



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

EFICIENTE USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA
EN LA PLANTA JUMBO SACK DE
POLYPRODUCTOS DE GUATEMALA, S.A.

LUIS FERNANDO CHANG CAJAS

ASESORADO POR INGA. MARÍA COLMENARES DE GUZMÁN

GUATEMALA, MAYO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



EFICIENTE USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA
EN LA PLANTA JUMBO SACK DE
POLYPRODUCTOS DE GUATEMALA, S.A.

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADA A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR
LUIS FERNANDO CHANG CAJAS
ASESORADO POR INGA. MARÍA COLMENARES DE GUZMÁN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2004

Guatemala, 08 de Marzo del 2004

Ingeniera Marcia Ivonne Véliz Vargas
Directora de Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniera Véliz:

En atención a la asesoría del trabajo de graduación titulado

“EFICIENTE USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA, EN LA PLANTA JUMBO POLYSACK, DE POLYPRODUCTOS DE GUATEMALA, S.A.”

Presentado por el estudiante Luis Fernando Chang Cajas, como requisito previo a obtener el título de Ingeniero Mecánico Industrial, le informo que ha sido concluido, determinándose que satisface los requisitos que establece la legislación universitaria.

Sin otro particular quedo de usted atentamente

Ing. María Colmenares de Guzmán
Colegiado No. 2706

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EFICIENTE USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA, EN LA PLANTA JUMBO POLYSACK, DE POLYPRODUCTOS DE GUATEMALA, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 18 de marzo de 2003.

Luis Fernando Chang Cajas

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	X
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. ANTECEDENTES GENERALES DE POLYPRODUCTOS DE GUATEMALA, S.A.	
1.1 Aspectos generales	1
1.2 Mercado y clientes	3
1.3 Certificación de línea Jumbo Sack con sistema de calidad ISO 9001	4
1.3.1 Política y objetivos de calidad	6
2. PROCESO DE PRODUCCIÓN Y CONTRATO DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO	
2.1 Proceso de producción	9
2.1.1 Materia primas utilizadas	9
2.1.2 Proceso de extrusión	12
2.1.3 Proceso de tejeduría	16
2.1.4 Proceso de laminado	19
2.1.5 Proceso de corte	21
2.1.6 Proceso de impresión	22
2.1.7 Proceso de azorado y confección	23
2.1.8 Porque se busca el ahorro energía eléctrica	24

2.2	Contrato del suministro eléctrico	26
2.2.1	Estudio del contrato	27
2.2.2	Partes generales de una factura de energía eléctrica industrial.	28
2.2.3	Facturación	28
2.2.3.1	Energía consumida	28
2.2.3.2	Potencia consumida	28
2.2.3.3	Ajustes	29
2.2.4	Energía y potencia contratada	29
2.2.5	En que circunstancias es posible anular el contrato	30
2.2.6	Medición del servicio eléctrico	31
2.2.7	Calidad del servicio eléctrico	31
2.2.8	Pagos	32
2.2.9	Pagos por potencia	32
2.2.10	Pagos por energía	32
2.2.11	Pagos por ajustes	33
2.2.12	Horarios de consumos	34

3. TEORÍA ELÉCTRICA DE ELECTRONES, UNIDADES DE MEDICIÓN Y TIPOS DE CARGAS ELÉCTRICAS

3.1	Importancia del análisis eléctrico en una industria	35
3.2	¿Qué es la electricidad?	36
3.2.1	Ley de las cargas eléctricas	37
3.2.2	Electrones libres	40
3.2.3	Movimiento de los electrones.....	41
3.2.4	Flujo de corriente	42
3.2.5	Impulso de corriente	43
3.2.6	Velocidad de la corriente eléctrica	44
3.3	Circuito eléctrico completo	44
3.3.1	Circuito eléctrico abierto	45

3.2.2	Unidades eléctricas de medida	45
3.4	Fuerza electromotriz (voltaje, tensión)	46
3.5	Cantidad de corriente (amperios)	47
3.6	Potencia	48
3.6.1	Unidades de potencia	50
3.6.2	¿Qué es factor de potencia?	51
3.6.3	Potencia activa	52
3.6.4	Potencia reactiva	53
3.6.5	Potencia aparente	53
3.6.6	Triangulo de potencias	53
3.7	Tipos de cargas	55
3.7.1	Cargas inductivas	55
3.7.2	Cargas capacitivas	55
3.7.3	Cargas combinadas	56

4. ESTUDIO Y MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE LA SUBESTACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

4.1	Medición de variables eléctricas	57
4.1.1	Medición de los kW/hr del año 2002	57
4.2	Propuesta para el ahorro de energía eléctrica en la planta Jumbo Sack.....	68
4.3	Paso # 1 para ahorrar energía eléctrica	68
4.4	Paso # 2 para el ahorro de energía eléctrica	70
4.4.1	Ahorro en consumo de energía eléctrica kW/hr.....	70
4.4.2	Estudio de iluminación de planta	70
4.4.3	Estudio de la programación de la producción	71
4.4.4	Estudio de los equipos con cargas inductivas	72
4.4.5	Mejoramiento del factor de potencia	77
4.5	Paso # 3 para el ahorro de energía eléctrica	80

4.5.1 Ahorro en consumo de potencia kW	80
4.5.2 Identificación de equipos de mayor demanda en el arranque	83
4.5.3 Tener un plan de arranque controlado	85
4.6 Paso # 4 para ahorrar de energía eléctrica	88

**5. IMPLANTACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA
DE AHORRO ENERGÉTICO**

5.1 Implantación del proyecto	91
5.2 Inducción del personal	93
5.3 Premios y penalizaciones por ahorrar energía eléctrica	94
5.4 Implantación del plan de arranque para la maquinaria	95
5.5 Concientización del personal	97
5.6 Información del funcionamiento del proyecto	97

CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES	102
BIBLIOGRAFÍA	104

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Jumbo Sack	4
2.	Planta de producción	7
3.	Bodega de materias primas	11
4.	Bodega de materias primas y telas	12
5.	Extrusores	14
6.	Bobinadora, posiciones para conos	16
7.	Telar de 6 lanzaderas	18
8.	Representación gráfica de la trama y urdimbre de un tejido	18
9.	Línea de telares circulares	19
11.	Área de azorado	23
12.	Área de confección	24
13.	Representación gráfica de salto de un electrón	41
14.	Flujo de corriente eléctrica en un conductor	43
15.	Representación gráfica de un amperio	48
16.	Triangulo de potencias	53
17.	Medición de los consumos de energía en kW/hr de enero a diciembre del contador Jumbo Polysack	57
18.	Potencia consumida en kW de enero a diciembre del contador Jumbo Polysack	58
19.	Pagos efectuados por consumos de energía reactiva	59
20.	Pagos totales efectuados por consumos del contador F-56422 Jumbo Polysack en dólares estadounidenses.....	60
21.	Pagos efectuados en US\$ por tener un bajo factor de potencia.....	67

22.	Factor de potencia registrado	67
23.	Corriente reactiva consumida por un motor de inducción	78
24.	Corriente reactiva proporcionada por un capacitor a un motor de inducción	79
25.	Consumos diarios de potencia	82

TABLAS

I	Capacidad eléctrica instalada en Polyproductos de Guatemala, S.A.	29
II	Unidades de conversión de tensión	47
III	Unidades de conversión de corriente	48
IV	Unidades de conversión de potencia	51
V	Datos de consumos de energía en kW/hr de enero a diciembre del contador Jumbo Polysack	57
VI	Consumos y potencias principales de maquinaria conectada a subestación Jumbo Polysack	61
VII	Cálculo de ahorro al cambiar un motor de 50 hp. A un motor de alta eficiencia de 40 hp. con variador de frecuencia	74
VIII	Datos de consumos registrados diarios por contador F-56422 de subestación Jumbo Polysack	81
IX	Horario de arranque para la maquinaria conectada al contador F-56422 de la subestación Jumbo Polysack	86
X	Análisis económico para la compra de capacitores para la subestación Jumbo Polysack, para mejorar el factor de potencia	89

RESUMEN

Polyproductos compete con sus productos a nivel internacional, por tal razón ha implementado la norma de calidad reconocida internacionalmente ISO 9000:2000, el proceso de las líneas Jumbo y Polysack para los sacos Jumbo y sacos convencionales son iguales, éstos comprenden desde el departamento de materias primas, proceso de extrusión, tejeduría, laminado, corte azorado y proceso de confección, hasta terminar en la bodega de producto terminado

Al realizar el estudio, que busca la eficiencia eléctrica en los consumos de la planta industrial, es necesario que se tenga un concepto claro de qué es la electricidad, cómo se produce, su teoría atómica, y la comprensión de sus unidades de medida y equivalencias, por tal razón, se realiza una explicación de todos estos conceptos, para que dicho estudio sirva para cualquier administrador que desee hacer uso de esta herramienta para su proceso, Posteriormente, es necesario hacer un estudio del contrato de energía eléctrica con el proveedor, para determinar si por alguna cláusula, la empresa está siendo penalizada, para poder proponer la disminución o eliminación. Además, se deben tabular y analizar los consumos de por lo menos 6 meses, para definir las causas y las acciones a tomar para el eficiente uso de la energía. Al final, se propone la forma en que el proyecto puede ser implantado y el seguimiento necesario para su funcionamiento, definiendo los pasos necesarios que garantizarán el ahorro en todas las variables eléctricas; reflejándose en la facturación y en el consumo general de kilovatios hora al mes.

