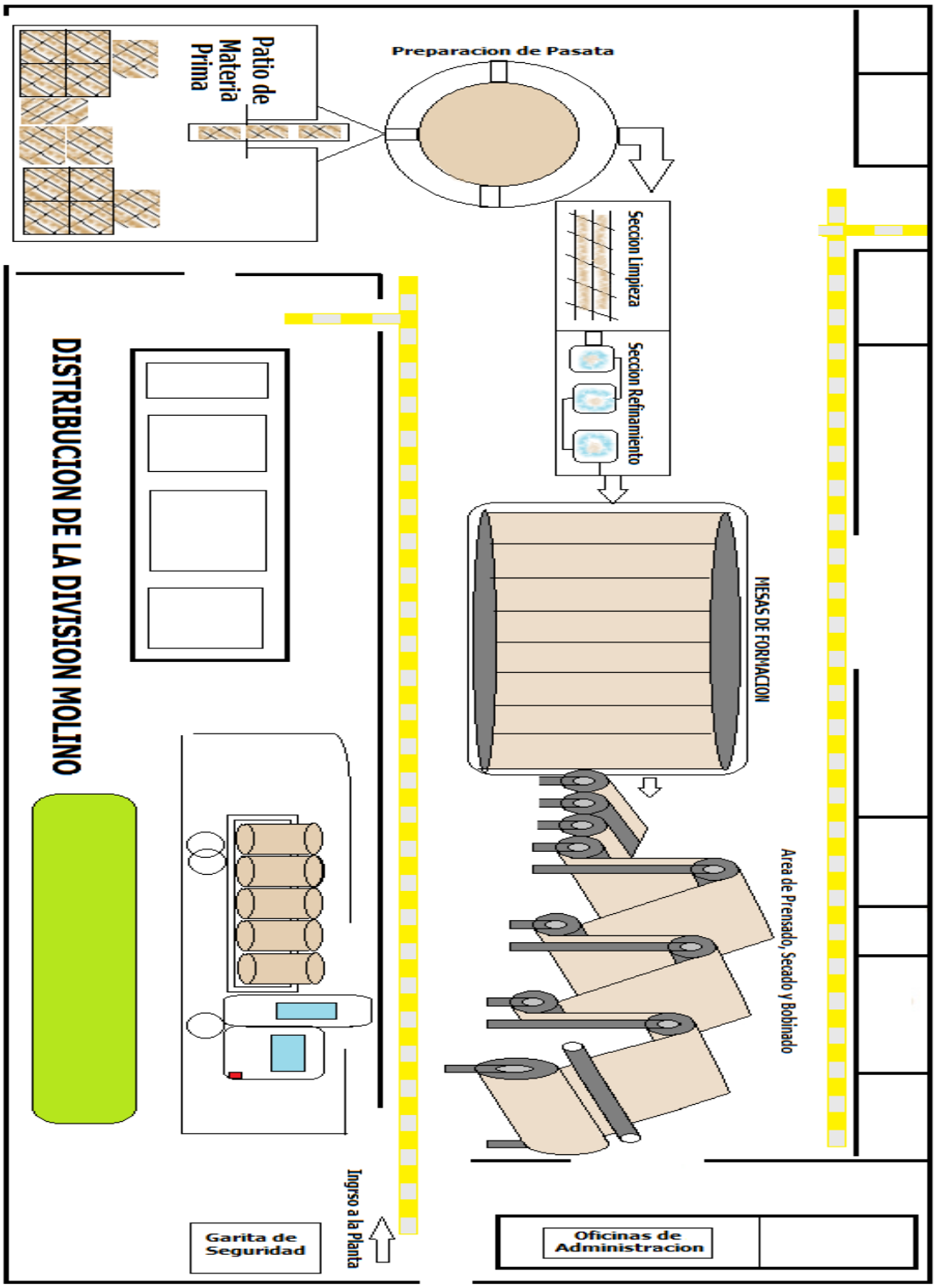


Figura 2.6 Distribución de la División Molino

2.5 PROCESO DE ELABORACION DE PAPEL EN CARTOPEL

La elaboración del Papel en la fábrica de Cartones Nacionales de manera general es muy similar al proceso descrito en párrafos anteriores, no obstante se describirá de forma particular cada etapa de producción.

2.5.1 ÁREA DE MATERIA PRIMA

La materia prima de esta Industria es el papel reciclado, principalmente esta es importada de distintos países donde se tiene centros de acopio, también se usa el papel reciclado en la Ciudad de Cuenca y del resto del País, todo es llevado hasta la planta.

La materia prima de CARTOPEL se clasifica en:

- **DKL (Desperdicio de KraftLined):** El DKL describe a los recortes o residuos que salen del troquelado en las plantas corrugadoras tanto de ONDUTEC como de la planta de la ciudad de Guayaquil, así como también los residuos procedente de Corrugadoras de EE.UU y Centroamérica.

Figura 2.7 Forma de la Fibra DKL en pacas

- **CARTON NACIONAL:** Se le denomina de esta manera porque se trata de cartón que ya ha sido utilizado principalmente en cajas de empaque de diferentes productos nacionales y es reciclado y traído hasta la planta para usarse como materia prima.
- **PLEGADIZAS:** Esto considera todas las cajas de alimentos (jugos, galletas, lácteos, etc.), envases tetra pack y cajas que son fabricadas con cartulina

dúplex o láminas de micro corrugados.

- **FIBRAS VÍRGENES:** Se encuentran en láminas, como su nombre lo indica no han sido utilizadas por lo cual sus propiedades físicas y químicas se mantienen intactas, estas son compradas en Chile que es productor de estas fibras y son obtenidas del árbol de Eucalipto.

Todos estos tipos se usan como materia prima los mismos que se encuentra en grandes cantidades y antes de pasar a la siguiente etapa del proceso son revisados para asegurar que no contengan objetos de plástico o alambres.

2.5.2 ETAPA DE PREPARACIÓN DE LA PASTA

La preparación de la materia prima en Pasta consiste en depositar la misma en las maquinas conocidas como Pulper, la materia prima es llevada por bandas transportadoras hacia el interior de estos, anteriormente la fábrica contaba con cuatro equipos, en la actualidad solo existen tres los mismos que están denominados Pulper #2, Pulper #3 y Pulper #4 estos equipos trasforman en Pasta la materia prima a través de un proceso de licuado, es decir, pueden considerarse como unas licuadoras gigantes, estos equipos también cuentan con dispositivos llamados Peras de Limpieza que se usan para el lavado del Pulper, como el licuado se lo realiza con agua también se cuenta con sistemas de bombeo, para agua como también para el bombeo de la pasta hacia la siguiente etapa del proceso.

Los Pulpers #3 y #4 son utilizados para preparar pasta a partir de la Materia prima que esta almacenada en el Patio DKL, Cartón Nacional, Fibras Vírgenes, Plegadizas mientras que el Pulper # 2 se lo utiliza para la Recuperación de papel, es decir, para el papel que luego del proceso de fabricación presenta imperfecciones o se estropea en el bobinado.

Denominación	Capacidad
Pulper #2	40 Toneladas/Día
Pulper #3	110 Toneladas/Día
Pulper #4	220 Toneladas/Día

Tabla 2.1 Características de los Pulpers

Figura 2.8 Pulper #3

2.5.3 ETAPA DE LIMPIEZA

Luego de la etapa de preparación de la pasta, esta es trasportada a los tanques donde la pasta se hace reposar antes de iniciar la etapa de limpieza, la pasta pasa por unos equipos denominados depuradores donde se realiza un desfibramiento adicional al que se ya se realizó en los Pulpers.

En el equipo denominado (depurador de alta) se realiza la limpieza y separación de los contaminantes que pueden ser piedras, etc. Los contaminantes pesados por lo general son arenas y también metales.

A los contaminantes plásticos se los conoce como livianos, son los más difíciles de eliminar y son los que más roturas pueden causar si se presentan en la etapa de formación de papel.

Para la eliminación de contaminantes livianos se usa el equipo conocido como

SCREEN, CH5 /CH7 y AGA POMPE que generalmente son cedazos.

También en esta etapa del proceso, el agua es muy importante para la limpieza de la pasta por ello existen sistemas de bombeo, y el clasificador de fibras donde se seleccionan las más adecuadas para la siguiente etapa del proceso y se rechaza todos los contaminantes encontrados, los cuales son enviados a una planta de tratamiento.

2.5.4 ETAPA DE REFINAMIENTO

Una vez limpia la pasta, la misma es llevada hacia los refinadores, en esta etapa el objetivo es que la pasta, mediante el refinado, desarrolle los puntos de contacto entre fibras, la capacidad de unirse entre sí, que permite una adecuada formación del papel en la máquina. Del refinamiento depende la condición mecánica de la hoja de papel.

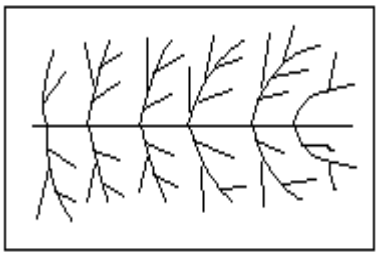


Figura 2.9 Aspecto de la Fibra de Papel con sus derivaciones

La producción de los diferentes tipos de papel depende de la etapa de refinamiento, CARTOPEL cuenta con cuatro equipos para el refinamiento, tres equipos corresponden a refinadores cónicos y el otro es un refinador de disco.

Los refinadores cónicos alcanzan un mejor refinamiento los refinadores de disco por lo general lastiman la fibra debido a su principio de funcionamiento. El refinamiento para la línea Back se lo realiza en dos equipos denominados Pilao 1000 y Pilao 2000 para la línea Top en un refinador Pilao 2002 y uno de disco.

Tanto la Línea Back y la Top corresponde a 2 líneas de un mismo proceso, es decir, para formar la hoja de papel se unen las 2 hojas por tanto la una línea aporta con el

30% y la Back con el 70% del "gramaje"[11] total de la hoja de Papel.

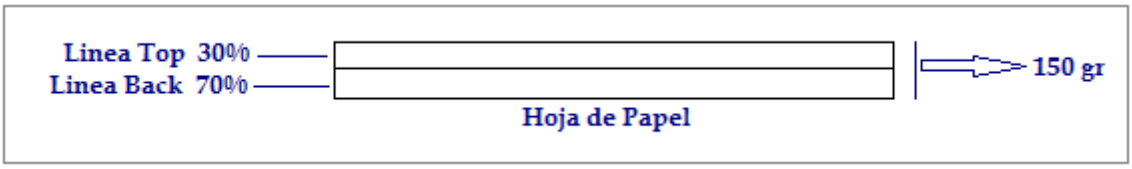


Figura 2.10 Formación de la Hoja de Papel

Después de pasar la pasta el refinamiento se efectúa la última etapa de limpieza, la misma que se desarrolla en los equipos conocidos como SCREEN SP 1500 Y SCRENN M-32 y se encuentra lista para ir a la formación del papel.

Como ya se explico para obtener la hoja de papel con el peso adecuado se requiere de la unión de dos hojas de distintos espesores, la razón por la que se realiza esto es que la elaboración de hojas de menor espesor, permite manipular menos cantidad de pasta, es decir, con menores cantidades de pasta de obtiene una mejor limpieza de la misma y con ello una hoja con mejores características. Al unir varias hojas de espesores pequeños se puede obtener una hoja con grandes características mecánicas. Es así que en algunas Industrias del Papel se realiza la unión de hasta tres hojas para obtener la hoja final.

2.5.5 ETAPA DE FORMACIÓN DEL PAPEL

La etapa de formación es una de las más importantes porque consiste en convertir la pasta en lámina de papel. Para obtener la lámina, se realiza de papel las siguientes fases todo esto se realiza en la Maquina Papelera conocida como (Molino).

2.5.5.1 MESAS DE FORMACIÓN

Para la formación de la hoja toda la pasta que viene del refinamiento ingresa a una cabeza hidráulica denominada Head Box, la cual controla y expulsa la pasta de papel sobre la tela de la máquina, es decir, sobre la mesa de formación, esta máquina tiene una abertura por donde cae la pasta, a través del control de la abertura, se regular la

[11] **Gramaje:** Término que hace referencia al peso que tiene el papel

cantidad de pasta que se desea que caiga y se puede obtener un papel de buenas propiedades.

Figura 2.11 Vista de la Cabeza Hidráulica

Existen dos mesas de Formación una superior y otra inferior, básicamente son las telas donde se coloca la pasta, permitiendo una distribución uniforme de la pasta, aquí ya empieza la primera parte del secado ya que el agua que contiene la pasta cae por gravedad a través de la tela, también se usa un sistema para absorber el agua mediante bombas de vacío.

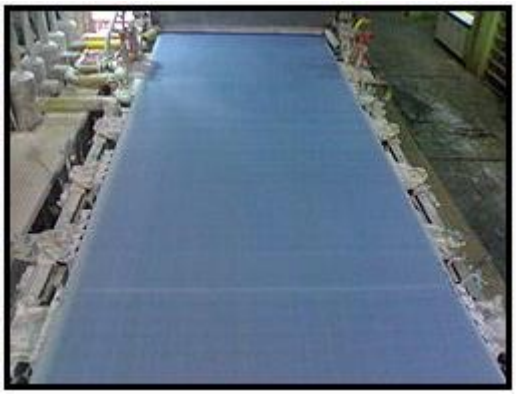


Figura 2.12 Tela en Mesa Formación

Referencia: Figuras 2.12 y 2.13, obtenidas de wikipedia.com/fabricación_de_papel

Luego de la mesa de formación el proceso continúa al área de prensas-

2.5.5.2 ÁREA DE PRENSAS

El proceso de prensado consiste en hacer pasar la hoja de papel por 2 rodillos, entre el rodillo y la hoja esta una cinta de fieltro con que el objetivo de absorber el agua escurrida por la presión del rodillo. También se los usa para dar mayor formación y lisura con el objetivo de obtener una hoja de papel uniforme. En esta etapa se cuenta

con tres prensas.

2.5.5.3 ÁREA DE SECADO

El área de secadores de la División Molino lo conforman 48 secadores divididos en 6 grupos, a continuación se indica el número de secadores por grupo o sección.

SECCION	Nº DE SECADORES	PRESION
Grupo 1	6	5kg/cm²
Grupo 2	6	5kg/cm²
Grupo 3	8	8kg/cm²
Grupo 4	10	9kg/cm²
Grupo 5	8	10kg/cm²
Grupo 6	10	10kg/cm²

Tabla 2.2 Grupos de Secadores

En el área de secado principalmente lo que se realiza es eliminar el agua que todavía contiene la hoja de papel por medio de calor, a través de los rodillos de secado que son de gran diámetro y por los que circula vapor a presiones comprendidas entre (5 - 10 kg/cm^2), la hoja de papel que circula a través de ellos, está acompañada de una lona la cual permite guiar al papel y evitar que la hoja no se separe de los cilindros.

2.5.5.4 ÁREA DE BOBINADO

Esta área es donde concluye todo el proceso de elaboración del papel, la hoja de papel fabricada es enrollada en bobinas de 6 TON cada una, esto se lo hace en el equipo conocido como POPE REEL, a continuación se realiza el rebobinado, donde se obtiene bobinas de 3 TON más compactas y con el formato final (anchos específicos de papel), estas bobinas están listas para ser enviadas como materia prima de las corrugadoras.

CARTOPEL también cuenta con un departamento de Control de Calidad donde se toman muestras del papel elaborado para hacerles pruebas tanto físicas y químicas para comprobar si tienen la resistencia y el peso adecuados, y establecer su aptitud

para la comercialización o para las corrugadoras.

Figura 2.13 Montarollos de maquina corrugadora

2.5.6 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA FABRICACIÓN DEL PAPEL

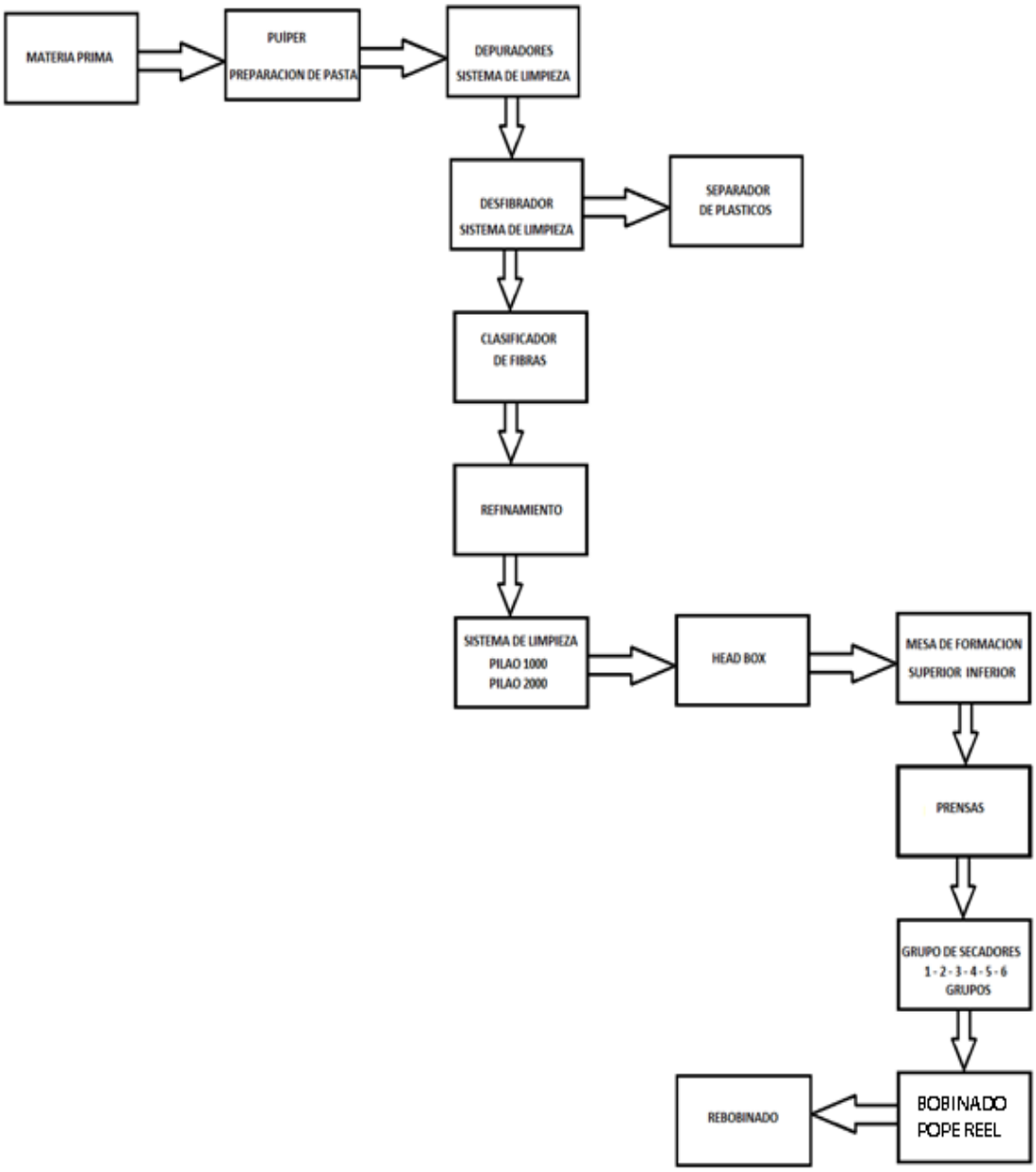


Figura 2.14 Diagrama de Flujo del Proceso de Elaboración del Papel

2.6 PRODUCCION DE CARTOPEL

La industria CARTOPEL desde sus inicios se ha dedicado a la producción y comercialización de Papel KraftLiner, corrugados Medios entre 100 y 400 gr/cm^2, en su sección Ondutec se fabrica las cajas de cartón corrugado utilizando la materia prima producida en la sección Molino.

"Cuando CARTOPEL inició sus actividades en Cuenca, su producción era de 25 toneladas (t) de papel al día. Luego de incorporar maquinaria su producción fue creciendo de forma acelerada. Ahora, 20 años más tarde, alcanza las 300 t diarias, pese a que su infraestructura no opera al 100 %.

En cajas de cartón, la producción también creció de 20 000 toneladas anuales a 140 000, durante el año 2010. Por este nivel de producción se facturó un total de USD 121,6 millones."[12]

En la división Molino se produce papel de distintos gramajes (peso de Papel), existen tres tipos de papeles los cuales no presentan variaciones en su proceso de fabricación siendo la única variante el peso, estos tipos de papeles son:

2.6.1 TIPOS DE PAPEL PRODUCIDOS

- **Corrugado Medio:** Es aquel que es fabricado para formar la parte central de una caja de cartón, cumple la función de ser la estructura de la misma y por lo tanto proporciona la resistencia y forma el cuerpo de la caja de papel, el acabado superficial de este papel no es importante. Su gramaje varía entre 130 gr y 175gr.

- **KraftLiners:** Es aquel empleado para formar la pared exterior de una caja de cartón, por tanto su acabado es de mucha importancia ya que es la parte donde se imprimirá la publicidad e información (marcas, logotipos, tipo de

12 **www.revistalideres.ec/Lideres/Especiales/2011/mas_respetados/cartopel.html**

producto, etc.) y le dará la estética a la caja. Su gramaje se encuentra entre los 240 y 280 gr.

- **Botton Pack:** Es el papel utilizado parar formar la pared interior de la caja de cartón. Este tipo de papel tiene un gramaje de 280 a 350 gr.

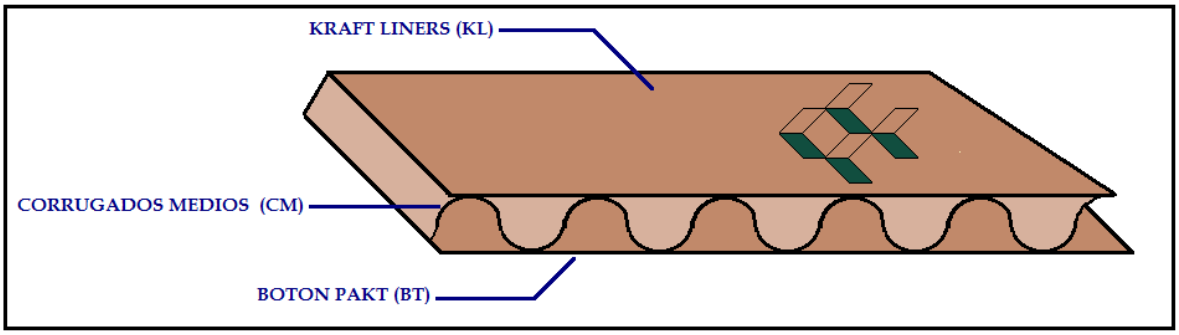


Figura 2.15 Representación de una caja de Cartón

En la gráfica se detalla la forma en que se usa los tipos de cartón tanto para las caras internas y externas de la caja así como el corrugado que se aprecia en la parte central.

La Industria realiza tres turnos diarios ya que su proceso es continuo, es decir, laboran las 24 horas del día, en cada turno se lleva a cabo un control del proceso y de la calidad del producto, el papel que mayormente se produce es CM (Corrugado Medio), la planta se estima que dedica el 75% a este tipo de papel y el 25% restante lo comparten tanto KrafrLiners y Boton Pack.

Como se observa a continuación en el mes de agosto del año 2011 el 89% de la producción se lo destino a CM[13], mientras que el resto de porcentaje de producción corresponde a los otros tipos de papeles.

13 CM: Corrugados Medios

KLI: KraftLiners

BP: Botton Pack

PRODUCCION DE PAPEL_AGOSTO_2011				
	Tipos de Papel (TON)			
GRAMAJE	CM	KL	KLI	BP
127	30,956	12,246		
130	284,871			
145	66,983			
146	302,939			
147	165,554			
155	948,218			
160	1117,051			
165	1229,879			
175	2176,006	55,232		
151		12,197		
171		23,668		
250		154,229		366,84
270		12,484	124,91	
205			44,683	
TOTAL	6322,457	270,056	169,593	366,84
%	89%	4%	2%	5%
%	88,69	3,79	2,38	5,15
PRODUCCION		7.129,03		

Tabla 2.3 Producción de Papel en el Mes de Agosto 2011

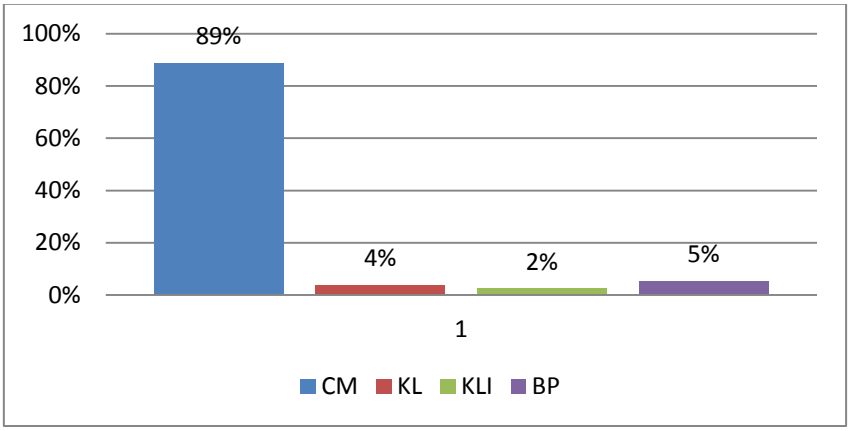


Figura 2.16 Producción de papel observada en Agosto_2011

La producción diaria que tiene CARTOPEL y la que se observó en el mes de agosto de 2011 se representa en la siguiente gráfica.

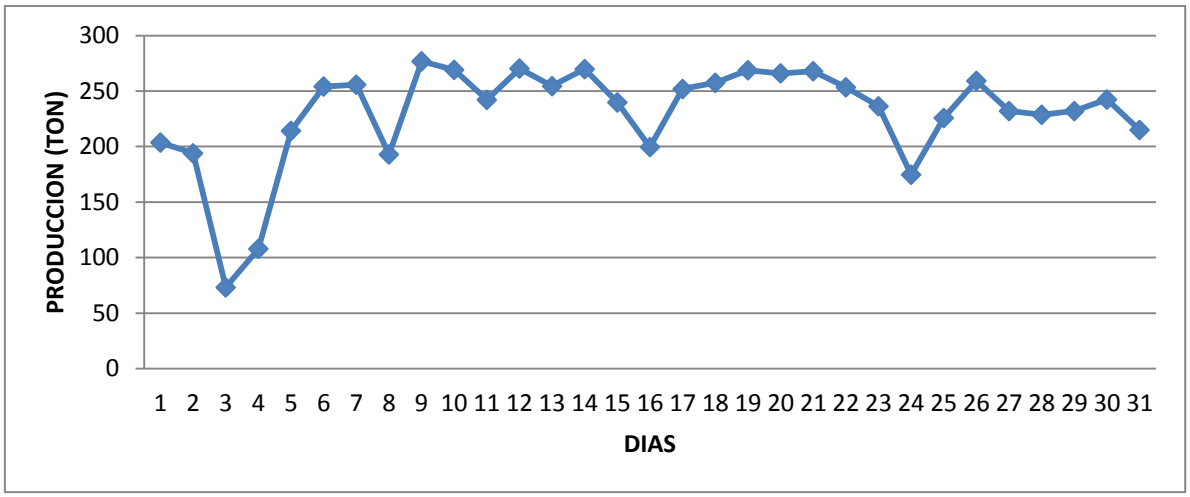


Figura 2.17 Producción Diaria Molino Agosto-2011

2.7 REQUERIMIENTOS DE ENERGIA ELECTRICA DE CARTOPEL

La industria CARTOPEL para llevar adelante todo su proceso de fabricación de papel necesita de varios tipos de energías como eléctrica, combustibles (Bunker) principalmente también requiere de agua la misma que proviene del rio Machangara, el presente estudio se concentra en el consumo de energía eléctrica debido a que representa la mayor facturación para la Industria en cuanto a las energías.

2.7.1 SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA DE CARTOPEL

La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur de la Ciudad de Cuenca, es la distribuidora que entrega el suministro eléctrico a la Industria, el cual se conecta a través del alimentador # 0425 el mismo que proviene desde la S/E # 4 y llega al castillo que está ubicado en Patio de Materias Primas, la acometida es subterránea las características de conductor son, 3 * 3/0 XLPE (aislamiento 25 kV y 310 A), el equipo de medición comercial de la empresa distribuidora tiene las siguientes características:

Marca	**Howest**	
Procedencia	**Argentina**	
Clase de Aislamiento	**24KV**	
Norma de Especificación	**IEC**	
Nivel Básico de Impulso	**150KV**	
Servicio	**Exterior**	
Frecuencia	**60hz**	
Aislamiento	**Resina**	
Relación de Transformación	**Trafo.Corr 200/5A**	**Trafo.Tensión 13200/120 V**
Potencia y Clase de Precisión	**15VA Cl 0.2**	**30VA Cl 0.2**

Tabla 2.4 Características del Equipo de Medición

En su cabina de transformación cuenta con 2 transformadores TR1 Y TR2 con características similares.

TR-1	**TR-2**
2000 KVA	2000 KVA
22 KV – 52.5 A	22 KV – 52.5 A
460V – 2510 A	460 -2501 A

Tabla 2.5 Características de los Transformadores

La Industria CARTOPEL en el año 2010 para llevar adelante todas sus actividades requirió de la siguiente cantidad de Energía.

TOTALES DE ENERGÍA		
mes/año	**2010 (kWh)**	**2011 (kWh)**
Enero	2.852.944,00	3.361.261,00
Febrero	2.970.260,00	3.016.200,00
Marzo	3.282.884,00	3.498.844,00
Abril	3.347.376,00	3.558.970,00
Mayo	3.402.356,00	3.757.343,00
Junio	3.274.382,00	3.282.240,00
Julio	3.467.009,00	
Agosto	3.411.905,00	
Septiembre	3.464.745,00	
Octubre	3.556.687,00	
Noviembre	3.389.331,00	
Diciembre	3.365.106,00	
TOTAL	**39.784.985,00**	**20.476.869,00**

Tabla 2.6 Consumo de Energía CARTOPEL 2010-2011

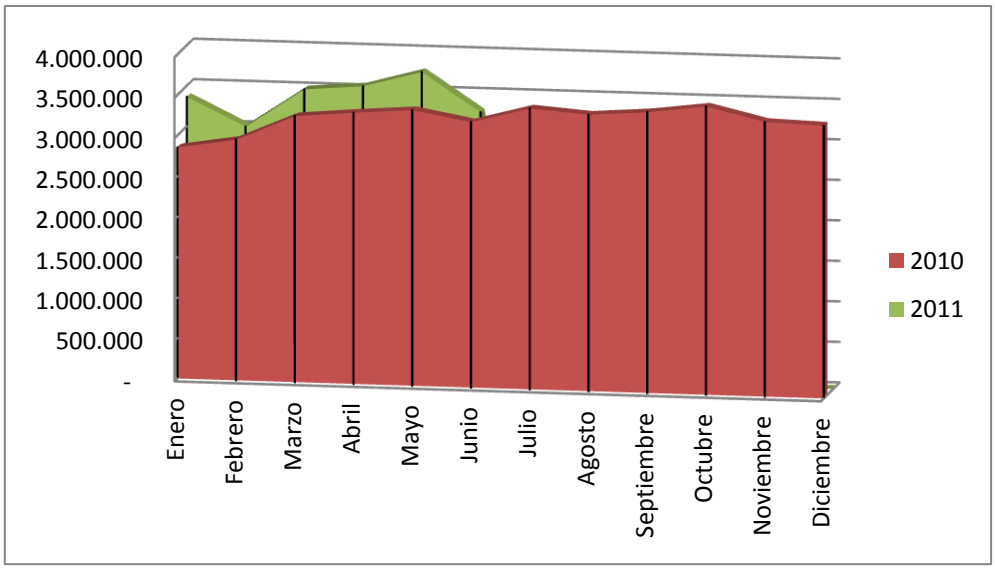


Figura 2.18 Consumos Mensuales de Energía CARTOPEL 2010-2011

La fábrica CARTOPEL en consumo diario promedio mensualmente registro los siguientes valores que se observan en la tabla.

ENERGIA PROMEDIO DIARIA		
Mes/Año	**2010 (kWh/Día)**	**2011 (kWh/Día)**
Enero	95.098	112.042
Febrero	99.009	100.540
Marzo	109.429	116.628
Abril	111.579	118.632
Mayo	113.412	125.245
Junio	109.146	109.408
Julio	115.567	.
Agosto	113.730	.
Septiembre	115.492	.
Octubre	118.556	.
Noviembre	112.978	.
Diciembre	112.170	.
Total	110.514	113.749

Tabla2.7 Energía promedio consumida en un día.

La demanda máxima promedio en el año 2010 fue de **5.258 kW** y hasta junio del 2011 se observó un promedio de **5.600 kW**

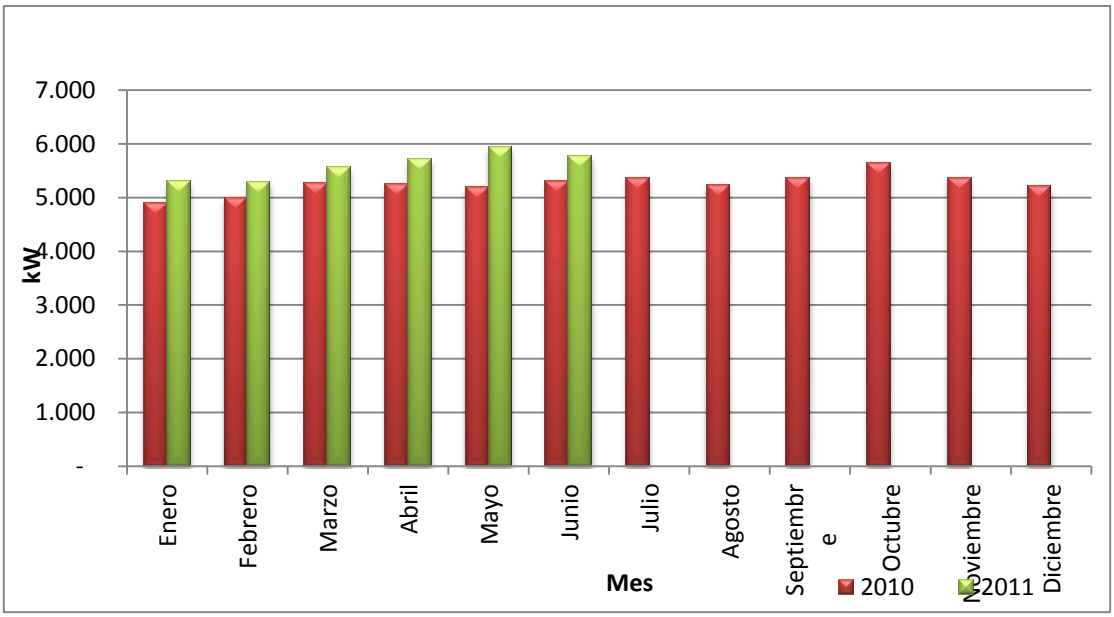


Figura2.19 Demandas Máximas observadas mensualmente en los años 2010-2011

Fuente: Información brindada por la empresa distribuidora de Electricidad EERCS.

