



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA**  
**“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”**  
**VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**TRABAJO DE GRADO**

**MODELO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE**  
**FABRICACIÓN DE PELLAS DE LA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO**  
**“ALFREDO MANEIRO” SIDOR C.A**

**Autora:**  
Yorlianis Uray  
C.I V – 21.338.158

**CIUDAD GUAYANA, OCTUBRE DEL 2015**



**MODELO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE  
FABRICACIÓN DE PELLAS DE LA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO  
“ALFREDO MANEIRO” SIDOR C.A**

U  
N  
E  
X  
P  
O



U  
N  
E  
X  
P  
O

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA**  
**“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”**  
**VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**TRABAJO DE GRADO**

**MODELO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE**  
**FABRICACIÓN DE PELLAS DE LA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO**  
**“ALFREDO MANEIRO” SIDOR C.A**

Trabajo de investigación presentado ante el Departamento de Ingeniería Industrial de la UNEXPO Vice-Rectorado Puerto Ordaz para cumplir con los requisitos de aprobación de **Trabajo de Grado** y optar por el título de Ingeniería Industrial.

**Tutor Académico**

Ing. Msc. Jairo Pico

**Tutor Industrial**

Ing. Javier Velásquez

**Autor:**

Yorlianis Uray

**C.I V - 21.338.158**

CIUDAD GUAYANA, OCTUBRE DEL 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA  
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”  
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRABAJO DE GRADO



### ACTA DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, miembros del jurado evaluador designados por el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” Vice-rectorado Puerto Ordaz, para examinar el trabajo de grado presentado por la Bachiller **Uray, Yorlianis María**, titular de la **C.I. N° V-21.338.158**, titulado: **“MODELO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PELLAS DE LA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO “ALFREDO MANEIRO” SIDOR C.A”**, como requisito para la aprobación del trabajo de grado. Consideramos que dicho trabajo, cumple con los requisitos exigidos, para tal efecto y por tanto, lo declaramos: **APROBADO**.  
En Ciudad Guayana Puerto Ordaz, a los (27) veintisiete días del mes de Octubre del 2015.

---

Ing. Msc. Jairo Pico  
TUTOR ACADÉMICO

---

Ing. Javier Velásquez  
TUTOR INDUSTRIAL

---

Ing. Msc. Iván Turmero  
JURADO

---

Ing. Lucymary Acuña  
JURADO

**Uray Sánchez, Yorlianis María C.I V – 21.338158**

**“MODELO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PELLAS DE LA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO  
“ALFREDO MANEIRO” SIDOR C.A”**

Trabajo de Grado

Págs. 171

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”.  
Vice-Rectorado Puerto Ordaz. Departamento de Ingeniería Industrial.

**UNEXPO**

**Tutor Académico: Ing. Msc. Jairo Pico  
Tutor Industrial: Ing. Javier Velásquez**

Ciudad Guayana, Octubre del 2015

Capítulos: I. Planteamiento del Problema. II. Generalidades de la Empresa. III. Marco Teórico. IV. Diseño Metodológico. VI. Situación actual V. Análisis y Resultados.

## DEDICATORIA

*Primeramente a Dios, por darme vida y fortaleza para seguir adelante a pesar de las adversidades.*

*A mis padres Yolanda Sánchez y Orlando Uray, a ellos por brindarme su apoyo incondicional, su amor y comprensión. Todo lo que soy se lo debo a ellos.*

*Y a mi hermana Yorlien Uray, mi partner in crime, solo Dios sabe cuánto te quiero y lo agradecida que estoy por asignarte como mi hermana gemela.*

## AGRADECIMIENTOS

*A DIOS por sobre todas las cosas, por permitirme llegar donde estoy.*

*A mis padres, hermana y hermanos por estar conmigo en todo momento, por su apoyo, entrega y amor incondicional. ¡Este logro es para ellos!*

*A mi tutor industrial, Ing. Javier Velásquez por su valioso apoyo a lo largo de mi trabajo, y por ser parte fundamental en el desarrollo del mismo, quien además de sus valiosos conocimientos y material técnico aportado, resultó ser un modelo a seguir como persona y profesional. ¡Gracias!*

*A mi tutor académico, Ing. Msc. Jairo Pico por ser un excelente profesional y brindarme su apoyo y conocimientos para que pudiese terminar con éxito mi trabajo de investigación. ¡Gracias inmensas por su apoyo!*

*A la UNEXPO, mi casa de estudios, por ser mi hogar durante mi formación académica y parte integral durante mi formación como profesional.*

*A la Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR C.A por darme la oportunidad de desarrollar mi trabajo de investigación dentro de sus instalaciones.*

*Al Departamento de Ingeniería Industrial y a todo el personal del Edificio Luis González, por brindarme su cariño y aprecio los llevaré siempre en mis recuerdos.*

*A mis amigos y familiares que de una u otra manera contribuyeron a mi formación académica. Son muchas las personas a las que me encantaría agradecerles su apoyo, ánimo, y consejos. Algunos están aquí conmigo, otros están en mi memoria y en mis recuerdos. Sin importar en donde estén, quiero darles las gracias de todo corazón por formar parte de mi vida.*



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA  
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”  
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRABAJO DE GRADO