GLOSARIO

Acometida	Conjunto de componentes y dispositivos utilizados para transportar la energía, desde las líneas de Empresa Eléctrica de Guatemala, Sociedad Anónima EEGSA a la instalación a suministrar potencia y energía .
Administrador del mercado mayorista	Organización a quien la ley delega administrar el conjunto de operaciones de compra y venta de bloques de potencia y energía del mercado. Se abrevia AMM.
Alteración en la medición	Cualquier acción y omisión que tenga por consecuencia una discordancia entre el valor de la potencia y/o energía, reflejadas en los aparatos de medida, con la realmente dispuesta o servida.
Armónicos	Significa cualquier onda de voltaje y / o corriente que se encuentre presente en el sistema, cuya frecuencia sea diferente a la fundamental.
Bajo factor de potencia	Factor de potencia inferior al noventa por ciento (90%)
Caso fortuito	Significa todo acontecimiento natural ajeno que no ha podido preverse o que, previsto, haya sido imposible de evitarse y que impide el normal cumplimiento de la obligación.

Comisión nacional de energía eléctrica	Órgano encargado de velar por el cumplimiento de la ley general de electricidad y sus reglamentos, así como emitir las disposiciones normativas, para el acceso al uso de las líneas y redes de distribución. Normalmente denominado CNEE.
Comprador	Significa la entidad, persona o institución a quien se le suministre la potencia y energía eléctrica a que se refiere en el contrato y quien pagará el precio de tal suministro.
Carga instalada	Capacidad de los bancos de transformadores de la planta, no necesariamente toda la capacidad será utilizada al cien por ciento.
Consumo	Cantidad de energía utilizada en un tiempo da aspectos eléctricos, se mide en kW/hr.
Equipo de medición	Totalidad de equipos, materiales y accesorios que se utilicen con el propósito de medir el flujo de electricidad, que pasa a través del punto de entrega, para fines de facturación.
Energía	Es la potencia multiplicada por el tiempo.
Factor de carga	La relación entre el consumo de energía del mes respecto de la potencia máxima utilizada, por las horas del periodo de facturación.

Factor de potencia	Es la relación entre la potencia eléctrica útil consumida y la cantidad de potencia eléctrica que se debe suministra al consumidor.
Kilovatio	Es la medida de potencia requerida por el cliente conforme a los equipos de medición utilizados para el caso.
Ley aplicable	Significa todas las leyes guatemaltecas aplicables, tratados, reglamentos, normas, reglas, decisiones, fallos, órdenes, resoluciones, interpretaciones y autorizaciones de la república de Guatemala, emitidas por cualquier autoridad que tenga competencia sobre el comprador, el vendedor y las instalaciones del distribuidor.
Marchamo o precinto	Significa el dispositivo instalado por COMEGSA, y/o EL ADMINISTRADOR DEL MERCADO MAYORISTA, para sellar el acceso y evitar manipulación a cualquier parte del equipo de medición, y que no deberán bajo ningún concepto ser manipulados por el Comprador.
Red eléctrica	Significa el conjunto de líneas, equipos y materiales externos a las instalaciones del comprador, incluyendo el equipo de medición; instalados con el propósito de poder brindar servicio de electricidad.

AGRADECIMIENTOS:

- A Dios** Padre, Hijo y Espíritu Santo
por permitirme alcanzar esta meta, por medio de su
sabiduría y su poder.
- A mis padres** Raúl Chang y Elsa Cajas de Chang
por darme todo su apoyo incondicional, esforzándose y
limitándose, dándome lo necesario para poder lograr este
triumfo.
- A mis hermanos** Ernesto, Zuly, Raúl, Alex y Sheila Chang
por su ayuda, por sus consejos, por su cariño
este es el resultado de sus ánimos.
- A mi esposa e hija** Aury Palma de Chang y Keiry Chang
por su motivación, amor y comprensión
siendo parte importante de la culminación de este éxito.
- A mis tíos y primos** Por sus consejos y su colaboración y que este título
sirva de ejemplo y apoyo para todos.
- A mis compañeros** Gracias por su apoyo y amistad deseando que pronto
alcancen también su meta.
- A mi asesora** Inga. María Colmenares de Guzmán
por compartir sus conocimientos y su apoyo para este
trabajo de graduación.

1. ANTECEDENTES DE POLYPRODUCTOS DE GUATEMALA, S.A.

1.1 Aspectos generales

El empaque ha jugado un papel muy importante en el desarrollo de muchas civilizaciones; ya que ha permitido poder hacer transacciones de materiales y productos, que se fabrican y que al final tendrán que ser empacados para su traslado y conservación.

El cultivo y producción de productos agrícolas e industriales tales como el azúcar, las harinas y granos; crearon necesidades para que la industria desarrollara mejores materiales para el empaque, tomando en consideración la calidad y el precio. A los inicios de la comercialización de granos y materiales básicos en nuestro país, únicamente predominaban dos tipos de empaque que era el papel y el yute, (sacos tejidos de materiales naturales). Estos empaques en especial el de yute, fue reemplazado con el saco de manta; fabricado con fibras de algodón, y a finales de los setenta, el saco de manta fue reemplazado por el saco sintético de tejido de polipropileno (plástico).

Los nuevos tejidos fabricados con polipropileno y posteriormente confeccionadas, ofrecían una mejor protección de la humedad, la posible reutilización del saco y un menor costo; dichos factores vinieron a dominar la necesidad de las industrias, eliminando completamente los empaques de algodón.

El aumento y la especialización de nuestro país en la producción del azúcar, desarrolló una cadena de consumidores, tales como los fabricantes de fertilizantes y de algunos productos de naturaleza mineral. A mediados de los ochenta en los países industrializados, se desarrollaron empaques de fibras plásticas para el manejo de cargas a granel y semi-granel; estos empaques reducían la cantidad de trabajadores necesarios para cargar o descargar los camiones o barcos, además, permitían el manejo de cargas y volúmenes altos con bastante seguridad y eficiencia. De esta cuenta, nace el saco gigante o más técnicamente conocido como RIG que significa “Recipiente intermedio a granel”. En nuestro país, aún en estos momentos, no es muy común, el uso de este producto. Debido a que en nuestra cultura económica y comercial, aún está muy arraigada la costumbre del manejo de cargas y volúmenes pequeños.

Polyproductos de Guatemala, S.A. es una corporación con 28 años de experiencia en el ramo de los productos de polietileno y polipropileno, en sus inicios, los productos principales fueron, los sacos de yute y bolsas plásticas, a medida que pasaba el tiempo fue creciendo y empezó a fabricar sacos de todas medidas y diseños, lazos desde 1/8” hasta 4”; además se inició en la rama de las telas agrícolas como lo es la línea de sarán, tela “ground cover” (tela para cubrir la tierra), geotextil (tela para carreteras y cunetas), y también se inició en la fabricación de los sacos jumbo, que a nivel internacional es conocido como RIG o sacos jumbo y en este último es fabricado en la planta Jumbo Sack de Polyproductos de Guatemala, S.A.