2.7.2 FACTURACION DE CARTOPEL POR CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA

Para conocer cuál es el monto que CARTOPEL S.A.I tiene que cancelar a la empresa distribuidora, es necesario conocer algunos parámetros y definiciones que intervienen al momento de realizar la facturación.

- **CONSUMIDOR INDUSTRIAL**

"Se denomina a toda persona Natural o jurídica, pública o privada, que utiliza los servicios de energía eléctrica para la elaboración o transformación de productos por medio de cualquier proceso industrial. También se debe considerar dentro de esta definición a los agroindustriales, en los cuales existe una transformación de productos de la agricultura, ganadería, riqueza forestal y pesca, en productos elaborados.

– La facturación mensual por servicios eléctricos, corresponde a la sumatoria de los rubros facturados por concepto de: *consumo de energía, demanda de potencia, perdidas en transformadores, comercialización y penalización por bajo factor de*

potencia."[14]

También hay que establecer la categoría del consumidor y grupo de tarifas que existen.

- **CATEGORIA Y GRUPOS TARIFARIOS**

De acuerdo a la Codificación del Reglamento de Tarifas Eléctricas, las tarifas se clasifican, por las características del consumo y por el nivel de tensión.

- Por **las características del consumo** se consideran tres categorías tarifarias las mismas que son:
  - Categoría Residencial
  - Categoría General y
  - Alumbrado Público
- Por el **Nivel de Tensión** tiene a su vez tres grupos:
  - Alta tensión
  - Media tensión y
  - Baja tensión

La industria CARTOPEL S.A.I corresponde a la **Categoría General** ya que esta manifiesta lo siguiente.

- **Categoría General***: Al servicio Eléctrico destinado por los consumidores en actividades diferentes a la Categoría Residencial y básicamente comprende el comercio, la industria y la prestación de servicios públicos y privados. En su inciso (b) establece.*

  (b) *Locales públicos o privados destinados a la elaboración o transformación de productos por medio de cualquier proceso industrial y sus oficinas administrativas.*

[14]**Pliego Tarifario para Empresas Eléctricas _Vigente 2011**
www.conelec.gob.ec

- **TARIFA DE MEDIA TENSION CON REGISTRADOR DE DEMANDA HORARIA PARA INDUSTRIALES**

"La tarifa de media tensión para industriales se aplica a los consumidores industriales que disponen de un registrador de demanda horaria que les permite identificar los consumos de potencia y energía en los periodos horarios de punta, media y base, con el objeto de incentivar el uso de energía en las horas de menor demanda (22h00 hasta las 08h00).

El consumidor deberá pagar:

a) Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía.

b) Un cargo por demanda en USD/kw por cada KW de demanda facturable, como mínimo de pago, sin derecho a consumo, afectado por un factor de corrección (FCI).

c) Un cargo por energía expresado en USD/KWh, en función de la energía consumida en el periodo de lunes a viernes de 08h00 hasta las 18h00.

d) Un cargo por energía expresado en USD/KWh, en función de la energía consumida en el periodo de lunes a viernes de 18h00 hasta las 22h00.

e) Un cargo por energía expresado en USD/KWh, en función de la energía consumida en el periodo de lunes a viernes de 22h00 hasta la 08h00, "incluyendo la energía de sábados, domingos y feriados en el periodo de 22h00 a18h00"*.

f) Un cargo por energía expresado en USD/KWh, en función de la energía consumida en el periodo de sábados, domingos y feriados en el periodo de 18h00 hasta las 22h00.

Para su aplicación, se debe establecer la demanda máxima mensual del consumidor durante las horas pico de la empresa eléctrica (18h00 – 22h00) y la demanda máxima

mensual del consumidor. "[15]

- **DEMANDA FACTURABLE**

a) En el caso de disponer de un Medidor que registre demanda Máxima:

La demanda mensual facturable corresponde a la máxima demanda registrada en el mes por el respectivo medidor de demanda y no podrá ser inferior al 60% del valor de la máxima demanda de los doce últimos meses, incluyendo el mes de facturación.

b) En el caso de no disponer de un Registrador de Demanda:

- El 90 % de los primeros 10 KW de carga conectada;
- El 80 % de los siguientes 20 kW de carga conectada;
- El 70 % de los siguientes 50 kW de carga conectada;
- El 50 % del exceso de carga conectada.

NIVEL TENSIÓN	MEDIA TENSIÓN C0N DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA		
	DEMANDA (USD/kW)	ENERGIA (USD/KWh)	COMERCIALIZACION (USD/consumidor)
HORARIOS	INDUSTRIALES		
	4,576		1,414
L-V 08h00 hasta 18h00		0,061	
L-V 18h00 hasta 22h00		0,075	
L-V 22h00 hasta 08h00*		0,044	
S,D,F 18h00 hasta 22h00		0,061	
	ALUMBRADO PÚBLICO		
	2,940	0,105	

Tabla 2.8 Precio de la energía en los distintos periodos de Facturación y alumbrado publico

Con los conceptos claros de los factores que afectan a facturación hay que recalcar que la facturación a, los consumidores se efectuara con periodicidad mensual, y no podrá ser inferior a 28 días ni exceder los 33 días calendarios. No habrá más de doce

[15] **Pliego tarifario para Empresas Eléctricas_Vigente2011**
www.conelec.gob.ec

facturaciones anuales, salvo motivos de fuerza mayor que deberán ser debidamente justificados y puestos a consideración del CONELEC.

Sin embargo, el distribuidor y el consumidor, de así convenir a sus intereses, podrá acordar periodos de facturación distintos. Las facturas deberán notificarse al consumidor con 10 días de anticipación a la fecha de pago prevista.

Los cuadros siguientes indican, los montos económicos que la Industria CARTOPEL S.A.I ha pagado por el suministro eléctrico, se observa que para el año 2010 se canceló un total de **$ 2.613.521,42** mientras que hasta septiembre 2011, el valor pagado asciende a **$ 2.086.932,97.**

Mes / Año	$ Energía Activa				$ Demanda	$ Com.	$ Bajo FP	$ Alumb. P.	$ C. Bomb.	$ Intereses	$ TOTAL
	08-18:00	18-22:00	22-08:00	18-22:00 FS							
ene-10	44.253,24	23.488,80	72.088,37	10.731,43	26.906,88	1,41	1.658,73	6.269,51	13,08	-	**185.411,45**
feb-10	53.013,27	26.826,15	70.629,15	8.436,30	27.412,07	1,41	3.565,11	6.645,92	15,72	-	**196.545,10**
mar-10	60.509,50	31.240,95	76.108,30	8.823,35	28.971,57	1,41	5.105,59	7.376,62	14,40	-	**218.151,69**
abr-10	61.614,15	31.048,28	78.229,01	8.869,34	28.905,68	1,41	5.872,59	7.508,92	14,40	607,20	**222.670,98**
may-10	56.078,09	28.724,85	84.280,11	11.259,87	28.466,38	1,41	5.596,97	7.504,27	14,40	612,00	**222.538,35**
jun-10	59.450,54	30.400,80	76.987,46	8.828,16	29.169,25	1,41	3.697,16	7.298,72	14,40	-	**215.847,90**
jul-10	60.148,81	32.240,40	82.964,42	10.097,70	29.476,76	1,41	5.115,43	7.701,57	14,40	-	**227.760,90**
ago-10	60.980,36	29.926,35	81.437,93	9.903,17	28.707,99	1,41	4.104,00	7.527,14	14,40	-	**222.602,75**
sep-10	62.903,81	32.570,85	81.153,34	9.446,64	29.498,73	1,41	3.519,40	7.668,30	14,40	-	**226.776,88**
oct-10	59.430,17	30.545,10	87.177,33	11.824,91	30.882,51	1,41	5.170,48	7.876,12	14,40	-	**232.922,43**
nov-10	56.140,98	29.701,05	83.125,06	11.209,79	29.498,73	1,41	5.349,10	7.525,91	14,40	-	**222.566,43**
dic-10	62.831,10	31.532,63	77.966,11	8.704,46	28.554,24	1,41	2.692,33	7.429,88	14,40	-	**219.726,56**
TOTALES	**697.354,02**	**358.246,21**	**952.146,59**	**118.135,12**	**346.450,79**	**16,92**	**51.446,89**	**88.332,88**	**172,80**	**1.219,20**	**2.613.521,42**

Tabla 2.9 Facturación de CARTOPEL en el año 2010

Mes / Año	$ Energía Activa				$ Demanda	$ Com.	$ Bajo FP	$ Alumb. P.	$ C. Bomb.	$ Intereses	$ TOTAL
	08-18:00	18-22:00	22-08:00	18-22:00 FS							
ene-11	56.587,63	29.053,05	82.264,29	10.771,26	29.125,32	1,41	3.195,09	7.384,93	15,84	-	**218.398,82**
feb-11	53.473,64	26.839,58	71.992,23	8.877,64	29.103,36	1,41	6.006,82	6.870,31	15,84	-	**203.180,82**
mar-11	63.166,78	32.924,63	82.214,92	9.504,23	30.509,11	1,41	6.408,18	7.865,52	15,84	658,92	**233.269,54**
abr-11	61.921,77	31.799,55	85.579,65	10.667,25	31.387,70	1,41	5.376,19	7.935,67	15,84	-	**234.685,03**
may-11	65.231,08	33.060,68	90.737,28	11.282,62	32.639,69	1,41	5.183,83	8.334,78	15,84		**246.487,21**
jun-11	57.856,85	29.612,10	78.122,35	9.969,29	31.739,14	1,41	4.418,82	7.410,20	15,84		**219.146,01**
jul-11	63.042,71	32.874,15	93.987,78	11.838,82	33.386,50	1,41	5.338,05	8.416,43	15,84		**248.901,69**
ago-11	68.427,54	33.231,53	88.454,56	9.717,30	32.002,71	1,41	5.065,46	8.291,52	15,84		**245.207,87**
sep-11	64.609,13	32.604,15	83.695,70	9.921,16	32.749,52	1,41	6.022,94	8.036,14	15,84		**237.655,99**
TOTALES	**554.317,13**	**281.999,40**	**757.048,78**	**92.549,57**	**282.643,05**	**12,69**	**47.015,38**	**70.545,50**	**142,56**	**658,92**	**2.086.932,97**

Tabla 2.10 Facturación de CARTOPEL en el 2011

2.8 DESARROLLO DE LA AUDITORIA ELECTRICA

Con la realización de la auditoria eléctrica se busca determinar la situación eléctrica real de la industria, para lo cual se deben tener presente las siguientes indicaciones

2.8.1 INSTRUCCIONES GENERALES

- "Las auditorias eléctricas requieren que se establezca una buena relación entre el personal de la instalación auditada y el personal auditor, si este es ajeno a la misma, para que la transmisión de datos e informaciones sea más fluida.

- Se han de planificar correctamente los trabajos de la auditoría para minimizar las interferencias con el normal funcionamiento de la instalación.

- Para la realización de medidas in situ debe obtenerse la autorización previa de los responsables de la Instalación. Se harán con las máximas medidas de seguridad para el personal de la instalación y de los auditores.

- En lo posible, hay que evitar que los trabajadores de medición, modifiquen su

método de trabajo habitual.

- Es conveniente preparar una lista de la documentación necesaria para la auditoría y comentarla con el responsable de la instalación."[16]

2.8.2 FASES DE DESARROLLO DE LA AUDITORIA ELÉCTRICA

Las etapas fundamentales en las que se basa una auditoria Eléctrica son:

1. Pre diagnosticó energético: Comprende la realización de la visita a la instalación Industrial y la toma de datos para el posterior análisis. Esta fase se la conoce como el ***Censo de Carga.***

2. Diagnostico energético: Basándose en los datos anteriores se realizan:

   - Balances de energía de cada proceso o por área.
   - Detección de posibles mejoras energéticas.
   - Evaluación económica de la ejecución de las mejoras.

2.8.3 CENSO DE CARGA

En CARTOPEL, en primera instancia, se realizó un recorrido para conocer todas las instalaciones, y conocer las características de la planta, establecer cual son las áreas donde se concentran los consumos energéticos y elaborar un cronograma de censo de carga.

El censo de carga consiste en la toma de datos en campo, es decir, conocer todos los equipos y maquinaria que intervienen en el proceso para la elaboración del papel así como las demás instalaciones donde se encuentren equipos que representen un elevado consumo de energía.

16 Protocolo de Auditorías Energéticas para Instalaciones Agrícolas
www.idae.es

El censo de carga permite clasificar las cargas, las que participan directamente en el proceso productivo, otras cargas como por ejemplo los sistemas de iluminación y demás cargas instaladas en la fábrica.

Para realizar el censo de carga es necesario que el auditor cuente con los equipos y herramientas adecuados para realizar mediciones y toma de datos de forma correcta así como también disponer de los formularios para anotar los mismos y además del correspondiente equipo de seguridad industrial, como se muestra en el siguiente cuadro.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS REQUERIDOS POR EL AUDITOR		
Equipo de seguridad	**Herramientas y otros**	**Equipos de Medición**
Casco	**Destornilladores (Plano, estrella)**	**Multímetro**
Tapones para Oídos	**Playo**	**Amperímetro de Gancho**
Ropa de Trabajo	**Cuchilla**	**Analizador de Redes (Para caracterización del consumo en áreas específicas)**
Mono gafas	**Linterna**	**Luxómetro**
Chaleco Refractivo	**Binoculares**	
Franela	**Probador de Tensión**	
	Tabla para sostener los Formularios	
	Lápiz, bolígrafos	
	Calculadora	

Tabla 2.11 Equipo requerido por el auditor

También se elaboraran formularios para recabar los datos que se adquirieron durante las visitas a la planta papelera en los cuales se incluyen aspectos como:

- Descripción del Equipo
- Código del Equipo
- Número de Equipos
- Potencia Nominal del Equipo (kW/HP)

- Voltaje (V)
- Corriente (A)
- Tablero al que Pertenece
- Horas de Funcionamiento
- Días, Meses de Funcionamiento
- Tipo de Luminaria

Los formatos que se usaron en el censo de equipos y luminarias son los siguientes.

LAMPARAS FLUORECENTES											
No	Ubicación	Cantidad	Longitud del tubo	Cantidad de tubos x lamparas	Watts	Tipo de lámpara	Tipo d balastro	Voltios	Horas d funcionamiento	Dias	Semana
1											
2											
3											

Figura 2.20 Formulario para la toma de datos de Luminarias

EQUIPOS																Datos medidos				
No	CODIGO	Equipo descripcion	Cantidad	Voltios	Amp	Fases	HP \kW	Tipo	Total HP	Horas funcio.	Tamaño cable	Cable de fase	Dias	Total HP	Panel Alimentacion	V	Amp	KW	KVAR	FP
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				

Figura 2.21 Formulario para la toma de Datos de Equipos

Es importante destacar que dentro de la Industria se manejan formularios para el control de los equipos que intervienen en el proceso productivo, los operarios llevan a cabo controles diarios en los cuales se toman datos de corriente, voltaje, potencia, y otros parámetros importantes del funcionamiento de los equipos.

Cada de uno de estos formularios, corresponde a un conjunto de máquinas, las cuales se encuentran agrupadas respecto al tablero o cuadro de control al que pertenecen,

por lo tanto existen varios formularios de acuerdo al número de tableros principales de la industria.

Los tableros existentes en CARTOPEL con su correspondiente codificación son:

NOMBRE DEL CUADRO	SECCION A LA QUE ALIMENTA
QCM-1	Preparación Pasta Línea Rollos Top
QCM-2	Maquina Producción Rollos
QCM-23	Servicio Auxiliar Automático
QD-2.1	Área Conversión
QCM-3	Preparación Pasta Línea Rollos Gris
QCM-7	Línea Back
QCM-24	Caldera
QCM-5	Bombas de Vacío
QCM-6	Mesa Superior
QAC-1	Maquina Lina Rollos
SCREEN SP – 1500	Área de Limpieza
PULPER #4	Área de Preparación
PILAO 2000	Área de Limpieza
ONDUTEC	Elaboración de Cajas de Cartón
QCM-27	Cuadro Bombas Piscina

Tabla 2.12 Nomenclatura de los Cuadros de Control

Cada tablero incluye una leyenda, la cual indica la denominación de los equipos y la parte del proceso que se encuentra conectado.

Debido a que los operarios de esta industria llevan un control diario y este es anotado en los formularios antes mencionados y luego archivados, se procedió a recopilar toda la información de los años 2010 y parte del 2011 de cada uno de los cuadros o tableros

existentes, estos datos fueron organizados, clasificados y digitados en Excel® para su posterior evaluación.

A continuación puede observar el formulario que corresponde al tablero QCM-1, aquí se incluyen todas las máquinas que se encuentran instaladas en este tablero ME001_CONTROL DE MAQUINAS QCM-1.

Aspectos importantes a observar son, el código de la máquina, potencia nominal, denominación del equipo, cuadro o tablero al que pertenece y el consumo de corriente de cada equipo.

ME001
CARTOPEL S.A.I.
CONTROL DE MAQUINAS ELECTRICAS QCM1

Código Actual	Potencia kW/HP	Denominación	Cuadro Control	Consumo			
				MEDIDAS REALIZADAS			
05110	15/20	AGITADOR TANQUE 11	QCM 1	FL	20	FS	FS
05130	15/20	AGITADOR TANQUE 5-6-7 #2	QCM 1	24,2	20,6	23,8	22
01033	1.1/1.47	CENTRALINA REFINADOR SPROUT WALDRON	QCM 1	0,9	1,2	FS	FS
06010	4/5.4	RECUPERADOR DE FIBRA 3	QCM 1	3,9	3,8	4	3,8
05080	18.5/25	AGITADOR TANQUE 8 TOP	QCM 1	24,2	21,2	22,3	22
08140	150/200	BOMBA FAN TOP	QCM 1	125	153	127	156
06030	2.24/3	RECUPERADOR DE FIBRA 2 GRIS	QCM 1	4,5	4,4	4	4,4
05100	15/20	AGITADOR TANQUE 10	QCM 1	19	20,2	20,4	19
55080	0.75/1	LOOP CONSISTENCIA TANQUE 9	QCM 1	FS	FL	FL	FS
08060	37/50	MOTOR AGITADOR TANQUE 9	QCM 1	49	46,8	47	49
08040	30/40	BOMBA TANQUE 8	QCM 1	25,5	26,4	26	25
74-86	63/84.5	BOMBA ALTA PRESION WKF 65/4 # 1	QCM1	63	FS	66	71
0104	300/400	REFINADOR PILAO 1000	QCM1	352	280	310	340
1013	2.2/3	CENTRADOR DISCOS SPROUT WALDRON 26"	QCM1	2,9	4,2	FS	FS
08080	40-49	BOMBA TANQUE 13	QCM1	11,3	16	11,5	10,9
53-48	230/308	BOMBA FAN GRIS	QCM1	134	162	153	180
00-122	2.20/3	CENTRALINA PULPER # 4	QCM1	3,1	3,2	3	3
00-133	3.7/5	RAGGER PULPER # 4	QCM1	FS	FS	FS	FS
0838	55.9/75	BOMBA PULPER # 4	QCM1	51	49	52,7	50
04-05	108/147	CLASIFICADOR DE FIBRAS	QCM1	FS	145		FS
0807	30/40	BBA. TANQUE 11	QCM1	FL	39,6	FS	FS
.	15/20	BBA. AUXILIAR TQ COUCH	QCM1	FS	FS		FS

Tabla 2.13 Formato ME001_Control de Maquinas Eléctricas QCM-1

FS = Fuera de Servicio[17]
FL = Fuera de Línea

En los ANEXOS se incluyen el resto de Formatos Utilizados en CARTOPEL.

2.8.4 ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL CENSO DE CARGA

Luego de levantar, organizar y digitalizar toda información de los principales consumos que existen en la industria se inició la etapa de análisis la cual permitirá conocer la forma en que se distribuye el consumo de energía eléctrica dentro de la Industria.

Para determinar el consumo de energía eléctrica que presenta cada cuadro o tablero se hace uso de herramientas estadísticas, como resultado se obtienen parámetros y valores que caracterizaran los requerimientos energéticos de CARTOPEL.

2.8.4.1 CONCEPTOS ESTADISTICOS USADOS PARA EVALUAR LOS DATOS RECOPILADOS

- **ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA**

La estadística descriptiva, analiza y estudia a la totalidad de individuos de una población. Su finalidad es obtener información, analizarla, elaborarla y simplificarla lo necesario para que pueda ser interpretada cómoda y rápidamente y, por lo tanto, pueda utilizarse eficazmente para el fin que se desee. El proceso que sigue la estadística descriptiva para el estudio de una cierta población consta de los siguientes pasos:

- Selección de caracteres dignos de ser estudiados.
- Mediante encuesta o medición, obtención del valor de cada individuo en los caracteres seleccionados.

17 FS y FL son términos utilizados por los operarios para indicar que una maquina no está en operación.

- Elaboración de tablas de frecuencias, mediante la adecuada clasificación de los individuos dentro de cada carácter.
- Representación gráfica de los resultados (elaboración de gráficas estadísticas).

- **MEDIA**

Es el número calculado mediante ciertas operaciones a partir de los elementos de un conjunto de números, x1, x2,…,xn, y que sirve para representar a éste. Hay distintos tipos de medias: media aritmética, media geométrica y media armónica.

La media aritmética es el resultado de sumar todos los elementos del conjunto y dividir por el número de ellos:

$$\boldsymbol{Media\ Aritmética = \frac{x1+x2+---+xn}{n}} \text{(1)}$$

Por ejemplo, para el conjunto de valores 4, 6, 9:

$$\boldsymbol{Media\ Aritmética = \frac{4+6+9}{3} = 6.33}$$

- **MODA**

En estadística, el valor que aparece con más frecuencia en un conjunto dado de números. Es una de las medidas de centralización. En el conjunto {3,4,5,6,6,7,7,7,10,13} la moda es 7. Si son dos los números que se repiten con la misma frecuencia, el conjunto tiene dos modas. Otros conjuntos no tienen moda.

- **LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S ó δ)**

"Es una medida de la cantidad típica en la que los valores del conjunto de datos difieren de la media. Es la medida de dispersión más utilizada, se le llama también desviación típica. La desviación estándar siempre se calcula con respecto a la media y es un mínimo cuando se estima con respecto a este valor.

Se calcula de forma sencilla, si se conoce la varianza, por cuanto que es la raíz

cuadrada positiva de esta. A la desviación se le representa por la letra minúscula griega "sigma" (δ) o por la letra S mayúscula, según otros analistas.

$$\boldsymbol{\delta = \sqrt{\delta^2}\ \ O\ S = \sqrt{S^2}} \text{(2)}$$

- **EL COEFICIENTE DE VARIACIÓN (C.V.)**

Un problema que se plantea, tanto la varianza como la desviación estándar, especialmente a efectos de comparaciones entre distribuciones, es el de la dependencia respecto a las unidades de medida de la variable. Cuando se quiere comparar el grado de dispersión de dos distribuciones que no vienen dadas en las mismas unidades o que las medias no son iguales se utiliza el llamado "Coeficiente de Variación ", del que se demuestra que nos da un número independiente de las unidades de medidas empleadas, por lo que entre dos distribuciones dadas diremos que posee menor dispersión aquella cuyo coeficiente de variación sea menor., y que se define como la ***relación por cociente entre la desviación estándar y la media aritmética***; o en otras palabras es la desviación estándar expresada como porcentaje de la media aritmética.

$$\boldsymbol{CV = \frac{S}{|\bar{X}|}} \text{(3)}$$

Dónde: C.V. representa el número de veces que la desviación típica contiene a la media aritmética y por lo tanto cuanto mayor es CV mayor es la dispersión y menor la representatividad de la media."[18] Se acostumbra expresarlo en forma de porcentaje.

- **UTILIDAD DE LA MEDIA Y DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.**

Conociendo la Media y la Desviación Estándar de un proceso, o de una distribución aislada, se puede obtener información valiosa sobre ese proceso o esa distribución. Se puede conocer:

- El Coeficiente de Variación (CV) del proceso.

18**www.monografias.com/medidas-dispersion2.html**

- Los valores extremos (Límite Inferior y Límite Superior) de la variable del proceso.
- La Estandarización z de cualquier valor de la variable x del proceso.

2.8.5 BALANCE DE ENERGIA ELECTRICA EN LA PLANTA

Con el uso de las herramientas estadísticas antes mencionadas y la ayuda del programa Excel ®se llegó a establecer cuál es el consumo de energía eléctrica que tiene CARTOPEL, el balance de energía se lo presenta para tres escenarios como se describe a continuación.

- **CONSUMO POR AREAS DE LA INDUSTRIA**
- **CONSUMO POR ETAPAS DEL PROCESO**
- **CONSUMO POR TABLERO O CUADRO DE CONTROL**

En cada uno de los escenarios se presentara la distribución del consumo en porcentajes.

2.8.5.1 CONSUMO ELECTRICO POR AREAS DE LA INDUSTRIA

Con el respectivo recorrido por la planta y con el censo de carga se logro caracterizar el consumo eléctrico por áreas, es decir se identificaron las zonas donde se concentran gran cantidad de equipos para llevar adelante una actividad de esta forma se estableció que las principales secciones de consumo dentro de la Industria son:

a) Área del Molino (Elaboración del Papel)
b) Servicios Auxiliares para Calderas (Aire Comprimido, Agua Planta)
c) Área de Conversión
d) Sección ONDUTEC (Elaboración de Cajas)
e) Sistemas de iluminación

2.8.5.1.1 AREA DEL MOLINO

En esta área se concentran todos los equipos que participan en el proceso de producción de papel desde la etapa de preparación hasta la etapa de bobinado, por lo tanto se indicará todo el consumo que presenta esta área.

Como se sabe que todas las máquinas están conectadas a cuadros principales de control y para establecer el consumo, se indicaran cuáles son los que pertenecen a la sección molino.

Consumo de Energía en el MOLINO	(KWH)	%
QCM-1	4.797.690,42	13,98%
QCM-2	1.504.105,82	4,38%
QCM-3	3.452.360,92	10,06%
QCM-5	4.076.813,60	11,88%
QCM-6	3.331.681,27	9,71%
PULPER 4	3.211.572,16	9,36%
PILAO_2000	3.177.645,51	9,26%
SPM_1500	817.551,29	2,38%
QCM-27_28	1.811.422,28	5,28%
QAC1	3.002.469,55	8,75%
TOTAL_MOLINO	29.183.312,83	85,06%
RESTO DE AREAS	5.127.167,49	14,94%
TOTAL DE CONSUMO	34.310.480,32	100%

Tabla 2.14 Consumo de engría en área Molino

Del consumo total de la Industria, el área Molino representa el **85.06 %** cómo se puede apreciar en la siguiente gráfica.

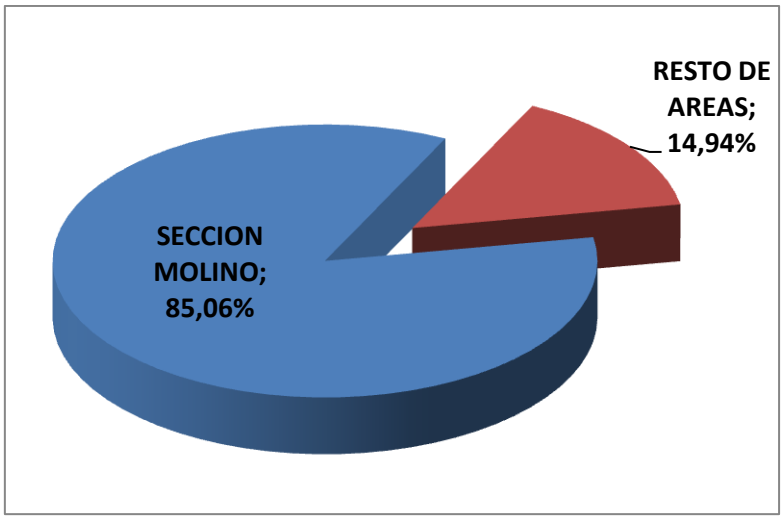


Figura 2.22 Porcentaje de Consumo de Energía en el Área Molino

Con esta distribución por áreas se conoce que, el área en donde se realiza el producto principal es la División Molino (sección Molino), por lo tanto es la que más consumo de electricidad representa, de esta manera, se requiere conocer cómo se distribuye el consumo energético en las diferentes etapas del proceso.

2.8.5.1.2 ÁREA DE SERVICIOS AUXILIARES PARA CALDERAS

En esta área se tiene equipos que permiten el correcto funcionamiento de las calderas, equipos de aire comprimido así como también equipos para el suministro de agua a la planta, aunque mayoritariamente se encuentra conformada por bombas para descarga de combustible, bombas de agua y compresores.

Aunque el vapor que se produce en las calderas es muy importante en la etapa de secado del papel, estos equipos no se los ha considerado en la etapa de proceso debido a su ubicación dentro de la Planta.

La Planta cuenta con cuatro calderas las cuales presentan las siguientes características.

CALDERAS	PRESIÓN
3 de Alta Presión	15 kg/cm^2
1 de Baja Presión	5 kg/cm^2

Tabla 2.15 Presión de las Calderas.

El área de servicios auxiliares es la que menos se des-energiza durante el año, debido a que en las labores de mantenimiento, las cargas que alimenta como aire comprimido, vapor y agua son indispensables.

Todos los equipos de esta sección se encuentran conectados en el cuadro QCM-23. Esta área representa un consumo del **4.56%** de toda la energía eléctrica que requiere CARTOPEL.

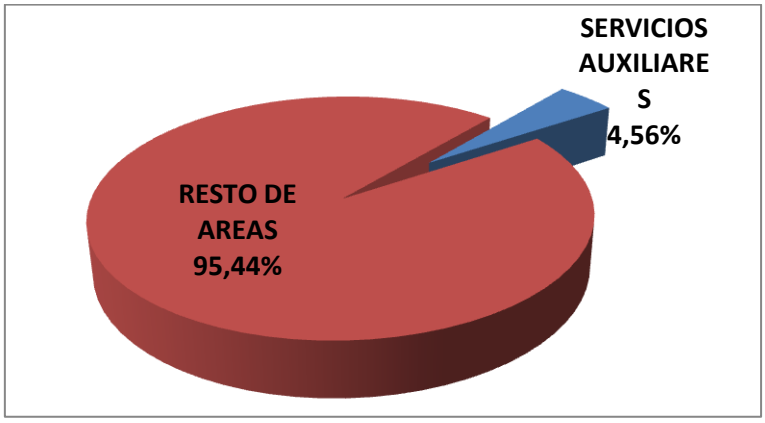


Figura 2.23 Porcentaje de Consumo del Área de Servicios Auxiliares

2.8.5.1.3 ÁREA DE CONVERSIÓN

Como se indicó previamente en la distribución de la planta, existe un área de conversión, que principalmente se encarga de dar uso a la bobina restante de papel, es decir, el molino produce bobinas con una medida de 280 cm de largo y para la corrugadora, se requiere bobinas de 240 cm se tiene que realizar este corte (*Corte de molino*), este sobrante es el que obliga a que exista esta área.

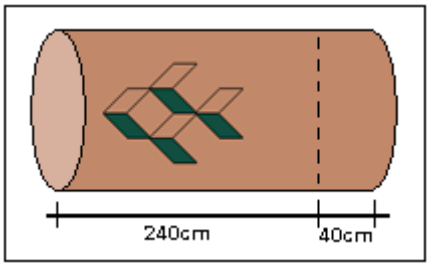


Figura 2.24 Corte a la bobina

En esta área lo que se tiene es máquinas conocidas como Skiver 1 y Skiver 2, las cuales se usan para unir 2 bobinas de 40cm y formar una de 80 cm la cual ya se puede utilizar como materia prima en las corrugadoras, CARTOPEL cuenta con 3 corrugadoras diferentes.

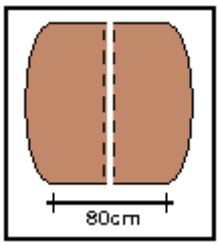


Figura 2.25 Unión de 2 Bobinas

También se elaboran láminas de papel con espesores de 0.05 mm hasta 1mm y de 75*100 cm en la maquina Acopladora y Cortadora Tossi, las mismas que son usadas como láminas de fondo en las cajas de banano de igual manera se fabrican esquineros de papel en la maquina conocida como JAGENBERG, los cuales sirven para apilar las cajas de banano durante las exportaciones todo esto corresponde al área de conversión. Todos estos equipos se encuentran agrupados en el Cuadro de Control "Línea de Conversión"

El área de conversión representa un consumo del **3.10%** de toda la energía eléctrica que requiere CARTOPEL.

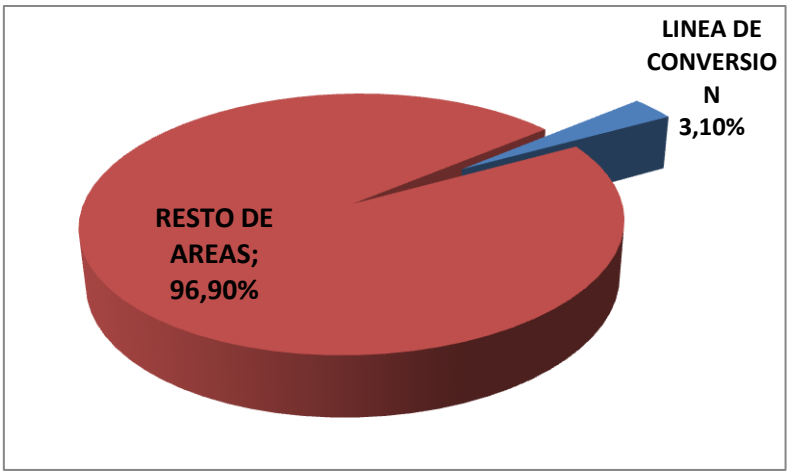


Figura 2.26 Porcentaje de Consumo del Área Línea de Conversión

2.8.5.1.4 ÁREA DE ONDUTEC

Principalmente lo que se realiza en ONDUTEC son empaques de cartón corrugado en diferentes estructuras y formas de acuerdo a los requerimientos del cliente, en pared sencilla y doble pared:

Las cajas que mayoritariamente se realizan son:

- **Cajas tradicionales** con solapa (aditamento para cierre de la caja) estándar y sus variaciones
- **Cajas telescópicas**, bandejas compuestas por tapa y fondo
- **Empaques exhibidores tipo bandeja,** para productos agroindustriales
- **Cajas troqueladas** y modelos especiales a gusto del cliente, que poseen perforaciones en su superficie
- **Single Face** y láminas de cartón corrugado

En la nave industrial se cuenta con una maquina corrugadora así como también troqueladoras e impresoras para los distintos diseños y requerimientos del cliente; debido a que el consumo de esta nave es muy variable, se procedió a colocar un equipo analizador de redes en bornes del transformador que corresponde a ONDUTEC **TR10** durante una semana.