**MODELO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE  
FABRICACIÓN DE PELLAS DE LA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO  
“ALFREDO MANEIRO” SIDOR C.A**

**Autora:** Uray Sánchez, Yorlianis María

**Tutor Académico:** Ing. Msc. Jairo Pico

**Tutor Industrial:** Ing. Javier Velásquez

**Fecha:** Octubre 2015

**RESUMEN**

La presente investigación se basó en el diseño de un modelo matemático para el cálculo del consumo de energía eléctrica de la Planta de Pellas para la Gerencia de Ingeniería Industrial en la Empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR C.A La Gerencia ha observado que el valor real del consumo específico de energía eléctrica presenta una desviación del 24,2% con respecto al valor estándar, como no cuentan con un mecanismo o programa que sea capaz de calcular el consumo, surgió la necesidad de crear un modelo capaz de calcularlo de manera de comparar los resultados obtenidos con los que arroja el sistema y verificar que estos sean correctos. El proyecto estuvo enmarcado en un tipo de investigación exploratoria y descriptiva y estuvo fundamentada a nivel comprensivo con un diseño de investigación de campo y no experimental, de igual forma se emplearon una serie de técnicas e instrumentos de recolección de datos, específicamente el análisis de fuentes documentales, la observación directa y las entrevistas no estructuradas. Para el diseño del modelo se realizó un listado de los equipos pertenecientes a las tres áreas de la planta y mediante el tiempo de operación y la cantidad de equipos se logró hacer una estimación del consumo de EE. Por consiguiente mediante los resultados obtenidos se diseñó un plan de mejoras para controlar el consumo, así como también se identificaron las causas que influyen en la variación resultando la baja producción, la falta de mantenimiento y de equipos las causas principales. De esta manera se pudo concluir que el estado actual del consumo se encuentra en un estado crítico y se deben tomar medidas adecuadas para controlarlo y hacer uso eficiente de la energía eléctrica en la Planta de Pellas.

**Palabras clave:** Energía eléctrica, modelo, cálculo, equipo, consumo.

## INDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>PAG</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	vii
<b>INDICE GENERAL</b> .....	ii
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	iv
<b>INDICE DE GRÁFICOS</b> .....	vi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPITULO I</b> .....	4
<b>1.1 Planteamiento del problema</b> .....	4
<b>1.2 Objetivos de la investigación</b> .....	6
<b>1.2.1 Objetivo General</b> .....	6
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	6
<b>1.3 Delimitación del problema</b> .....	7
<b>1.4 Justificación e importancia</b> .....	7
<b>1.5 Alcance de la investigación</b> .....	8
<b>CAPITULO II</b> .....	9
<b>2.1 Descripción de la empresa</b> .....	9
<b>2.1.1 Reseña Histórica de la empresa</b> .....	10
<b>2.1.4 Visión</b> .....	13
<b>2.1.5 Objetivos de la empresa</b> .....	13
<b>2.1.6 Importancia de la empresa</b> .....	13
<b>2.2 Descripción del Proceso Productivo de SIDOR</b> .....	17
<b>2.3 Descripción del área de Pasantía</b> .....	19
<b>2.4 Proceso productivo de planta de pellas</b> .....	19
<b>2.5 Descripción Organizativa de la Empresa</b> .....	21
<b>2.6 Descripción del área de trabajo. Dirección de Planificación Estratégica e Ingeniería Industrial</b> .....	24

2.6.1 Descripción del Departamento Ingeniería Industrial – Departamento de Reducción, Acerías, Mantenimiento y otros servicios .....	26
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>27</b>
3.1 Antecedentes de la investigación.....	27
3.2 Marco Legal.....	29
3.3 Fundamentos teóricos .....	35
3.3.10 Tipos de motores trifásicos .....	40
3.3.14 La Carga .....	49
3.3.15 La Red .....	49
3.3.17 Potencia y Eficiencia del Motor .....	52
3.3.21 Impacto ambiental.....	55
3.3.23 Consecuencias del mal uso de energía eléctrica.....	56
3.4 Indicadores de gestión operativa .....	58
3.5 Descripción de las herramientas de gestión de Calidad Total (TQM) .....	59
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>62</b>
4.1 Tipo de Investigación .....	62
4.2 Diseño de la investigación .....	63
4.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	63
4.4 Técnicas para el Análisis de los Datos .....	65
4.5 Población y Muestra.....	66
4.6 Procedimiento metodológico .....	67
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>69</b>
<b>5.1 Diagnosticar la situación actual del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas de la Siderúrgica del Orinoco “ALFREDO MANEIRO” C.A.....</b>	<b>69</b>
5.1.2 Distribución de carga de potencia en SIDOR .....	71
5.1.4 Esquema comparativo de producción de la Planta de Pellas.....	75
5.1.6 Evolutivo histórico de consumo de energía eléctrica vs producción ...	77
5.1.7 Gráfico resumen del consumo de EE vs. Producción anual.....	80
<b>5.2 Determinar las causas principales que generan la variación del consumo de energía eléctrica durante el proceso de fabricación de pellas. ....</b>	<b>82</b>
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>93</b>
<b>ANALISIS Y RESULTADOS .....</b>	<b>93</b>