1.2 Mercado y clientes

Los Sacos Jumbo tienen gran auge en mercados de países desarrollados; que explotan sus recursos, teniendo que mover grandes volúmenes de productos a diario, tal es el ejemplo de alimentos como la leche en polvo, las harinas, el azúcar, etc. En la minería por ejemplo, se puede mencionar al zinc, hierro, mármol, carbón, y muchos minerales mas. También, los RIG han abarcado mercados importantes en los que se mueven volúmenes considerables en el mundo, como lo son: los correos, la basura, los materiales reprocesables, resinas y materias primas. Los RIG dan a estos consumidores varias ventajas, como por ejemplo, la disminución de mano de obra para la manipulación y movimiento de los materiales, reducción del costo del empaque comparado con las cajas de cartón y sacos pequeños de cargas pequeñas hasta 100 lb. (45.36 kg.), así como la ventaja de la reutilización de los RIG hasta de 10 veces.

La fabricación de los sacos Jumbo requiere un compromiso total desde la alta dirección de la empresa hasta el último nivel de los empleados; ya que, si este producto es de uso masivo en mercados de países desarrollados en donde se deben cumplir altos estándares de calidad y servicio. Estos sacos, se fabrican con factores de seguridad que ayudan a garantizar la protección del producto y de los empleados, estos factores de seguridad pueden ir desde 1:2 hasta 1:10 o mas, esto significa, que si el saco ha sido creado con factor de seguridad 1:10 éste podrá soportar 10 veces mas la carga para la que fue diseñada.

Los RIG son sometidos a varias pruebas destructivas, antes de ser enviados a sus clientes, entre ellas, está la prueba de derribo, levante de una oreja, sobrecarga y otros, tales pruebas es posible hacerlas en un laboratorio en la misma planta, o se pueden realizar en laboratorios, internacionalmente reconocidos en EEUU y Canadá.

Figura 1. Jumbo Sack



Fuente: Polyproductos de Guatemala, S.A.

1.3 Certificación de línea Jumbo Sack con sistema de calidad ISO 9001

Se puede decir, que el intercambio económico de los países desarrollados, los tratados de libre comercio y la globalización son factores económicos externos que afectan directamente a Guatemala y que obliga en los tiempos actuales a las empresas a ser más competitivas, reducir sus costos y mejorar la calidad de sus productos.

Estos factores de carácter externo han impulsado a las empresas guatemaltecas grandes y medianas a considerar nuevos objetivos en su administración muy orientados a demostrar su capacidad para cumplir con los requisitos del cliente y los reglamentarios aplicables y el mejoramiento continuo para aumentar la satisfacción del cliente. Para materializar dichos objetivos los empresarios han considerado las nuevas filosofías, estrategias y herramientas consagradas al mejoramiento de las empresas.

Polyproductos de Guatemala, S.A., tiene la necesidad de colocar sus productos en otros países; por tal razón, le fue necesario optar por la implantación del sistema de aseguramiento de calidad ISO 9001, ya que habían muchas formas de garantizar la calidad del producto, pero encontró en las normas ISO una adecuada aplicación para su proceso. Tomando el control por medio de enfoque basado en procesos, en el que se controla el sistema analizando todas las entradas, documentos de control, elementos de medición y salidas del proceso, siendo un sistema integrado que interactúa en forma cerrada, iniciando el control desde la negociación con el cliente y terminando los controles con el cliente dándole un servicio postventa. En los países desarrollados, contar con un sistema que asegure la calidad ya no es una novedad, ni una ventaja competitiva, sino en la actualidad es un requisito, ya que si no se cuenta con un sistema de calidad queda fuera del mercado; ya que en muchas licitaciones este es uno de los requisitos, para poder ofertar.

1.3.1 Política y objetivos de calidad

Al igual que muchas corporaciones fuertes; y como un requisito de los sistemas de aseguramiento de calidad de ISO la planta Jumbo Sack de Polyproductos de Guatemala, S.A. Cuenta con una política de calidad, que debe ser el vivir diario de todos los empleados y son las bases fundamentales en donde se definen las fortalezas de la empresa dando a conocer que hace, quienes participan, que se pretende alcanzar, en que se basa para mejorar continuamente y quienes son los beneficiados de tales esfuerzos, siendo la siguiente:

“Somos una empresa seria de liderazgo internacional, que produce materiales de empaque de la mejor calidad. Nos dedicamos a mejorar e innovar continuamente, nuestros procesos, productos, y servicios, para anticipar y satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes, accionistas y trabajadores. Adelante en el alcance de los mercados internacionales por parte de la familia Polyproductos”.

Así mismo, se tienen objetivos determinados para cada departamento en los que se definen metas mensuales, de las que se debe alcanzar y en otros no deben pasar, esto para asegurar que se cumpla la calidad. Entre los mas sobresalientes, se tiene la medición de la eficiencia del proceso de producción, compras, ventas, mantenimiento, recursos humanos, gestión de la calidad y otros. Los objetivos se han definido basado en políticas y estrategias de la empresa, los cuales están orientados a la plena satisfacción del cliente, así como a sus accionistas, empleados y proveedores, tal como lo dice en su política de calidad.

Figura 2. Planta de Producción



Fuente: Polyproductos de Guatemala, S.A.

2. PROCESO DE PRODUCCIÓN Y CONTRATO DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

2.1 Proceso de producción

Una de las finalidades específicas, de este estudio es tener un conocimiento concreto, del proceso de producción de sacos de polipropileno, con el objeto de entender porque es necesario una buena administración de la energía eléctrica, que cumpla con racionamiento, eficiencia, sistemas de arranque y todo lo relativo para su ahorro. En cada proceso se detallaran aspectos muy importantes, para el entendimiento de las propuestas para el ahorro de energía, como por ejemplo saber que tamaños y tipos de motores se usan para el funcionamiento de las principales maquinas, ya que al estudiar primero el proceso, se podrán detectar las causas de los altos consumos al procesar el plástico.

2.1.1 Materias primas utilizadas

En esta industria como en la mayoría, existen los proveedores de materias primas, insumos, materiales indirectos, repuestos y subcontratistas de servicios. Las materias primas son básicamente resinas de polipropileno, aditivos, pigmentos, carbonato de calcio, etc,. Entre los materiales indirectos se podría mencionar al hilo multifilamento, flejes y tarimas.

Generalmente, las resinas son abastecidas por empresas transnacionales dedicadas al negocio de la petroquímica, en el medio nacional existen pocos proveedores capaces de satisfacer esta demanda a precios competitivos; debido a que esto es una práctica común de las empresas fabricantes adquirir las materias primas en los mercados internacionales, y a esto se une la facilidad que agregada de cotizar y hacer negocios vía Internet.

El origen de las resinas vírgenes es variado pero en el mercado se pueden encontrar proveedores en Estados Unidos, Alemania, Corea, Brasil, Colombia, México y otros, de la calidad de las resinas vírgenes, depende la calidad de los productos que se fabriquen. Además, la compra de resinas de primera calidad se ve justificada por los niveles de desperdicio o de defectos de operación que generen. Resinas de mala calidad provocarán altos niveles de desperdicio, debido a que en el momento de estar siendo procesada la película se rompe fácilmente. Otro causa de la mala calidad puede ser comprar a varios proveedores o comprar varios tipos de resinas con distintos proveedores. Esto provoca que se tengan que estar modificando los parámetros de operación de los extrusores para lograr las características de calidad requeridas.

Lo importante para evitar mala calidad en la rafia, es comprar resinas del mismo tipo con un solo proveedor; esto es para que la única diferencia de calidad que se tenga es la que se pueda producir entre un lote y otro. Esto en nuestro medio es difícil, debido a que aún se compra generalmente con el criterio del menor costo sin mayores consideraciones sobre la calidad.

Los proveedores de aditivos, pigmentos o colorantes son fáciles de contactar en el medio nacional debido a que la industria del plástico en general en el medio nacional y centroamericano esta bastante desarrollada; por lo mismo los proveedores pueden fácilmente satisfacer esta demanda a precios

bastante competitivos. La disponibilidad de dichos productos varia; dependiendo del volumen del negocio así es el volumen de las compras; pero en general se puede decir que poseen una buena disponibilidad y servicio.

Los repuestos, son generalmente fáciles de encontrar en el medio nacional, cuando se habla de repuestos universales como cojinetes, fajas y engranajes. Mas no es siempre es el caso cuando se trata de piezas o componentes muy particulares de esta maquinaria.

Cuando se trata d e los extrusores, telares y laminadora, es muy difícil encontrar proveedores locales de estos repuestos, generalmente, estos deben ser adquiridos en la casa matriz fabricante de la máquina. Cuando se habla de cortadoras o máquinas de coser si existen casas proveedoras de estas máquinas que poseen un buen inventario para satisfacer la demanda.