El consumo que presenta ONDUTEC es de **5.59%,** como se observa en la gráfica.

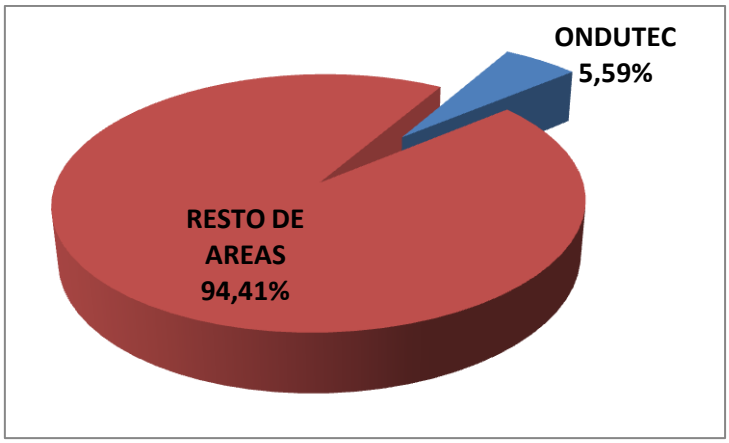


Figura 2.27 Porcentaje de Consumo del Área ONDUTEC

2.8.5.1.5 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Los sistemas de iluminación corresponden a luminarias que se han encontrado en toda la planta Industrial, es así que se incluyen las luminarias que existen en las secciones: molino, área de conversión, sótano, las oficinas del departamento de Mantenimiento, oficinas de la planta de Fuerza, talleres, almacén, departamento médico, comedor, cocina, vestidores y garita.

Principalmente se tiene 2 tipos de luminarias, las lámparas de vapor de alta presión y las lámparas fluorescentes de tubo.

En la nave industrial mayoritariamente se utilizan lámparas incandescentes de vapor de mercurio de 250 y 400W mientras que en el resto de la instalación industrial se requiere tubos fluorescentes de 40 y 32W.

El consumo en el área de iluminación es el siguiente.

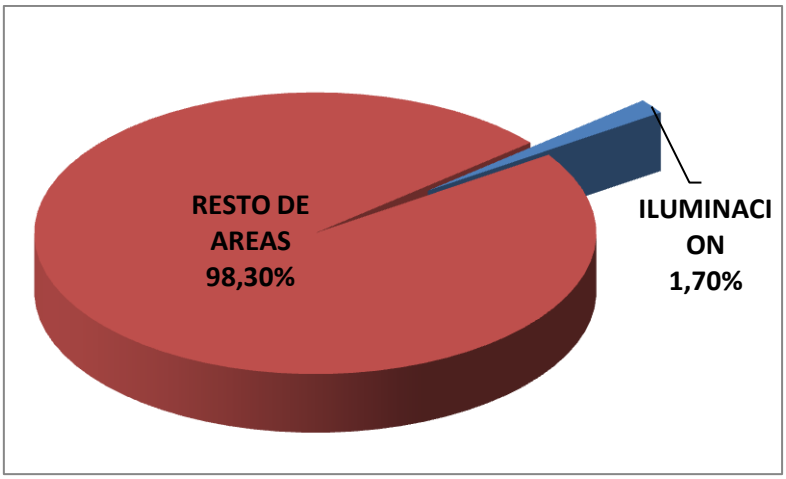


Figura 2.28 Consumo en el área de iluminación

De esta manera, la distribución del consumo de energía correspondiente al año 2010 es el siguiente.

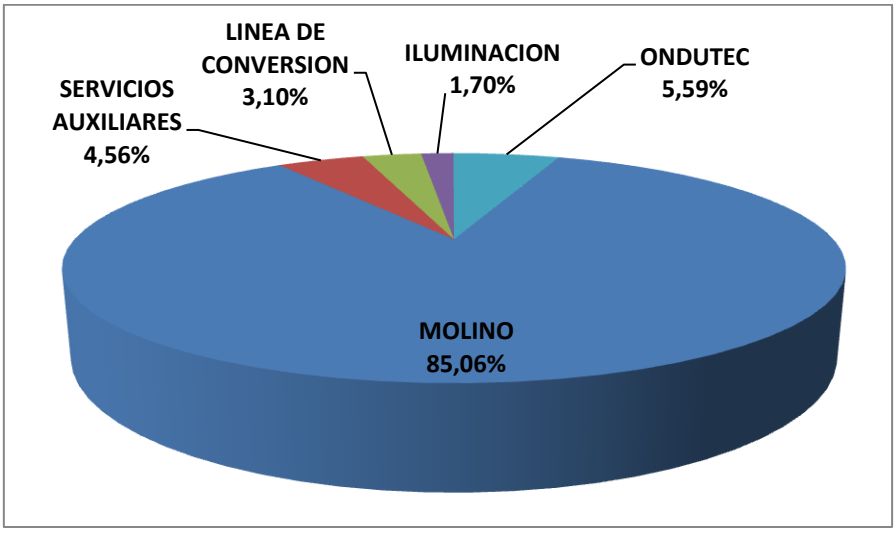


Figura 2.29 Distribución del consumo eléctrico por Áreas.

2.8.5.2 CONSUMO ELECTRICO POR ETAPAS DEL PROCESO

Luego de establecer el consumo de energía por áreas se llegó a determinar que la división Molino (donde se produce el papel) es el área de la Industria que concentra el mayor consumo alrededor, del **85.06%** por tal motivo y con previo conocimiento del proceso productivo, se establecerán los consumos por etapas del proceso, las cuales se resumirán en cinco etapas principales; con ello se podrá conocer cuál es la etapa que

requiere más energía y los equipos principales de consumo.

Las etapas para producir papel son:

- Etapa de preparación de pasta
- Etapa de limpieza
- Etapa de refinamiento
- Formación del cartón (Mesas de Formación)
- Tratamiento de aguas

Hay que recalcar que, a cada etapa del proceso se agregaran las principales maquinarias que participan en cada una de ellas, se considerará las maquinarias de mayor potencia y las que tengan un régimen de funcionamiento más continuo; no se considerarán motores que posean un régimen de funcionamiento limitado o que su potencia sea demasiado pequeña.

En razón de que se cuenta con el consumo energético anual de cada equipo, se realizará la suma de todos los consumos de las maquinas que participan en cada etapa, con el fin de establecer el consumo total anual, los datos que se consideraran son los correspondientes al año 2010.

En la siguiente tabla se puede apreciar cómo se distribuye la energía eléctrica por etapas del proceso productivo.

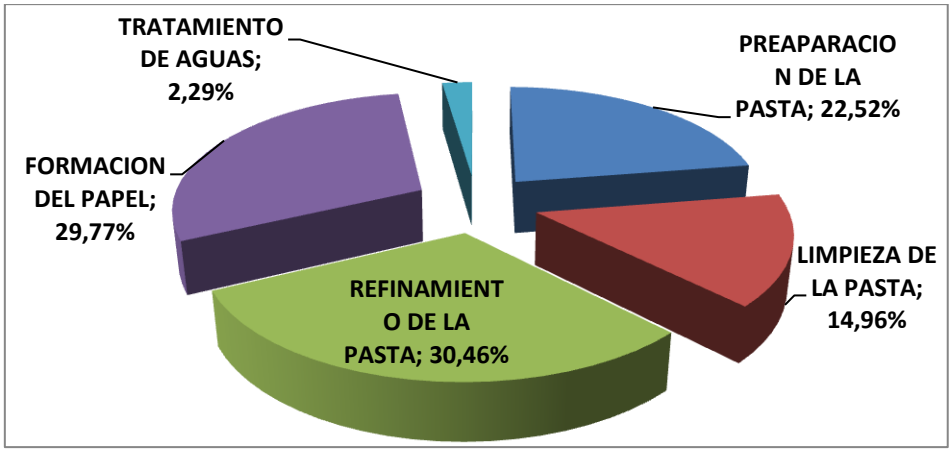


Figura 2.30 Distribución del consumo por Etapas del proceso

Se presenta la maquinaria principal que participa en cada una de las etapas para de esta manera obtener los equipos que mayor consumo representan y sobre los cuales se puede emprender acciones para tratar de disminuir su consumo de energía eléctrica.

2.8.5.2.1 ETAPA DE PREPARACION DE LA PASTA

Para llevar adelante esta fase del proceso, mediante el análisis de balance de consumo eléctrico, se determinó que los equipos que demandan el mayor consumo de electricidad son:

- Las maquinas Pulper2, Pulper3 y Pulper4, en las cuales, como ya se describió en párrafos anteriores, es donde la materia prima se convierte en pasta a través de un proceso de licuado,
- El equipo conocido como Clasificador de fibras, el cual se encarga de dar una limpieza previa a la pasta y seleccionar las fibras adecuadas antes de ingresar a la siguiente etapa del proceso.

Estos equipos se destacan debido a su potencia nominal y a su régimen de funcionamiento, de todo el consumo que presenta la preparación de la pasta estos cuatro equipos representan el **83%** del consumo eléctrico de la etapa, en la gráfica se puede apreciar cómo se distribuye el consumo.

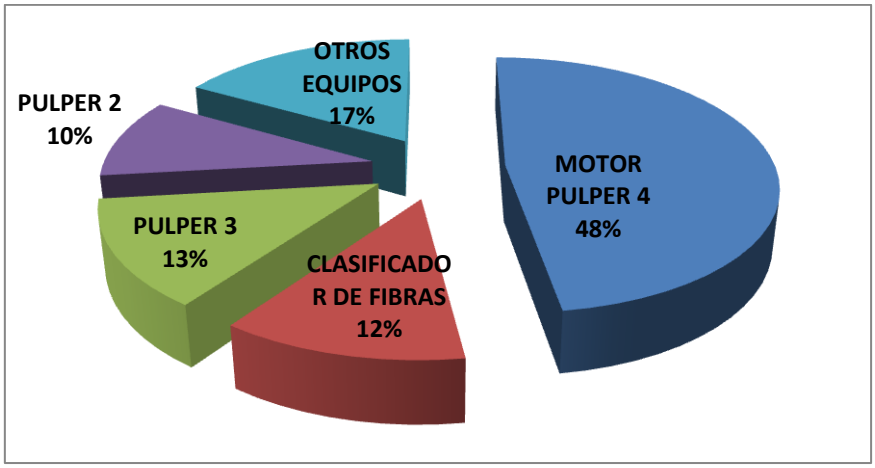


Figura 2.31 Equipos con mayor consumo en la Etapa de Preparación

ETAPA DE PREPARACION DE LA PASTA		
Cuadro de Control	**Potencia KW/HP**	**Denominación**
QCM1	108/147	CLASIFICADOR DE FIBRAS
QCM 3.1	135/180	PULPER 3
QCM 3	110/148	PULPER 2
4160 V	600 HP	MOTOR PULPER 4

Tabla 2.16 Potencia Nominal de los Principales Equipos

2.8.5.2.2 ETAPA DE LIMPIEZA

En esta fase la pasta es limpiada para separar las partículas o impurezas que puedan ocasionar desperfectos al momento de elaborar la hoja de papel, por lo tanto los equipos que participan, son en su mayoría bombas que permiten llevar la pasta de un tanque a otro e ir realizando el proceso de limpieza.

La pasta es limpiada cuando sale de los Pulpers, así como también después de la etapa de refinamiento antes que ingrese a las mesas de formación, esto sucede en los equipos conocidos como SCREEN SP 1500 (*media tensión*) Y SCRENN M-32. De igual forma se cuenta con un desfibrador el cual se encarga de separar todos los sólidos contaminantes que contenga la pasta, en la gráfica se observa el consumo de los principales equipos de esta etapa.

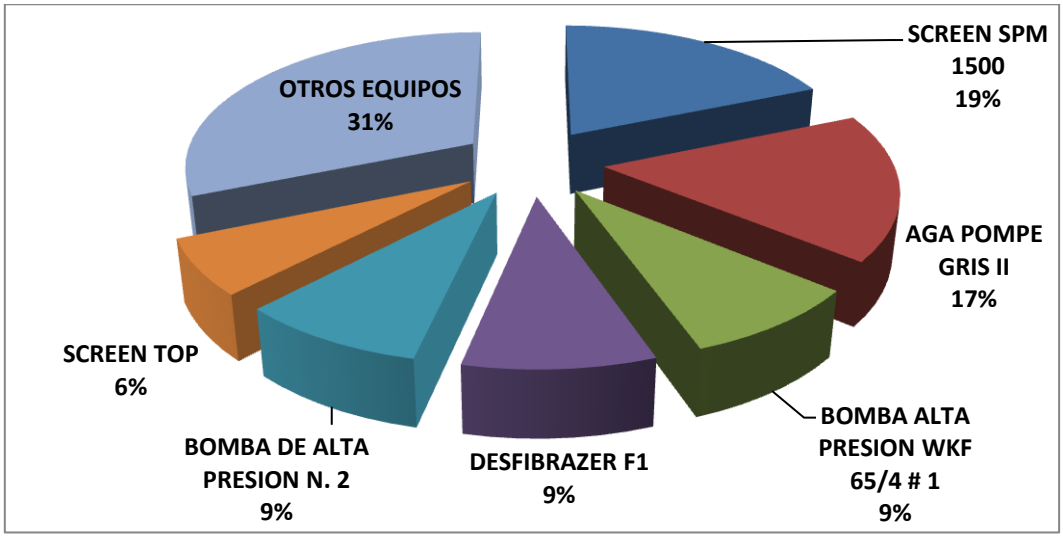


Figura 2.32 Equipos que presentan el mayor consumo en la Etapa de Limpieza

ETAPA DE LIMPIEZA		
Cuadro de Control	**Potencia KW/HP**	**Denominación**
QCM1	63/84,5	BOMBA ALTA PRESION WKF 65/4 # 1
QCM 3	110/150	AGA POMPE GRIS II
QCM 6	55/75	SCREEN TOP
QCM 6	75/100	DESFIBRAZER F1
QCM 6	112/150	BOMBA DE ALTA PRESION N. 2
4160 V	250 HP	SCREEN SPM 1500

Tabla 2.17 Potencia Nominal de los principales equipos

2.8.5.2.3 ETAPA DE REFINAMIENTO

Como se mencionó anteriormente, el refinamiento permite a las fibras desarrollar los puntos de contacto entre sí para poder unirse, esta actividad se realiza en equipos denominados Refinador 1000, 2000, SW GRIS y Desfibrador, del consumo total registrado en esta etapa, estos cuatro equipos representan el **77%.**

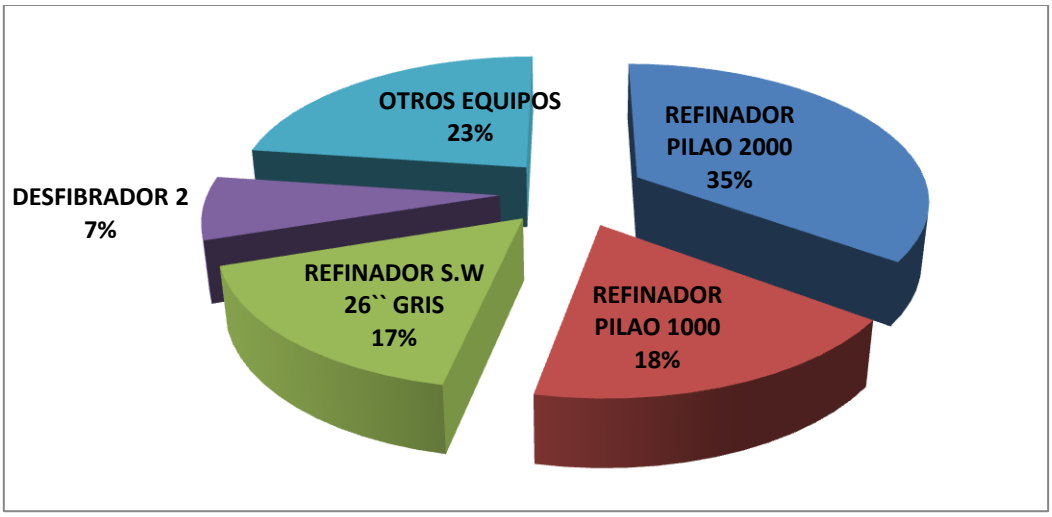


Figura 2.33 Equipos que presentan el mayor consumo en la Etapa de Refinamiento

ETAPA DE REFINAMIENTO		
Cuadro de Control	**Potencia KW/HP**	**Denominación**
QCM1	300/400	REFINADOR PILAO 1000
QCM 5	110/150	DESFIBRADOR 2
QCM6	298/400	REFINADOR S.W 26`` GRIS
	400	REFINADOR PILAO 2002
4160 V	600 HP	REFINADOR PILAO 2000

Tabla 2.18 Potencia Nominal de los Equipos

2.8.5.2.4 ETAPA DE FORMACION

En la etapa de formación los equipos que se destacan son las bombas de vacío, las mismas que participan en la primeara fase de formación de la hoja de papel y ayudan a absorber el exceso de agua.

En esta etapa también interviene toda la maquinaria que se encuentra conectada al cuadro de Control **QAC-1** y que principalmente se encuentra conformada por las prensas de fabricación, los grupos de secadores y la bobinadora, todos estas maquinas cuentan con motores de corriente continua. Como se observa en la gráfica los equipos corresponden a bombas de vacío, las cuales muestran un porcentaje de consumo bastante similar.

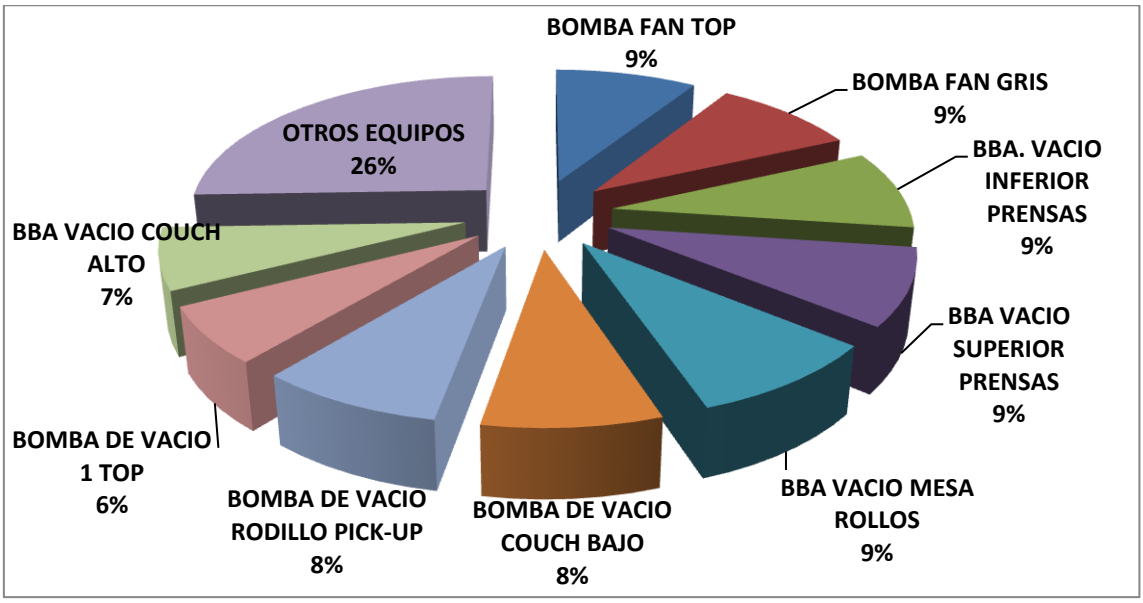


Figura 2.34 Equipos que presentan el mayor consumo en la Etapa de Preparación

ETAPA DE FORMACION		
Cuadro de Control	**Potencia KW/HP**	**Denominación**
QCM 1	150/200	BOMBA FAN TOP
QCM1	230/308	BOMBA FAN GRIS
QCM 2	90/120	BOMBA DE VACIO 1 TOP
QCM 5	75/100HP	BBA. VACIO INFERIOR PRENSAS
QCM 5	75/100HP	BBA VACIO SUPERIOR PRENSAS
QCM 5	112/150HP	BBA VACIO MESA ROLLOS
QCM 5	110/150	BBA VACIO COUCH ALTO
QCM 6	90/120	BOMBA DE VACIO COUCH BAJO
QCM 6	112/150	BOMBA DE VACIO RODILLO PICK-UP

Tabla 2.19 Potencia Nominal de las Bombas

2.8.5.2.5 TRATAMIENTO DE AGUAS

La etapa de tratamiento de aguas representa tan solo el **2%** de todo el consumo en el proceso, por tanto no se posee grandes equipos en los cuales se pueda actuar para mejorar o tratar de optimizar su consumo de energía eléctrica. En la gráfica se observan los equipos que destacan en esta etapa.

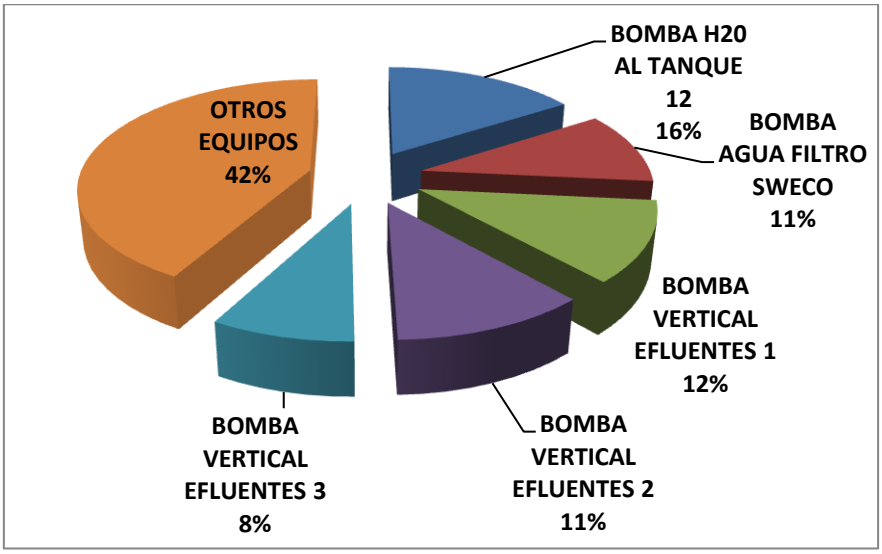


Figura 2.35 Equipos que presentan el mayor consumo en el Tratamiento de Aguas

2.8.5.3 CONSUMO ELECTRICO POR CUADROS DE CONTROL

Según el levantamiento realizado, se constató que toda la maquinaria de la industria se encuentra agrupada por tableros de control o cuadros principales los cuales se encuentran distribuidos por toda la planta, por lo tanto las máquinas y equipos se encuentran conectadas a su cuadro de control más próximo, teniendo una mejor distribución de las cargas y reduciendo en lo posible las caídas de tensión.

Con el análisis realizado se llegó a establecer que el consumo de electricidad se distribuye de la siguiente manera como lo indican las gráficas.

Consumo de Energía por Tablero	(KWH)	%
QCM-1	4.797.690,42	13,98%
QCM-2	1.504.105,82	4,38%
QCM-3	3.452.360,92	10,06%
QCM-23	1.563.407,24	4,56%
QCM-5	4.076.813,60	11,88%
QCM-6	3.331.681,27	9,71%
PULPER 4	3.211.572,16	9,36%
PILAO_2000	3.177.645,51	9,26%
SPM_1500	817.551,29	2,38%
Línea de Conversión	1.063.453,69	3,10%
QCM-27_28	1.811.422,28	5,28%
QAC1	3.002.469,55	8,75%
ILUMINACION	583.464,96	1,70%
ONDUTEC	1.916.841,61	5,59%
TOTAL DE CONSUMO	34.310.480,32	100%

Tabla 2.20 Consumos de Energía Eléctrica por Tablero

El total de energía que se observa en la tabla corresponde al consumo de energía registrado en el año 2010.

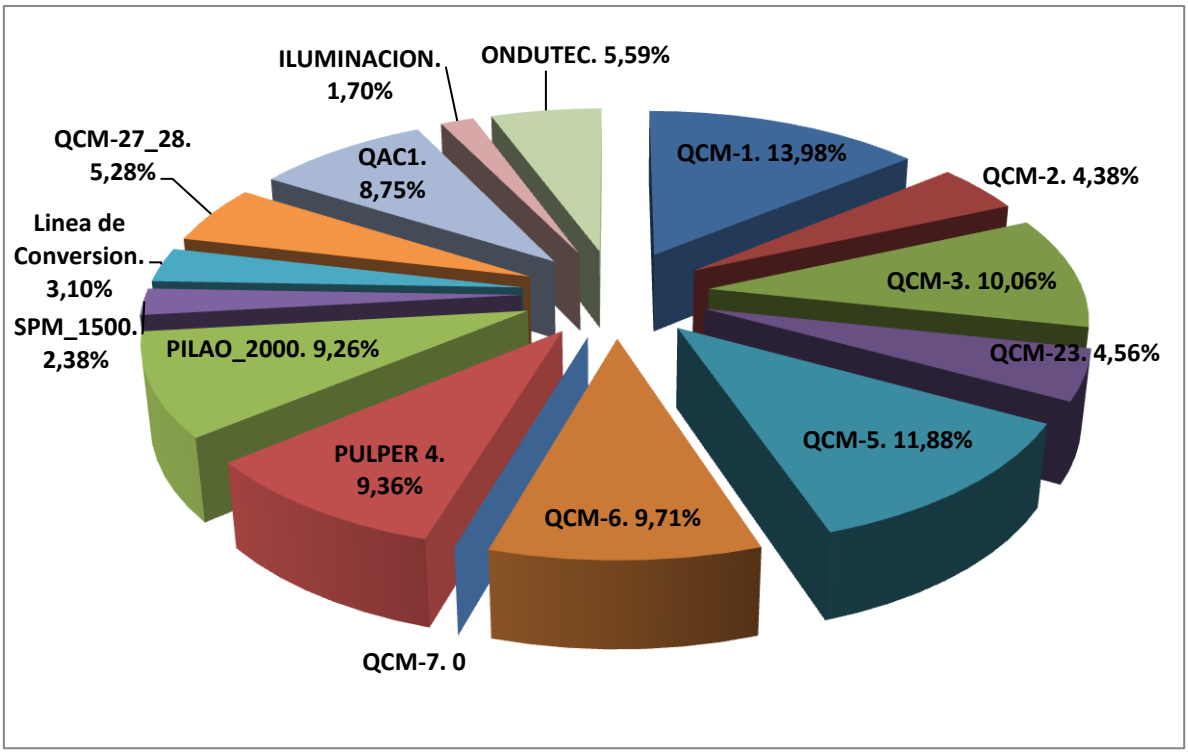


Figura 2.36 Distribución del consumo de Energía eléctrica por Tablero

De los consumos por tablero se determinaron los principales equipos que tiene cada uno de ellos desde el punto de vista de mayor consumo eléctrico anual.

En los siguientes gráficos se muestran los cuadros de control con los equipos que presentaron un mayor consumo de energía durante el año 2010 y que por lo tanto se les asigna una mayor importancia.

- El cuadro de Control QCM-1, representa el **13.98%**, tiene incorporado 22 motores, siendo los que presentan mayor consumo de energía los siguientes.

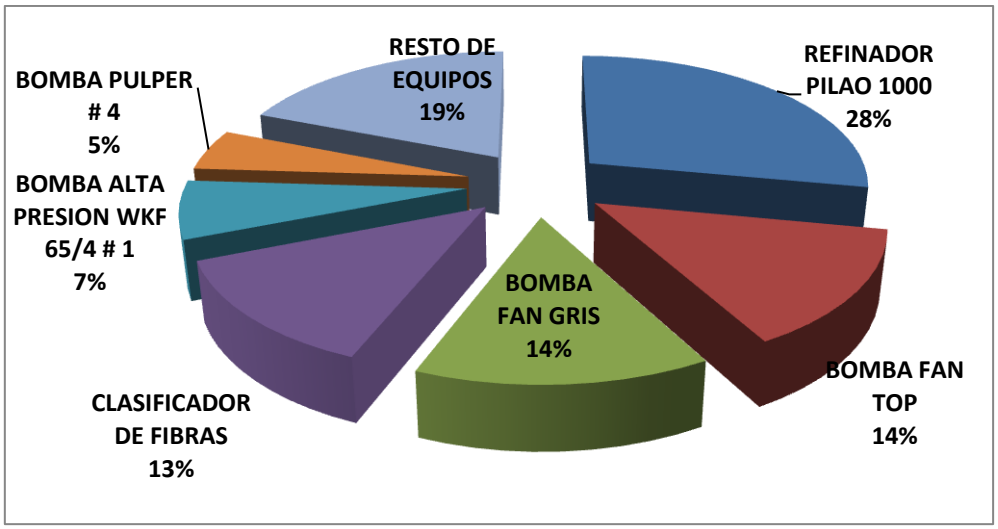


Figura 2.37 Distribución del Consumo de Energía en Cuadro QCM-1

- El cuadro QCM-2, representa el **4.38 %,** tiene incorporado 24 motores de los cuales los de mayor consumo son:

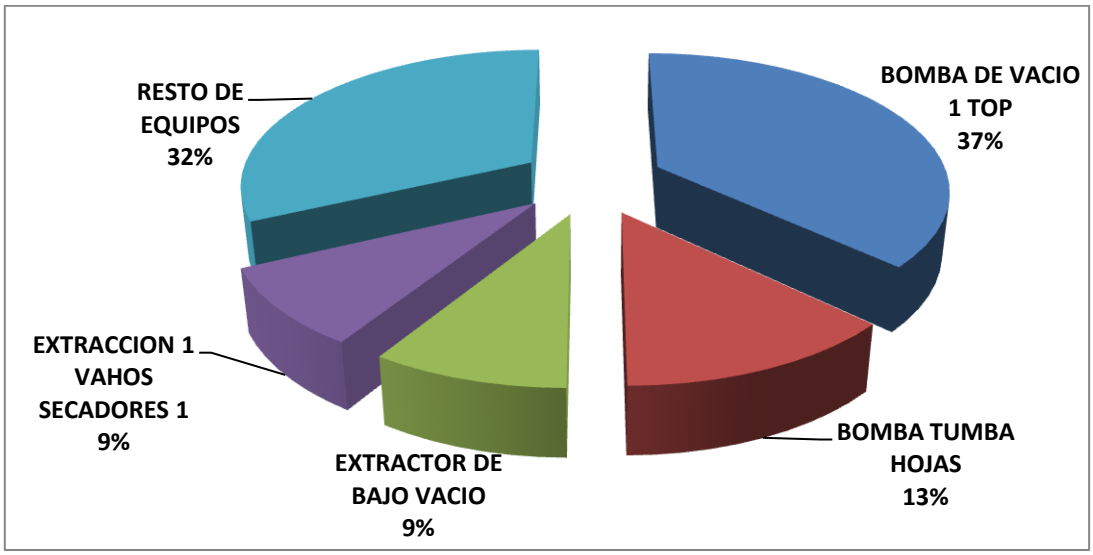


Figura 2.38 Distribución del Consumo de Energía en Cuadro QCM-2

- El cuadro QCM-3 y sus subtableros; QCM-3.1, QCM-3.5 y QCM-33.1 de toda la energía que consume CARTOPEL, representa el **10.06 %** tiene incorporado 75 motores, de los cuales los el mayor consumo se concentra en los siguiente:

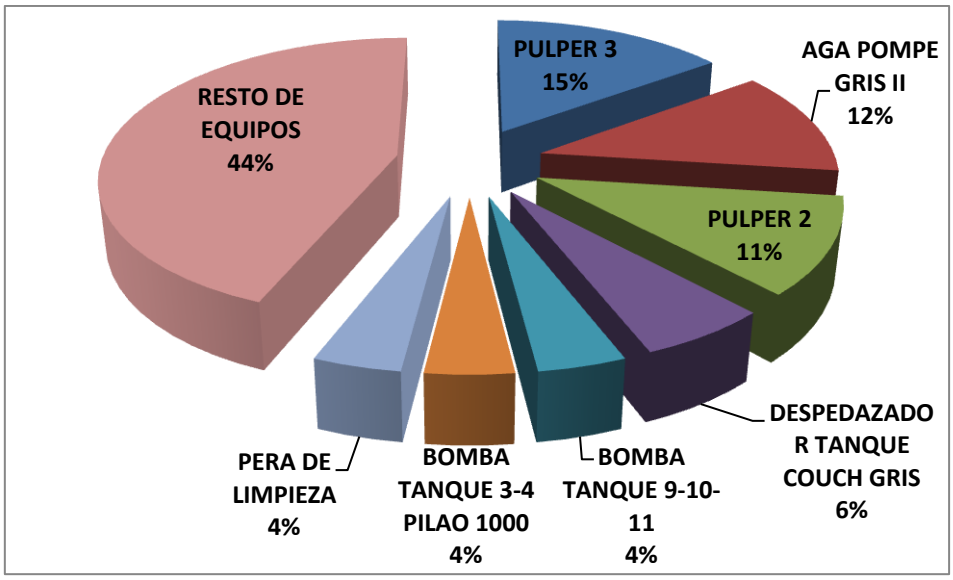


Figura 2.39 Distribución del Consumo de Energía en Cuadro QCM-3

- El cuadro QCM-5, representa el **11.88 %,** tiene incorporado 15 motores de los cuales los que presentan mayor consumo de energía son los siguientes.