<b>6.1 Identificar las variables y especificar los equipos que consumen energía eléctrica en la Planta de Pellas.....</b>	<b>93</b>
<b>6.1.1 Equipos de mayor consumo del área de manejo de materiales.....</b>	<b>93</b>
<b>6.1.2 Equipos de mayor consumo área de preparación y molienda .....</b>	<b>94</b>
<b>6.1.4 Distribución de potencia en la Planta de Pellas .....</b>	<b>96</b>
<b>6.1.5 Calculo de potencia activa para los equipos eléctricos de alta tensión 13,8 Kv del área de Peletización .....</b>	<b>98</b>
<b>6.1.6 Potencia real que refleja el sistema de los equipos de alta tensión 13,8kv del área Peletización .....</b>	<b>103</b>
<b>6.2 Establecer los lineamientos de un modelo matemático basado en el cálculo del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas. ....</b>	<b>107</b>
<b>6.2.2 Variables de entrada para el área de manejo de materiales .....</b>	<b>109</b>
<b>6.2.3 Tiempo de operación sistemas del área de manejo de materiales .....</b>	<b>109</b>
<b>6.2.5 Variables de entrada para el área de Peletización.....</b>	<b>112</b>
<b>6.2.9 Cálculo de energía eléctrica por área.....</b>	<b>117</b>
<b>6.2.10 Cálculo de energía eléctrica total Planta de Pellas .....</b>	<b>118</b>
<b>6.2.11 Costo de consumo de energía eléctrica de la Planta de Pellas.....</b>	<b>119</b>
<b>6.2.12 Variables de salida .....</b>	<b>120</b>
<b>6.2.13 Variables de entrada año 2016.....</b>	<b>134</b>
<b>6.2.14 Variables de entrada indicadores de gestión .....</b>	<b>134</b>
<b>6.3 Crear un plan de mejoras para controlar el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas.....</b>	<b>139</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>143</b>
<b>RECOMENDACIONES` .....</b>	<b>144</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>146</b>

**INDICE DE TABLAS**

	<b>PÁG.</b>
<b>Tabla 1.</b> Esquema comparativo de producción de Planta de Pellas.....	<b>75</b>
<b>Tabla 2.</b> Variables que afectan el consumo de energía eléctrica.....	<b>82</b>
<b>Tabla 3.</b> Lista de ideas: Variables que afectan el consumo de energía eléctrica.....	<b>83</b>

<b>Tabla 4.</b> Causas raíz que afectan el consumo de energía eléctrica.....	85
<b>Tabla 5.</b> Matriz de Ponderación de causas.....	87
<b>Tabla 6.</b> Análisis Pareto de las causas raíz que afectan la variación del consumo de energía eléctrica.....	88
<b>Tabla 7.</b> Equipos de mayor consumo área de manejo de materiales.....	93
<b>Tabla 8.</b> Equipos de mayor consumo área de preparación y molienda.....	94
<b>Tabla 9.</b> Equipos de mayor consumo área de peletización.....	95
<b>Tabla 10.</b> Tabla de mediciones de corriente en Panel de Control.....	100
<b>Tabla 11.</b> Descripción técnica de equipos de alta tensión 13,8Kv de peletización.....	101
<b>Tabla 12.</b> Diferencia entre potencia nominal y potencia activa para los equipos de alta tensión 13,8 kv.....	102
<b>Tabla 13.</b> Tabla comparativa potencia real del sistema vs potencia activa.	106
<b>Tabla 14.</b> Variables de entrada modelo, Producción y Facturas.....	123
<b>Tabla 15.</b> Variables de entrada modelo indicadores de gestión.....	124
<b>Tabla 16.</b> Variables de entrada manejo de materiales.....	124
<b>Tabla 17.</b> Variables de entrada preparación y molienda.....	125
<b>Tabla 18.</b> Variables de entrada peletización.....	125
<b>Tabla 19.</b> Consumo de energía eléctrica por área MODELO.....	129
<b>Tabla 20.</b> Costo del consumo de energía eléctrica por área MODELO.....	130
<b>Tabla 21.</b> Indicadores de gestión MODELO.....	130
<b>Tabla 22.</b> Consumo específico de energía eléctrica 2014 MODELO.....	131
<b>Tabla 23.</b> Consumo TOTAL de energía eléctrica 2014 MODELO.....	132
<b>Tabla 24.</b> Variables de entrada indicadores de gestión cálculo de consumo EE 2016 MODELO.....	134
<b>Tabla 25.</b> Variables de entrada cálculo sistemas de producción, consumo EE 2016 MODELO.....	135
<b>Tabla 26.</b> Variables de entrada cálculo área de preparación y molienda, consumo EE 2016 MODELO.....	135

<b>Tabla 27.</b> Variables de salida consumo por área 2016 MODELO.....	136
<b>Tabla 28.</b> Variables de salida costos de consumo por área 2016 MODELO .....	136
<b>Tabla 29.</b> Variables de salida indicadores consumo EE 2016 MODELO...	137
<b>Tabla 30.</b> Variables de salida consumo específico y consumo total de energía eléctrica 2016 MODELO.....	137