El proceso de fabricación de los sacos convencionales conocidos comúnmente como costales; y los sacos RIG conocidos comúnmente como Saco Jumbo, es muy similar, ya que consta de casi los mismos procesos o pasos para su fabricación.

Figura 3. Bodega de Materias Primas



Fuente: Polyproductos de Guatemala, S.A.

Figura 4. Bodega de Materias Primas y Telas



Fuente: Polyproductos de Guatemala, S.A.

2.1.2 Proceso de extrusión

Los extrusores son máquinas diseñadas, que se componen de las siguientes partes:

- Mezcladora
- Tolva de alimentación.
- Cañón y tornillo sin fin.
- Tina de enfriamiento
- Torre y rodillos lentos
- Horno
- Rodillos rápidos o de estiramiento.
- Bobinadoras.

El proceso inicia con el mezclado de la resina que se va a extruír, con los aditivos necesarios como: colorantes y otros que le darán características especiales al producto, esto se hace en la tolva de mezclado; que es movida por un motor de 3 hp. Con un reductor que ayuda a que la velocidad de mezclado sea lenta. Luego el material ya mezclado es llevado a la tolva de alimentación del extrusor, por medio de una bomba que succiona desde la parte inferior de la tolva de mezclado, a la parte superior donde se encuentra ubicada la tolva de alimentación, dicha tolva simplemente tiene la función de alimentar por medio de gravedad o por medio forzado, el ingreso del material a uno de los extremos de extrusor.

Cuando el material empieza a ingresar al cañón del extrusor, dentro del cañón va un tornillo sin fin, el cual esta conectado a una caja reductora y ésta a un motor de 50 hp. (La potencia del motor depende de la capacidad de producción de la máquina).

El tornillo se encargará de trasladar el material a todo lo largo de cañón, para lograr que este se funda y salga por el extremo opuesto. La fundición de este material es por medio de resistencias, en forma de cinchos que abrazan el cañón y le transmiten toda al energía necesaria en forma de calor, que va de rangos de 190 a 230 grados centígrados, dependiendo de la calidad y “melt index” (índice de fluidez de la resina) que se compre, para fundir la materia prima.

Al terminar la trayectoria del material a lo largo del cañón, este es forzado a pasar por un molde quien hace que la resina se distribuya en un área plana, para lograr sacar un mantel plano plástico, dicho material sale aun blando y es ingresado a la tina de enfriamiento, que lo único que necesita es una bomba con un motor de aproximadamente 3.5 hp, Que envía el agua a una torre de enfriamiento y esta re-circulando el agua en un circuito semi-cerrado. Al ingresar el material fundido al agua se fijan las moléculas del plástico, y se enfría para lograr mantener la forma dada con el molde. Después de salir de la tina es tomado por una torre que contiene rodillos movidos por un motor de 3.5 hp. Luego pasan por unas cuchillas las cuales cortan la película, dividiéndola en decenas de hilos de un ancho específico, y luego estos pasarán a los rodillos lentos, quienes van a hacer parte de la función del estiramiento del hilo. Los rodillos lentos normalmente son de cuatro a cinco rodillos ubicados en posiciones alternas, que permitan el paso del hilo, de modo que cuando los rodillos de estirado jalen, estos eviten que se rompa el hilo, estos rodillos son accionados con un motor de 15 hp.

Figura 5. Extrusores



Fuente: Polyproductos de Guatemala, S.A.

Después los hilos del proceso pasan por un horno de aire caliente, el cual ablanda el hilo para poder ser estirado por medio de rodillos que se encuentran a la salida del horno. Dicho horno es calentado por medio de resistencias y una corriente de aire creado por medio de un ventilador o *blower*. Al salir los hilos del horno; son jalados por medio de unos rodillos, que van mas rápido que los rodillos lentos que están antes de entrar al horno; esto es para que el hilo se estire y se le de tenacidad (resistencia a la tensión) al hilo; normalmente estos rodillos van 7 veces mas rápido que los rodillos antes del horno, dependiendo de las especificaciones pueden ir 4, 5, hasta 10 veces mas rápido.

Al terminar de ser estirados los hilos, estos se separan por medio de un peine; el cual son aberturas para que pase cada hilo y luego pase a la bobinadora, en donde por lo general se tiene la cantidad de posiciones de enrollado como tantos hilos saque el extrusor. Las bobinadoras tienen en cada posición motores pequeños desde $\frac{1}{4}$ hp. Hasta 1 hp.

Figura 6. Bobinadora, posiciones para conos



Fuente: Polyproductos de Guatemala, S.A.

2.1.3 Proceso de tejeduría

Para la fabricación de un Saco Jumbo o RIG se puede usar tela tanto de un telar circular como de un telar plano, la diferencia radica básicamente en que el primero, hace la tela doble en forma de una manga, la cual ya constituye el cuerpo del saco, solamente agregándole las tapaderas en cada extremo y el telar plano hace un tipo de tela plana (que no es en forma de tubo) y se tiene que formar el cuerpo del saco ya sea de tres piezas una U y dos laterales mas la tapa superior y se forma el cuerpo del saco. La tela producida puede variar dependiendo de las especificaciones del cliente, específicamente va a depender de la densidad del producto que se quiera almacenar de esta especificación saldrá la cantidad de hilos por pulgada que va a tener el tejido de la tela.

El ancho de la tela se puede variar, dependiendo de la cantidad de hilos que admita el telar, en urdimbre y de los anillos que se posean para fabricar la tela.

El proceso tejeduría se inicia con los conos producidos en el departamento de extrusión; estos son almacenados, clasificados y despachados al departamento de tejeduría, en donde son colocados en unas filetas especiales, con bastantes posiciones para meter tantos conos, dependiendo de los anchos y tejidos de tela que se quiera fabricar (ver figura 7).

Los hilos de estos conos son llevados de la fileta al telar, donde pasan por un peine que ayuda a separarlos y evitar que estos entren juntos al telar; luego son pasados por las mallas quienes suben y bajan al mismo tiempo hilos, para lograr que pase un carrito o lanzadera que lleva un hilo, y lo introduce en medio para formar el tejido, y luego pasa por unos caballeros que se mantendrán tensos, por medio de la tensión del hilo, y al romperse un hilo estos pierden su tensión y para automáticamente la máquina, para evitar que se produzca mucha falla o tela defectuosa.

Después de pasar por los caballeros estos hilos son dirigidos al centro del telar donde se encuentra un anillo que ayuda a que el tejido quede apretado y no quede flojo. El telar es una máquina compuesta básicamente por un motor de 15 hp. Que hace girar unas lanzaderas que son las que forman el tejido en la parte transversal (técnicamente conocido como trama). Y un motor de 5 hp. Que jala los hilos provenientes de las filetas quienes forman el tejido en la parte longitudinal (técnicamente conocido como urdimbre, ver figura 8), luego que es formado el tejido en el telar la tela es jalada por una torre, que pasando por arriba de las filetas envía a la tela a uno rodillos, en donde la tela es enrollada

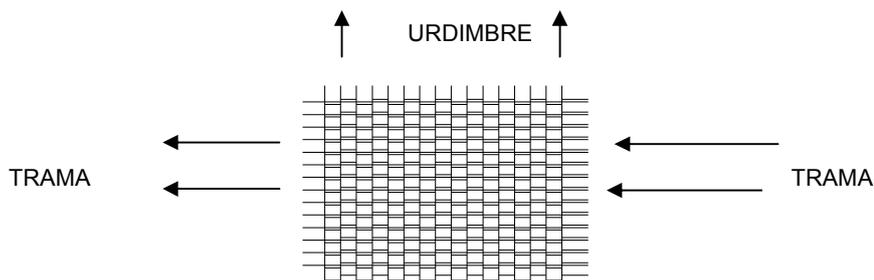
en una bobina; las cuales contienen entre 1,000 y 2,500 metros de tela. Dicho enrollador es accionado por medio de un motor de 3 a 5 hp.

Figura 7. Telar de 6 lanzaderas



Fuente: Polyproductos de Guatemala, S.A.

Figura 8. Representación de la trama y urdimbre de un tejido.



El tejido tafetán es típico, para la fabricación de sacos y muchos productos de empaque hechos a base de polipropileno.

Figura 9. Línea de telares circulares



Fuente: Polyproductos de Guatemala, S.A.