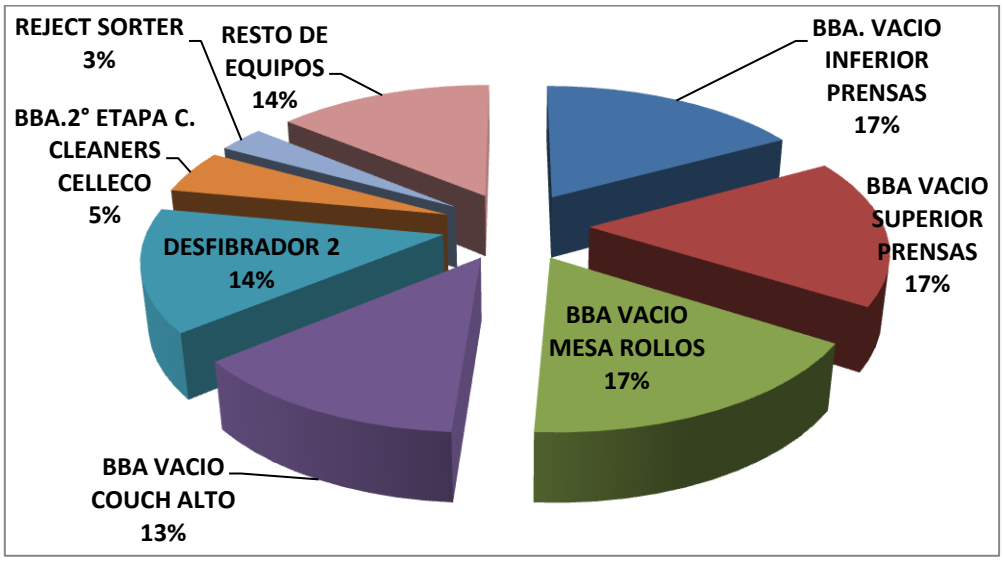


Figura 2.40 Distribución del Consumo de Energía en Cuadro QCM-5

- El cuadro QCM-6, representa el **9.71 %,** tiene incorporado 22 motores de los cuales los que presentan mayor consumo de energía son los siguientes.

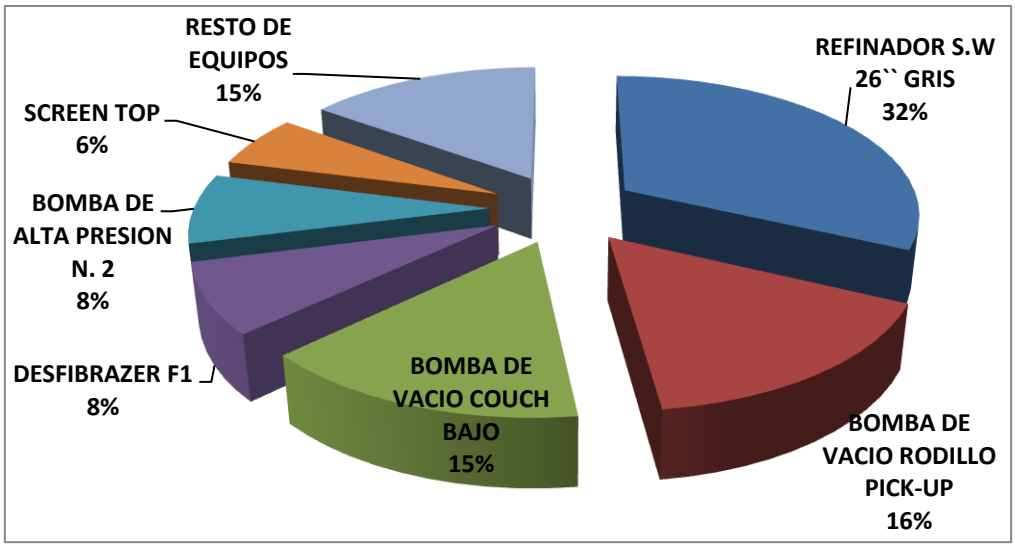


Figura 2.41 Distribución del Consumo de Energía en Cuadro QCM-6

- Los Motores denominados, Motor Pulper 4, Pialo 2000 y SPM 1500 tienen una alimentación de 4160 V y presentan un alto consumo de energía cada uno, en este caso se hará la comparación de los tres equipos versus el consumo observado de toda la industria.

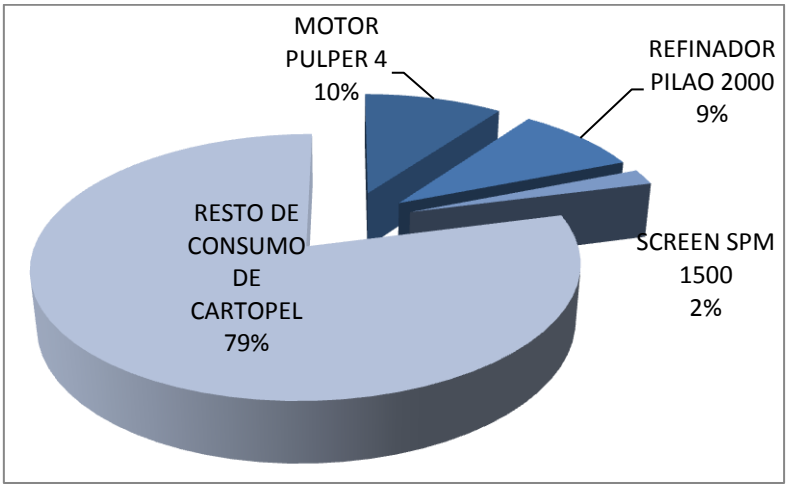


Figura 2.42 Consumos de energía en Pulper 4 - Screen SPM 1500 y Refinador Pilao 2000

- El cuadro QCM-23, representa el **4.56 %,** tiene incorporado 53 motores de los cuales los que presentan mayor consumo de energía son:

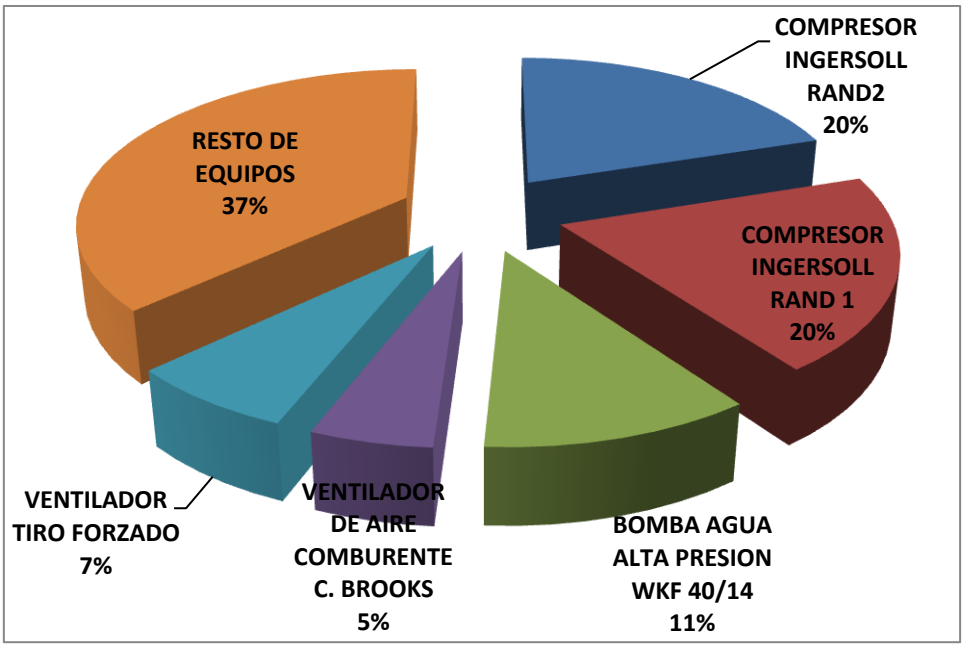


Figura 2.43 Distribución del Consumo de Energía en Cuadro QCM-23

- El cuadro QCM-27-28, representa el **5.28 %** tiene incorporado 27 motores de los cuales los que presentan mayor consumo de energía son los siguientes.

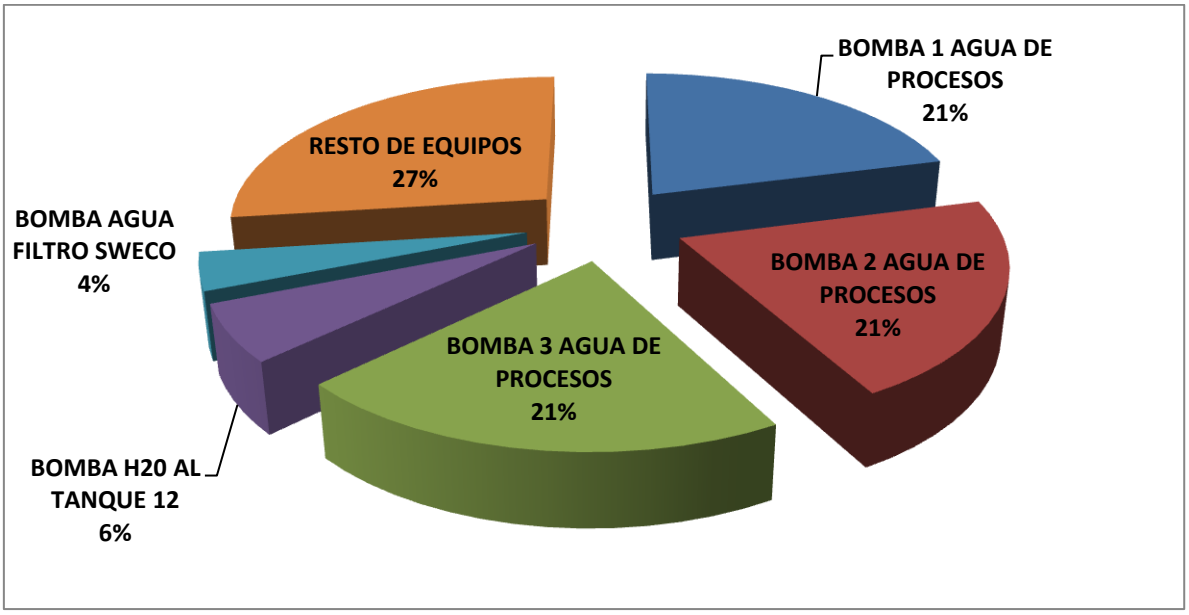


Figura 2.44 Distribución del Consumo de Energía en Cuadro QCM-27-28

- El cuadro perteneciente al ***área de conversión,*** representa el **3.10 %**
- El cuadro perteneciente a la sección ONDUTEC, representa el **5.59%** anual.

- El cuadro QAC-1 correspondiente a mesas de formación y representa el **8.75%,** tiene incorporado en su mayoría motores de corriente continua.

2.9 CURVA DE DEMANDA DE CARTOPEL

Con el análisis realizado se pudo determinar cómo se distribuye el consumo en la curva de demanda total de CARTOPEL.

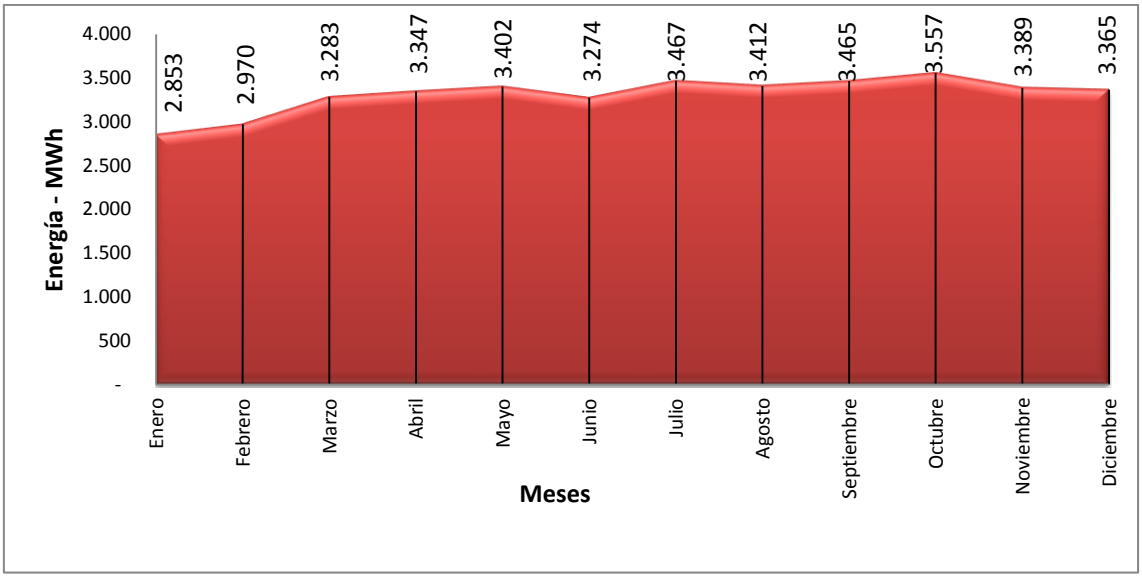


Figura 2.45 Energía consumida en CARTOPEL en el 2010

Energía Consumida en el 2010					
Molino 85,06%	**ONDUTEC 5,59%**	**S. Auxiliares 4,56%**	**L. Conversión 3,10%**	**S. Iluminación 1,70%**	**Total (KWh)**
(KWh) 33.841.108,24	**(KWh) 2.223.980,66**	**(KWh) 1.814.195,32**	**(KWh) 1.233.334,54**	**(KWh) 676.344,75**	**39.784.985,00**

Tabla 2.21 Porcentajes de Consumo

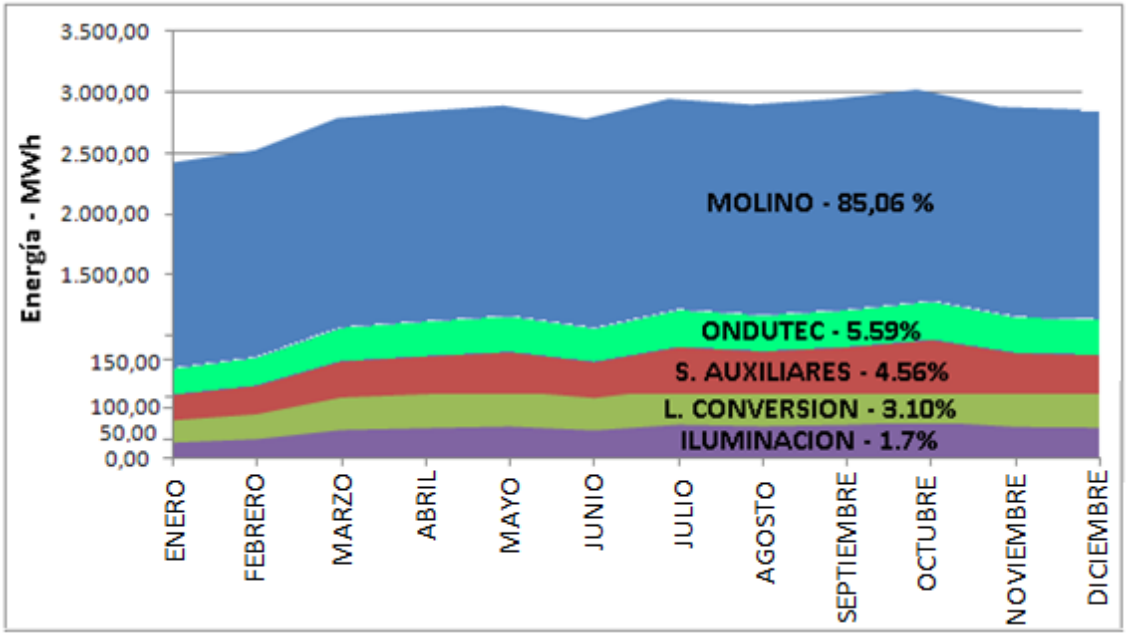


Figura 2.46 Composición de la curva de consumo de energía

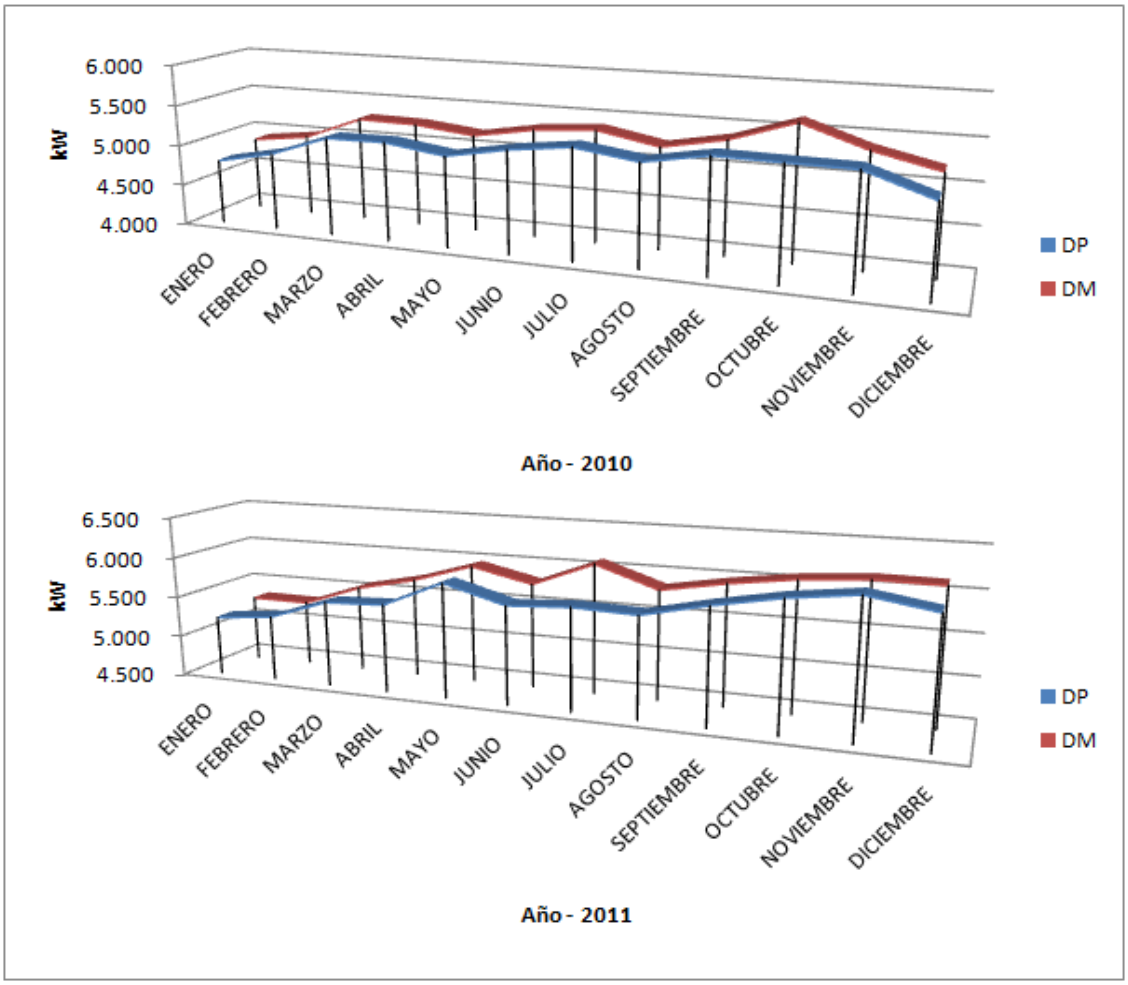


Figura 2.47 Comportamiento de la demanda pico y la demanda máxima

2.10 DESCRIPCION DE LA SITUACION ENERGETICA ACTUAL DE LA INDUSTRIA

La industria CARTOPEL S.A.I, en el año 2010 registró un consumo de energía eléctrica de **39.787 MWh** por este concepto la industria gasto la cantidad de **$ 2.613.521,42** y hasta septiembre 2011, el monto asciende a **$ 2.086.932,97** de dólares norteamericanos, de los valores mencionados se concluye que es muy elevado el gasto por energía eléctrica que realiza la industria para llevar adelante sus actividades.

Con el análisis realizado se estableció que la mayor cantidad de energía es consumida en el Área Molino, donde se elabora el papel (*proceso productivo*), su consumo llego a estimarse en un **85%,** el porcentaje restante lo comparten el resto de áreas de la toda la Industria.

También se determino que este porcentaje lo comparten las cinco etapas del proceso, preparación de la pasta (**19,14%),** etapa de limpieza (**12,72%**), etapa de refinamiento (**25,89%**), etapa de formación (**25,30%**) y tratamiento de aguas (**1,95%**).

Con la identificación de las principales maquinarias que conforman cada etapa, y en general de los equipos de mayor consumo que tiene la Industria, se investigaran las alternativas más viables de ahorro y eficiencia energética para estos equipos.

La búsqueda de alternativas de ahorro no solo se limitará a los equipos que presentan el mayor consumo, sino que también se intentara buscar medidas alternativas de ahorro en otras áreas de la industria como por ejemplo en los sistemas de iluminación.

La identificación y evaluación económica de las alternativas de ahorro y eficiencia energética se trataran en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO III

ALTERNATIVAS DE AHORRO DE ENERGIA Y EVALUACION ECONOMICA

3.1 INTRODUCCION

La Auditoria Eléctrica tiene como objetivo generar ahorro de energía eléctrica en la instalación Auditada, es así que luego de conocer los patrones de consumo de CARTOPEL S.A.I y establecer la situación real en la que se encuentra, es necesario plantear las alternativas que lleven al cumplimiento de ese objetivo y también proporcionar un ahorro económico.

Las alternativas que se presentan tienen la correspondiente evaluación económica para conocer cuál es su factibilidad de aplicación.

3.2 ASPECTOS ECONOMICOS PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS

3.2.1 VALOR ACTUAL NETO

Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero (0) de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea realizado.

La fórmula que permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0 \quad (4)$$

Donde:

$\boldsymbol{V_t}$ Representa los flujos de caja en cada periodo t.

$\boldsymbol{I_0}$ Es el Valor del desembolso de la inversión

$\boldsymbol{n}$ Es el número de periodos considerado.

$\boldsymbol{k}$Es la tasa de renta fija utilizada.

VALOR	SIGNIFICADO	DECISION A TOMAR
VAN > 0	**La inversión producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida.**	**El proyecto puede aceptarse.**
VAN < 0	**La inversión producirá perdidas por debajo de la rentabilidad exigida.**	**El proyecto debería impugnarse.**
VAN = 0	**La inversión no producirá ni ganancia ni perdida.**	**Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida, la decisión debería basarse en otros criterios.**

Tabla 3.1 Decisiones a tomar según el VAN

3.2.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Se define como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente.

Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad. Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

El TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el costo de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo, el costo de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo).

Si la tasa de rendimiento del proyecto – expresa por la TIR – supera la tasa de corte, se

acepta la inversión, en caso contrario se rechaza.

$$VA = \sum_{t=1}^{n} \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0 = 0 \quad (5)$$

TIR ≥ r	**Se aceptara el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el costo de oportunidad)**
TIR ≤ r	**Se rechaza el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.**

Tabla 3.2 Decisiones a tomar según el TIR

3.2.3 PERIODO DE RECUPERACION

La medida de conveniencia económica más elemental es el periodo de recuperación de la inversión. En aquellos casos en que los ahorros anuales son constantes, el periodo de recuperación simple (PRS) en años será.

$$PRS = \frac{Inversion\ de\ Capital}{Ahorros\ Anuales\ Netos}$$

3.3 ALTERNATIVAS PARA EL AHORRO DE ELECTRICIDAD

Las medidas para el ahorro se centran en puntos o áreas específicas, con estas se busca obtener mayor eficiencia del sistema eléctrico sin afectar al normal funcionamiento de las actividades dentro de la Industria.

3.3.1 ILUMINACION

Con el análisis se determino que la industria utiliza lámparas de vapor de mercurio de 250 y 400W en las naves donde se desarrollan procesos productivos (Área del Molino, Línea de Conversión y ONDUCTEC), en otras instalaciones como oficinas, talleres y áreas de tránsito de personas y maquinarias se utilizan lámparas de fluorescentes de 40 y 32W.

En la tabla 3.1 se detalla la ubicación y numero de luminarias que existen, también se realizo la medición de los niveles de iluminación y se constato que se encuentran dentro de los límites establecidos, los resultados se aprecian en la tabla 3.2, las acciones para el ahorro, se centrará en los dos tipos de luminarias.

UBICACIÓN DE LAS LUMINARIAS	TIPO DE LUMINARIA EXISTENTE/Vatios						
	REFLECTORES	MERCURIO 250	MERCURIO HALOGENO 250	MERCURIO 400	FLUORESCENTES 32	FLUORESCENTES 40	POTENCIA TOTAL
MOLINO		44	4	16			18,4kW
SOTANO		1		4	30	180	10,01kW
LINEA DE CONVERSIÓN	2	67					17,55kW
AREA ADMINSTRATIVA						40	1,6kW
TALLERES	4	25		19		205	14,65 kW
ONDUTEC		140		24		50	44,6 kW

Tabla 3.3 Ubicación, cantidad y tipo de luminarias existentes

UBICACIÓN DE LAS LUMINARIAS	Nivel Promedio Medido (lux)
MOLINO	200
SOTANO	100
LINEA DE CONVERSIÓN	200-300
AREA ADMINSTRATIVA	200-300
TALLERES	200
ONDUTEC	100-300

Tabla 3.4 Niveles Actuales de iluminación

Los niveles de iluminación recomendados para labores en la industria y para diversos trabajos se muestran en las siguientes tablas de referencia para conocer si los niveles medidos están dentro de lo rangos establecidos.

INTENSIDAD MÍNIMA DE ILUMINACIÓN (Basada en norma IRAM-AADL J 20-06)	
Tipo de edificio, local y tarea visual	**Valor mínimo de servicio de iluminación (lux)**
INDUSTRIA PAPELERA	
Local de maquinas	**100**
Corte, terminación.	**300**
Inspección	**500**
MANUFACTURAS DE CAJAS	
Encartonado fijo	**300**
Cartones ordinarios, cajones	**200**

Tabla 3.5 Niveles de Iluminación requeridos en la i0ndustria papelera

INTENSIDAD MEDIA DE ILUMINACIÓN PARA DIVERSAS CLASES DE TAREA VISUAL (Basada en norma IRAM-AADL J 20-06)		
Clases de tarea visual	Iluminación sobre plano de trabajo (lux)	Ejemplos de tareas visuales
Visión ocasional solamente	100	Para permitir movimientos seguros por ej. En lugares de poco transito: Sala de calderas, deposito de materiales voluminosos y otros.
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes.	100 a 300	Trabajos simples, intermitentes y mecánicos inspección general y contado de partes de stock, colocación de maquinaria pesada.
Tareas moderadamente críticas y prolongadas, con detalles medianos.	300 a 750	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montaje; trabajos comunes de oficina, tales como: lectura, escritura y archivo.
Tareas severas y prolongadas y de poco contraste.	750 a 1500	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montajes e inspección; pintura extrafina, sopleteado, costura de ropa oscura.
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste.	1500 a 3000	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibrador, trabajo de molienda fina.
	3000	Trabajo fino de relojería y reparación.
Tareas excepcionales, difíciles o importantes	5000 a 10.000	Casos especiales, como por ejemplo: iluminación del campo operatorio en una sala de cirugía.

Tabla 3.6 Iluminación necesaria para diversas tareas visuales

Fuente: www.estrucplan.com.ar/Legislacion/Nacion/Decretos/Dec00351-79-Anexo4.asp

3.3.1.1 IMPLEMENTACION DE LUMINARIAS TIPO LED

La implementación de este tipo de luminarias se lo recomienda como reemplazo de las lámparas de vapor de mercurio y de las lámparas fluorescentes, debido a que el

funcionamiento de las lámparas LED es de alta eficiencia existiendo además en tipo industrial y en tipo tubular como las fluorescentes. A continuación se presentan algunas características que posee este tipo de luminarias.

- **LUMINARIAS TIPO LED**

Green Star presenta el sistema operativo SOLARIS series de iluminación, la cual cuenta con un diseño i tipo LED que proporcionan una iluminación brillante en la zona deseada.

El XD Solaris Green Star es una excelente opción para remplazar la iluminación industrial de alto consumo de energía por un sistema de iluminación comercial de clase mundial, de eficiente consumo eléctrico, lo que lo hace amigable con el medio ambiente.

Características generales

- Diseño patentado de disipación de calor de alto rendimiento.
- LEDs de alto flujo.
- Bajo consumo con un excelente mantenimiento de su flujo luminoso inicial.
- Encendido instantáneo y control del flujo (dimming).
- 50 – 80% de ahorro energético.
- Sensor de presencia para control de encendido.
- Diseñado resistente a los daños por impacto.
- Protección contra rayos y sobretensiones incorporadas.

Figura 3.1 MODELO SOL48 | SOL60 | SOL72

La conservación es una forma de energía alternativa, la luminaria tipo LED tiene un diseño que permite la eliminación de calor extendiendo la vida útil del LED de 12-14 años, con lo cual se ahorra Energía, dinero y costos de mantenimiento.

En los diseños actuales de la luminaria tipo LED el calor se disipa hacia abajo lejos del pabellón y los LED (fig 3.2). En una luz cubierta tradicional (fig 3.2), el calor queda atrapado en el espacio de arriba lo que acorta la vida del LED.

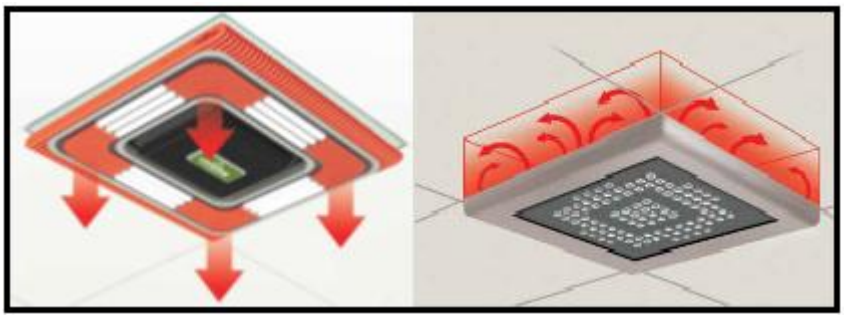


Figura 3.2 Distribución del Calor en Luminaria LED

VENTAJAS

Las ventajas de las luminarias LED, en comparación con las lámparas de sodio de alta presión (HPS) son enormes entre estas ventajas se pueden mencionar:

- **Importante ahorro de energía** - Utilizando la energía ultra alta, el alto brillo de las lámparas LED, junto con la fuente de alimentación eficaz, puede ahorrar hasta un 80% de energía de las lámparas convencionales de sodio y haluros.
- **Larga vida útil, hasta 60.000 horas** - Trabajando 8 horas al día, puede ser utilizada por más de 17 años, entre 5 y 10 veces más que una lámpara tradicional de sodio o haluros.
- **Mejor espectro fotométrico:** El espectro luminoso que tienen los LEDs se adapta mucho mejor a la sensibilidad del ojo humano que las lámparas de sodio de alta presión, es por esta razón que con el mismo nivel de lúmenes de luz las lámparas de LED parecen ser 2 a 3 veces más brillantes. Una lámpara LED de 112W de consumo que tiene 8400 lumen de luz remplaza en iluminación fácilmente una lámpara de sodio de alta presión de 250W con sus

2400 lúmenes de luz.

- **Ningún reflejo adverso** - Elimina el reflejo causado por el fulgor ordinario adverso de las luces, la fatiga e interferencia visual de la vista.
- **No tiene alto voltaje** - No se produce adsorción de polvo, pues eliminando el alto voltaje se reduce la adsorción de polvo manteniendo la pantalla limpia, asegurando que la lámpara pueda entregar eficientemente su capacidad de brillo.
- **Amplio voltaje de trabajo** - En las lámparas tradicionales el brillo y la vida útil se reduce si el voltaje baja o sube más allá del 7%. Las lámparas LED no se ven afectadas por un cambio de esta naturaleza.
- **Partida sin demora** - Alcanza el brillo normal al instante, eliminando el proceso largo de partida de las lámparas tradicionales.
- **Fácil instalación y mantenimiento.**

La **vida útil de las luminarias LEDs es superior a las 60.000 horas** (más de 11 años a razón de 12 horas diarias) de funcionamiento (puede llegar a 100.000 horas en algunas aplicaciones concretas). Se está hablando de **5 a 10 veces más vida útil que las lámparas de vapor de sodio**.

Se presenta un cuadro comparativo donde se destacan algunos aspectos de las luminarias y los motivos del porque la de tipo LED son un opción de iluminación eficiente.

	Incandescente, Tungsteno Halógeno	Fluorescente	Fluorescente compacto	Vapor de Mercurio	Aditivo Metálico	Vapor de Sodio Alta Presión	LED
Consumo (W)	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Bajo
Vida (hrs.)	750 – 12,000	7,500 – 24,000	10,000 -20,000	15,000 – 16,000	1,500 – 15,000	24,000	> 50,000
Eficiencia fuente de luz (lm / w)	15 – 25	55 – 100	50 – 80	50 – 60	80 – 100	75 – 140	70 – 110
Mantenimiento lumínico	Muy bueno a excelente	Suficiente a Excelente	Bueno a Excelente	Pobre a Excelente	Bueno	Muy bueno	Excelente
Costo de luminaria	Bajo	Moderado	Moderado	Más alto que fluores.	Más alto que V.M.	Alto	Alto
Costo de Operación	Alto	Menor a incandesc.	Menor a incandesc.	Menor a incandesc.	Menor que V. M.	Menor que anteriores	Menor que todos

Tabla 3.7 Comparación de los diferentes tipos de luminarias

3.3.1.1.1 LUMINARIAS SECTOR EL MOLINO

En este sector se encienden las luminarias de lunes a domingo 12 horas diarias desde las 18h00 hasta las 06h00, los 365 días del año.