## INDICE DE GRÁFICOS

	<b>PÁG.</b>
<b>Gráfico 1.</b> Productos fabricados en Planta de Pellas.....	21
<b>Gráfico 2.</b> Organigrama de SIDOR.....	23
<b>Gráfico 3.</b> Organigrama Dirección de Planificación Estratégica e Ingeniería Industrial.....	25
<b>Gráfico 4.</b> Organigrama del Departamento de Reducción, Acerías, Mantenimiento y otros servicios.....	26
<b>Gráfico 5.</b> Rotor de polos no salientes en un motor síncrono.....	42
<b>Gráfico 6.</b> Rotor de polos salientes en un motor síncrono.....	42
<b>Gráfico 7.</b> Motores Asíncronos.....	43
<b>Gráfico 8.</b> Motores Asíncronos Trifásico.....	44
<b>Gráfico 9.</b> Variador de velocidad.....	52
<b>Gráfico 10.</b> Potencia del Motor.....	53
<b>Gráfico 11.</b> Consumo EE Latinoamérica por habitante.....	70
<b>Gráfico 12.</b> Distribución de Potencia SIDOR.....	72
<b>Gráfico13.</b> Distribución de energía eléctrica de la Sub-Estación R5.....	73
<b>Gráfico 14.</b> Plano de distribución de energía eléctrica de la sub-estación R5 a los motores de 13,8kv y 4,16kv.....	74
<b>Gráfico 15.</b> Consumo de EE Real vs Estándar.....	76
<b>Gráfico 16.</b> Consumo EE vs Producción año 2007.....	77

<b>Gráfico 17.</b> Consumo EE vs Producción año 2012.....	78
<b>Gráfico 18.</b> Consumo EE vs Producción año 2013.....	78
<b>Gráfico 19.</b> Consumo EE vs Producción 2014.....	79
<b>Gráfico 20.</b> Gráfico resumen Producción anual vs. Consumo EE promedio.....	80
<b>Gráfico 21.</b> Diagrama causa-efecto. Variación del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas.....	84
<b>Gráfico 22.</b> Diagrama Pareto Causas Raíz que genera la variación del consumo de Energía Eléctrica.....	89
<b>Gráfico 23.</b> Distribución de carga de Planta de Pellas.....	97
<b>Gráfico 24.</b> Potencia nominal de los equipos eléctricos de alta tensión 13,8Kv del área de Peletización.....	99
<b>Gráfico 25.</b> Potencia real BG-5002 año 2015.....	103
<b>Gráfico 26.</b> Potencia real BG-5006 año 2015.....	104
<b>Gráfico 27.</b> Potencia real BG-5015 año 2015.....	104
<b>Gráfico 28.</b> Potencia real BH-1017 año 2014.....	105
<b>Gráfico 29.</b> Potencia real BG-1017 año 2015.....	106
<b>Gráfico 30.</b> Algoritmo modelo matemático de consumo de energía eléctrica de la Planta de Pellas.....	122
<b>Gráfico 31.</b> Variables de entrada del modelo de consumo de EE.....	127
<b>Gráfico 32.</b> Variables de salida del modelo de consumo de EE.....	129
<b>Gráfico 33.</b> Gráfica de consumo específico real vs modelo 2014.....	131
<b>Gráfico 34.</b> Gráfica de consumo de energía eléctrica 2014 MODELO.....	132
<b>Gráfico 35.</b> Gráfica de FACTURAS 2014 vs MODELO 2014.....	132
<b>Gráfico 36.</b> Consumo específico 2016 MODELO.....	138
<b>Gráfico 37.</b> Consumo EE TOTAL 2016 MODELO.....	138

## INTRODUCCIÓN

La Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro”, SIDOR C.A es un complejo Siderúrgico integrado, dedicado a procesar el mineral de hierro utilizando tecnologías de Reducción Directa y Hornos Eléctricos de Arco. Los procesos de esta Siderúrgica se inician con la fabricación de Pellas y culminan con la entrega de productos finales Largos (Barras y Alambrón) y planos (Láminas en Caliente, Láminas en Frío y Recubiertos). El complejo Siderúrgico integrado está ubicado en Ciudad Guayana, Venezuela, sobre el margen derecho del río Orinoco, lo cual le atribuye una localización privilegiada que le conecta directamente con el Océano Atlántico. Esta planta es uno de los complejos más grandes de este tipo en el mundo.

La Planta de Pellas está ubicada en la zona centro-occidental que abarca desde la recuperación del mineral de hierro como materia prima principal hasta la peletización y endurecimiento de las pellas y cuenta con una capacidad instalada de 8.000.000 ton/año.

La fabricación de pellas es un proceso mediante el cual a partir del mineral de hierro, aglomerantes orgánicos y aditivos se producen aglomerados de forma esféricas llamados pellas, durante este procedimiento se realiza un tratamiento al mineral de hierro para obtener unas características físicas y químicas particulares, ciertamente como en todo proceso de fabricación, es necesario cumplir con una serie de etapas para lograr la obtención del producto final, las cuales son: Recepción y preparación de las materias primas, preparación y molienda y peletización.

La energía eléctrica se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo de la sociedad, y su disponibilidad y uso eficiente son una pieza clave para el éxito o fracaso de una empresa. De igual forma, para el

proceso de fabricación de pellas resulta tener la misma importancia, ya que se encarga de suministrar energía a las máquinas y equipos que mantienen la planta operativa, garantizando que el proceso de producción se realice de forma continua.