2.1.4 Proceso de laminado

El laminado, es básicamente una capa de Polipropileno delgada, transparente que se le aplica a la tela después de salir de los telares; el laminado hace que la tela sea impermeable, en donde no se permite que se filtre el aire ni la humedad, ya que existen productos que para almacenarlos, se necesita que estén protegidos contra tales ambientes que los dañan, entre estos productos se pueden mencionar por ejemplo: la leche en polvo, la harina, concentrados, etc. La tela laminada es un sustituto del saco con liner.

El liner, es una bolsa plástica que va dentro del saco, que hace la función de protector de la humedad, el aire, la contaminación y otros, pero el día de hoy es necesario que los sacos sean reutilizables, y cada vez que se tendría que reutilizar, una bolsa plástica para cada uso. Es por tal razón que la tela laminada ha tenido gran auge en estos tiempos, ya que no necesita que se lamine en cada reutilización, debido a que el laminado se vuelve parte de la tela.

La laminadora es una máquina muy parecida a los extrusores, consta de las primeras partes del extrusor, como lo es:

- 2 tolvas de alimentación.
- 2 cañones
- 2 tornillos
- Tren de rodillos.

Las laminadoras para telas que son en forma de manga, o de dos capas, es necesario que la laminadora sea de doble cabezal (cabezal comprende tolva, cañón, tornillo y molde), como la descrita en este documento, ya que un cabezal es para laminar un lado de la manga y el otro cabezal lamina el resto.

El proceso de laminado se inicia al montar un rollo de tela para ser laminada; en uno de los extremos de la máquina, la tela debe ser enhebrada, por varios rodillos quienes conducen la tela para hacerla pasar debajo de los cabezales laminadores; al estar la tela enhebrada, se arrancan los motores principales (2 motores de 40 hp.)

Se procede a hacer pasar la materia prima por los cañones, quienes por medio de resistencias de cincho calientan todo el cañón a lo largo, fundiendo el material plástico que es trasladado por medio del tornillo sin fin, que lleva cada cañón por dentro, antes de salir por el molde el material es filtrado por medio de un tamiz, o filtro el cual no dejará pasar las impurezas.

Al pasar la masa fundida es dirigida al final del tornillo donde se encuentra un molde plano, en donde es distribuido el material, a todo lo largo del molde formando una película delgada del ancho al que se le haya ajustado (debe ser el ancho de la tela), al salir el material cae directamente sobre la tela, en donde al tener contacto se adhiere, y para su enfriamiento, se pasa la tela por rodillos por los cuales les circula agua fría, proveniente de un “chiller” o torre de enfriamiento (maquinas o unidades que enfrían agua).

Al salir del laminado de la primera cara, la tela es pasada por rodillos que la hacen regresar, para voltear la tela y hacerla pasar por el otro cabezal, en donde se laminará la otra, cara repitiéndose el mismo proceso. Al terminar de laminarse las dos caras de la tela, es dirigida al extremo opuesto de donde empezó el proceso, para ser enrollada la tela ya laminada.

2.1.5 Proceso de corte

En este departamento, se hacen todos los cortes de todas las partes, que llevará el Jumbo. Los sacos jumbo, por lo general, llevan desde 4 a 15 operaciones, dependiendo del diseño, lo que significa que llevará la misma cantidad o mas de piezas cortadas para formarlos; estas pueden ser tapaderas, válvulas, cuerpos, cinchos, velos, jaretas, lazos, refuerzos, etc.

En este departamento se usan máquinas que hacen los cortes de las diferentes piezas en caliente. Se usan troqueladoras que por medio de un cilindro neumático, bajan un molde que por lo general es una cuchilla caliente para hacer un corte determinado. También se usa una máquina cortadora, a la que se le monta el rollo de tela a cortar y se hace pasar a lo largo de una mesa, en donde la misma corta por medio de un cabezal, que contiene una cuchilla caliente, la pieza a la medida que le fue programada. El motor utilizado para jalar la tela del rollo y entregarla a la cuchilla es de 5 hp.

2.1.6 Proceso de impresión

Para imprimir dichos sacos se utiliza una impresora de rodillos, compuesta por rodillos tinteros, rodillos *ánilox* y rodillos impresores .

Los rodillos tinteros, son rodillos que se bañan en un azafate lleno de pintura, y transmiten la tinta a los rodillos *ánilox*, luego estos pasan la tinta a los rodillos impresores que llevan un *syrel* (sello para imprimir) que es un material foto polímero el cual, lleva en alto relieve los logotipos o letras que le serán impresos al saco. La impresora tiene un rodillo tintero, un rodillo *ánilox*, un azafate y un rodillo impresor para cada color que se vaya a aplicar, significa que tiene tantos juegos como colores se desean imprimir en un logotipo o leyenda. Normalmente las impresoras para sacos normales y sacos jumbo van desde 1 a 12 colores. La impresora es movida por un motor principal de 5 hp. La cual por medio de un tren de engranajes mueve todos los rodillos al mismo tiempo.

2.1.7 Proceso de azorado y confección

Después de que ya se tienen todas las partes del Jumbo, son llevadas a un área que técnicamente se le conoce como área de azorado, en esta área se clasifican todas las partes en forma ordenada, sobre tarimas con las cantidades exactas, mas un porcentaje adicional, para reponer las partes defectuosas del proceso. La cantidad de cada tarima es basada en la cantidad de la orden a producir, y en la cantidad de sacos jumbo que serán procesados por cada módulo de confección.

Al estar completas las cantidades, cada lote de insumos es trasladado a los módulos de confección, en donde se procede a la confección de las partes en máquinas de confección industrial, para entregar el producto final al área donde será enfardado, embalado, y entregado a la bodega de producto terminado donde posteriormente es trasladado al cliente. La maquinaria utilizada para estos procesos son máquinas de coser con motores de 1 hp. Y enfardadoras con motor de 15 hp.

Figura 11. Área de azorado



Fuente: Polyproductos de Guatemala, S.A.

Figura 12. Área de confección



Fuente: Polyproductos de Guatemala, S.A.

2.1.8 ¿Por qué se busca el ahorro de energía eléctrica?

Entre los principales costos de fabricación de los dos productos anteriores, así como en la mayoría de la fabricación de productos plásticos tenemos los siguientes:

- Materias primas
- Electricidad
- Mano de obra
- Fletes
- Mantenimiento
- Otros

En la industria guatemalteca, se ha tenido en los últimos años una recesión económica, causada por otros países desarrollados de los que depende nuestro país. Por tal razón el ahorro, el incremento en la eficiencia y productividad, reducción de costos son temas de vital importancia para la sobre vivencia de las industrias, para poder competir.

Lo que es la reducción de costos en la compra de resinas, esta bien limitado, ya que la resina es un derivado del petróleo y esta será dependiente del precio del mismo. Se pueden analizar factores como negociar mejores precios en fletes, fabricar el empaque de las materias primas y enviárselos al proveedor para que los llene, pero posiblemente no serán significativas las cifras ahorradas.

La mano de obra en Guatemala, se ha vuelto cara; comparada con otros países como por ejemplo China, Turquía, India, etc., estos son países competidores en cualquier mercado, por lo que esto les da una mayor ventaja.

Las políticas del Gobierno de incrementar salarios, han sido mal estudiadas; ya que le dan mas desventaja a que haya inversión en el país y no se generen empleos. Actualmente, existen protecciones salariales por parte del gobierno de Guatemala contra las empresas, y la empresa que no cumpla con el pago de los salarios mínimos establecidos, tiene serios problemas que pueden concluir por cerrar un negocio, multas exageradas, así como el pago por cárcel para sus representantes.

La energía eléctrica es otro de los factores que influyen directamente en el costo de fabricación de cualquier producto. Hasta la fecha se ha hablado constantemente del factor de potencia, de los consumos de energía, así como los picos provocados en el arranque de muchas máquinas; todo esto no tenía mayor importancia para los años setentas, ochentas y posiblemente a los noventas; ya que estos no eran regulados o penalizados por la empresa eléctrica. El día de hoy es muy importante considerar estos factores; ya que de estos se pueden realizar ahorros que pueden ser significativos para la industria. Por tal razón nos enfocaremos a desarrollar de que forma es posible tener ahorro.

2.2 Contrato de suministro eléctrico

Para hacer un análisis energético en una planta industrial; es necesario conocer a fondo, la forma en que esta estructuradas las tarifas, consumos, derechos y obligaciones que se sostienen con la empresa, proveedora del servicio de energía eléctrica, ya que ésta es la base para saber, los puntos específicos en los que se puede ahorrar y se debe hacer una revisión, analizando los puntos del contrato verificando los consumos mínimos, consumos máximos, conocer la forma en que se calculan las penalizaciones, y otras obligaciones en general para revisar los límites a los que se puede llegar el ahorro.