AREA DE ESTUDIO		**MOLINO**		
Utilización tiempo en horas		**12**		
ANALISIS DE LAMPARAS				
			Potencia Total	
	Cantidad	Potencia(W)cada lámpara	kW	
Actual(Mercurio)	48	250	12	
Actual(Mercurio)	16	400	6,4	
Propuesta(LED SOL60-XD)	48	143	6,864	
Propuesta(LED SOL72-XD)	16	171	2,736	
		Potencia Ahorrada (kW)	8,8	
INVERSION				
	Precio/lámpara ($)	Cantidad de luminarias	($) Costo + IVA	
Propuesta(LED SOL60-XD)	814	48	39.072,00	
Propuesta(LED SOL72-XD)	897	16	14.352,00	
CALCULO DE AHORRO				
Horas de uso	Días al mes	Energía Ahorrada(kWh)	Costo Energía $/kWh	Ahorro horario ($)
4	20	704,00	0,075	52,800
8	20	1408,00	0,044	61,952
8	10	704,00	0,044	30,976
4	10	352,00	0,061	21,472
	kWh ahorrados/mes	3168,88	Ahorro al mes ($)	167,2
	kWh ahorrados/año	38016	**Ahorro anual neto ($)**	2006,4

Tabla 3.8 Análisis luminarias – molino

- **EVALUACION ECONOMICA**

Inversión: $ 53.424,00

Ahorro: 2.006,4

Para todos los análisis se usara: el número de periodos considerado $\boldsymbol{n} = \mathbf{5}$ y la tasa de

renta fija $\boldsymbol{k} = \mathbf{12}\%$

- **Valor Actual Neto:** El VAN permite determinar si un proyecto es o no atractivo en función de su resultado.

$$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0$$

$$VAN = -53.424{,}00 \sum_{t=1}^{5} \frac{2.006{,}4}{(1+0.12)^t} = -48.854{,}34$$

$$VAN = -48.854{,}34$$

- **Periodo de Recuperación de la inversión**

$$PRS = \frac{Inversion\ de\ Capital}{Ahorros\ Anuales\ Netos}$$

$$PRS = \frac{53.424{,}00}{2.006{,}4} = 18.9\ años$$

3.3.1.1.2 LUMINARIAS SECTOR EL SOTANO

En esta área se necesita iluminación todo el tiempo los 365 días del año, las 24 horas del día, debido a su ubicación debajo del sector el molino.

AREA DE ESTUDIO		**SOTANO**		
Utilización tiempo en horas		**24**		
ANALISIS DE LAMPARAS				
			Potencia Total	
	Cantidad	Potencia(W)cada lámpara	W	
Actual(Mercurio)	1	250	250	
Actual(Mercurio)	4	400	1600	
Actual(Fluorescentes)	30	32	960	
Actual(Fluorescentes)	180	40	7200	
Propuesta(LED SOL60-XD)	1	143	143	
Propuesta(LED SOL72-XD)	4	171	684	
Propuesta(LED)	210	20	4200	
		Potencia Ahorrada (kW)	4,983	
INVERSION				
	Precio/lámpara ($)	Cantidad de luminarias	($) Costo + IVA	
Propuesta(LED SOL60-XD)	814	1	814,00	
Propuesta(LED SOL72-XD)	897	4	3.588,00	
Propuesta(LED)	75,60	210	15.876,00	
CALCULO DE AHORRO				
Horas de uso	Días al mes	Energía Ahorrada(kWh)	Costo Energía $/kWh	Ahorro horario ($)
10	20	996,60	0,061	60,79
4	20	398,64	0,075	29,898
10	20	996,60	0,044	43,85
20	10	996,60	0,044	43,85
4	10	199,32	0,061	12,16
	kWh ahorrados/mes	3388,44	Ahorro al mes ($)	178,39
	kWh ahorrados/año	40661,28	**Ahorro anual neto ($)**	2140,70

Tabla 3.9 Análisis luminarias – sótano

- **EVALUACION ECONOMICA**

Inversión: **$ 20.278,00**

Ahorro: **$ 2.140,70**

Para todos los análisis se usara: el número de periodos considerado $\boldsymbol{n} = \mathbf{5}$ y la tasa de renta fija $\boldsymbol{k} = \mathbf{12}\%$

– **Valor Actual Neto:** El VAN permite determinar si un proyecto es o no atractivo en función de su resultado.

$$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0$$

$$VAN = -20.178{,}00 \sum_{t=1}^{5} \frac{2.140{,}70}{(1+0.12)^t} = -15.302{,}47$$

$$VAN = -15.302{,}47$$

– **Periodo de Recuperación de la inversión**

$$PRS = \frac{Inversion\ de\ Capital}{Ahorros\ Anuales\ Netos}$$

$$PRS = \frac{20.178{,}00}{2.140{,}7} = 9.4\ años$$

3.3.1.1.3 LUMINARIAS SECTOR LINEA DE CONVERSION

En esta área se trabaja de lunes a viernes de manera constante las 24 horas del día, los fines de semana trabajan en un periodo de 12 horas diarias.

AREA DE ESTUDIO		LINEA DE CONVERSION		
Utilización tiempo en horas		**24**		
ANALISIS DE LAMPARAS				
			Potencia Total	
	Cantidad	Potencia(W)cada lámpara	W	
Actual(Mercurio)	67	250	16750	
Actual(Reflectores)	2	400	800	
Propuesta(LED SOL60-XD)	69	143	9867	
		Potencia Ahorrada (kW)	7,683	
INVERSION				
	Precio/lámpara ($)	Cantidad de luminarias	($) Costo + IVA	
Propuesta(LED SOL60-XD)	814	69	56.166,00	
CALCULO DE AHORRO				
Horas de uso	Días al mes	Energía Ahorrada(kWh)	Costo Energía $/kWh	Ahorro horario ($)
10	20	1536,60	0,061	93,73
4	20	614,64	0,075	46,098
10	20	1536,60	0,044	67,61
20	10	1536,60	0,044	67,61
4	10	307,32	0,061	18,75
	kWh ahorrados/mes	5224,44	Ahorro al mes ($)	275,05
	kWh ahorrados/año	62693,28	**Ahorro anual neto ($)**	3300,62

Tabla 3.10 Análisis Luminarias –Línea de Conversión

- **EVALUACION ECONOMICA**

Inversión: **$ 56.166,00**

Ahorro: **$ 3.300,62**

Para todos los análisis se usara: el número de periodos considerado $\boldsymbol{n} = \mathbf{5}$ y la tasa de renta fija $\boldsymbol{k} = \mathbf{12}\%$

– **Valor Actual Neto:** El VAN permite determinar si un proyecto es o no atractivo en función de su resultado.

$$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0$$

$$VAN = -56.166{,}00 \sum_{t=1}^{5} \frac{3.300{,}62}{(1+0.12)^t} = -48.648{,}71$$

$$VAN = -48.648{,}71$$

– **Periodo de Recuperación de la inversión**

$$PRS = \frac{Inversion\ de\ Capital}{Ahorros\ Anuales\ Netos}$$

$$PRS = \frac{56.166{,}00}{3.300{,}62} = 17\ años$$

3.3.1.1.4 LUMINARIAS SECTOR TALLERES

AREA DE ESTUDIO		TALLERES - AREAS DE PERSONAL		
Utilización tiempo en horas		14		
ANALISIS DE LAMPARAS				
			Potencia Total	
	Cantidad	Potencia(W)cada lámpara	W	
Actual(Reflectores)	4	400	1600	
Actual(Mercurio)	25	250	6250	
Actual(Mercurio)	19	400	7600	
Actual(Fluorescentes)	205	40	8200	
Propuesta(LED SOL60-XD)	25	143	3575	
Propuesta(LED SOL72-XD)	23	171	3933	
Propuesta(LED)	205	20	4100	
		Potencia Ahorrada (W)	4442	
INVERSION				
	Precio/lámpara ($)	Cantidad de luminarias	($) Costo + IVA	
Propuesta(LED SOL60-XD)	814	25	20.350,00	
Propuesta(LED SOL72-XD)	897	23	20.631,00	
Propuesta(LED)	75,60	205	15.498,00	
CALCULO DE AHORRO				
Horas de uso	Días al mes	Energía Ahorrada(kWh)	Costo Energía $/kWh	Ahorro horario ($)
10	20	704,00	0,061	42,944
4	20	1408,00	0,075	105,6
10	20	1408,00	0,044	61,95
4	10	704,00	0,061	42,95
	kWh ahorrados/mes	4224,00	Ahorro al mes ($)	253,44
	kWh ahorrados/año	50688	**Ahorro anual neto ($)**	3041,28

Tabla 3.11 Análisis Luminarias –Talleres Área de Personal

- **EVALUACION ECONOMICA**

Inversión: **$ 56.479,00**

Ahorro: **$ 3.041,28**

Para todos los análisis se usara: el número de periodos considerado $\boldsymbol{n} = \mathbf{5}$ y la tasa de

renta fija $\boldsymbol{k} = \mathbf{12}\%$

- **Valor Actual Neto:** El VAN permite determinar si un proyecto es o no atractivo en función de su resultado.

$$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0$$

$$VAN = -56.479{,}00 \sum_{t=1}^{5} \frac{3.041{,}28}{(1+0.12)^t} = -49.552{,}36$$

$$VAN = -49.552{,}36$$

- **Periodo de Recuperación de la inversión**

$$PRS = \frac{Inversion\ de\ Capital}{Ahorros\ Anuales\ Netos}$$

$$PRS = \frac{56.479{,}00}{3.041{,}28} = 18.6\ años$$

3.3.1.1.5 LUMINARIAS SECTOR ONDUTEC

En esta área se encienden las luces 12 horas diarias todos los días de la semana, desde las 18h00 hasta las 06h00, ya que en el día se benefician de la luz natural.

AREA DE ESTUDIO		ONDUTEC		
Utilización tiempo en horas		12		
ANALISIS DE LAMPARAS				
			Potencia Total	
	Cantidad	Potencia(W)cada lámpara	W	
Actual(Mercurio)	140	250	35000	
Actual(Mercurio)	24	400	9600	
Actual(Fluorescentes)	50	40	2000	
Propuesta(LED SOL60-XD)	140	143	20020	
Propuesta(LED SOL72-XD)	24	171	4104	
Propuesta(LED)	50	20	1000	
		Potencia Ahorrada (kW)	11.87	
INVERSION				
	Precio/lámpara ($)	Cantidad de luminarias	($) Costo + IVA	
Propuesta(LED SOL60-XD)	814	140	113.960,00	
Propuesta(LED SOL72-XD)	897	24	21.528,00	
Propuesta(LED)	75,60	50	3.780	
CALCULO DE AHORRO				
Horas de uso	Días al mes	Energía Ahorrada(kWh)	Costo Energía $/kWh	Ahorro horario ($)
4	20	1790,88	0,075	134,32
8	20	3581,76	0,044	157,59
8	10	1790,88	0,044	78,79
4	10	895,44	0,061	54,62
	kWh ahorrados/mes	4224,00	Ahorro al mes ($)	425,33
	kWh ahorrados/año	50688	**Ahorro anual neto ($)**	5104,01

Tabla 3.12 Análisis Luminarias –ONDUTEC

- **EVALUACION ECOMICA**

Inversión: $ 139.268,00

Ahorro: 5.104,01

– **Valor Actual Neto:** El VAN permite determinar si un proyecto es o no atractivo en función de su resultado.

$$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0$$

$$VAN = -139.268{,}00 \sum_{t=1}^{5} \frac{5.104{,}01}{(1+0.12)^t} = -127.643{,}42$$

$$VAN = -127.643{,}42$$

– **Periodo de Recuperación de la inversión**

$$PRS = \frac{Inversion\ de\ Capital}{Ahorros\ Anuales\ Netos}$$

$$PRS = \frac{127.643{,}42}{5.104{,}01} = 27\ años$$

3.3.1.1.6 RESUMEN DE LAS PROPUESTAS DE ILUMINACION

Según los resultados obtenidos con la evaluación económica y considerando que la tecnología LED en la actualidad todavía es muy costosa, es claro que todas las propuestas de iluminación no son rentables ya que el Valor actual neto (VAN) de todas resulto menor a cero, esto indica que, la inversión producirá perdidas por debajo de la rentabilidad exigida y que el proyecto debería impugnarse.

	MOLINO	SOTANO	L.CONVERSION	ONDUTEC	Total
Inversión en la nueva instalación	53.424 USD	20.278 USD	56.166 USD	139.268 USD	269.136,00 USD
Ahorro energético anual	38.016 kWh	40.661,28 kWh	62.693,28 kWh	50.688 kWh	192.058,56 KWh
Ahorro económico anual	2.006,4 USD	2.140,70 USD	3.300,62 USD	5.104.01 USD	12.551,73 USD
Tiempo para amortizar la inversión	18 años 9 meses	9 años y 4 meses	17 años	27 años	

Tabla 3.13 Tiempo de retorno de la inversión

Igualmente tienen un tiempo de recuperación de la inversión por encima de los 9 años por lo tanto las propuestas no deberían aplicarse en todas las áreas, el área más factible para el cambio de luminarias seria el Sótano debido a que se obtuvo el menor tiempo de recuperación y teniendo en cuenta que en esta sección en su mayoría son tubos fluorescente de 40 W se puede reemplazar por lámparas de 32W y evitar la implementación de tecnología LED, en la tabla 3. Se evalúa la implementación de estas luminarias.

En el área del Molino también es importante el cambio de luminaria ya que como se conoce aquí se desarrolla la mayor producción de la planta y por ende el mayor consumo de electricidad y sería una forma de ahorro, considerando también que el personal de CARTOPEL ya estudia la posibilidad de cambio de luminarias por unas más eficientes.

3.3.1.1.7 LUMINARIAS DE 32W EN EL SOTANO

AREA DE ESTUDIO		SOTANO		
Utilización tiempo en horas		**24**		
ANALISIS DE LAMPARAS				
			Potencia Total	
	Cantidad	Potencia(W)cada lámpara	W	
Actual(Mercurio)	1	250	250	
Actual(Mercurio)	4	400	1600	
Actual(Fluorescentes)	30	32	960	
Actual(Fluorescentes)	180	40	7200	
Propuesta(LED SOL60-XD)	1	143	143	
Propuesta(LED SOL72-XD)	4	171	684	
Propuesta T8 - 32W	180	32	5760	
		Potencia Ahorrada (kW)	1,503	
INVERSION				
	Precio/lámpara ($)	Cantidad de luminarias	($) Costo + IVA	
Propuesta(LED SOL60-XD)	814	1	814	
Propuesta(LED SOL72-XD)	897	4	3.588,00	
Propuesta T8 – 32W	42,55	90 (2X32)	3.829,50	
CALCULO DE AHORRO				
Horas de uso	Días al mes	Energía Ahorrada(kWh)	Costo Energía $/kWh	Ahorro horario ($)
10	20	300,6	0,061	18,3366
4	20	120,24	0,075	9,018
10	20	300,6	0,044	13,2264
20	10	601,2	0,044	26,4528
4	10	120,24	0,061	7,33464
	kWh ahorrados/mes	3388,44	Ahorro al mes ($)	74,36844
	kWh ahorrados/año	40661,28	**Ahorro anual neto ($)**	892,42128

Tabla 3.14 Luminarias tipo T8 – 32W en el Sótano

La inversión se reduce a 8231,5 USD y también el ahorro de energía, por lo tanto el periodo de recuperación de esta inversión esta sobre los 9 años.

– **Periodo de Recuperación de la inversión**

$$PRS = \frac{Invrsion\ de\ Capital}{Ahorros\ Anuales\ Netos}$$

$$PRS = \frac{8231{,}5}{829{,}43} = 9\ años\ y\ 10\ meses$$

3.3.2 CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

Conociendo que CARTOPEL paga un elevado costo económico por concepto de penalización al consumo de energía reactiva, es necesario que se tomen medidas para la corrección de FP[19] y lograr mantenerlo en los límites establecidos y así generar un ahorro económico.

> *La **energía reactiva (ER)** generalmente es producida por los campos magnéticos internos de los motores y transformadores, se mide en kVAR, esta energía provoca sobrecarga en las líneas transformadoras y generadoras sin producir algún trabajo útil por tal razón es necesario compensarla*.

La industria ya cuenta con algunos bancos de condensadores en ciertos cuadros de control o tableros para corregir el FP pero es necesario que se rediseñen estos bancos o se busque otros métodos para mejorar el valor del FP. La compensación con condensadores puede realizarse en tres niveles diferentes.

- **Compensación Global:** Este presenta la característica de instalar el banco de condensadores o baterías al ingreso general de la planta o instalación.
  - Este nivel permite reducir las penalizaciones por consumo *ER*, pero la corriente reactiva estará presente desde este nivel hasta los equipos o motores. Las pérdidas por Efecto Joule en los cables no se reducirán.
- **Compensación Parcial:** Este tipo consiste en colocar el banco de condensadores en la entrada a un taller o en el cuadro de control, este caso sería el de

19 FP: Factor de Potencia

CARTOPEL debido a que tienen instalado un banco para un grupo de motores y con esto se logra optimizar parcialmente el consumo de energía reactiva.

- Este nivel igualmente permite reducir las penalizaciones por consumo excesivo de ER, pero la corriente reactiva fluirá desde esta instancia hasta los equipos o motores. Las perdidas por Efecto Joule en los cables tienden a disminuir.

- **Compensación Individual**: Este tipo consiste en instalar el equipo en bornes del motor o equipo inductivo.
  - Este nivel también permite reducir las penalizaciones por consumo excesivo de ER, la corriente reactiva se abastece en el mismo lugar de consumo y no está presente en los cables de la instalación.
  - Las pérdidas que existían por Efecto Joule en los cables llegarían a eliminarse totalmente.

3.3.2.1 ANALISIS DE LA COMPENSACION INDIVIDUAL

En CARTOPEL S.A.I implementar la compensación individual sería una medida que proporcionaría resultados positivos en cuanto al ahorro energético y económico, su implementación podría aplicarse a todos los motores que tienen bajo FP y además de aquellos que en el análisis resultaron como los de mayor consumo.

MOTOR	TABLERO	HP	# CONDUCTOR AWG	DISTANCIA (m)	FP Registrado
PULPER 2	QCM3	148	1/0	25	0.86
PULPER 3	QCM 3.1	180	1/0	40	0.86
PULPER 4	4160V	600	2	30	0.77
CLASIFICADOR DE FIBRAS	QCM1	147	1/0	60	0.94
SCREEM SPM 1500	4160V	250	2	100	0.77
AGA POPE GRIS II	QCM3	150	1/0	50	0.86
BOMBA ALTA PRESION	QCM1	84,5	1/0	50	0.94
SCREEM TOP	QCM6	75	4	40	0.91
DESFIBRADOR 1	QCM6	100	4/0	100	0.91
REFINADOR PILAO 1000	QCM7	400	1/0	40 hasta el arrancador + 20 m al motor	0.89
DESFIBRADOR 2	QCM5	150	2/0	100	0.9
REFINADOR SW 26 GRIS	QCM6	400	2	30 hasta el arrancador + 20 m al motor	0.91
REFINADOR PILAO 2000	4160 V	600	4/0	80	0.77
REFINADOR PILAO 2002	QCM1	400	1/0	50 hasta el variador + 5m al motor	0.94
BOMBA FAN TOP	QCM1	200	1/0	50 hasta el variador + 40 m motor	0.94
BOMBA FAN GRIS	QCM1	308	1/0	50 hasta el variador + 40 m al motor	0.94
BBA VACIO INFERIOR PRENSAS	QCM5	100	1/0	40	0.9
BBA VACIO SUPERIOR PRENSAS	QCM5	100	1/0	40	0.9
BOMBA VACIO COUCH ALTO	QCM5	150	1/0	30	0.9
BOMBA VACIO COUCH BAJO	QCM6	120	2/0	30	0.9

Tabla 3.15 Motores que presentan el Mayor Consumo

Se realizara el cálculo para conocer el valor del capacitor que se debe instalar en los motores, que permitirá valorar las perdidas térmicas al pasar de un FP inicial (Cos ϕ1) a un valor final (Cos ϕ2).

Los motores que tienen una alimentación de 4160 V no serán analizados ya que tienen

una compensación individual en el transformador TR 12 el cual se explica en el punto 3.3.2.2, tampoco los que registran un FC adecuado 0.94.

A continuación se presenta los valores obtenidos de potencia reactiva que debe tener el condensador a instalar para obtener el factor de potencia deseado.

	MOTOR	Potencia Nominal (KW)	Potencia Promedio (KW)	FC - Actual Cos ϕ1	I1 Promedio (A)	FC - Nuevo Cos ϕ2	" K " Factor que sustituye a (tanϕ2- tanϕ1)	Potencia Reactiva-Requerida (kVAR)
1	PULPER 2	110,41	92,46	0,86	141,08	0,93	0,198	18,31
2	PULPER 3	134,28	122,5	0,86	186,9	0,93	0,198	24,26
3	AGA POMPE GRIS II	111,9	103,02	0,86	157,18	0,93	0,198	20,40
4	SCREEM TOP	55,95	38,82	0,91	55,96	0,93	0,06	2,33
5	DESFIBRADOR 1	74,6	53,24	0,91	76,77	0,93	0,06	3,19
6	REFINADOR PILAO 1000	298,4	224,9	0,89	313,94	0,93	0,117	26,31
7	DESFIBRADOR 2	111,9	90,76	0,9	132,32	0,93	0,089	8,08
8	REFINADOR SW 26 GRIS	298,4	207,1	0,91	298,63	0,93	0,06	12,43
9	BBA VACIO INFERIOR PRENSAS	74,6	109,35	0,9	159,43	0,93	0,089	9,73
10	BBA VACIO SUPERIOR PRENSAS	74,6	106,22	0,9	154,86	0,93	0,089	9,45
11	BOMBA VACIO COUCH ALTO	111,9	85,32	0,9	124,4	0,93	0,089	7,59
12	BOMBA VACIO COUCH BAJO	89,52	98,37	0,9	141,84	0,93	0,089	8,75

Tabla 3.16 Valores de Potencia reactiva y nuevo FC

La tabla con los diferentes valores que tiene la constante “K” para calcular el valor de la potencia reactiva se la puede observar en el anexo ñ.

En la siguiente tabla se observa cómo afecta el nuevo valor de FC en la reducción de pérdidas y por ende cuanta energía se ahorra mensual y en el año.

	Tensión Operación (V)	I2 - Nueva (A)	# Conductor	Longitud (m)	Resistencia Conductor (Ω)	Resistencia Total (Ω)	Perdidas Cos ϕ1 (W)	Perdidas Cos ϕ2 (W)	Reducción de pérdidas (W)	Ahorro x Consumo de Energía (kWh) mensual	Ahorro x Consumo de Energía (kWh) año
1	440	130,45	1/0	25	0,317	0,01	473,21	404,61	68,60	41,73	500,77
2	440	172,84	1/0	40	0,317	0,01	1.328,80	1.136,37	192,43	117,06	1.404,72
3	440	145,35	1/0	50	0,317	0,02	1.174,75	1.004,62	170,13	103,50	1.241,95
4	440	54,77	4	40	0,8	0,03	300,63	288,00	12,63	7,68	92,18
5	440	75,12	4/0	100	0,158	0,02	279,36	267,46	11,90	7,24	86,84
6	440	317,32	1/0	60	0,317	0,02	5.623,74	5.745,37	-121,63	-73,99	-887,93
7	440	128,06	2/0	100	0,252	0,03	1.323,65	1.239,70	83,94	51,07	612,79
8	440	292,20	2	50	1,5	0,08	20.065,47	19.211,01	854,46	519,80	6.237,57
9	440	154,28	1/0	40	0,317	0,01	966,90	905,49	61,40	37,35	448,25
10	440	149,87	1/0	40	0,317	0,01	912,26	854,40	57,86	35,20	422,39
11	440	120,38	1/0	30	0,317	0,01	441,51	413,44	28,07	17,08	204,94
12	440	138,79	2/0	30	0,252	0,01	456,29	436,89	19,40	11,80	141,59
	Total						33.346.56	31.907,37	1.439,19	875,51	10.506,06

Tabla 3.17 Perdidas en los conductores y ahorro de energía por este concepto

Para determinar los valores anteriores se utilizo la siguiente formulación:

- **Determinación de la Corriente**

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * Cos\varphi}$$

- **Calculo del valor del capacitor**

$$Qc = P\ (Tg\phi\ 2 -\ Tg\phi\ \mathrm{d}1)$$

Por factibilidad, el término $(Tg\phi\ 2 -\ Tg\phi\ \mathrm{d}1)$ se sustituye por una constante "K" para diferentes valores de FC, la cual ya se explico anteriormente. Entonces:

$$Qc = P * K$$

- **Resistencia eléctrica en los cables de alimentación**

$$RT = Rcable * Lcable$$

$$Donde:$$

RT =Resistencia eléctrica total en Ω

Rcable: Resistencia del cable en Ω

Lcable: Longitud del cable en metros (m)

- **Determinación de las Perdidas**

$$P = 3 * RT * I\text{^}2$$

- **Reducción de pérdidas Térmicas (ΔP)**

$$\Delta P = P1 - P2\ (Watts)$$

- **Ahorro mensual por consumo de energía eléctrica (kWh/mes)**

$$Ahorro\ de\ energia = \frac{(\Delta P) * (horas\ de\ funcionamiento/mes)}{1000}$$

Se estima que la aplicación de esta medida producirá una reducción de pérdidas de 875.51KWh mensual y 10.506,06 KWh y conociendo que existen cuatro valores de la tarifa en función del horario se procederá a obtener una tarifa media para determinar cuánto ahorro genera esta acción. A tarifa promedio de $ 0.06 producirá un ahorro de $**52,53** mensual y $**630,36** anual.

Considerando que CARTOPEL tiene alrededor de 400 motores instalados y si se llegara a implementar esta compensación en todos se podría incrementar los ahorros por perdidas en los conductores, pero también existe el riesgo de subutilización de capacitores que no son usados con frecuencia, también se debe considerar que el costo de varios capacitores por separado es mayor que el de un capacitor individual de valor equivalente.

3.3.2.2 COSTOS PAGADOS POR CARTOPEL POR BAJO FACTOR DE POTENCIA

CARTOPELS.A.I en el año 2010 por concepto de penalización por bajo FP pago un monto total de **$ 51.446,89** y hasta el mes de septiembre del año 2011 pago la cantidad de **$ 47.015,38**, los consumo de potencia reactiva - mensuales que se registraron en estos periodos se pueden visualizar en la tabla 3.11.

	Energía Reactiva	
	2010 (kVArh)	2011(kVArh)
Enero	1.287.524	1.569.714
Febrero	1.415.557	1.529.806
Marzo	1.611.208	1.755.901
Abril	1.670.070	1.741.952
Mayo	1.686.368	1.820.072
Junio	1.551.492	1.582.248
Julio	1.692.782	
Agosto	1.628.791	
Septiembre	1.626.488	
Octubre	1.734.050	
Noviembre	1.669.160	
Diciembre	1.549.511	
Total	19.123.001	9.999.693

Tabla 3.18 Potencia Reactiva

La Industria en el periodo de estudio registro los siguientes valores de FP promedio.

Cuadro/Tablero	FP- Registrado
Alimentación General	0,9
TR10-ONDUTEC	0,88
TR12-SPM-PILAO	0,77
QCM-1	0,94
QCM-2	0,94
QCM-3	0,86
QCM-5	0,9
QCM-6	0,91
QD2.1	0,95
QAC-1	0,67
QCM-23	0,83

Tabla 3.19 Factor de Potencia registrado

Conociendo los consumos de energía activa y reactiva se puede plantear un cálculo aproximado del banco de baterías que se debería instalar para reducir la penalización.

Energía activa (***EA***) registrada en el 2010=39.784,985kWh

Energía activa registrada hasta junio 2011 =20.474,858 kWh

- **CALCULO**

EA = 39.784.985 kWh
ER = 19.123.001 kVArh

- Calculo de Tgφ

$$Tg\phi = \frac{ER}{EA} = \frac{19.123.001}{39.784.985} = 0.48$$

- Calculo del valor de reactiva

$$Q = \frac{EA}{T}\ (Tg\phi \text{ actual} - \ Tg\phi \text{ deseado})$$

Donde:

T = cantidad de horas en el periodo de estudio.

Como se está trabajando con los datos de energía anuales se usara las horas de trabajo durante un año.

$$T = 24 * 360 = 8640$$

$$T = 8640\ horas$$

Se obtiene la equivalencia de Tgφ en Cosφ

	$Tg\phi$	$Cos\phi$
Actual	**0.48**	**0.90**
Deseado	**0.39**	**0.93**

$$Q = \frac{39784985}{8640}(0.48 - \ 0.39) = 415$$

$$Q = 415 \text{ kVAr}$$

El resultado anterior indica que se requiere instalar un banco de 415 kVAr, pero esta sería una compensación global ya que los cálculos se los realizo con los que se registra en las planillas de pago y su instalación también depende de las fluctuaciones que tenga la potencia reactiva ya que esta debería adaptarse a la requerimientos que tenga la planta industrial en cada momento.

Con la aplicación de medidas en la mejora de los sistemas de corrección del FP en el periodo de análisis la Industria potencialmente puede ahorrarse un valor anual

aproximado de **$ 98.462,27.**

3.3.2.3 ACCION EMPRENDIDA PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA

La industria con el afán de dar un uso adecuado a la energía eléctrica instalo en el mes de enero de 2012 se instalado un banco de condensadores de 400KVAR en media tensión con el objeto de mejorar el FP promedio observado del transformador TR12, el cual se ubicaba en 0.77, actualmente el FP se mantiene dentro del rango de 0.92 a 0.93, los resultados de esta acción, se traducen en una reducción significativa de los costos por este concepto en la planilla mensual de consumo. A esta acción también se la conoce como compensación individual en transformadores.

3.3.2.3.1 EVALUACION ECONMONICA DE LA ACCION

La instalación del banco de condensadores le represento a CARTOPEL una inversión de:

	USD
Banco de Condensadores	**27.500,00**
Varios (Obra Civil)	**2.500,00**
Instalación	**0,00 (Personal de CARTOPEL)**
TOTAL	**30.000,00**

Tabla 3.20 Costo de la Implementación del Banco de Condensadores

Esta acción generara un ahorro promedio de $4.000 mensuales, es decir, unos 48.000 anuales.

- **Valor Actual Neto VAN**

$$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0$$

$$VAN = -30.000 \sum_{t=1}^{5} \frac{48.000}{(1+0.12)^t} = 79.321{,}89$$

- **Tasa interna de Retorno TIR**

$$TIR = 138.86\%$$

- **Periodo de Recuperación de la Inversión**

$$PRS = \frac{Inversion\ de\ Capital}{Ahorros\ Anuales\ Netos}$$

$$PRS = \frac{30.000}{48.000} = 0.625\ años$$

3.3.3 POSIBLE IMPLEMENTACION DE COGENERACION

La cogeneración se la define como el proceso mediante el cual se obtiene energía eléctrica y energía térmica útil, a partir de la misma fuente de energía primaria.

Se conoce que el gas natural es la energía primaria más utilizada para el funcionamiento de las centrales de cogeneración de electricidad calor, las cuales funcionan con turbinas o motores de gas; no obstante, también se pueden utilizar fuentes de energía renovables y residuos como biomasa o residuos.

- **VENTAJAS**
  - Ahorra energía y mejora la seguridad del abastecimiento.
  - Disminuye las pérdidas de la red eléctrica, especialmente porque las centrales de cogeneración se suelen situar próximas a los lugares de consumo.

- Aumenta la competencia entre los productores.
- Permite crear nuevas empresas.
- Se adapta bien a las zonas aisladas o ultra periféricas.

La aplicación de la Cogeneración en CARTOPEL puede significar grandes ahorros energéticos, que se verán traducidos en la reducción del monto de la factura energética, sin que esto llegue a alterar el proceso productivo, este sistema es considerado eficiente ya que permite la producción de calor y electricidad a partir del mismo combustible, es decir se aprovecha “in situ” el calor.

Existen varios sistemas de cogeneración en función del tipo de turbogeneradores y combustibles que se empleen y de su situación en el proceso productivo. Esto depende de los objetivos energéticos que se pretenden conseguir en cada instalación, de la estructura energética de la fábrica en la que se aplican, del horario laboral de esta, de su nivel de demanda energética, de su disponibilidad de combustibles, etc.

En CARTOPEL se vislumbra como posible la implementación de cogeneración ya que tiene un proceso continuo de producción durante las 24:00 del día y requiere de calor para el secado del papel, haciendo circular la lámina por cilindros calentados internamente con vapor, a este también se lo conoce como el “ciclo de secado".

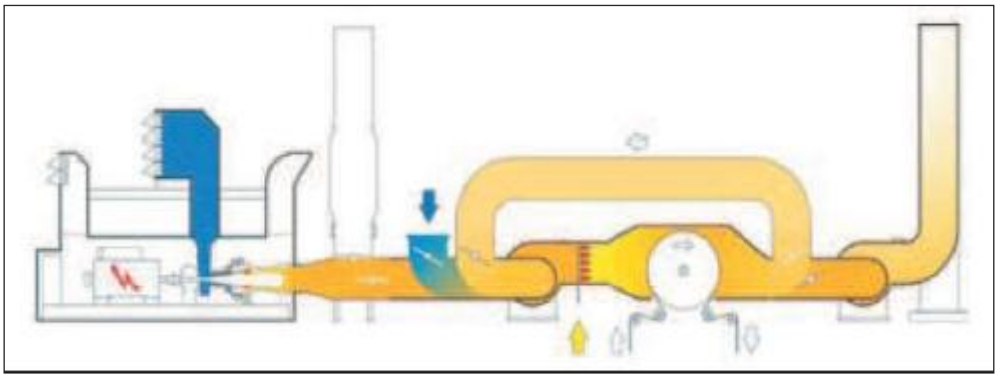


Figura 3.3 Circulación del vapor a través de los cilindros

Grupo de Secadores	Numero de Secadores	kgf/cm²	ºC	Psi
G.1	6	5	158,3	71,0
G. 2	6	5	158,3	71,0
G.3	8	8	174,7	113,6
G.4	10	9	179,1	127,8
G.5	8	10	183,3	142,0
G. 6	10	10	183,3	142,0

Tabla 3.21 Valores de vapor saturado en el ciclo de secado

Los principales sistemas de cogeneración son: ciclo de turbina de gas, ciclo con motor diesel, ciclo con turbina de vapor, ciclo combinado, aprovechamiento de calor residual con turbina de vapor. Debe aplicarse el sistema que mejor se adapte a las condiciones de CARTOPEL.

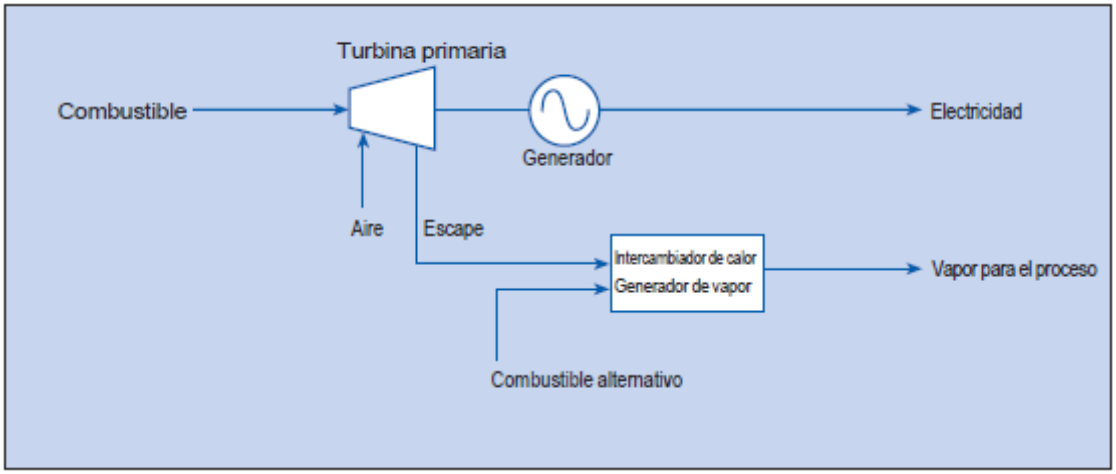


Figura 3.4 Esquema de un ciclo sencillo de cogeneración

3.3.4 IMPLEMENTACION DE AUTOGENERACION

Según lo establecido en la legislación energética vigente del Ecuador, el Estado Ecuatoriano puede delegar, por excepción, a la iniciativa privada el desarrollo de proyectos de generación dentro del sector Eléctrico. En concordancia con esto el Consejo Nacional de Electricidad - CONELEC, tiene la facultad de otorgar concesiones, permisos y licencias para proyectos de generación por un plazo de hasta 50 años.