En la actualidad, Venezuela es el país con mayor consumo de energía eléctrica por habitante en Latinoamérica, contando con una generación neta de 4.262 Kwh/hab, para el año 2012 el consumo nacional se ubicó en 18.000 MW donde el 47.3% lo registran las industrias del país, siendo SIDOR un componente determinante, la cual reúne el 11% del consumo de energía eléctrica de Venezuela.

La resolución 77 publicada en la Gaceta Oficial 39.694 del Gobierno Nacional establece que todo órgano y ente venezolano se encuentra en el deber de controlar su consumo de energía eléctrica haciendo uso eficiente y racional de la misma a fin de lograr un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos del país.

La Gerencia de Ingeniería Industrial ha observado que el valor real del consumo específico de energía eléctrica de la Planta de Pellas refleja desviación con respecto al valor estándar que establece el Departamento de Reducción, Aceración, Mantenimiento y Servicios. Dado que la Gerencia no cuenta con un programa o mecanismo que calcule el consumo real de la Planta no es posible comprobar que los valores del consumo que muestra el sistema son correctos.

Por esta razón surge la necesidad de diseñar un modelo matemático que permita calcular el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas con el propósito de mejorar la eficiencia energética y de esta manera llevar un control que permita establecer métodos adecuados que conlleven a

prolongar la vida útil de los motores y al mismo tiempo cooperar con el ahorro de energía eléctrica Nacional.

Es por ello que mediante consultas bibliográficas, documentales y encuestas que se realizaron al personal de Ingeniería Industrial, Ingeniería de procesos y Operaciones se obtuvo información relevante para el diseño del modelo matemático, así como también para determinar los factores que inciden en la variación del consumo.

Se utilizó el método investigativo explicativo debido a que se determinaron las causas de la variación del consumo en la Planta de Pellas y el método analítico porque se evaluó cada factor por separado y de manera ordenada con el propósito de que el estudio sea más preciso y así poder encontrar la causa principal del problema.

Para dar cumplimiento a los requerimientos de este trabajo, el mismo está estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I: El planteamiento del problema donde se definen con claridad los objetivos establecidos para la realización del trabajo así como la delimitación, justificación y alcance del mismo.

Capítulo II: Generalidades de la empresa. Comprende el marco organizacional, que consiste en una visión general de la empresa, del área de trabajo y de la Planta de Pellas.

Capítulo III: Marco Teórico. Contiene las bases teóricas que fundamentan el trabajo.

Capítulo IV: Descripción del tipo de investigación, población y muestra y el procedimiento de la investigación.

Capítulo V: Situación actual

Capítulo VI: Análisis y resultados.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

La Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR C.A es una empresa dedicada a la fabricación de productos elaborados y semielaborados donde la materia prima principal es el mineral de hierro, no obstante existen otros elementos fundamentales para cumplir con el proceso de producción y lograr obtener productos de calidad, es el caso de la energía eléctrica que resulta primordial para el funcionamiento efectivo de la empresa.

La Planta de Pellas comprende dos líneas de producción, la cual está estructurada por tres áreas principales: Manejo de materiales, preparación y molienda y peletización, además cuenta con la subestación R5, la cual suministra energía eléctrica a todos los equipos de la Planta.

El consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas es de 6.8% de lo que consume en su totalidad la Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” (Sidor). Específicamente en el área de peletización, donde la carga en general está dada por motores de alta tensión (13.8 KV).

La Gerencia de Ingeniería Industrial – Departamento de Reducción, Aceración, Mantenimiento y Servicios ha observado que el valor real del consumo específico de energía eléctrica de la Planta de Pellas presenta una variación del 24,2% con respecto al valor estándar, generando costos de energía para la empresa, dicho costo representa uno de los agentes de mayor compromiso dentro de los costos totales de los procesos productivos de SIDOR.

Dadas las condiciones que anteceden, surge la necesidad de diseñar un modelo matemático que permita calcular el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas, con el propósito de comparar los valores obtenidos con los valores que refleja el sistema y de esa forma comprobar que los valores que muestra el sistema antes mencionado son correctos.

Para lograr realizar el modelo, se determinará el tiempo efectivo de cada equipo analizando su comportamiento durante el proceso de producción y mediante la potencia nominal se podrá obtener la cantidad de energía eléctrica que se consume en una determinada unidad de tiempo. La información requerida será obtenida mediante encuestas que se efectuarán al personal de Ingeniería Industrial, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería de Procesos y Operaciones y esa forma obtener información más precisa y detallada.

Las causas que podrían generar la variación en el consumo son la baja producción, que la planta opere bajo condiciones sub- estándar y que los equipos se mantengan encendidos mientras se realizan paradas programadas y no programadas.

De acuerdo a los resultados anteriores, se planteará una propuesta de mejora con el objetivo de controlar o en su mayor defecto disminuir el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas, manteniendo la productividad de la empresa y de esta manera establecer métodos adecuados que conlleven a prolongar la vida útil de los motores, reducir los costos de producción y preservar el estado de los equipos. El no realizar el modelo matemático podría generar problemas a corto, mediano y largo plazo como elevados costos de energía, así como también disminuir el tiempo de vida útil de los equipos, que teniendo en cuenta la carencia de repuestos podría provocar a futuro una parada mayor en toda la Planta.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar un modelo de consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas de la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” (SIDOR).