2.2.1 Estudio del contrato

La Corporación Polyproductos de Guatemala, S.A. posee 5 subestaciones (bancos de transformación) de las siguientes capacidades:

- Banco de línea Polysack capacidad 750 kVA
- Banco de línea Saco Jumbo capacidad 750 kVA
- Banco de línea Telas agroindustriales (Lenzing) 500 kVA
- Banco de línea Telas agroindustriales (Plasticiser) 500 kVA
- Banco de línea de Lazos y Pitas 300 kVA.

Gran total de Capacidad Instalada = 2,800 kVA

Nota: El banco de la línea Polysack y Jumbo están unidas a un mismo punto de medición (contador) por lo que al hacer el contrato se habla de una sola subestación.

La relación comercial de compra de energía la tiene Polyproductos con la empresa COMEGSA (Comercializadora de eléctrica de Guatemala S.A.) Existen únicamente 2 contratos para cubrir las 5 subestaciones mencionadas anteriormente y estos están de la siguiente manera:

Un contrato entre Polysack y COMEGSA que incluye la subestación Jumbo Polysack, y un contrato entre Rafias y Empaques del Istmo Y COMEGSA que incluyen la subestación Lenzing, Plasticiser y Lazo.

Para fines del estudio se analiza exclusivamente la subestación Jumbo-Polysack que es la mas grande y se define su estado, así como las mejoras que se puedan implementar, para mejorar la administración del consumo buscando con esto el eficiente uso de la energía eléctrica.

2.2.2 Partes generales de una factura de energía eléctrica industrial

Comegsa al emitir la factura, el cobro se desglosa en 3 partes que son:

- Energía consumida,
- Potencia consumida,
- Ajustes
- Incrementos otorgados por resoluciones emitidas por la CNEE.

2.2.3 Facturación

2.2.3.1 Energía consumida

Corresponde a los kW/hr que se consumen en un periodo de un mes; este consumo se provoca, al mantener encendida una máquina, luz, resistencia, cualquier equipo eléctrico que este encendido en un periodo de tiempo.

2.2.3.2 Potencia consumida

Corresponde a los kW máximos consumidos en el periodo de un mes; el máximo de kW puede ser provocado en un segundo, un minuto o cualquier tiempo el cual será la cantidad que facturará Comegsa, no importa si el pico máximo solo tardó durante un segundo.

2.2.3.3 Ajustes

Estos son los cobros que se hacen por incumplir a lo establecido en el contrato; por ejemplo:

- No Consumir el 25% de la capacidad instalada.
- Consumir menos del 85% de la potencia contratada.
- Consumir mas de la potencia contratada
- Generar corriente reactiva manteniendo un factor de potencia menor a 0.90

2.2.4 Energía y potencia contratada

Comegsa suministra energía y potencia a las subestaciones de Polyproductos por medio de las líneas de 13,800 voltios, teniendo Polyproductos que tener bancos de transformación de su propiedad, para utilizar la energía en 220 – 240 voltios las potencias contratadas son:

Tabla I. Capacidad eléctrica instalada en Polyproductos de Guatemala, S.A.

Banco de transformación	Potencia contratada kW
Jumbo y Polysack	1,025
Lenzing	250
Plasticiser	230
Lazo	100

Fuente: Polyproductos de Guatemala, S.A.

La potencia se puede modificar por mutuo acuerdo entre vendedor y comprador.

Comegsa actuará como representante de Polyproductos ante el Administrador del mercado mayorista.

Los contratos sostenidos a la fecha tienen una vigencia de dos años y seis meses, a partir del 01 de enero del 2001 y vencen el 31 de junio del 2003. El contrato puede ser modificado, por mutuo acuerdo entre Comegsa y Polyproductos.

2.2.5 En que circunstancias es posible anular el contrato

Comegsa puede anular el contrato

- Si el comprador no hace efectivo el pago.
- Si el comprador altera o manipula el equipo de medición.
- Si el comprador incumple en mas de una vez por las obligaciones descritas.

Polyproductos puede anular el contrato

- Si el vendedor incumple con sus obligaciones descritas en el contrato.
- Si decide cerrar o ya no querer el servicio, pero debe avisar con 90 días de anticipación.

2.2.6 Medición del servicio

Las mediciones de los consumos se hacen por medio de un contador de tipo electrónico de memoria masiva, con capacidad de medir y almacenar en forma horaria la energía activa, energía reactiva y potencia real, equipado con una interfase para conexión telefónica con el propósito de interrogación a distancia, programado para que despliegue información de los parámetros mencionados.

En el caso de detectar alguna manipulación por parte de comprador o vendedor, aplicará una sanción equivalente a un mes de facturación al cien por ciento del factor de carga viceversa.

Comegsa puede inspeccionar o cambiar el equipo de medición en cualquier momento, haciéndolo de conocimiento del suministrado quien tiene derecho a inspeccionar el cambio.

2.2.7 Calidad del servicio

Comegsa está obligada, a suministrar de forma continua y cumplir con la calidad exigida por las normas técnicas del servicio de distribución vigentes, aprobadas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, CNEE.

Polyproductos de Guatemala, S.A., queda obligado a utilizar la potencia y energía conforme a los parámetros exigidos por las Normas técnicas del servicio de distribución, evitando introducir perturbaciones en la red del distribuidor que afecten la calidad del servicio a otros usuarios.

2.2.8 Pagos

Polyproductos tiene un plazo de 20 días a partir de la fecha de emisión de la factura para proceder a hacer efectivo el pago.

En caso de incumplimiento se cargarán intereses moratorios del 25% anual, contabilizados en forma diaria desde el primer día de atraso. En caso de un segundo incumplimiento consecutivo de pago, se incrementarán los intereses moratorios a un 28% y se procederá a la suspensión del suministro.

Para la reinstalación a la reconexión del suministro el comprador debe pagar Q 2,500 más IVA.

2.2.9 Pago por potencia

El precio por kW de potencia consumida es de US\$ 6.90 por kW/mes más IVA, este valor podrá ser ajustado por fuerzas mayores, por ejemplo: nuevos impuestos, derechos, tributos, reglamentos incluyendo las ambientales que afecten. De no tener ninguno de los anteriores, el precio se mantiene vigente.

2.2.10 Pago por energía

El precio de la energía de facturación es el acordado o negociado en US\$ 0.9 por la tasa de cambio a quetzales, por cada kW/hr más IVA. Toda la energía consumida en el horario valle cuenta con 10% de descuento.

2.2.11 Pago por ajustes

Los cargos por energía podrán ser ajustados conforme a variaciones de: combustible. Normalmente al contratar el suministro de energía eléctrica con cualquier empresa que lo suministre, casi siempre el precio esta indexado contra la variación del precio del petróleo, ya que si se deja un precio fijo, en cualquier momento le afectará al proveedor del suministro, debido a que El ajuste afecta el 50% del precio de la energía descrito anteriormente, en la proporción que varió el precio promedio del combustible de referencia del trimestre anterior a la fecha de facturación. El 50% restante del precio de la energía se mantendrá constante, durante la vigencia del contrato.

El combustible de referencia es el denominado *Low sulfur residual fuel oil* (residuo de combustible bajo en sulfuro) en su especie *New York cargo 1% máximo* que aparece en el reporte de la publicación *Plat's oilgram price report* (reporte de precios de *Plat's oilgram*) de la firma Mc Graw Hill Inc.

El precio base del combustible para el presente contrato es de US\$ 25.50 por barril.

2.2.12 Horarios de consumo

- **Horario diurno**

Periodo comprendido entre las 5:00 inclusive y 17:59:59 horas.

- **Horario pico**

Periodo comprendido entre las 18:00 inclusive y 21:59:59 horas.

- **Horario valle**

Periodo comprendido entre las 0:00 inclusive a 4:59:59 horas y de 22:00 inclusive a 23:59:59 horas.