En tal virtud esta industria y su planta corrugadora de la Ciudad de Guayaquil, o en

alianza con otras, pueden solicitar al CONELEC una licencia para invertir en la construcción y explotación de una nueva central generadora y convertirse en un Autoproductor eléctrico y de esta manera abastecerse con su propia energía, con la posibilidad de que, en caso de existir excedentes de producción éstos puedan ser comercializados en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM).

Autogenerador: *Es el generador independiente de energía eléctrica destinada para su propio consumo, pudiendo tener excedentes a disposición de terceros o del mercado eléctrico mayorista a través del Sistema Nacional de Transmisión o de los sistemas aislados de transporte*.

Consumo Propio: *Es la demanda de potencia y energía de la instalación o instalaciones de una persona natural o jurídica que a su vez es propietaria, accionista o tiene participaciones en la empresa autoproductora. Las instalaciones o empresas que bajo la categoría de consumo propio sean servidas por el Autoproductor podrán estar físicamente separadas de la central generadora.*

Para desarrollar este tipo de Proyecto el ente regulador considerara los siguientes Aspectos.

- "Que los estudios presentados sean a nivel de perfectibilidad
- Que el proyecto propuesto no conste en el Plan Maestro de Electrificación-PME.
- Que se optimice el uso del recurso natural para la generación eléctrica."[20]

Para la implementación de nuevas generadoras se deberá considerar que setas sean amigables con el ambiente y en especial energías renovables como fotovoltaicas, eólicas, hidráulicas, geotérmicas, biomasa entre otras.

Es así que el CONELEC mantiene una lista actualizada de proyectos de generación hidroeléctrica que podrían ser una alternativa para ser desarrollado por CARTOPEL, estos son mencionadnos en el Plan Maestro de Electrificación pero no son parte

[20] **Regulación CONELEC _002/11_ Excepcionalidad para la participación privada en la generación eléctrica. www.conelec.gob.ec**

integral del mismo y por lo tanto pueden ser desarrollados por la iniciativa privada, se destacan solo los que están en etapa de pre-factibilidad debido a la limitación establecida en la regulación.

PROYECTOS DE GENERACION HIDROELCTRICA DE 1 o MAS MW							
VERTIENTE DEL AMAZONAS							
Vertiente	**Sistema Hidrográfico**	**Rio**	**Nombre del Proyecto**	**Nivel de Estudio**	**Costo Total (MM USD)**	**Potencia Instalada (MW)**	**Energía Media Estimada(GWh/año)**
AMAZONAS	**Mayo - Chinchipe**	Palanda	Palanda2	Prefactibilidad Básica	87,6	88	615
		Isimanchi	La Cidras	Prefactibilidad Básica	89,7	77	540
			Isimanchi	Prefactibilidad Básica	62,4	51	360
		Nambala	Nambala	Prefactibilidad Básica	44,3	39	275
		Valladolid	Valladolid	Prefactibilidad Básica	29,9	22	157
	Napo	Langa	Langa	Prefactibilidad	37,6	26	159
	Pastaza	Pastaza	Victoria	Prefactibilidad	35	25	108
		Ambato	Ambato	Inventario	9,8	4	27
		Huahuala	Huahuala	Inventario	12,9	5	32
		Cebadas	Cebadas	Inventario	20,6	10	57
			Chambo	Inventario	20	13	73
	Santiago	Zamora	Gualaquiza	Prefactibilidad	892	800	6155

Tabla 3.22 Proyectos hidroeléctricos ubicados en la vertiente del Pacifico

PROYECTOS DE GENERACION HIDROELCTRICA DE 1 o MAS MW							
VERTIENTE DEL PACIFICO							
Vertiente	**Sistema Hidrográfico**	**Rio**	**Nombre del Proyecto**	**Nivel de Estudio**	**Costo Total (MM USD)**	**Potencia Instalada (MW)**	**Energía Media Estimada(GWh/ año)**
PACIFICO	**Esmeraldas**	Quebrada El Batan	Guapulo	Prefactibilidad	4,5	3	22
	Guayas	Chanchan	Chanchan	Prefactibilidad	19,4	8	47
		La Playa(Tablas)	Caluma Alto	Prefactibilidad	54,4	21	110
		Limón-Chuzo	Echeandia Alto	Prefactibilidad	57,2	18	100
		Soloma	Echeandia Bajo 2	Prefactibilidad	27,2	8	50
	Jubones	Mandur	Mandur	Prefactibilidad	16,8	8	44
		San Francisco	San FranciscoII	Prefactibilidad	18,7	9	54
		Uchucay	Uchucay	Prefactibilidad	20,7	8	48
	Puyango	Puyango	Marcabeli	Factibilidad	523,4	161	910
	Cayapas	Negro	Negro	Prefactibilidad Básica	54,1	34	265
		Puniyacu	Puniyacu	Prefactibilidad Básica	54,5	35	275
		Agua Clara	Agua Clara	Prefactibilidad Básica	41,4	20	153
		Bravo Grande	Bravo Grande	Prefactibilidad Básica	37,2	10	78
		Lachas	Lachas	Prefactibilidad Básica	17,1	5	47

Tabla 3.23 Proyectos hidroeléctricos ubicados en la vertiente del Amazonas

Fuente: Plan Maestro de Electrificación 2009 – 2020 www.conelec.gob.ec

En las tablas se puede apreciar la serie de proyectos que existen de distintas potencias y costos, para la ejecución de uno de estos se debería buscar el que mejor se adapte técnica y económicamente a los requerimientos de CARTOPEL para generar su propia energía e incluso llegar a vender los excedentes.

Considerando que la industria pago por concepto de energía eléctrica en el periodo de análisis (Año 2010 y hasta septiembre de 2011) **$ 4'700.454,39,** puede invertir en una central de aproximadamente 20 millones, su construcción tardaría de 2 a 3 años, también se debe considerar los costos que debería pagar por concepto de transmisión, peajes de distribución en potencia y energía, así como también el costo que tiene la energía en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), con la consideración de estos rubros se puede hacer un análisis económico.

3.3.4.1 EVALUACION ECONOMICA DE LA AUTOGENERACION

Para la evaluación se considerara un proyecto hidroeléctrico con las siguientes características.

Nombre del Proyecto	Costo Total (MM USD)	Potencia Instalada (MW)	Energía Media Estimada(GWh/año)
Valladodid	29,9	22	157

Tabla 3.24 Características del Proyecto

Para el análisis se tomo en consideración la energía que registró la industria en el periodo de análisis, los costos por peaje de distribución y transmisión son los que se encuentran vigentes para el año 2012, para el cálculo de USD/KW se tomo en consideración una potencia promedio de 5.258 kW (2010) y 5.815 kW (2011).

CONSUMOS - CARTOPEL			Costos por Peaje de Distribución			Costos por Transmisión	
Energía Requerida (KWh/año)		Potencia Requerida kW	Potencia 7,36 USD/KW	Energía 0,0010 USD/KWh	Potencia instalada kW	1,66 USD/KW instalado	TOTAL (USD)
2010	39.784.985,00	5.258,00	38.698,88 USD	39.784,99 USD	22000	36.520,00	115.003,87
2011	43.246.059,00	5.815,00	42.798,40 USD	43.246,06 USD	22000	36.520,00	122.564,46
Total	83.031.044,00						237.568,33

Tabla 3.25 Costos por transmisión y peaje de distribución

Conociendo que la central en mención producirá una energía media anual de **157 GWh/año** y que CARTOPEL consumió en sus instalaciones **39.78 GWh/año** (2010) y **43.25 GWh/año** (2011), se deberá analizar los ingresos que generarían los excedentes entregados al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), en el cual tiene un costo de **0.02usd/KWh** tarifa vigente.

	Energía Media Estimada(KWh/año)	Energía Consumida (KWh/año)	Excedente (KWh/año)	Costo en el MEM (USD/KWh)	Ingresos (USD)
2010	**157.000.000,00**	**39.780.000,00**	**117.220.000,00**	**0,02**	**2.344.400,00**
2011	**157.000.000,00**	**43.246.059**	**113.753.941,00**	**0,02**	**2.215.078,82**
				TOTAL	**4.619.478,82**

Tabla 3.26 Ingresos por venta la energía al MEM

Si la central se encontraría en operación CARTOPEL por concepto de energía eléctrica debía haber cancelado **237.568,33 USD**, en comparación con los **4'700.454,39 USD** que actualmente cancelo, lo cual significaría un ahorro de **4.462.886,06 USD**, adicionalmente se debe considerar los ingresos que recibiría por los excedentes.

- Se realizara una estimación de cuanto llegaría a costar el proyecto y el periodo en el cual se recuperaría la inversión.

Costo del proyecto USD	Tiempo de Construcción años	Costos pagados por energía consumida en el periodo de construcción (USD)			Costo Total USD
		año - 1	año - 2	año - 3	
29.900.000,00	**3**	**2.613.521,42 USD**	**2.848.738,35 USD**	**3.076.637,42 USD**	**38.438.897,18**

Tabla 3.27 Costo total del proyecto

El costo total del proyecto seria de **38.438.897,18 USD**. Para conocer el tiempo en que el proyecto se pagaría e iniciaría a generar rentabilidad financiera se ha considerado los gastos por operación de la central generadora, los costos evitados e ingresos por excedentes. Tomando en cuenta que el consumo del año 2010 al año 2011 se incremento en un 9%, este mismo porcentaje se considerara para evaluar el consumo de los siguientes años, por lo tanto la energía consumida en los siguientes se observa en las siguientes tabla.

Años	Energía Media Estimada(KWh/año)	Energía Consumida Estimada (KWh/año)	Excedente (KWh/año)	Costo en el MEM (USD/KWh)	Ingresos (USD)
2010	157.000.000,00	39.780.000,00	117.220.000,00	0,02	2.344.400,00
2011	157.000.000,00	43.246.059	113.753.941,00	0,02	2.275.078,82
2012	157.000.000,00	46.705.743,72	110.294.256,28	0,02	2.205.885,13
2013	157.000.000,00	50.442.203,22	106.557.796,78	0,02	2.131.155,94
2014	157.000.000,00	54.477.579,48	102.522.420,52	0,02	2.050.448,41
2015	157.000.000,00	58.835.785,83	98.164.214,17	0,02	1.963.284,28
2016	157.000.000,00	63.542.648,70	93.457.351,30	0,02	1.869.147,03
2017	157.000.000,00	68.626.060,60	88.373.939,40	0,02	1.767.478,79

Tabla 3.28 Energía consumida estimada por año

Proyecto en Operación								
	año - 1	año - 2	año - 3	año - 4	año - 5	año - 6	año - 7	año - 8
Posibles costos por energía que la industria debería pagar en los siguientes años	2.613.521,42	2.848.738,35	3.076.637,42	3.322.768,41	3.588.589,88	3.875.677,07	4.185.731,24	4.520.589,74
Gasto de operación en los siguientes años (USD)	115.003,87	122.564,46	129.448,02	136.882,26	144.911,24	153.582,54	162.947,54	173.061,74
Costos evitados (USD)	2.498.517,55	2.726.173,89	2.947.189,40	3.185.886,15	3.443.678,64	3.722.094,54	4.022.783,70	4.347.527,99
Ingreso por excedente (USD)	2.344.400,00	2.275.078,82	2.205.885,13	2.131.155,94	2.050.448,41	1.963.284,28	1.869.147,03	1.767.478,79
Total (USD)	4.842.917,55	5.001.252,71	5.153.074,53	5.317.042,09	5.494.127,05	5.685.378,82	5.891.930,72	6.115.006,78
Ingresos Acumulados (USD)	4.842.917,55	9.844.170,26	14.997.244,78	20.314.286,87	25.808.413,93	31.493.792,74	37.385.723,47	43.500.730,25

Tabla 3.29 Costos que generara el Proyecto en Operación

En esta tabla se observa una aproximación del pago por concepto de consumo de energía que tendría la industria en los siguientes años, con este rubro y con el de energía también proyectada de la tabla 3-28 se puede obtener los gastos de operación, el costo evitado y el ingreso por excedente que generara este proyecto anualmente. Se destaca que para el octavo año de operación del proyecto, se recupera la inversión inicial puesto que (**43.500.730,25 USD - 38.438.897,18 USD = 5.061.833,07 USD),** por lo tanto a partir de ese año la industria solamente recibiría beneficios por los costos evitados y por la venta del excedente al MEM. Por ejemplo en el octavo año recibiría ingresos por 5.061.833,07 USD, también se debe considerar los años de explotación que tienen este tipo de centrales que es alrededor de 20 años.

Si a esta alternativa de autogeneración se sumara la Planta Corrugadora de Guayaquil y con el aporte económico de esta se puede reducir el tiempo de recuperación de la inversión.

Se puede citar como ejemplo a empresas Autogeneradoras como Enermax S.A la cual tiene consumos propios correspondientes a la Cadena Supermaxi y que genera mediante la Central Hidroeléctrica CALOPE de 16.5MW que está ubicada en el sector La Mana, produce en promedio unos 90 GWh/año, también se destaca Hidroabanico la cual tiene consumos propios en su mayoría empresas dedicadas a la actividad avícola y de bebidas, estas centrales entregan su energía en varias áreas de concesión de diferentes empresas eléctricas distribuidoras y entregan sus excedentes al Mercado Mayorista.

3.3.5 MEJORAS OPERATIVAS EN LA INDUSTRIA

Las acciones que se plantearon en párrafos anteriores son de gran aporte al ahorro energético y a la eficiencia energética pero todas estas necesitan de una inversión inicial, pero entre las alternativas también se contemplan propuestas que no representan gasto alguno y que significan para la Industria un ahorro directo. Entre estas se pueden considerar, el cambio de hábitos de consumo del personal, apagado de equipos que no intervienen directamente en el proceso en horario de mayor costo de la tarifa. Estas acciones no afectarán el confort en las oficinas ni los niveles de producción de la empresa.

3.3.5.1 ACCIONES EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN

Conociendo que la maquinaria de esta área no participa directamente del proceso de fabricación del papel y sabiendo que aquí solamente se usa lo restante de las bobinas luego del corte, es posible reprogramar los horarios de operación de esta sección, ya que también tiene un horario de operación continuo esto no quiere decir que todo ese tiempo se tenga los mismos niveles de producción, es así que se podría considerar el dejar de operar por lo menos 2 horas del periodo de lunes a viernes de 18:00 hasta

22h00 que es el de mayor costo por kWh y es donde se presente la mayor demanda del sistema eléctrico, es decir, el horario pico.

3.3.5.1.1 ESTIMACION DEL AHORRO ENERGETICO

En el área de conversión se llego a determinar que tiene un consumo de **145,68 kWh** promedio en una hora cualquiera, con este dato se trabajara para determinar el ahorro aproximado que se produce en el horario pico.

CALCULO DEL AHORRO – HORARIO LUNES-VIERNES 18:00-22:00				
Horas apagado	Días al mes	Energía Ahorrada(kWh)	Costo Energía $/kWh	Ahorro horario ($)
2	20	5.827,2	0,075	437,04
	kWh ahorrados/mes	5.827,2	Ahorro al mes ($)	437,04
	kWh ahorrados/año	69.926,4	Ahorro anual neto ($)	5244,48

Tabla 3.30 Ahorro en la Línea de Conversión

Esta alternativa muestra que el consumo mensual se reduce en **5.827,2 kWh,** los cuales representa económicamente **$ 5244,48** mensual, también es importante que se considere el ahorro por concepto de demanda.

Para este análisis se tomara en cuanta una reducción en la demanda de **145,68 KW**, así como, también se necesita conocer la demanda pico y máxima que se origina en un día cualquiera, con estos aspectos se podrá calcular en cuanto se reduce los costos por demanda.

La acción mencionada corresponde a reducir la demanda en el horario pico por lo tanto se analizara con los valores registrados en el horario en mención.

	Demanda (KW)		
	Lunes-Viernes		
	A	B	C
ene-10	4.856	4.792	4.900
feb-10	4.952	4.940	4.992
mar-10	5.276	5.196	5.184
abr-10	5.132	5.204	5.264
may-10	5.092	5.104	5.184
jun-10	5.144	5.240	5.312
jul-10	5.268	5.332	5.368
ago-10	5.216	5.228	5.208
sep-10	5.352	5.364	5.372
oct-10	5.624	5.352	5.460
nov-10	5.372	5.344	5.360
dic-10	5.140	5.088	5.200
ene-11	5.208	5.220	5.304
feb-11	5.172	5.292	5.300
mar-11	5.424	5.540	5.556
abr-11	5.572	5.572	5.716
may-11	5.788	5.896	5.944
jun-11	5.720	5.692	5.780

Tabla 3.31 Demanda Registrada

Se mencionaran algunos conceptos importantes los cuales son necesarios para realizar el cálculo de la demanda ya que CARTOPEL corresponde a un consumidor de: Tarifa de media tensión con registrador de demanda horaria para industriales.

Para su aplicación, se debe establecer la demanda máxima mensual del consumidor durante las horas de pico de la empresa eléctrica (18h00 a 22h00) y la demanda máxima mensual del consumidor, el cargo por demanda aplicado a estos consumidores debe ser ajustado mediante un factor de corrección (FC), definido de la siguiente manera.

– **Factores de corrección (FC)**

Para aquellos consumidores que disponen de un registrador de demanda horaria, excepto consumidores industriales, el factor de corrección (FC) se obtiene de la relación:

$$FC = DP/DM, \text{ donde:}$$

DP = *Demanda máxima registrada por el consumidor en las horas de demanda pico de la empresa eléctrica (18h00 – 22h00).*

DM = *Demanda máxima del consumidor durante el mes.*

En ningún caso este factor de corrección (FC), podrá ser menor que 0,60.

Para los consumidores industriales que disponen de un registrador de demanda horaria en media y alta tensión, el factor de corrección (FC), se obtiene de la siguiente manera:

a) *Para aquellos consumidores industriales, cuya relación de los datos de demanda en hora pico (DP) y de demanda máxima (DM) se encuentra en el rango de 0.6 a 0.9, se deberá aplicar la siguiente expresión para el cálculo del factor de corrección:*

$$FC = 0.5833 * (DP/DM) + (0.4167) * (DP/DM)2$$

DP = Demanda máxima registrada por el consumidor en las horas de demanda pico de la empresa eléctrica (18h00 – 22h00).

DM = Demanda máxima del consumidor durante el mes.

b) Para aquellos consumidores industriales cuya relación de los datos de Demanda en hora pico (DP) y de Demanda máxima (DM) se encuentra en el rango mayor a 0.9 y menor o igual 1, se debe aplicar:

FC = 1.20

c) Para aquellos consumidores industriales cuya relación de los datos de Demanda en hora pico (DP) y de Demanda máxima (DM) se encuentra en el rango menor a 0.6, se debe aplicar:

FC = 0.5

La facturación por demanda se obtiene:

$$Facturacon\ por\ Demanda = D.maxima * 4{,}576usd * FC$$

– **Estimación del ahorro por Demanda**

Para estimar el ahorro se considerar el mes de septiembre de 2010, la demanda pico corresponde a los valores del periodo B de la tabla 3. , la cual representa el horario de 18:00 a 22:00, la máxima demanda en el mes se registro en el periodo C, el cual es de L-V 22:00 hasta 08:00.

DEMANDA PICO (DP) = 5.364 KW

DEMANDA MAXIMA (DM) = 5.372 KW

$$FD = \frac{DP}{DM} = \frac{5.364}{5.372} = 0{,}99$$

$$FD = 0{,}99$$

FD ≥ 0.9 → FC = 1.2

$$Facturacion\ por\ demanda = 5.372 * 4{,}576usd * 1.2$$

$$Facturacion\ por\ Demanda = 29.460{,}048\ USD$$

– **Reducción de la demanda en 145,68 KW en el horario pico.**

$$D.pico = 5.364 - 145{,}68$$

$$D.pico = 5.218{,}32\ KW$$

$$FD = \frac{DP}{DM} = \frac{5.218{,}32}{5.372} = 0.97$$

FD ≥ 0.9 → FC = 1.2

Debido a que esta reducción en el horario pico no produjo una reducción del FC y por ende un ahorro económico, es posibles reducir este valor de demanda en la demanda máxima del mes, la cual se ocasiono en el horario

de C el cual corresponde a L-V 22h00 hasta 08h00.

$$D.mxima = 5.372 - 145{,}68$$

$$D.maxima = 5.226{,}32\ KW$$

$$FD = \frac{DP}{DM} = \frac{5.218{,}32}{5.226{,}32} = 0.99$$

FD ≥ 0.9 → FC = 1.2

$$Facturacion\ por\ Demanda = 5.226{,}32 * 4{,}576usd * 1.2$$

$$Facturacion\ por\ Demanda = \ 28.661{,}13\ USD$$

Esta disminución en la demanda genera un ahorro de **798,91 USD**, también hay que sumar el ahorro por pago de energía el cual es de 437,04 USD, esta acción representara un ahorro mensual de **1.235,95 USD.**

3.3.5.2 ACCIONES EN LOS REFINADORES

Conociendo que estos equipos se usan en el refinamiento y que los 4 equipos dan un total de 1800 HP de potencia instalada, se usan 2 equipos en la Línea BACK y 2 en la TOP.

Línea BACK		Línea TOP	
REFINADOR PILAO 1000	**400 HP**	**REFINADOR S.W 26`` GRIS**	**400 HP**
REFINADOR PILAO 2000	**600HP**	**REFINADOR PILAO 2000 II**	**400 HP**

Tabla 3.32 Refinadores existentes en CARTOPEL

Resulta que para la línea BACK, la cual aporta con el 70% del peso total de hoja final de papel, se tiene una potencia instalada de 1000 HP para el refinado y la cual es adecuada debido al volumen de pasta que tiene que manejar para aportar con ese gramaje al peso hoja, la línea TOP en su etapa de refinamiento tiene instalada 800 HP y solamente aporta con el 30% del peso final de la hoja, es decir, el refinado se lo está

realizando con gran cantidad de energía cuando no es necesario ya que no maneja un alto volumen de pasta.

La alternativa que se sugiere es que en la línea TOP se trabaje solo con un refinador, el Pilao 2000 II ya que este tiene la capacidad de manejar el volumen de pasta que requiere esta línea y así sacar de servicio 400 HP (alrededor de 300 kW) y así dar un uso eficiente de la energía, esta medida es ejecutable y no afectaría técnica ni operativamente los niveles de producción, esta medida también es analizada por el personal de la planta papelera.

3.3.5.2.1 ESTIMACION DEL AHORRO ENERGETICO.

Conociendo que este equipo a la etapa de refinamiento le representa el **17%** del consumo y al tablero QMC-6 al que pertenece el **32 %** se puede estimar el ahorro de la siguiente manera.

Con el balance de consumo eléctrico se determino que este refinador presenta un consumo de energía promedio por hora de **207,1 kWh**, con este valor se puede determinar un valor aproximado de ahorro.

Teniendo en cuenta los distintos costos por rango horario se puede estimar el ahorro económico.

CALCULO DEL AHORRO				
Horas estimadas de uso	Días al mes	Energía Ahorrada(kWh)	Costo Energía $/kWh	Ahorro horario ($)
4	20	16.568	0,075	1242,6
8	20	33.136	0,044	1457,99
8	10	16.568	0,044	728,99
4	10	8.284	0,061	505,32
	kWh ahorrados/mes	74.556	Ahorro al mes ($)	3934,9
24	kWh ahorrados/año	894.672,00	Ahorro anual neto ($)	47.218,8

Tabla 3.33 Ahorro económico en el Refinador

Con esta acción se estima un ahorro directo de **74.556 kWh**/mensual los cuales representan una reducción de costos de **$ 3.934,9** mensual, los costos por demanda se

calcularan a continuación.

– **Estimación del ahorro por Demanda**

Para estimar el ahorro se tendrá presente los mismos criterios que se utilizaron en la acción anterior para obtener el factor de corrección FC.

Dado que esta acción pretende dejar sin operación al refinador el cual tiene un funcionamiento continuo, es necesario que para el análisis se tome en cuenta todos los periodos (*rangos horarios*) que contempla la tarifa, es valores se los puede apreciar en la siguiente tabla.

	Demanda (KW)			
	Lunes-Viernes			Sábados-Domingos-Feriados
	A	B	C	D
ene-10	4.856	4.792	4.900	4.732
feb-10	4.952	4.940	4.992	4.896
mar-10	5.276	5.196	5.184	5.068
abr-10	5.132	5.204	5.264	5.036
may-10	5.092	5.104	5.184	5.124
jun-10	5.144	5.240	5.312	5.036
jul-10	5.268	5.332	5.368	5.204
ago-10	5.216	5.228	5.208	4.880
sep-10	5.352	5.364	5.372	5.340
oct-10	5.624	5.352	5.460	5.384
nov-10	5.372	5.344	5.360	5.316
dic-10	5.140	5.088	5.200	5.064
ene-11	5.208	5.220	5.304	5.176
feb-11	5.172	5.292	5.300	5.164
mar-11	5.424	5.540	5.556	5.424
abr-11	5.572	5.572	5.716	5.328
may-11	5.788	5.896	5.944	5.728
jun-11	5.720	5.692	5.780	5.556

Tabla 3.34 Demanda Registrada

Para el cálculo se toma los datos observados en el mes de mayo de 2011, donde el periodo B representa la demanda pico y la demanda máxima del mes se produjo en el periodo C, por lo tanto:

DEMANDA PICO (DP) = 5.896 KW

DEMANDA MAXIMA (DM) = 5.944 KW

$$FD = \frac{DP}{DM} = \frac{5.896}{5.944} = 0{,}99$$

$$FD = 0{,}99$$

FD ≥ 0.9 → FC = 1.2

$$Facturacion\ por\ Demanda = 5.944 * 4{,}576usd * 1.2$$

$$Costo\ de\ Demanda = 32.596{,}89\ USD$$

– **Reducción en la demanda en 207,1 KW.**

Se estima que esta operación generaría una reducción en la demanda de **207,1 kW.**

$$D.pico = 5.896 - 207{,}1$$

$$D.pico = 5.688{,}9\ KW$$

$$FD = \frac{DP}{DM} = \frac{5.688{,}9}{5.944} = 0.95$$

FD ≥ 0.9 → FC = 1.2

Igual que en la acción anterior esta valor de demanda no logro disminuir el FC y por ende un ahorro económico, y como esta máquina saldrá de operación es posible reducir la demanda en la demanda máxima del mes, la cual también se produjo en el horario de C el cual corresponde a L-V 22h00 hasta 08h00.

$$D.maxima = 5.944 - 207{,}1$$

$$D.maxima = 5.736{,}9\ KW$$

$$FD = \frac{DP}{DM} = \frac{5.688,9}{5.736,9} = 0.99$$

FD ≥ 0.9 → FC = 1.2

$$Facturacion\ por\ Demanda = 5.736,9 * 4,576usd * 1.2$$

$$Facturacion\ por\ Demanda = \ 31.461,16\ USD$$

Esta disminución en la demanda genera un ahorro de **1135,37 USD**, también se debe sumar el ahorro por concepto de energía el cual es de **3.934,9 USD**, esta operación representara un ahorro mensual de **5070,63 USD.**

3.3.5.3 REDUCCION DEL FACTOR DE CORRECCION FC

Con los registros de demanda pico y demanda máxima mensual en el periodo de análisis se puede obtener el valor de FC que se utilizo al momento de realizar la facturación por demanda.

$$Facturacion\ por\ Demanda = D.maxima * 4,576usd * FC$$

MES	2010												2011					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Relación (DP/DM)	0,97	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,95	0,99	0,97	0,98	0,99	0,99	0,97	0,99	0,98
Factor de Corrección (FC)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Tabla 3.35 Factor de Corrección observado

Como se observa en todos los meses para la facturación se obtuvo un FC = 1.2 lo que significa que la demanda se incrementa en un 20%, lo importante sería que este factor se encontrara en un valor menor a 0.9 (<0,9) para obtener ahorros significativos por facturación de demanda.

Se estima que si la demanda pico se llegara a reducir en **550 kW** la relación **DP/DM**

dará valores menores a 0.9 y esto a su vez un nuevo FC que generar reducción en los costos por demanda. Los nuevos valores de FC se aprecian en la siguiente tabla.

Demanda reducida en 550 KW																		
MES	2010												2011					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Nueva - relación (DP/DM)	0,86	0,87	0,88	0,88	0,87	0,88	0,89	0,89	0,89	0,85	0,89	0,87	0,88	0,89	0,89	0,87	0,89	0,89
Nuevo - factor de corrección (FC)	0,81	0,82	0,84	0,84	0,82	0,84	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,82	0,84	0,85	0,85	0,82	0,85	0,85

Tabla 3.36 Factor de corrección esperado

En los gráficos siguientes se observan las demandas registradas las cuales presentan un detalle importante se observo que en el mes de agosto de 2010 la Demanda Máxima del mes DM coincide con la demanda pico DP, es decir, existe una relación de 1 por lo tanto el FC es 1.2, este aspecto también se presento en el mes de noviembre de 2011, es importante que se controle estos comportamientos en la demanda para poder generar ahorros por facturación de demanda.

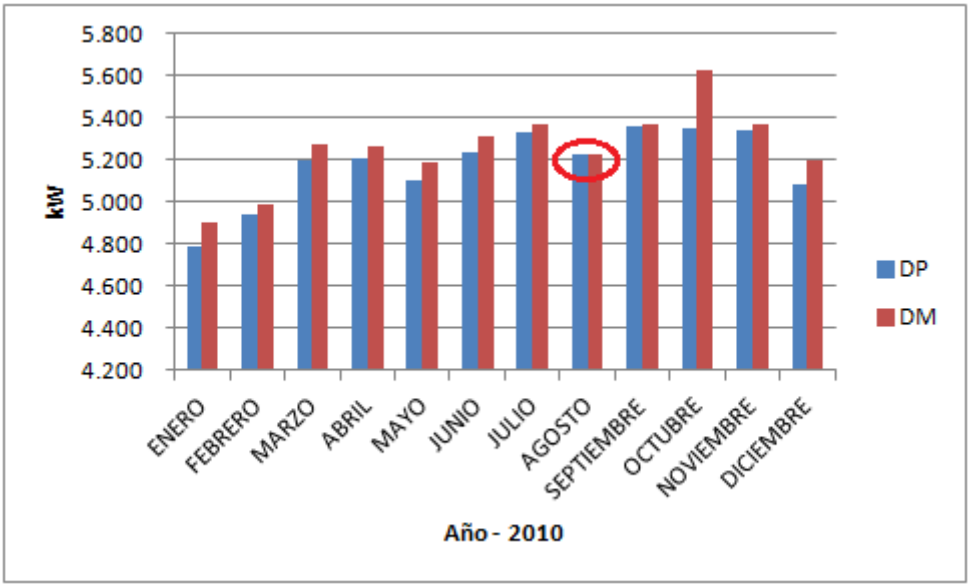


Figura 3.5 DP y DM registrados 2010

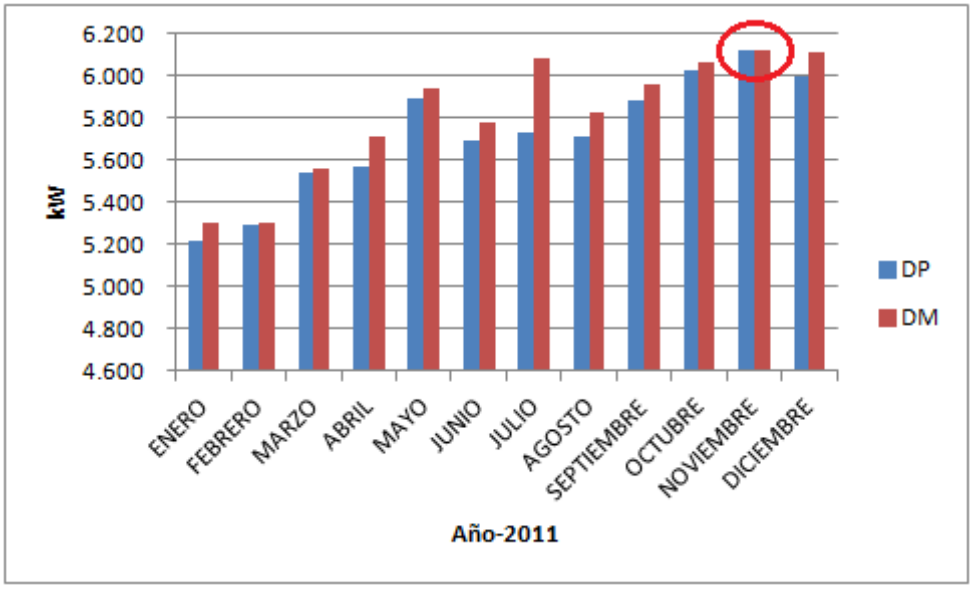


Figura 3.6 DP y DM registrados 2011

3.3.5.4 ACCIONES EMPRENDIDAS POR EL PERSONAL

Estas acciones engloban actividades de capacitación y concientización para el personal de la planta acerca de eficiencia y ahorra energética, entre estas acciones se pueden mencionar:

- Apagar los equipos de computación durante el periodo de almuerzo y al finalizar la jornada de trabajo.
- Apagar las luminarias que no son necesarias y aprovechar la luz del día, igualmente se siguiere apagarlas al terminar la jornada de trabajo
- Para lograr el propósito de uso eficiente de la iluminación sería muy útil instalar un relé temporizador que desconecte los circuitos de iluminación y tomacorrientes de las oficinas al momento de terminar la jornada o cuando ya no exista personal en las instalaciones.