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

1. Diagnosticar la situación actual del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas de la Siderúrgica del Orinoco “ALFREDO MANEIRO” C.A.
2. Determinar las causas principales que generan la variación del consumo de energía eléctrica durante el proceso de fabricación de pellas.
3. Identificar las variables y especificar los equipos que consumen energía eléctrica en la Planta de Pellas.
4. Establecer los lineamientos de un modelo matemático basado en el cálculo del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas.
5. Crear un plan de mejoras para controlar el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas.

### **1.3 Delimitación del problema**

La presente investigación se realizó en un periodo de seis (6) meses comprendido desde el mes de Abril 2015 hasta Septiembre del mismo año, en la Siderúrgica del Orinoco “ALFREDO MANEIRO” específicamente en la Planta de Pellas en el Departamento de Reducción, Aceración, Mantenimiento y Servicios perteneciente a la Gerencia de Planificación Estratégica e Ingeniería Industrial.

### **1.4 Justificación e importancia**

La investigación tiene su importancia debido a que proporcionará a SIDOR particularmente a la Planta de Pellas un modelo matemático estándar que permitirá calcular el consumo de energía eléctrica en la Planta y en base a los resultados obtenidos se planteará una propuesta de mejoras que ayudará a controlar el consumo de energía eléctrica durante el proceso de fabricación de pellas, estableciendo una metodología adecuada para controlar la variación del consumo real con respecto al consumo estándar, con el objetivo de mantener la productividad de la empresa, contribuyendo con el ahorro energético y prolongando la vida útil de los motores, así como también detectar los factores que conllevan al aumento del consumo e identificar formas para usar la energía de manera eficiente, reduciendo costos de electricidad para la empresa.

### **1.5 Alcance de la investigación**

El presente trabajo estuvo orientado en diseñar un modelo matemático estándar para calcular el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas y por consiguiente desarrollar una propuesta de mejoras para la disminución del consumo de energía eléctrica; el estudio permitió conocer las características generales de la Planta de Pellas, desde el punto de vista del consumo energético con el objetivo de identificar los factores que contribuyen a la variación del mismo, y de esta manera establecer las oportunidades de mejoras para la Siderúrgica del Orinoco, a fin de plantear e identificar las medidas de ahorro energético y reducir los costos de energía. El estudio estuvo localizado en la Planta de Pellas para la línea B, específicamente para los equipos de media tensión (4.16kv) y alta tensión (13.8kv).

## **CAPÍTULO II**

### **GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

#### **Siderúrgica del Orinoco “ALFREDO MANEIRO” (SIDOR) C.A**

##### **2.1 Descripción de la empresa**

SIDOR es el complejo siderúrgico integrado de Venezuela. Hoy es el principal productor de acero de este país y de la Comunidad Andina. Esta planta es uno de los complejos más grandes de este tipo en el mundo. Sus actividades abarcan desde la fabricación del acero hasta la producción y la comercialización de productos semielaborados (planchones, lingotes y palanquillas), planos (laminados en caliente, frío, hojalata y hoja cromada) y largos (Barras y Alambrón). Para la comercialización de sus productos se apoya en su red de distribución en Venezuela. Utiliza para la producción de acero tecnología de Reducción directa (HYL y Midrex) y hornos eléctricos de Arco.

Esta siderúrgica ubica a Venezuela en cuarto lugar como productor de acero integrado de América Latina y el principal de la región Andina, ha logrado colocar su nivel de producción en torno a los 4 millones de toneladas de acero líquido por año, con indicadores de productividad, rendimiento total de calidad, oportunidad en las entregas y satisfacción de sus clientes, comparables con las empresas más competitivas de Latinoamérica. Es reconocida además por ser el primer exportador no petrolero del país.

### **2.1.1 Reseña Histórica de la empresa**

La historia del Hierro y la de SIDOR, C.A. comienza en 1926 cuando se descubren los primeros yacimientos de mineral de hierro en la región Guayana. Pero es en el año 1950 cuando se comienza a hablar de la transformación del hierro en acero en Venezuela con la instalación y puesta en marcha de una planta siderúrgica en Antímamo, Caracas (SIVENSA). Pero es en 1953 cuando el Gobierno Venezolano decide construir una planta siderúrgica en la región Guayana, y se inician los estudios y planes de ejecución del proyecto siderúrgico.

1955: El Gobierno venezolano suscribe un contrato con la firma Innocenti de Milán, Italia, para la construcción de una planta siderúrgica con capacidad de producción de 560 mil toneladas de lingotes de acero.

1957: Se inicia la construcción de la Planta Siderúrgica en Matanzas, Ciudad Guayana.

1958: Se crea el Instituto Venezolano del Hierro y el Acero, con el objetivo de impulsar la instalación y supervisar la construcción de la planta Siderúrgica.

1978: Entran en operación la Planta de Pellas, y los primeros hornos de las acerías eléctricas del Plan IV.