3. TEORÍA ELÉCTRICA DE ELECTRONES, UNIDADES DE MEDICIÓN Y TIPOS DE CARGAS ELÉCTRICAS.

3.1 Importancia del análisis eléctrico en una industria

Un sistema eléctrico, en general, es bastante complejo, y requiere de bastante tiempo, dedicación y literatura para su estudio y entendimiento, por tal razón hay carreras en las que se puede especializar una persona en el campo eléctrico; sin embargo cualquier gerente general, gerente de producción, gerente de planta, gerente de operaciones, gerente de mantenimiento, gerente de métodos, o encargado de la planta etc., deben hoy en día tener los conocimientos básicos de electricidad, así como algunas de las herramientas básicas administrativas que se van a definir, para reducir el consumo energético en una planta de producción, ya que el mercado de hoy en día requiere que los gerentes sean multifuncionales y en la mayoría de empresas, se esta trabajando día con día, para reducir sus costos y buscar con ello una mejor eficiencia de los recursos con que cuenta; como ya se ha mencionado anteriormente, la apertura de los mercados ha obligado a ser mas competitivos no solo entregando productos de calidad sino también bajar sus costos para poder subsistir en el mercado.

La electricidad siempre va a representar uno de los costos mas altos en las industrias, ocupando cualquier posición entre los 5 costos mas altos de la fabricación de cualquier producto por lo general.

Por esta razón, es importante tener el conocimiento que el buen uso de este recurso, podrá representar la rentabilidad o fracaso de una empresa, debido a tal circunstancia se hará el estudio eléctrico de la planta Jumbo Sack de Polyproductos de Guatemala, S.A. tomando como modelo para definir las herramientas que se pueden usar para poder eficientizar los consumos eléctricos.

Para comprender las variables que se van a estudiar y a medir, es necesario hacer breves descripciones de algunos conceptos y explicaciones para tener la facilidad de entenderlos y son los siguientes.

3.2 ¿Qué es la electricidad?

La electricidad es una forma de energía que se produce por partículas muy pequeñas llamadas electrones y protones, que juntas componen lo que se llama átomos. Estas partículas microscópicas existen en todos los materiales y su estructura o composición depende del material que sea.

Como se recordará, un átomo esta formado por 3 partículas siendo los electrones, protones y neutrones, puesto que los neutrones son eléctricamente neutros no son importantes en el estudio de la naturaleza eléctrica de los átomos.

Los protones son muy pequeños, se estima que tienen 1.778 trillonésimas de milímetro de diámetro el protón mide la tercera parte del diámetro de un electrón, pero tiene casi 1,840 veces la masa de un electrón; es decir, el protón es casi 1,840 veces mas pesado que el electrón.

Es muy difícil desalojar el protón del núcleo de un átomo. Por lo tanto en la teoría eléctrica, se considera que los protones son partes permanentes del núcleo. Los protones no toman parte activa en el flujo o transferencia de energía eléctrica.

El protón tiene carga eléctrica positiva, las líneas de fuerza de esta carga irradian desde el protón en toda dirección.

El electrón es mas ligero que el protón y son mas fáciles de mover, estas son las partículas que participan activamente en el flujo o transferencia de energía eléctrica, los electrones giran en orbitas alrededor del núcleo de un átomo y tienen cargas negativas, están ubicados alrededor del núcleo en orbitas o capas en las que las más cerca al núcleo son los electrones más difíciles de separar del átomo, no así los electrones que se encuentran en las orbitas mas lejos del núcleo. Las líneas de fuerza de estas cargas vienen desde todas partes, en forma radial, directamente hacia el electrón.

3.2.1 Ley de las cargas eléctricas

La carga negativa de un electrón es igual, pero opuesta a la carga positiva de un protón. Las cargas de un electrón y un protón se llaman cargas electrostáticas. Las líneas de fuerzas asociadas con cada partícula, producen campos electroestáticos. Debido a la forma en que interactúan estos campos, las partículas cargadas pueden atraerse o repelerse entre si. La ley de las cargas eléctricas dice que las partículas que tienen cargas del mismo tipo se repelen y las que tienen cargas diferentes se atraen.

Debido a que los protones son relativamente pesados, tienen poco efecto la fuerza de repulsión que ejercen entre si dentro del núcleo de un átomo.

La electricidad se produce cuando los electrones de la orbita mas lejos del núcleo se liberan de sus átomos. Puesto que los electrones de valencia son los mas alejados de la fuerza atractiva del núcleo, y además tienen el nivel de energía mas alto, son los que pueden liberarse mas fácilmente, cuando se aplica suficiente fuerza o energía a un átomo los electrones de valencia se liberan.

La capa de valencia puede contener hasta ocho electrones y cualquier energía que se aplique a uno de ellos se reparte entre todos los electrones de valencia. Por lo tanto, los átomos que tienen menos electrones de valencia, les dejaron liberarse mas fácilmente. Los materiales cuyos electrones se liberan mas fácilmente se llaman conductores. Los átomos de los conductores tienen solo 1 o 2 electrones de valencia. Los que solo tienen 1 electrón de valencia son los mejores conductores eléctricos. Si se examina la tabla de los elementos los conductores mas reconocidos son el oro, la plata, el cobre.

Los aisladores son materiales que no dejan que sus electrones se liberen fácilmente. Los átomos de los aisladores tienen capas de valencia que están llenas con 8 electrones o bien llenas a mas de la mitad. Cualquier energía que se aplique a uno de estos átomos, se distribuirá entre un número de electrones relativamente grande debido a que los átomos se resisten a desprenderse de sus electrones.

Recordando la ley de la energía que no puede crearse ni destruirse, solo transformarse para poder hacer mover un electrón de valencia hacia otro átomo, se necesita energía las cuales pueden ser por:

- Fricción
- Calor
- Magnetismo
- Presión
- Reacciones químicas
- Luz
- Y otros.

Hasta el momento solo se ha definido como se producen las cargas eléctricas, en particular ha sido carga eléctrica en reposo relativos a la electricidad estática, es decir a la carga eléctrica en reposo. Pero, por lo general, una carga eléctrica estática no puede desempeñar una función útil. Si se quiere usar energía eléctrica para realizar algún trabajo, es preciso que la electricidad se “ponga en marcha”. Esto sucede cuando se tienen una corriente eléctrica. La corriente se produce, cuando en un conductor hay muchos electrones libres que se mueven en la misma dirección.

Todo electrón tiene cierta energía que puede producir determinados efectos. Los electrones suelen moverse en diversas direcciones, de manera que tales efectos se anulan. Pero cuando se hace que los electrones se muevan en la misma dirección, es decir, hay una corriente que fluye, entonces sus efectos se suman y la energía que liberan puede aprovecharse para realizar algún trabajo.

Además mientras mayor sea el número de electrones que se mueven en la misma dirección, mayor será el flujo de corriente y se dispondrá de mayor energía par efectuar algún trabajo.

Por lo tanto, las corrientes mayores o menores, las produce un número mayor o menor, respectivamente, de electrones “puestos en marcha”, en la misma dirección.

3.2.2 Electrones libres

Para comprender como pueden los electrones producir corriente eléctrica, será útil ilustrar; por ejemplo el cobre, están unidos en un trozo del metal en estado sólido. Todos los materiales deben tener sus átomos (o moléculas) unidas en alguna forma, pues de lo contrario se desintegrarían. Existen diferentes tipos y formas de uniones; por eso, unos elementos son gases, algunos líquidos y otros sólidos. Además, existen varias formas en que los átomos de los sólidos están unidos, y por esta razón algunos metales son suaves y otros duros. El tipo de unión que nos interesa para el estudio de la electricidad básica es la unión metálica.

En un conductor de cobre cada uno de los átomos tienen un electrón de valencia, que apenas se mantiene en órbita. Además, los átomos están tan próximos, uno del otro que las órbitas exteriores se superponen. Al girar el electrón de un átomo, puede ser atraído por otro átomo e incorporarse a la órbita de este. Aproximadamente al mismo tiempo, un electrón en el segundo átomo se desprende y pasa a la órbita de otro átomo.

La mayor parte de los electrones exteriores continuamente cambian de orbita en esta forma, de manera que los electrones de valencia en realidad, no están asociados con ningún átomo particular. Mas bien, todos los átomos comparten a todos los electrones de valencia y así se unen entre si.

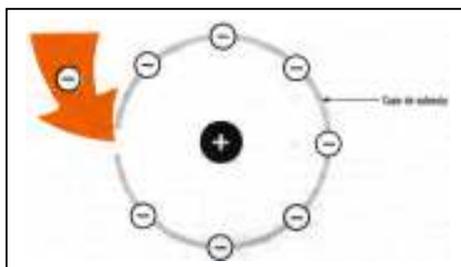
Los electrones están libres, para moverse al azar, la acción es continua, de manera que todo átomo siempre tienen un electrón, cada electrón siempre esta en un átomo. Por lo tanto , no hay carga eléctrica, pero el conductor tiene un gran número de electrones libres.