3.4 <u>ACCIONES EFICIENTES OBSERVADAS EN LA INDUSTRIA</u>

- **VARIADORES DE FRECUENCIA**

En la etapa de Formación del papel, las mesas de formación se requieren de bombas

de vacio para la extracción del agua que contiene la pasta, éstas se encuentran controladas con variadores de frecuencia especialmente las bombas FAN TOP (200HP) Y FAN GRIS (308HP), con esto se puede controlar de mejor manera los caudales, minimizando las perdidas en las instalaciones y haciendo que el motor trabaje siempre en las condiciones optimas de funcionamiento.

- **CLASIFICADOR DE FIBRAS**

Este equipo se encuentra en la etapa de preparación de la pasta, es considerado altamente eficiente debido a que luego de realizar la limpieza a la pasta se encarga de seleccionar las mejores fibras o las más largas para enviarlas directamente a la etapa de formación, mientras que las que no son adecuadas pasan por la etapa de refinamiento, es decir, se evita que toda la pasta tenga que pasar por el refinamiento, reduciendo de esta manera el uso de energía.

3.5 RESUMEN DE LAS PROPUESTAS DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

PROPUESTAS QUE GENERAN AHORRO ENERGETICO Y ECONOMICO					
Energía Eléctrica Consumida (KWh)/año		39.784.985,00			
Costo de la Energía USD/año		2.613.521,42			
Propuesta	Energía Ahorrada (KWh)/año	Diferencia de Consumo (KWh)/año	USD/año ahorrados	Diferencia de Costos	% Ahorro de Energía
Sistemas de Iluminación	192.058,56	39.592.926,44	12.551,73	2.600.969,69	0,48%
Compensación Individual	10.506,06	39.774.478,94	630,36	2.612.892,06	0,03%
Mejora Operativa 1	69.926,04	39.715.058,96	5.244,48	2.608.278,94	0,18%
Mejora Operativa 2	894.672,00	38.890.313,00	47.218,08	2.566.306,34	2,25%
Total	1.167.162,66		65.644,65		2,93%

Tabla 3.37 Propuestas de ahorro de energía

PROPUESTAS QUE GENERAN AHORRO ECONOMICO				
Energía Eléctrica Consumida (KWh)/año		39.784.985,00		
Costo de la Energía USD/año		2.613.521,42		
Propuesta	Inversión USD	USD/año ahorrados	Diferencia de Costos	Observación
Banco de Condensadores	30.000	48.000	2.565.521,42	Esta acción producirá ahorro inmediatamente después de su instalación, periodo de recuperación < 1 año
Autogeneración	29.900.000	2.613.521,42		Esta acción puede ser rentable después de su construcción (2 a 3años), se reduce el pago por consumo de energía y posibilidad de venta de los excedentes¨.
Total		48.000		

Tabla 3.38 Propuestas de ahorro económico

3.6 INDICADORES DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA

Como ya se determino CARTOPEL, concentra el mayor consumo de electricidad en el área de molino y esto también significa que aquí se desarrolla la mayor producción, las aéreas de ONDUTEC y Línea de Conversión también son productoras de derivados de papel que se produce en el molino. Por lo tanto se indicaran algunos para relacionar el consumo versus la producción.

- **Producción - Molino**

Producción Mensual- Molino (TON)																
día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
producción	203,68	193,97	73,21	107,94	214,16	254,09	255,72	192,91	276,77	269,11	242,13	270,30	254,66	269,74	239,78	199,57
día	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
producción	251,88	257,49	268,75	265,98	267,88	253,36	236,32	174,68	225,73	259,17	232,01	228,67	231,99	242,35	214,95	
Total	7.128,94															

Tabla 3.39 Producción registrada en un mes en el Molino

PRODUCCION MOLINO (TON)				
AÑO	2009	2010	2011	Proyección 2012
Producción Anual	71.301,00	72.547,00	83.873,00	96.706,00
Producción Mensual (Promedio)	5.941,75	6.045,58	6.989,42	8.058,83
Producción Diaria (Promedio)	195,35	198,76	229,79	264,95
Incremento en la producción	-	1,75%	15,61%	15,30%

Tabla 3.40 Producción anual – Molino

- **Producción - Línea de Conversión**

En esta área los índices de producción se proyecta en valores que se desea alcanzar mensualmente solo en toneladas, el factor energía eléctrica se asume que está considerado dentro de la producción del molino. Estos valores son:

- Acopladora: proyección → 500 TON/MES
- Esquineros: proyección → 1000 esq./diarios
- Skiver1: proyección → 900 TON/MES
- Skuver2: proyección → 700 TON/MES

- **Producción - ONDUTEC**

Producción Corrugado ONDUTEC (TON)			
	2009	2010	2011
Producción Anual	45.219,74	41.622,89	41.237,00
Producción Mensual Promedio	3.768,31	3.468,57	3.436,42

Tabla3.41 Producción – ONDUTEC

- **Índices de Consumo**

TOTALES DE ENERGÍA (KWh)			
mes/año	2009	2010	2011
TOTAL	38.670.748,00	39.784.985,00	43.246.059,00
INCREMENTO		3%	9%

Tabla 3.42 Consumo de energía anual

INDICES (KWh/TON)	
	Anual
2009	542,36
2010	548,40
2011	515,61

Tabla 3.43 Índices de consumo

Se determino que si las acciones se ejecutaran se estimaría una reducción en el consumo del 3%, con esto se estima un nuevo valor de índice:

INDICES (KWh/TON)			
	Índice Actual	Energía (KWh) - 3%	Nuevo Índice
2010	548,40	38.591.435,45	531,95
2011	515,61	41.948.677,23	500,15

Tabla 3.44 Nuevos índices

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Con el estudio realizado se determino que para mejorar la eficiencia no existe un método definido, pues esto se consigue con la combinación de algunas medidas que pueden empezar desde la ejecución de programas de concientización y educación al personal de la industria, así como la implementación de maquinaria eficiente, mejora en los procesos productivos y reducción de pérdidas, con la aplicación de todas estas alternativas es que se puede conseguir una instalación más eficiente.

- CARTOPEL S.A.I es una Industria en la que la eficiencia y el ahorro energético son un tema considerado, debido a que sus directivos se encuentran siempre en la búsqueda de equipos o tecnología que les permita reducir el consumo eléctrico, es así que en su proceso productivo se encuentran equipos eficientes, también se busco la reducción del FP lo cual se logro con éxito y también se piensa intervenir en los sistemas de iluminación, pero también es cierto que todavía existen medidas que se pueden desarrollar para alcanzar importantes ahorros.

- CARTOPEL al ser una empresa con responsabilidad ambiental, tiene en sus instalaciones incorporados equipos para el tratamiento de agua que usa durante su proceso, no obstante se encuentra entre sus planes la implementación de un nuevo equipo denominado KROFTA, el cual incrementará el consumo de potencia en 100 kW, este incremento de consumo es justificable porque se trata de reducir al mínimo el retorno de

agua al rio luego de su uso así como también reducir aún más el nivel de contaminación del liquido vital, esta es una normativa de la empresa ETAPA para el tratamiento de aguas en industrias.

- La implementación de la iluminación tipo LED es muy costosa, debido a que es el ultimo desarrollo tecnológico en cuanto a iluminación, según el análisis la inversión en el Área del Molino y el Sótano asciende a **$ 73.702,00**, sin embargo la Industria está comprometida con la eficiencia energética, por lo tanto buscará la forma de financiar esta implementación considerando la vita útil que tienen, el nivel luminoso que poseen y los costos de mantenimiento y operación los cuales son mínimos.

- Al momento de realizar el levantamiento de la información (censo de carga) se pudo evidenciar que los sistemas de iluminación en el área molino, sótano y línea de conversión, no tenían un adecuado sistema de encendido y que incluso algunas luminarias se encontraban encendidas durante las 24:00. Se han tomado las acciones correspondientes y en la actualidad se tiene un correcto sistema de cuadros de control de luminarias sectorizado, con un PLC que permiten programar el encendido solamente el tiempo necesario.

- La implementación de la cogeneración y la autogeneración es un tema que depende muchos de la legislación energética del País, como se a observado en los últimos años, en este tema no ha existido una definición clara, por parte del estado, sobre cuál será la política en materia de participación privada en el sector eléctrico, esto ha derivado en una reducción de la inversión privada en proyectos eléctricos.

- El cuadro QAC-1 es el que presenta el más bajo FP de potencia en baja tensión 0.67 en él se encuentran conectados motores que corresponden a la etapa de formación y que en su mayoría son de corriente continua, por lo que resulta difícil actuar sobre este segmento de equipos, sin embargo con la acción

emprendida en el transformador TR12 en media tensión, resultó acertada, y el factor de potencia general de toda la planta se incremento a un rango comprendido entre **0.92 – 0.93** el cual se ve reflejado en la facturación con una reducción mensual promedio de **$ 4000 a $ 5000**.

- Se llego a determinar que para reducir los costos por facturación de demanda es necesario reducir la demanda aproximadamente en 550 Kw, para que de esta manera la relación DP/DM tienda a ser menor que 0.9 y conseguir modificar el FC que actualmente es de 1.2 y mantenerlo menor a 1 para reducir los costos por este rubro.

- Con los resultados que arrojo cada una de las propuestas de ahorro energético se pudo determinar que el consumo total se puede reducir en un 3%, es decir, 1.167.162,66 kWh/año, este también influye en la producción ya que el índice kWh/TON igualmente tienda a reducirse mejorando los niveles de producción.

- La eficiencia energética no solo se limita al sector industrial, tiene aplicación en todas las actividades que ejecutan las personas y requieren energía para lograrlo, se puede iniciar desde los hogares apagando luminarias y equipos electrónicos o computacionales innecesarios durante los horarios picos, modificando estas hábitos de consumo se puede lograr grandes resultados pues el sector residencial es el mayor componente de la demanda, seguido del industrial, usando racionalmente la energía, se puede minimizar las grandes inversiones para construir nuevas centrales térmicas e hidroeléctricas y usar estos recursos en otros actividades sociales.

  Sobre esto el MEER también ha venido tomando acciones entre las más destacadas se pueden mencionar

  - La introducción masiva de focos ahorradores.
  - Ventajas impositivas para la importación de vehículos hibridas.
  - El desarrollo de proyectos de investigación para el futuro desarrollo de biocombustibles.

- La introducción a manera experimental de cocinas de inducción para uso domestico.
- Estudio prototipo para el uso de nuevas tecnologías en el transporte urbano.

4.2 RECOMENDACIONES

- Es necesario que se realice un mejor manejo de la información energética que se obtiene diariamente de los equipos que intervienen en el proceso, se recomienda que los datos sean digitalizados para de esta manera contar con una amplia base de datos que permita en el futuro realizar una evaluación mas rápida y precisa de la situación energética de esta industria.

- CARTOPEL posee un generador marca NISHISHIBA que actualmente no se encuentra operativo se debe definir como una prioridad su reparación integral o caso contrario adquirir una nueva unidad, para de esta forma desplazar un porcentaje de la energía requerida así como también para incrementar la confiabilidad del suministro.

- La auditoria eléctrica, es parte integral de la Auditoria Energética al utilizar CARTOPEL energías de origen fósil y estar directamente relacionadas con emisiones contaminantes que afectan al medio ambiente, resulta necesario la realización de un estudio energético completo para poder establecer una política energética que permita mejorar la eficiencia en el uso de la energía en su conjunto.

- **ARRANCADORES SUAVES:** En esta Industria se tiene implementado el sistema de arrancadores suaves en todos los motores que superan los 50HP de potencia, con estos equipos se logra arrancar y parar de modo suave y controlado, se limita picos corriente y la caída de tensión al arrancar los motores, también se debería efectuar la implementación de arrancadores en los motores de 10 a 50 HP que suman un gran numero y serian de gran aporte a la reducción del pico de demanda, ya que en la actualidad existen arrancadores con diversas funciones de arranque, de protección, de aviso, de interfaz con el usuario y con múltiples aplicaciones en procesos industriales. También se logran los siguientes beneficios.

- Reducción del estrés mecánico y en los sistemas de transmisión.
- Aumento de la vida útil del motor y equipo mecánico debido a la reducción del estrés mecánico.
- Fácil operación, programación y mantenimiento.

- La realización de la auditoria es una herramienta que puede permitir a la Industria u otra instalación la implementación de un plan de ahorro de energía, pero más allá de esto sería necesario la implementación de un sistema que garantice la mejora continua, es decir tener un Sistema de Gestión Energética o SGE, este contempla los siguientes aspectos.

Un SGE se lo puede definir como" *una parte del Sistema Integrado de Gestión de una organización, que se ocupa de desarrollar e implementar su política energética y de organizar los aspectos energéticos*"[21].

El SGE está directamente vinculado al sistema de gestión de la calidad y al sistema de gestión ambiental de una organización. Un SGE se contempla la política de la entidad sobre el uso de la energía, y cómo van a ser gestionadas las actividades, productos y servicios que interactúan con este uso, normalmente bajo un enfoque de sostenibilidad y eficiencia energética, ya que el sistema permite realizar mejoras sistemáticas del rendimiento energético.

La implantación de un SGE es voluntaria y su nivel de éxito depende fundamentalmente del nivel de implicación de la propia organización, y en especial de la dirección, para gestionar el consumo y costos energéticos.

Por tanto, un SGE está destinado a cualquier organización que desee:

- Mejorar la eficiencia energética de sus procesos de una forma sistemática
- Incrementar el aprovechamiento de energías renovables o excedentes
- Asegurar la conformidad de los procesos con la política energética de la organización

[21] Guía Práctica para la implementación de Gestión Energética

Un SGE se basa en el siguiente ciclo básico:

- Establecimiento de la política energética de la entidad: ¿Qué objetivos tenemos / qué queremos hacer en materia de uso de energía?
- Mejora continua mediante:

– Planificación: ¿qué vamos a hacer y en qué plazo?
– Implementación de medidas: hagámoslo
– Verificación: examen para comprobar si funcionan las medidas
– Revisión por la dirección: a la vista de resultados se decide qué incluir nuevamente en planificación.

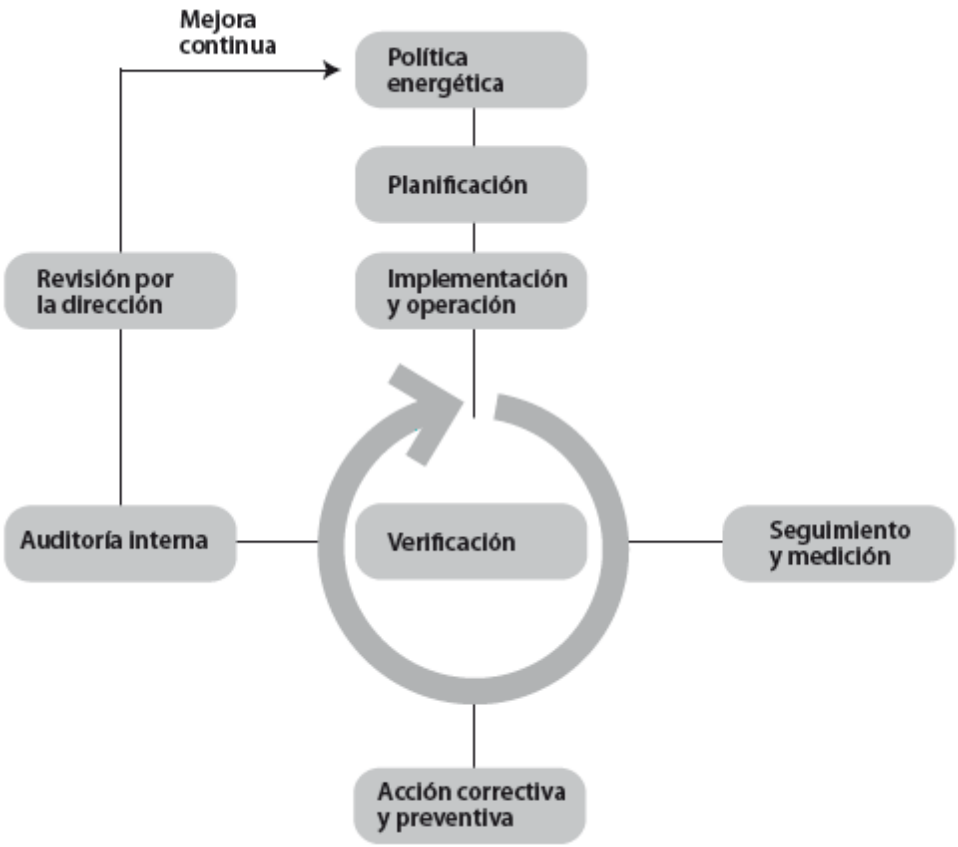


Figura 4.1 Modelo de Sistema de Gestión Energética según: Norma UNE-EN 16.001:2009

REFERENCIAS

[1] Información proporcionada por el Ing. Marcelo Maldonado, Jefe de Mantenimiento CARTOPEL. Planos, Proceso Productivo y Producción

[2] Técnicos Eléctricos de CARTOPEL, Mediciones Eléctricas

[3] Información Proporcionada por el Ing. Carlos Brito, Jefe de Mantenimiento de Ondutec.

[4] CONELEC. Pliego Tarifario para Empresas Eléctricas Vigente año 2011
www.conelec.gob.ec

[5] www.sinceo2.com/auditoria_energetica

[6] www.stredes.com/auditorias_energeticas.pdf

[7] PAUL MUÑOS, EFRAÍN VERGARA. Escuela Politécnica Nacional, Quito 2011. Tesis: "Desarrolló y Aplicación de una guía para Realizar Auditorías Energéticas en el Sector Industrial"

[8] WIKIPEDIA. "Tipos de Auditorias Energéticas"
http://es.wikipedia.org/wiki/tipos_auditorias

[9] SUBSECRETARÍA DE ENERGÍA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA
www.meer.gob.ec

[10] MANUAL DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS
www.idae.es/Manual_de_Auditorias_Energeticas.pdf

[11] PROTOCOLO DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS PARA INSTALACIONES AGRÍCOLAS
www.idae.es

[12] MONOGRAFIAS. "Medidas de Dispersión"
www.monografias.com/medidas-dispersion2.html

[13] INTENSIDAD MEDIA DE ILUMINACIÓN PARA DIVERSAS CLASES DE TAREA VISUAL
www.estrucplan.com.ar/Legislacion/Nacion/Decretos/Dec00351-79-Anexo4.asp

[14] REGULACIÓN CONELEC _002/11_ EXCEPCIONALIDAD PARA LA PARTICIPACIÓN PRIVADA EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA.
www.conelec.gob.ec

[15] PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2009 – 2020
www.conelec.gob.ec

[16] REGULACIÓN CONELEC _001/02_ PARTICIPACION DE LOS AUTOPRODUCTORES CON SUS EXCEDENTES DE GENERACION
www.conelec.gob.ec

[17]Proceso genérico de producción de Papel
www.nevado.com.mx/page9.html

[18] www.revistalideres.ec/Lideres/Especiales/2011/mas_respetados/cartopel.html

ANEXOS

ANEXO A

ME002
CARTOPEL S.A.I.
CONTROL DE MAQUINAS ELECTRICAS QCM2

CODIGO ACTUAL	POTENCIA kW/HP	DENOMINACION	CUADRO CONTROL	CONSUMO		
26025	1.4/1.86	BRAZO POPE REEL	QCM 2	FL	FS	FS
16030	7.5/10	BOMBA RECUPERACION DE FIBRA TOP	QCM 2	FL	FS	FS
16010	11.2/15	BOMBA FOSA TELA	QCM 2	16	9,2	9,2
16020	11/14.7	BOMBA RECUPERACION DE FIBRA GRIS	QCM 2	14	9,7	9,5
05160	11/14.7	AGITADOR 1 TANQUE COUCH TOP	QCM 2	FL	FS	23
05150	15/20	AGITADOR 2 TANQUE COUCH TOP	QCM 2	FL	FS	13,5
59010	0.37/0.5	CONTROL PESO SCREEN LICAR	QCM 2	FL		FS
15010	90/120	BOMBA DE VACIO 1 TOP	QCM 2	102	110	111,5
24089	2,2 KW	EXTRACCION VAHOS SIZE PRESS	QCM 2	2,9	FS	3,1
1316	5,5-7,5	TRANSPORTADOR PULPER BROOKE	QCM12	FL	FS	FS
74860	63/84.5	BOMBA ALTA PRESION KSB 65-4	QCM 2	FS		
25011	18.5/25	EXTRACCION 1 VAHOS SECADORES 1	QCM 2	26	FS	FS
25031	5.5/7.4	EXTRACCION 1 VAHOS SECADORES 3	QCM 2	7	7,7	8
8290	11/15	BOMBA DILUSION CENTRICLEANERS	QCM 2	22	10,8	4
75030	37/50	EXTRACTOR DE BAJO VACIO	QCM 2	30	30	30,7
08340	57/76	BOMBA TUMBA HOJAS	QCM 2	44	40	39,6
75040	7.5/10	EXTRACTOR POLVOS SECADORES 1ºZONA	QCM 2	11	FS	FS
81070	5.6/7.5	GRUA ROBINS & MYERS	QCM 2	FL	FS	FS
74980	7,5/10	BOMBA 1 CENTRALINA SECADORES 4	QCM 2.2	FL	FS	FS
74990	7,5/10	BOMBA 2 CENTRALINA SECADORES 4	QCM 2.2	9,9	8,4	9,5
31030	11,2/15	MOTOR EXTRACTOR COLA	QCM 12	18	17	16,5
	0.52/0.69	VENTILADOR FAN GRIS	QCM2			
74960	3.7/5	BOMBA 1 EXTRACCION DE CONDENSADO 5to GRUPO	QCM 3.3	4,9	FS	3,1
74970	3.7/5	BOMBA 2 EXTRACCION DE CONDENSADO 5to GRUPO	QCM 3.3	FL	2,5	FS
74940	5.5/7.5	BOMBA 1 VACIO 5to GRUPO DE SECADORES	QCM 3.3	FS	FS	FS
74950	5.5/7.6	BOMBA 2 VACIO 5to GRUPO DE SECADORES	QCM 3.3	FS	FS	FS
	3,7/5	BOMBA 1 EXT. DE CONDENSADO 4to GRUPO	QCM 3.3	3,9	3,5	3,6
	3,7/6	BOMBA 2 EXT. DE CONDENSADO 4to GRUPO	QCM 3,3	FL		FS
00-01	110/148	PULPER BROOKE	QCM 2	FL	FS	FS
22494	42309	BBA.PULPER BROOKE	QCM 2	FL	FS	FS

Formato ME002_Control de Maquinas Eléctricas QCM-2

ANEXO B

ME003
CARTOPEL S.A.I.
CONTROL DE MAQUINAS ELECTRICAS QCM3

CODIGO ACTUAL	POTENCIA KW/HP	DENOMINACION	CUADRO CONTROL	CONSUMO			
08110	30/50	BOMBA TANQUE 12	QCM 3	27,2	26	20	28,9
05-07	1.1/1.5	AGITADOR TANQUE 5-6- 7 # 3	QCM3	19,7	19,5	17	20
05030	20	AGITADOR TANQUE 3-4 # 1	QCM 3	21,4	9,9	20	23,7
74290	7,5/10	BOMBA AGUA AGA POMPE (BOOSTER)	QCM 3	11,3	12	12	8,3
08090	37/50	BOMBA TANQUE 2 GRIS	QCM 3	18,8	20	22	20,5
05-05	15/20	AGITADOR TANQUE 5-6-7 # 1	QCM 3	26,6	26,8	27	27
13040	5.5/7.4	TRANSPORTADOR INCLINADO PULPER 2	QCM 3	FS	FS	FS	FS
02020	110/150	AGA POMPE GRIS II	QCM 3	140,1	133	153	147
00020	110/148	PULPER 2	QCM 3	FS	130	FS	FS
08020	18,5/25	BOMBA PULPER 2	QCM 3	FS	FS	FS	FS
05020	18.5/25	AGITADOR TANQUE 2 GRIS	QCM 3	20,4	21,6	22	21,9
08-16	40	BOMBA TANQUE 5-6-7 GRIS	QCM 3	34,2	34	33	34,5
04010	54.6/73.8	SCREEN 1 GRIS	QCM 3	FL	FL	FL	FL
08100	37/50	BOMBA TANQUE 3 y 4 PRINCIPAL	QCM 3	39	38	43	39,3
05040	15/20	AGITADOR TANQUE 3-4 # 2 GRIS	QCM 3	22	13	22,8	25,3
06020	0.83/1.1	RECUPERADOR DE FIBRA 1 GRIS	QCM 3	4,4	4,1	4,5	4,6
74280	15/20	BOMBA AGUA CLARA	QCM 3	15,6	16,5	15,6	15,2
00030	135/180	PULPER 3	QCM 3.1	166	207	21,3	188
08030	44/60	BOMBA PULPER 3	QCM 3.1	41	34	31	39,6
2090	56/75	PERA DE LIMPIEZA	QCM 3.1	56	FS	102	FS
78150	0.75/1	AGITADOR TANQUE 1 QUIMICOS	QCM 3.5	FS	1,7	FS	FS
78160	1.1/1.5	AGITADOR TANQUE 2 QUIMICOS	QCM 3.5	FS	1,7	FS	FS
78170	0.75/1	AGITADOR TANQUE 3 QUIMICOS	QCM 3.5	FS	FS	FS	FS
	0.44/0.6	AGITADOR TANQUE 4 QUIMICOS	QCM 3.5				
78180	0.44/0.6	AGITADOR TANQUE 5 QUIMICOS (almacenamiento)	QCM 3.5	FS	FS	FS	0,5
	0.44/0.6	AGITADOR TQ 8 QUIMICOS	QCM3,5	0,9	FS	FS	FS
74520	0.56/0.75	BOMBA PERISTALTICA RESINA	QCM 3.5	FS	1,2	FS	1
74610	1,8/2,4	BOMBA ALMIDON A MESA	QCM 3.5	2,8	FS	FS	1,5
74620	1,8/2,4	BOMBA ALMIDON CATIONICO	QCM 3.5	FS	2,8	FS	FS
03090	5,5/7,4	ZARANDA DEL AGA POMPE 2	QCM 3	4,4	4,3	3,9	4,1
8410	37/49	BOMBA TANQUE 3-4 PILAO 1000	QCM 3	45	54	42	47
00100	3,7/5	RAGGER PULPER 3	QCM 3.1	FS	FS	FS	
	110V	BARREDOR DE CARGA GRIS	QCM3,5	0,4	1,8	FS	
	,37/,5	BARREDOR DE CARGA TOP	QCM 3,5	FS	1,8	FS	FS
08420	37/50	BOMBA TANQUE 9-10-11	QCM 3	50	50	43	51,7
	7.5/10	BOMBA TANQUE 1.1	QCM 3	8,6	11,2	10,8	10,8

	75/100	DESPEDAZADOR TANQUE COUCH GRIS	QCM 3	63,5	72,4	70	70
	0.83/1.1	AGITADOR TANQUE 6 (PREPARACION)	QCM 3,5	FS	1,8	0,9	1,2
7942	0,14/0,25	TORNILLO TRANSPORTADOR ALMIDON JET COOKER	QCM 3,5	FS	FS	FS	1,7
7942	1.5/2	BOMBA ALMIDON JET COOKER	QCM 3.5	FS	FS	FS	1,2
7942	0.14/0.25	AGITADOR TANQUE DE ALMIDON JET COOKER	QCM 3,5	FS	FS	1	0,4
	5HP	BOMBA DE AGUA A JET COOKER	QCM 3.5	FS	FS	FS	6,7
05-25	7.5/10	AGITADOR TANQUE # 1	QCM 3	23,1		22	
08-42	37,5/50	BOMBA TANQUE 1	QCM 3	34,2	33	FS	34,5
	0,37/8,5	BBA. RAYSA FOB TOP	QCM 3,5	0,7	0,7	0,5	0,6
	0,37/8,5	BBA. RAYSA FOB GRIS	QCM 3,5	0,6	0,7	FS	0,6
	110V	BBA.MILTON ROY FENOSIL TOP			2,5	FS	
	110V	BBA.MILTON ROY FENOSIL GRIS			2,5	FS	
	,37/50	BBA. DE CALAWAY PURO		FS	FS	FS	FS
	,75/1	BBA. DE MESCLA H2O-CALAWAY		FS	FS	FS	FS
	1,5/2	BBA. DE AGUA PARA MESCLA		FS	FS	FS	FS
	,75/1	BBA. DE CALAWAY LINEA GRIS		FS	FS	FS	FS
	,75/1	BBA. DE CALAWAY LINEA TOP		1	FS	FS	FS
	3,7/5	BBA. POLIMYL					

Formato ME003_Control de Maquinas Eléctricas QCM-3

ANEXO C

ME005

CARTOPEL S.A.I.

CODIGO	POTENCIA KW/HP	DENOMINACION	CUADRO CONTROL	CONSUMO		
70052	10/13,4	VENTILADOR CALDERA B&WILCOX	QCM29	46	36	42
70-92	30/40	BOMBA AGUA ALIMENTACION B&W	QCM24	24,3	36	26,8
70054	7/	BOMBA BUNKER CALDERA B&WILCOX	QCM29	7	7	6,8
87022	7/	BOMBA AUXILLAR BUNKER CALDERA B&W	QCM 29	FS	FS	FS
70032	15/20	VENTILADOR AIRE COMBUSTION PELUCCHI	PELUCCHI	FS	FS	FS
70033	15/20	BOMBA AGUA ALIMENTACION PELUCCHI	PELUCCHI	FS	FS	FS
70034	11/14,7	BBA AGUA ALIMENTACION AUX PELUCCHI	PELUCCHI	FS	FS	FS
70035	0,75/1	BOMBA BUNKER PRINCIPAL PELUCCHI	PELUCCHI	FS	FS	FS
70036	0,75/1	MOTOR BBA. AUXILIAR BUNKER PELUCCHI	PELUCCHI	FS	FS	FS
73020	37/50	COMPRESOR BROOMMWADE 2	QD2/2	FS	FS	FS
73080	112/150	COMPRESOR INGERSOLL RAND2	QPC	155	165	164
73088	7.4/10	VENTILADOR COMPRESOR INGERSOLL RAND 2	QPC	10,6	10,2	10
73100	75/100	COMPRESOR INGERSOLL RAND 3	QCM23	FS	FS	FS
73040	112/150	COMPRESOR INGERSOLL RAND 1	QCM 23	149	160	158
73048	5,6/7,5	VENTILADOR COMPRESOR INGERSOLL RAND 1	QCM 23	10,4		10,2
73050	3,7/5	COMPRESOR ATLAS COPCO	PELUCCHI	FS		FS
74040	0.75/1	BOMBA DESMINERALIZACION 1	CULLIGAN	FS	FS	FS
74050	1.6/2	BOMBA DESMINERALIZACION 2	CULLIGAN	FS	FS	FS
74060	1.5/2	BOMBA MAKE-UP 1 AGUA BLANDA	QCM 23	1,8	2,4	2,4
74070	0.55/0.73	BBA. 2 AGUA BLANDA ROBUSCHI R32 125	QCM 23	1,7	1,6	1,2
	3.7/5	BBA AGUA DESMINERALIZADA N.2	QCM23.5	FS	4,6	FS
74100	90/120	BOMBA AGUA ALTA PRESION WKF 40/14	QCM 23	FS	FS	FS
74110	63/84	BOMBA AGUA ALTA PRESION WL 40/13	QCM 23	FS	FS	FS
74100	36/50	BOMBA AGUA AUXILIAR FONTANA WL 40-6	QCM 23	25	28	FS
74120	1.12/1.5	BOMBA CULLIGAN 3	CULLIGAN	FS	FS	FS
74150	1,5/2	BOMBA CISTERNA AGUA POTABLE		FS	FS	FS
74160	4.6/6.2	BOMBA EXTRACCION CONDENSADO 1 TURBINA	QCM 23	FS	FS	FS
74170	5/6.6	BOMBA EXTRACCION CONDENSADO 2 TURBINA	QCM 23	FS	FS	FS
74240	1.5/2	BOMBA DESCARGA SULFATO DE ALUMINIO	QCM 23.5	FS	FS	FS
74250	12,5/16,7	BOMBA DESCARGA BUNKER 1	QCM23	FS	FS	FS
74260	12,5/16,7	BOMBA DESCARGA BUNKER 2	QCM 23	FS	FS	FS
	3.7/5 HP	BOMBA DE AGUA DESMINERALIZADA N. 1	QCM 23.5	4,8	FS	4,2
74410	0.44/0.6	BOMBA POLIFOSFATO 2 FONTANA	QCM 23,6	FS	0,8	1,1
74420	0.44/0.6	BOMBA POLIFOSFATO 1 FONTANA	QCM 23.6	FS	FS	1,2
	0.44/0.6	BOMBA HIDRAZINA	QCM23.6	0,7	0,8	0,5
75010	85/113	VENTILADOR TIRO FORZADO	QCM 23.3	50	49	27,5
80010	9.5/12.7	BOMBA AUXILIAR LUBRICACION TURBINA	QCM 23	FS	FS	FL
87015	4/5.4	BOMBA BUNKER FONTANA 1	QCM 23.4	FS	FS	FS

87016	4/5.4	BOMBA BUNKER FONTANA 2	QCM 23.4	6,4	5,1	5,2
74180	7.5/10	BOMBA RETORNO CONDENSADO 1 (TQ)	QCM 33	FS	FS	FS
74190	7.5/10	BOMBA RETORNO CONDENSADO 2 (TQ)	QCM 33	FS	FS	FS
78040	0.9/12	AGITADOR POLIFOSFATO FONTANA # 1	QCM 23.6	FS	FS	FS
	0.9/1.2	AGITADOR POLIFOSFATO FONTANA # 2	QCM 23.6	FS	FS	FS
78060	0.4/1.2	AGITADOR HIDRAZINA	QCM 23.6	0,5	FS	0,7
7510	2.2/3	VENTILADOR COMPRESOR INGERSOLL RAND 3		FS	FS	FS
	1.1/1.5	BOMBA DE BUNKER 1 CALDERA C. BROOKS		1,8	1,9	2
	2.2/3	BOMBA DE BUNKER 2 CALDERA C. BROOKS		FS	FS	FS
74-201	22/30	BOMBA DE AGUA 1 CALDERA CLEAVER BROOKS		FS	FS	FS
74-202	30/40	BOMBA DE AGUA 2 CALDERA CLEAVER BROOKS		28,9	26,6	27,3
	44/60	VENTILADOR DE AIRE COMBURENTE C. BROOKS		49	49	49
	8.9/12	BOMBA DE DESCARGA DE BUNKER 3 VIKING		FS	FS	FS
	9.6/13	BOMBA DE DESCARGA DE BUNKER 4 VIKING		FS	FS	FS
74-208	30/40	BOMBA AGUA AUXILIAR FONTANA	QCM 24			

Formato ME005_Control de Maquinas Eléctricas

ANEXO D

ME010
CARTOPEL S.A.I.
CONTROL DE MAQUINAS ELECTRICAS QCM4.5

CODIGO ACTUAL	POTENCIA KW/HP	DENOMINACION	CUADRO CONTROL	CORRIENTE LINEA (A)	CONSUMO (A)
	10 HP	BOMBA DEPURADORES	QCM3.1	12,8	
	1.3 KW	VENTILADOR 1 PULPER 4	QCM3.1	2,6	
	1.3 KW	VENTILADOR 2 PULPER 4	QCM3.1	2,6	
	0.52/0.69	VENTILADOR 3 PULPER 4	QCM3.1	1,1	
	18.5 KW	TRANSPORTADOR PULPER 3	QCM3.1	33	

Formato ME010_Control de Maquinas Eléctricas

ANEXO E

ME026
CARTOPEL S.A.I.
CONTROL DE MAQUINAS ELECTRICAS QCM 5 BBAS. DE VACIO

CODIGO ACTUAL	POTENCIA KW/HP	DENOMINACION	CUADRO CONTROL	CORRIENTE LINEA (A)	CONSUMO (A)
1511	75/100HP	BBA. VACIO INFERIOR PRENSAS	QCM 5	171	
1512	75/100HP	BBA VACIO SUPERIOR PRENSAS	QCM 5	171	
1513	112/150HP	BBA VACIO MESA ROLLOS	QCM 5	171	
-	29.8/40	BBA RECIRCULACION	QCM 5	48	
-	15/20	BBA RECIRCULACION AGUA TERADA	QCM 5	29	
14-109	29.8/40HP	BBA. AGUA SELLOS	QCM 5	48	
08-40	56/75HP	BBA.2° ETAPA C. CLEANERS CELLECO	QCM 5	89,5	
08-39	29,8/40HP	BBA. 3° ETAPA CLEANERS CELLECO	QCM 5	48	
1514	110/150	BBA VACIO COUCH ALTO	QCM 5	168	
02-14	110/150	DESFIBRADOR 2	QCM 5	232	
13-10	6.3/8.44	TRANSPORTADOR INCLINADO PULPER 4	QCM 5	12,7	
13-14	5.5/7.3	TRANSPORTADOR HORIZONTAL PULPER 4	QCM 5	10,5	
02-21	0,75/1 HP	TORNILLO SIN FIN 3º E. CENTRICLEANERS	QCM 5	2,1	
04-02	18,7/25 HP	SCREEN D MAULE GRIS	QCM 5	31,5 A	
04-07	37/50 HP	REJECT SORTER	QCM 5	65 A	

Formato ME026_Control de Maquinas Eléctricas

ANEXO F

CARTOPEL S.A.I.