1979: Puesta en marcha de la Planta de Reducción Directa Midrex, la Acería Eléctrica y la Colocada Continua de Palanquillas, y los Laminadores de Barras y Alambrón.

1980: Inicia operaciones la Planta de Reducción Directa HyL y la Planta de Cal.

1981: En completa operación la ampliación de la Planta de Productos Planos.

1989: Se aplica un proceso de reconversión en SIDOR

1995: Entra en vigencia la Ley de Privatización en Venezuela.

1997: El Gobierno venezolano privatiza SIDOR a través de licitación pública que es ganada por el Consorcio Amazonía, integrado por empresas latinoamericanas.

1998: SIDOR inicia su transformación para alcanzar estándares de competitividad similares a la de los mejores productores de acero en el mundo.

2000: Luego de un año de negociaciones, SIDOR firma el acuerdo de restauración financiera de sus deudas con los bancos acreedores y el estado venezolano.

2002: Récord histórico de exportaciones: 2,3 millones de toneladas; y récord mensual de exportaciones: más de 200.000 toneladas.

2003: Se cumplen cinco años de gestión privada de SIDOR.

2008: Puerto Ordaz, 12 de Mayo del 2008, El presidente de la República, Hugo Rafael Chávez Frías, firmó la nacionalización de SIDOR, C.A. y el Contrato Colectivo entre el Sindicato de Trabajadores de la Industria Siderúrgica y sus Similares (SUTISS) y SIDOR, C.A., para el período 2008-2010 y estableció el 30 de Junio como fecha límite para que la empresa Italo-Argentina Techint transfiera el total de los bienes de SIDOR, C.A. al Estado venezolano.

Se obtuvieron Récord de producción en Laminación en Caliente, Recocido Continuo, Hot Skin Pass, Rebobinadora 3, Cromado, Corte de Hojalata 1, Récord de despacho de productos en Laminación en Frío.

La producción es de ACERO en diferentes presentaciones; productos planos, barras, alambón y tubos. Se abastece de Energía eléctrica generada en las represas de Macagua y Gurí, sobre el río Caroní, así como de gas natural proveniente de los campos petroleros del oriente venezolano. Sus instalaciones se extienden sobre una superficie de 2.200 hectáreas, de las cuales 87 son techadas.

### **2.1.2 Ubicación Geográfica**

SIDOR está ubicada en la zona industrial Matanzas de Ciudad Guayana al margen derecho del río Orinoco, a 17 Km. de su confluencia con el río Caroní y a 300 Km de la desembocadura del Orinoco en el Océano Atlántico, lo cual permite a la empresa una amplia posibilidad de conexión por vía fluvial y marítima con el mercado nacional e internacional y para el transporte de materias primas, también como un factor económico resaltante, la planta está muy próxima a los yacimientos de Gas, y a las presas Macagua y Gurí, dicho factor minimiza el costo y garantiza el suministro de energía a sus procesos.

### **2.1.3 Misión**

Comercializar y fabricar productos de acero con altos niveles de productividad, calidad y sustentabilidad, abasteciendo prioritariamente al sector transformador nacional como base del desarrollo endógeno, con eficiencia productiva y talento humano altamente calificado, comprometido en la utilización racional de los recursos naturales disponibles; para generar desarrollo social y bienestar a los trabajadores, a los clientes y a la Nación.

#### **2.1.4 Visión**

Ser la empresa socialista siderúrgica del Estado venezolano, que prioriza el desarrollo del Mercado nacional con miras a los mercados del ALBA, andino, caribeño y del MERCOSUR, para la fabricación de productos de acero con alto valor agregado, alineada con los objetivos estratégicos de la Nación, a los fines de alcanzar la soberanía productiva y el desarrollo sustentable del país.

#### **2.1.5 Objetivos de la empresa**

- Optimizar la producción en función de las exigencias, requerimientos y necesidades del consumidor en cuanto a volumen, calidad y costo.
- Optimizar los beneficios de la empresa mediante la venta de sus productos, cumpliendo con los requisitos del mercado y prestando a sus clientes mejor servicio.
- Procesar el mineral de hierro para obtener productos semi-elaborados y productos acabados de acero, los cuales son destinados a cubrir la demanda del mercado nacional y gran parte del mercado internacional.
- Alcanzar una estructura financiera sana, tomando en cuenta las necesidades de la empresa y las políticas financieras del país.

#### **2.1.6 Importancia de la empresa**

La Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR, C.A estimula la creación de una serie de industrias metalmecánica y de servicios que suman esfuerzos a la acción productiva global del país. Además invierte millones de bolívares en la compra de insumos y servicios diversos que promueve la construcción de vivienda y obras de infraestructura.

Por otra parte la Siderúrgica obtiene intensa productividad social a través de sus centros comunales, en donde se imparten diferentes actividades artísticas, manuales, culturales, y deportivas para los trabajadores, desarrollo e industrialización en la Región Guayana, seguridad en los abastecimientos de sus necesidades de acero y la generación de divisas a través de las exportaciones de sus productos al mercado mundial.