3.2.3 Movimiento de los electrones

Para producir una corriente eléctrica, los electrones libres en el conductor de cobre deben moverse en la misma dirección, y no al azar. Esto se puede hacer aplicando cargas eléctricas en cada extremo del alambre de cobre; una carga negativa en un extremo y una carga positiva en el otro.

Puesto que estos electrones son negativos, la carga negativa los repele y los atrae la positiva. Debido a ello, no pueden pasar a aquellas orbitas que los harían moverse contra las cargas eléctricas.

Figura 13. Representación gráfica de salto de un electrón



Fuente: Harry Mileaf Curso práctico de electricidad. Pág. 1-31

Se puede ver en el diagrama, que la densidad de los átomos en el alambre de cobre, es tal que las orbitas de valencia de cada átomo se superponen, de manera que los electrones pasan fácilmente de un átomo a otro. La trayectoria que recorre electrón, encuentra en el camino que lo lleva hacia la carga positiva.

Puede verse que no siguen una línea recta. Pero en los extremos del conductor, donde las cargas son más intensas, estas ejercen mayor control sobre cada electrón, de modo que sigue una trayectoria mas próxima a la recta y se mueve con mayor rapidez a través del conductor.

3.2.4 Flujo de corriente

Aunque a veces es mas fácil considerar que los electrones que se mueven libremente constituyen la corriente eléctrica, es importante recordar que esto no es exacto. El movimiento del electrón libre produce la corriente. Esto se entiende mejor, si se compara la velocidad de un electrón con la de la corriente. La velocidad del electrón puede variar, según el material conductor y el número de cargas eléctricas usadas, pero la velocidad de la corriente siempre será la misma.

El electrón libre que se mueve al azar, lo hace con rapidez relativa debido a que esta únicamente bajo la influencia de las fuerzas atómicas orbitales; su velocidad puede ser de unos cuantos cientos de kilómetros por segundo.

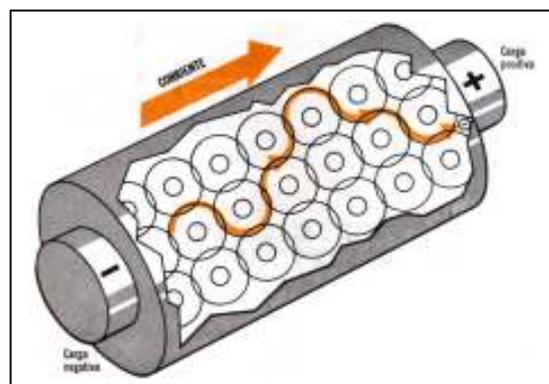
El electrón libre que se encuentra bajo la influencia de las cargas electrostáticas tiene que oponerse a alguna de las fuerzas orbitales atómicas de manera que su velocidad disminuye considerablemente.

En ciertos casos avanza velocidades que pueden medirse en centímetros por segundo. Esto es sumamente lento, en comparación con la velocidad de la corriente eléctrica, que es igual a la de la luz: 300,000 kilómetros por segundo.

3.2.5 El impulso de corriente

La corriente eléctrica, en realidad es el impulso de energía eléctrica que transmite un electrón a otro, al cambiar de orbita. Cuando se aplica energía a un electrón y este se desprende de su orbita, al salir de ella, tiene que toparse con alguna orbita de otro átomo, ya que todas las orbitas exteriores se superponen y obstruyen el paso libre del electrón. Cuando el electrón liberado entra a la nueva orbita, su carga negativa reacciona con la carga negativa del electrón que se encontraba en la orbita antes de el. El primer electrón repele al otro, expulsándolo de la orbita y, a la vez, transmitiéndole su energía. El segundo electrón, al encontrarse en la orbita siguiente, repite lo que hizo el primero. Este proceso continúa en todo el alambre. El impulso de energía, transferido de un electrón al siguiente, constituye la corriente eléctrica.

Figura 14. flujo de corriente eléctrica en un conductor



Fuente: Harry Mileaf Curso práctico de electricidad. Pág. 1-47

3.2.6 Velocidad de la corriente eléctrica

Puesto que los átomos están muy próximos uno de otro y las orbitas se superponen, el electrón liberado no tienen que ir muy lejos para encontrar una orbita nueva. El momento en que era a la nueva orbita, transfiere su energía al siguiente electrón, liberándolo. La acción es casi instantánea. Lo mismo ocurre con todos los electrones en movimiento, de manera que aunque cada electrón se mueve con relativa lentitud, el impulso de la energía eléctrica se transfiere a través de la línea de átomos a una velocidad muy grande: 300,000 kilómetros por segundo. Se considera que los electrones libres son portadores de corriente.

Una buena analogía de esta transferencia de impulso, es una larga hilera de bolas de billar, cuando la bola que juega choca con la que esta en el extremo de la fila, su fuerza se transmite de una bola a la siguiente hasta que salga disparada la bola en el otro extremo, la última bola se separa de la fila casi en el mismo instante en que es tocada la primera.

3.3 Circuito completo

Si se aplica una carga negativa en un extremo del alambre, esta carga repelería a los electrones libres del otro extremo del alambre. La corriente fluiría solo por un instante, hasta que se acumularán suficientes electrones en el otro extremo, para producir una carga negativa igual que evitaría que ingresaran electrones. Esta sería electricidad estática debido a que todo quedaría en reposo.

Para tener una corriente eléctrica, los electrones libres deben mantenerse en movimiento. Esto se logra fácilmente, si se usa una fuente de energía para aplicar cargas opuestas a los dos extremos del alambre. Entonces, la carga negativa repelerá los electrones en todo el alambre. En el lado positivo, los electrones serán atraídos a la fuente; pero por cada electrón que entre en la fuente, habrá otro electrón que esta suministrará al alambre por el lado negativo. Por consiguiente, la corriente seguirá fluyendo a través del alambre en tanto se continúe aplicando las cargas eléctricas de la fuente de energía. A esto se llama circuito completo o cerrado. Una batería es una típica fuente de energía eléctrica, el circuito debe ser completo o cerrado para que fluya la corriente.

3.3.1 Circuito eléctrico abierto

Si el alambre se rompiera en cualquier punto, entonces, en la parte conectada al lado negativo de la batería, los electrones se acumularían en el extremo en que se rompió el alambre, mientras que, en la otra parte, el lado positivo de la batería atraería los electrones hacia si. Así se establecería una carga en la apertura, suspendiéndose el movimiento de los electrones. La corriente cesaría de fluir. Un circuito abierto no conduciría corriente.

3.3.2 Unidades eléctricas de medida

Para que haya flujo de corriente existen dos condiciones:

- 1) Cargas eléctricas para mover a los electrones libres, y
- 2) Un circuito completo por el que pueda fluir la corriente eléctrica.

Se puede usar diferentes cantidades de corriente. Para medir todos estos valores, existen unidades apropiadas.

La carga eléctrica que adquiere un objeto se llama potencial eléctrico, debido a que los electrones desplazados acumulan energía potencial, que se puede utilizar para mover a otros electrones. Puesto que se necesitan dos cargas para completar un circuito, la diferencia de potencial entre estas dos cargas es lo que proporciona la fuerza eléctrica. Se considera que el negativo es un potencial bajo y el positivo un potencial alto. La corriente eléctrica en un alambre siempre va del potencial bajo al alto. Esto también significa que la corriente fluirá de un potencial positivo bajo, a un potencial positivo alto, así como entre dos potenciales negativos.

3.4 Fuerza electromotriz (voltaje, tensión)

La carga eléctrica que adquiere un objeto esta determinada por el número de electrones que pierde o gana. Puesto que el número de electrones que se mueven así es sumamente grande, se usa una unidad llamada coulomb para indicar la carga. Si un objeto tienen una carga negativa de 1 coulomb, esto indica que ha ganado 6.28×10^{18} . (Trillones) de electrones extras. Esto es 6.280,000.000,000.000,000 electrones.

Cuando dos cargas tienen una diferencia de potencial, la fuerza eléctrica resultante se llama fuerza electromotriz (Fem.). La unidad que se usa para indicar la intensidad de la fem es el voltio. Cuando una diferencia de potencial causa el paso de 1 coulomb de corriente para producir 1 joule de trabajo, la fem es un voltio.