CONTROL DE MAQUINAS ELECTRICAS QCM6 **ME037**

CODIGO ACTUAL	POTENCIA kW/HP	DENOMINACION	CUADRO CONTROL	CONSUMO		
	11/15	BOMBA JG2	QCM 6	16	10,8	7
	0,75/1	DEFLOCULADOR 1 HEAD BOX TOP	QCM 6	1	1,4	1,1
	0,75/1	DEFLOCULADOR 2 HEAD BOX TOP	QCM 6	1	1,6	1,6
	0,37/0,5	DUCHA GIRATORIA HEAD BOX TOP	QCM 6	0,4	0,4	0,5
	0,9/1,2	VENTILADOR DE NIVEL HEAD BOX TOP	QCM 6	1,9	0,4	0,7
	11/14,5	BOMBA 3ra ETAPA CLEANERS TOP	QCM 6	19	11	13,2
	11/14,7	BOMBA DILUSION TOP	QCM 6	19	13,2	9,5
04-02	55/75	SCREEN TOP	QCM 6	56	54,6	63
75-05	18/25	EXTRACTOR DE BAJO VACIO TOP	QCM 6	26	21	20,5
	30/40	BOMBA 2da ETAPA CLEANERS TOP	QCM 6	26	37	37
	90/120	BOMBA DE VACIO COUCH BAJO	QCM 6	108		150
	75/100	DESFIBRAZER F1	QCM 6	146	63	73
	8,6/11,5	BOMBA 1 CENTRALINA PRENSA 2	QCM 6	FS	FS	FS
	8,6/11,5	BOMBA 2 CENTRALINA PRENSA 2	QCM 6	105	6	5
	4,6/6	BOMBA 1 CENTRALINA PRENSA 1	QCM 6	FL		4,9
	4,6/6	BOMBA 2 CENTRALINA PRENSA 1	QCM 6	7,6	FS	FS
	3,7/5	BBA CENTRALINA PICK UP	QCM 6	7,6	4,2	4,1
	3,7/5	RECUPERADOR DE DISCOS	QCM 6	4,6	3,6	3
74-104	112/150	BOMBA DE ALTA PRESION N. 2	QCM 6	FL	FS	FS
15-18	112/150	BOMBA DE VACIO RODILLO PICK-UP	QCM 6	146		146
14-00	298/400	REFINADOR S.W 26`` GRIS	QCM6	350	144	300
	6.6/9	SHAKER/	QCM6			

Formato ME037_Control de Maquinas Eléctricas QCM-6

ANEXO G

ME043

CARTOPEL S.A.I.

CONTROL DE MAQUINAS ELECTRICAS QCM33

CODIGO ACTUAL	POTENCIA KW/HP	DENOMINACION	CUADRO CONTROL	CONSUMO			
	3 KW	BOMBA CONDENSADO 1 GRUPO # 1 QAC1	QCM33.1	3,6	2,8	2,5	2,8
	3 KW	BOMBA CONDENSADO 2 GRUPO # 1 QAC1	QCM33.1	FL	FS	FS	FS
	3,7/5	BOMBA 1 EXTRACCION DE CONDENSADO 2do GRUPO	QCM33.1	3,9	3	2,5	2,7
	3,7/5	BOMBA 2 EXTRACCION DE CONDENSADO 2do GRUPO	QCM33.1	FL	FS	FS	FS
	3.7/5	BOMBA 1 EXTRACCION DE CONDENSADO 3er GRUPO	QCM33.1	3,4	3,2	3,5	FL
	3.7/5	BOMBA 2 EXTRACCION DE CONDENSADO 3er GRUPO	QCM33.1	FL	FS	FS	3,2
	3,7/5	BOMBA 1 EXT. DE CONDENSADO 4to GRUPO	QCM33.1	3,8	2,5	4	3,9
	3,7/5	BOMBA 2 EXT. DE CONDENSADO 4to GRUPO	QCM33.1	FL	FS	FS	FS
	3.7/5	BOMBA 1 EXTRACCION DE CONDENSADO 5to GRUPO	QCM33.1	3,9	3,8	4,1	4,1
	3.7/5	BOMBA 2 EXTRACCION DE CONDENSADO 5to GRUPO	QCM33.1	FL	FS	FS	FS
74960	3.7/5	BOMBA 1 EXTRACCION DE CONDENSADO 6to GRUPO	QCM33.1				
74970	3.7/5	BOMBA 2 EXTRACCION DE CONDENSADO 6to GRUPO	QCM33.1				
	7.5/10	BOMBA 1 EXTRACCION AGUA DE SELLOS B. VACIO	QCM33.1	FL	FL	9	
	7.5/10	BOMBA 2EXTRACCION AGUA DE SELLOS B. VACIO	QCM33.1	FL	FL	9,3	
	15/20	BBA 1 CENTRALINA SECADORES	QCM33.1				
	15/20	BBA 2 CENTRALINA SECADORES	QCM33.1				

Formato ME043_Control de Maquinas Eléctricas QCM-33

ANEXO H

ME029
CARTOPEL S.A.I.
CONTROL DE MAQUINAS ELECTRICAS SKIVER 1

CODIGO ACTUAL	POTENCIA KW/HP	DENOMINACION	CUADRO CONTROL	CORRIENTE LINEA (A)	CONSUMO (A)
	2	MONTAROLLOS N 1	QD2.1	2,8	
	1	BRAZO DE POPE REEL	QD2.1	1,4	
3001	7.5	ESMERIL N1	QD2.1	9,6	
	1/2	GUIA LADO SERVICIO	QD2.1	0,7	
	1/2	GUIA LADO TRANSMISION	QD2.1	0,68	
	2	MONTAROLLOS N 2	QD2.1	2,8	
3002	7.5	ESMERIL N2	QD2.1	9,6	
	30	TRANSPORTADOR NEUMATICO # 1	QD2.1	39,6	
	3	RODILLO EXPULSOR	QD2.1	3,5	
	1/2	CENTRADOR DE BOBINAS	QD2.1	2,1	
	37/50	MCC.POPE REEL	QD2.1	83,5	
	0.45/0.6	VENTILADOR MCC. POPE REEL	QD2.1	0,9	
	43/57	MCC FRONTAL REBOBINADORA BELOIT	QD2.1	104,8	
	1.08/1.5	VENTILADOR MCC. REBOBINADORA BELOIT	QD2.1	2,35	
	43/57	MCC POSTERIOR REBOBINADORA BELOIT	QD2.1	104,8	
	1.32/1.7	VENTILADOR MCC POST. REB, BELOIT	QD2.1	2,45	
	1/2HP	CONTRACUCHILLA L.T	QD2.1	2	
	1/2HP	CONTRACUCHILLA CENTRAL	QD2.1	1,8	
	1/2HP	CONTRACUCHILLA L.S	QD2.1	2	
	5/3.7	DESCARGADOR DE CENTRALINA	QD2.1	7,9	
	4,0HP	GRUA LIFTTECH (575KW)	QD2.1	4	
	10/7.5	TRANSPORTADOR NEUMATICO 2	QD2.1	10	
	0.8/1	GRUA 0,5 TON. EXTRACTOR DE REEL	QD2.2		
		MONTAROLLOS N. 3			
	1 HP	CLAMP		1,8	
	1 HP	MANDRIL IZQUIERDO		1,75	
	1 HP	MANDRIL DERECHO		1,75	
	0,75 HP	TRASLACION		1,45	

Formato ME029_Control de Maquinas Eléctricas SKIVER-1

ANEXO I

ME029
CARTOPEL S.A.I.
CONTROL DE MAQUINAS ELECTRICAS SKIVER 2

CODIGO ACTUAL	POTENCIA KW/HP	DENOMINACION	CUADRO CONTROL	CORRIENTE LINEA (A)	CONSUMO (A)
	0,3/0,5	BRAZO DE POPE REEL	QD2.1	1,1	
3003	5,6/7.5	ESMERIL N.1	QD2.1	10,2	
	0,3/0,5	GUIA LADO SERVICIO		0,65	
	0,3/0,5	GUIA LADO TRANSMISION		0,65	
3004	5,6/7.5	ESMERIL N2		10,2	
7514	5,6/7.5	EXTRACTOR DE POLVO		9,6	
	1,1/1,5	CENTRADOR DE BOBINAS		2,6	
	42/56	MCC.POPE REEL		105	
	1.08/1.5	MOOVENTILADOR MCC POPE REEL		2,35	
	54/72	MCC. REBOBINADORA D`JULLIS		130	
	1.32/1.7	VENTILADOR MCC. REB. D`JULLIS		2,45	
	22,4/30	EXTRACTOR DE REFILOS		39,5	
9806		**MONTAROLLOS 1**			
	2,2/3	SUBE Y BAJA BRAZOS 1 y 2		5,8	
	2,2/3	SUBE Y BAJA BRAZOS 3 y 4		5,8	
	5,6/7,5	TRASLACION DE BRAZOS 1 y 2		11,2	
	5.6/7.5	TRASLACION DE BRAZOS 3 y 4		11.25	
	1,1/1,5	DESPLAZAMIENTO DE BRAZOS 1 y 2		2,6	
	1,1/1,5	DESPLAZAMIENTO DE BRAZOS 3 y 4		2,6	
9805		**MONTAROLLOS 2**			
	2,2/3	SUBE Y BAJA BRAZOS 5 y 6		5,8	
	2,2/3	SUBE Y BAJA BRAZOS 7 y 8		5,8	
	5,6/7,5	TRASLACION DE BRAZOS 5 y 6		11,2	
	5.6/7.5	TRASLACION DE BRAZOS 7 y 8		11.2	
	1,1/1,5	DESPLAZAMIENTO DE BRAZOS 5 y 6		2,6	
	1,1/1,5	DESPLAZAMIENTO DE BRAZOS 7 y 8		2,6	
	1,08/1,5	MOTOR VENTILADOR MCC POPE REEL		2,35	

Formato ME029_Control de Maquinas Eléctricas SKIVER-2

ANEXO J

ME006
CARTOPEL S.A.I.
CONTROL DE MAQUINAS ELECTRICAS QCM27, QCM28

CODIGO	POTENCIA KW/HP	DENOMINACION	CUADRO CONTROL	CONSUMO		
74010	110/147	BOMBA 1 AGUA DE PROCESOS	QCM 27	133	FS	FL
74020	110/147	BOMBA 2 AGUA DE PROCESOS	QCM 27	FS	137	136
74030	110/147	BOMBA 3 AGUA DE PROCESOS	QCM 27	FS	FS	FL
0526	5,8 KW	AGITADOR 1 FOLOCULACION MECANICA	QCM 28	4,9	FS	FL
0526	5,8 KW	AGITADOR 2 FOLOCULACION MECANICA	QCM 28	5,3	FS	FL
0526	5,8 KW	AGITADOR 3 FOLOCULACION MECANICA	QCM 28	5,1	FS	FL
7814	3 KW	AGITADOR TANQUE DE DOSIFICACION SULF.AL.	QCM 28		FS	FL
74460	0.44/0.6	BBA. DOSIFIC. SULFATO DE ALUMINIO	QCM 28		FS	FL
74470	1.1/1.47	BBA. RECIRC. SULFATO DE ALUMINIO	QCM 28	2,3	2,1	1,8
77082	2,2/3	BOMBA AGUA DUCHAS	QCM 28	2	2,3	FL
74710	12/15	BOMBA VERTICAL EFLUENTES 1	QCM 24	21	14	18
74720	12/15	BOMBA VERTICAL EFLUENTES 2	QCM 24	19	18,4	18
74730	12/15	BOMBA VERTICAL EFLUENTES 3	QCM 24	14	8	10
74740	3/4	BOMBA 1 DEL POZO	QCM 28	FS	6,3	5,9
74750	3/4	BOMBA 2 DEL POZO	QCM 28	5,3	3,7	6
74780	7,5/10	BOMBA EXTRACCION DE PASTA 1	QCM 28	FS	FS	12,6
74790	7,5/10	BOMBA EXTRACCION DE PASTA 2	QCM 28	12,6	9,8	FL
74105	30/40	BOMBA AGUA FILTRO SWECO	QCM 28	27,8	27,5	FL
78/100	5.5/7.4	AGITADOR TANQUE DE DESCARGA	QCM 28			
78110	1.5/2	AGITADOR 1 DEL DECANTADOR	QCM 28	1,9	2,7	1,7
78120	1.5/2	AGITADOR 2 DEL DECANTADOR	QCM 28	1.9	2	1,6
78130	1.5/2	AGITADOR 3 DEL DECANTADOR	QCM 28	2	2,3	1.6
77080	2/3	FILTRO SWECO	QCM 28	2,1	2,8	FL
88010	0.55/0.73	PUENTE RASPADOR TQ DECANTADOR	QCM 28	1,4	0,8	1,1
88020	O.44/0.8	RASPADOR BARROS TQ ESPESADOR	QCM 28	0,8	FS	1,2
74800	30/40	BOMBA H_20 AL TANQUE 12	QCM 28	32	20,3	FL

Formato ME006_Control de Maquinas Eléctricas QCM 27-28

ANEXO K

ME011
CARTOPEL S.A.I.
CONTROL DE MAQUINAS ELECTRICAS LINEA CONVERSION

CODIGO ACTUAL	POTENCIA KW/HP	DENOMINACION	CUADRO CONTROL	CONSUMO			
25043	3.58/4.77	EXTRACCION 3 VAHOS SECADORES 4	QD2.1	6,6	7,6	7,7	7,8
	0,75 KW	MOTOR BBA. PERISTALTICA GOMA ESQUINEROS	QD2.1.2	FS	FS	FS	FS
37011	0,25 KW	ENGOMADOR 1 ESQUINEROS	QD2.1.2	FS	FS	FS	FS
37012	0,09 KW	ENGOMADOR 2 ESQUINEROS	QD2.1.2	FS	FS	FS	FS
78200	1,5 KW	MOTOR AGITADOR BBA. ESQUINEROS	QD2.1.2	FS	FS	FS	FS
37014	9,8 KW	SISTEMA DE TRACCION ESQUINEROS	QD2.1.2	FS	FS	FS	FS
37015	0,3 W	VENTILADOR SISTEMA TRACCION ESQUINEROS	QD2.1.2	FS	FS	FS	FS
37016	4 KW	GUILLOTINA ESQUINEROS	QD2.1.2	FS	FS	FS	FS
37017	0,7 KW	BOMBA GUILLOTINA ESQUINEROS	QD2.1.2	FS	FS	FS	FS
81060	0,5 KW	POLIPASTO ESQUINEROS	QD2.1.2	FS	FS	FS	FS
25062	3/4 HP	OSCILADOR SECADOR 31 QUINTO GRUPO	QD2.1.2	1,3	1,41	1,41	1,2
25063	3/4 HP	OSCILADOR SECADOR 32 QUINTO GRUPO	QD2.1.2	1,1	1,4	1,43	1,1
25064	3/4 HP	OSCILADOR SECADOR 33 QUINTO GRUPO	QD2.1.2	1.4	1.3	1.45	1.2
25065	3/4 HP	OSCILADOR SECADOR 34 QUINTO GRUPO	QD2.1.2	1.2	1.52	1.5	1.1
25066	3/4 HP	OSCILADOR SECADOR 35 QUINTO GRUPO	QD2.1.2	1,2	1,41	1,6	1,1
25067	3/4 HP	OSCILADOR SECADOR 36 QUINTO GRUPO	QD2.1.2	1,2	1,52	1,4	1
25068	3/4 HP	OSCILADOR SECADOR 37 QUINTO GRUPO	QD2.1.2	1,3	1,46	1,45	1,2
25069	3/4 HP	OSCILADOR SECADOR 38 QUINTO GRUPO	QD2.1.2	1,5	1,55	1,6	1,1
24610	1 HP	TENSOR LONA SUPERIOR QUINTO GRUPO	QD2.1.2	FS	FS	FS	FS
24611	1 HP	TENSOR LONA INFERIOR QUINTO GRUPO	QD2.1.2	FS	FS	FS	FS
26044	7,5/10	CENTRALINA REBOBINADORA CAMERON	QD2.1.2	11,7	17	15,6	11,4
26045	9/12	CENTRALINA DESCARGADOR BOBINAS CAMERON	QD2.1.2	FS	16,2	FS	FS
2506	25 HP	EXTRACTOR BAHOS 5° GRUPO	QD2.1.2	18	26	25	17,8
74 -96	3 kw	BOMBA CONDENSADO 1 GRUPO #1 QAC1	QAC1	4,2	4,6	4	2,8
74-97	3 kw	BOMBA CONDENSADO 1 GRUPO #2 QAC1	QAC1	FS	FS	FS	FS
2101	0.75 KW	RODILLO DEFLOCULADOR 1 HEAD BOX	QD2.1.2	0,9	1	0,9	0,8
2101	0.75 KW	RODILLO DEFLOCULADOR 2 HEAD BOX	QD2.1.2	0,9	0,9	0,95	0,8
2101	0.18 KW	DUCHA GIRATORIA HEAD BOX	QD2.1.2		0,4	FS	0,5
2101	0.9 KW	VENTILADOR CONTROL NIVEL	QD2.1.2	1,3	1,8	1,8	1
0843	20 HP	BBA. DILUSION HEAD BOX	QD2.1.2	19,7	21	21,6	20,4
75020	75/100	VENTILADOR MADELEIN HOOD	QD2.1.2	99	92	96	99,3
	5.6/7.5	CORTADORA KOPPERS	QD2.1	FS	FS	FS	FS
	3/4.0	AGITADOR DEXTRINA	QD2.2	FS	FS	FS	FS
	7.5/10	SIERRAS ESQUINEROS	QD2.1.2	FS	FS	FS	FS
	1,55/0,73	RODILLO CORTADOR DE BOBINAS	QCM4,7	FS	FS	FS	FS

	10,1/13,5	CORTADOR DE BOBNAS	QCM4,7	FS	FS	FS	FS
	1,5/2	EXTRACTOR DE POLVOS CORTADOR BOBINAS	QCM4,7	FS	FS	FS	FS

Formato ME011_Control de Maquinas Eléctricas Línea de Conversión

ANEXO L

GM028 1/2
CARTOPEL S.A.I.
INFORME DIARIO DE SUBESTACION
22000/440 VOLTIOS

			MEDICIONES			
EQUIPO	**UBICACION**		**Unidades**	**LUNES**	**MIERCOLES**	**VIERNES**
ALIMENTACION GENERAL PLANTA		V	V	22,6	22,6	22,6
		I	A	108	120	130
		P	KW	3821	4405	4563
		PF	COS fi	0,91	0,93	0,9
TRANSFORMADOR TR1 MEDIANA TENSION		V	V	22,6	22,6	22,6
		I	A	16	24,8	24,7
		P	KW	632	951	933
		PF	COS fi	0,98	0,97	0,95
TRANSFORMADOR TR1 BAJA TENSION	QCM1 QCM2	V	V	465	460	460
		I	A	773	1203	1196
		P	KW	632	951	933
		CARGA	%	30	48	50
		TEMP.	ºC	33	31	30
		PF	COS fi	0,98	0,97	0,95
TRANSFORMADOR TR2 MEDIANA TENSION	QD2.1 QCM3 QCM4	V	V	22,6	22,6	22,6
		I	A	19,7	18,8	20,1
		P	KW	753	736	777
		PF	COS fi	0,95	0,98	0,96
TRANSFORMADOR TR2 BAJA TENSION		V	V	465	460	460
		I	A	946	907	962
		P	KW	753	736	777
		CARGA	%	34	34	35
		TEMP.	ºC	30	30	32
		PF	COS fi	0,95	0,98	0,96
TRANSFORMADOR TR3 BAJA TENSION	CORRIENTE PRIMARIO	R		48	46	49
		S		48	46	49
		T		48	46	49
	CORRIENTE SECUNDARIO	R		50	50	33
		S		50	50	33
		T		50	50	33
TRANSFORMADOR TR4 BAJA TENSION	CORRIENTE PRIMARIO	R		210	214	236
		S		210	214	236
		T		210	214	236
	CORRIENTE SECUNDARIO	R		95	96	110
		S		95	96	110
		T		95	96	110
TRANSFORMADOR TR5 BAJA TENSION	CORRIENTE PRIMARIO	R		9,2	9,4	9,4
		S		9,2	9,4	9,4

		T		9,2	9,4	9,4
	CORRIENTE SECUNDARIO	R				
		S				
		T				
		TEMP.	ºC	30	30	30
		ACEITE	NIVEL	Medio	Medio	
TRANSFORMADOR TR9 BAJA TENSION		I	A	143	142	142
		V	V	460	460	460
		TEMP.	ºC	-		
		ACEITE	NIVEL	-		
TRANSFORMADOR TR10 BAJA TENSION ONDUTEC		V	V	465	460	460
		I	A	86	85	112
		P	KW	201	245	417
		CARGA	%	18	26	35
		TEMP.	ºC	28	28	32
		PF	COS fi	0,98	0,88	0,9
TRANSFORMADOR TR11 BAJA TENSION		V	V	456	460	460
	QCM5	I	A	2217	2047	1991
	QCM6	P	KW	1607	1527	1477
	QAC1	CARGA	%	82	76	75
		TEMP.	ºC	48	47	44
		PF	COS fi	0,85	0,88	0,88
TRANSFORMADOR TR12 BAJA TENSION		V	V	4200	4200	4200
	PULPER 4	I	A	131	151	149
	REFINADOR	P	KW	736	873	904
	PILAO 2000	CARGA	%	67	74	75
	SPM 1500	TEMP.	ºC	42	52	52
		PF	COS fi	0,76	0,79	0,78

FormatoGM028_Informe diario de la Subestación

ANEXO M

GM028 2/2

CARTOPEL S.A.I.

INFORME DIARIO DE SUBESTACION 22000/440 VOLTIOS

			CONSUMO		
EQUIPO	**UBICACION**	**Unidades**	**LUNES**	**MIERCOLES**	**VIERNES**
QCM1 DE TR1	**V**	**V**	465	460	460
	I	**A**	432	916	840
	P	**KW**	350	714	660
	PF	**COS fi**	0,96	0,94	0,94
QCM2 DE TR1	**V**	**V**	465	460	460
	I	**A**	283	287	290
	P	**KW**	205	186	210
	PF	**COS fi**	0,94	0,91	0,92
QCM3 DE TR2	**V**	**V**	465	460	460
	I	**A**	663	596	635
	P	**KW**	467	435	441
	PF	**COS fi**	0,9	0,92	0,88
QCM7 DE TR2	**V**	**V**	465	460	460
	I	**A**			
	P	**KW**			
	PF	**COS fi**	1	1	1
QCM5 DE TR11	**V**	**V**	455	460	460
	I	**A**	821	854	809
	P	KW	583	611	578
	PF	COS fi	0,9	0,9	0,9
QCM6 DE TR11	V	V	455	460	460
	I	A	687	391	364
	P	KW	490	286	274
	PF	COS fi	0,91	0,94	0,94
QD2.1 DE TR2	V	V	465	460	460
	I	A	84	104	122
	P	KW	67	61	85
	PF	COS fi	0,92	0,85	0,95
QCM27 DE TR9	V	V	460	460	460
	I	A	143	142	142
	P	KW			
	PF	COS fi			
QAC1 DE TR11	V	V	455	460	460
	I	A	726	785	782
	P	KW	319	436	431
	PF	COS fi	0,55	0,69	0,81
QCM23	V	V			
	I	A			
	P	KW			
	PF	COS fi			

FormatoGM028_Informe diario de la Subestación

ANEXO N

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS LUMINARIAS TIPO LED

Model	SOL48	SOL60	SOL72
Number of LED	48	60	72
Typical Lumens	7,800	9,750	11,700
Power Consumption	114W	143W	171W

Technical Data	
ELECTRICAL	
Input Voltage	85-300 VAC standard; 345-500 VAC optional
Frequency Range	50/60Hz
Power Factor(PF)	>0.95
Surge/Spike Protection	10 KV
Total Harmonic Distortion (Thd)	<20%
Forward current	700mAmps
OPTICAL	
Light source	Philips Lumiled® LUXEON Rebel >60,000 hours
Color Temperature (°Kelvin)	4,300 K to 6,000 K
Custom Design Lens Source	Ledil
Beam pattern	Type III; Type IV; Mixed
Light Delivery Rating	Full Cutoff
ENVIRONMENTAL	
Operating temperature	-40C to +50C; -40F to +122F
Operating humidity	10% to 95% (meets IP65 and dust seal specs)
Coastal Applications	Meets IP-65 standards
MECHANICAL	
Dimensions	460 x 480 x 150 mm / 18.1 x 18.9 x 5.9 in
Weight	8.2 Kgs / 18 lbs
Casing Material	Aluminum alloy
Lens Material	High-impact Polycarbonate

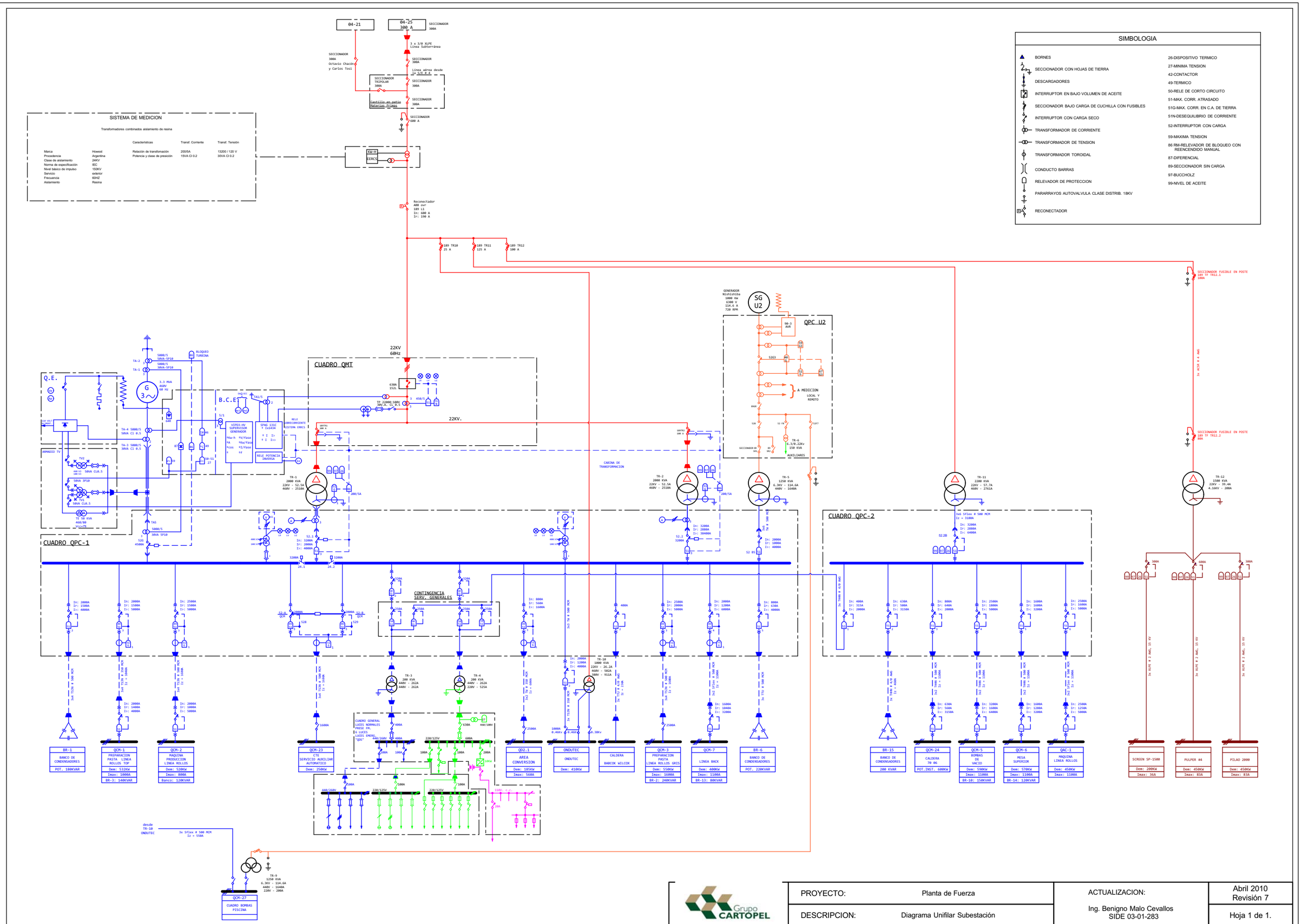
ANEXO Ñ

Tabla que indica el factor o constante "K" para calcular el nuevo valor de cos ϕ, que sustituye al termino (tan ϕ2 –tan ϕ1).

Factor de potencia inicial	Factor K														
	Factor de potencia deseado														
	0.86	0.87	0.88	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1
0.66	0.545	0.572	0.599	0.626	0.654	0.683	0.712	0.743	0.775	0.810	0.847	0.888	0.935	0.996	1.138
0.67	0.515	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.966	1.108
0.68	0.485	0.512	0.539	0.566	0.594	0.623	0.652	0.683	0.715	0.750	0.787	0.828	0.875	0.936	1.078
0.69	0.456	0.482	0.509	0.537	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798	0.846	0.907	1.049
0.70	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536	0.565	0.594	0.625	0.657	0.692	0.729	0.770	0.817	0.878	1.020
0.71	0.398	0.425	0.452	0.480	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	0.992
0.72	0.370	0.397	0.424	0.452	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0.964
0.73	0.343	0.370	0.396	0.424	0.452	0.481	0.510	0.541	0.573	0.608	0.645	0.686	0.733	0.794	0.936
0.74	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0.909
0.75	0.289	0.315	0.342	0.370	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0.882
0.76	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.400	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.605	0.652	0.713	0.855
0.77	0.235	0.262	0.289	0.316	0.344	0.373	0.403	0.433	0.466	0.500	0.537	0.578	0.626	0.686	0.829
0.78	0.209	0.236	0.263	0.290	0.318	0.347	0.376	0.407	0.439	0.474	0.511	0.552	0.599	0.660	0.802
0.79	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.634	0.776
0.80	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.608	0.750
0.81	0.131	0.157	0.184	0.212	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724
0.82	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.556	0.698
0.83	0.079	0.105	0.132	0.160	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.530	0.672
0.84	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646
0.85	0.026	0.053	0.080	0.107	0.135	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620
0.86	---	0.027	0.054	0.081	0.109	0.138	0.167	0.198	0.230	0.265	0.302	0.343	0.390	0.451	0.593
0.87	---	---	0.027	0.054	0.082	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567
0.88	---	---	---	0.027	0.055	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540
0.89	---	---	---	---	0.028	0.057	0.086	0.117	0.149	0.184	0.221	0.262	0.309	0.370	0.512
0.90	---	---	---	---	---	0.029	0.058	0.089	0.121	0.156	0.193	0.234	0.281	0.342	0.484
0.91	---	---	---	---	---	---	0.030	0.060	0.093	0.127	0.164	0.205	0.253	0.313	0.456
0.92	---	---	---	---	---	---	---	0.031	0.063	0.097	0.134	0.175	0.223	0.284	0.426
0.93	---	---	---	---	---	---	---	---	0.032	0.067	0.104	0.145	0.192	0.253	0.395
0.94	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.034	0.071	0.112	0.160	0.220	0.363
0.95	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.037	0.078	0.126	0.186	0.329
0.96	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.041	0.089	0.149	0.292
0.97	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.048	0.108	0.251
0.98	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.061	0.203
0.99	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.142

ANEXO O

Diagrama Eléctrico Unifilar de CARTOPEL



Grupo CARTOPEL

PROYECTO:	Planta de Fuerza	ACTUALIZACION:	Abril 2010 Revisión 7
DESCRIPCION:	Diagrama Unifilar Subestación	Ing. Benigno Malo Cevallos SIDE 03-01-283	Hoja 1 de 1.