## **Políticas Internas**

### **Política de Medio Ambiente**

SIDOR considera a la variable ambiental como uno de los pilares para la fabricación y comercialización de aceros de calidad internacional. Por ello, basa sus acciones ambientales en los siguientes criterios:

- Cumplir con la legislación ambiental vigente.
- Promover los principios del desarrollo sostenible.
- Utilizar racionalmente los recursos naturales.
- Aplicar mejora continua en los sistemas existentes.
- Incorporar tecnología ambientalmente limpia en los nuevos equipos y procesos.

Desde su situación actual y siguiendo detalladamente el cronograma de adecuación ambiental recientemente aprobado por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, SIDOR espera alinearse con las empresas de primer nivel mundial, tanto desde el punto de vista de sus productos y procesos, como en el cuidado de su personal y del medio ambiente circundante.

### **Política de Seguridad y Salud Ocupacional**

SIDOR, en la fabricación y comercialización de productos de acero, considera que su capital más importante es su personal y por ello juzga prioritario el cuidado de su seguridad y salud en el ámbito laboral.

Para el desarrollo de todas sus actividades establece entre sus premisas básicas, mejorar en forma permanente y sostenida las actitudes y condiciones de higiene y seguridad de su personal, para convertir a todas sus instalaciones industriales en modelos de gestión de trabajo seguro y eficiente, proyectando sus programas de seguridad a la comunidad. Para ello reconoce que:

- La prevención de accidentes es responsabilidad de todos.
- Las acciones de prevención de riesgos son prioritarias.
- Todos los accidentes e incidentes pueden ser prevenidos.
- Todos los riesgos operativos pueden ser controlados.

El cumplimiento de las normas y procedimientos legales e internos relativos a seguridad, higiene y salud ocupacional, es responsabilidad tanto de SIDOR y de sus trabajadores como de las empresas contratistas y de sus trabajadores.

### **Política de Calidad**

SIDOR tiene como compromiso la búsqueda de la excelencia empresarial con un enfoque dinámico que considera sus relaciones con los clientes, accionistas, trabajadores, proveedores y la comunidad, promoviendo la calidad en todas sus manifestaciones, como una manera de asegurar la confiabilidad de sus productos siderúrgicos, la prestación de servicios y la preservación del medio ambiente.

Para ello se requiere especial atención en:

- Satisfacer los requerimientos y expectativas de los Clientes.
- Implementar y mejorar continuamente *la* eficacia *del* Sistema de Gestión de la Calidad.
- Promover una cultura organizacional que priorice la participación, la integración, la capacitación, la motivación, la calidad de vida y la seguridad de sus trabajadores y el bienestar de las comunidades.

- Generar relaciones confiables de largo plazo con nuestros proveedores, evaluando la Calidad de sus productos y servicios.
- Desarrollar nuevos productos y mejorar los existentes previendo las necesidades de los Clientes.
- Mejorar constantemente los procesos y servicios incorporando actividades de investigación, innovación y nuevas tecnologías.
- Cumplir la legislación y otros requisitos que suscriba la empresa, en materia de calidad, seguridad y ambiente.

### **Política de Personal**

SIDOR cuyo objetivo es convertirse en una empresa siderúrgica competitiva, considera al recurso humano factor determinante para lograrlo. En tal sentido, disponer de la mayor fuerza laboral constituye para SIDOR el elemento clave de la diferenciación frente a la competencia. La empresa, a este respecto, establece los siguientes criterios fundamentales en materia de personal:

- Los procesos de selección y desarrollo del personal se diseñan para captar y dar oportunidad en la compañía a los mejores recursos. El mejor recurso humano es aquel cuyo conocimiento se ajusta o supera los requerimientos del cargo, demuestra compromiso con su tarea, posee sólidos principios morales y un equilibrio emocional superior al promedio.
- El esquema de trabajo está concebido para revalorizar al individuo, incrementando su nivel de conocimientos, para permitirle incidir efectivamente sobre la productividad de los equipos y ampliarle sus posibilidades de desarrollo individual.
- La capacitación y el entrenamiento de la gente constituyen una inversión prioritaria para la empresa.
- La mejora permanente de las actitudes y condiciones de higiene y seguridad, el cuidado de la salud del trabajador y su protección en el

ámbito laboral son premisas básicas en nuestra concepción de empresa competitiva.

- El sistema de desarrollo de personal está dirigido a incorporar un modelo supervisorio sustentado en el liderazgo técnico, privilegiar a la especialización del trabajador y dotar a SIDOR de la generación de relevo tanto a nivel de dirección y gerencia como a nivel técnico.
- El sistema de remuneración y compensaciones se sustenta en el nivel de responsabilidad del cargo que se ejerce, la experiencia y el desempeño en el mismo, la evolución del mercado laboral venezolano, así como los resultados económicos de la compañía.
- Las relaciones laborales se caracterizan por la confianza mutua, la veracidad y transparencia en las comunicaciones, así como por el respeto entre las partes.
- La aplicación estricta de las leyes, normas, procedimientos y acuerdos, es un principio organizacional.

## **2.2 Descripción del Proceso Productivo de SIDOR**

El proceso productivo de la empresa comienza cuando llegan los trenes de CVG Ferrominera Orinoco que transportan el mineral de hierro. El mineral es procesado en la Planta de Pellas, donde se obtienen pequeños aglomerados esféricos mediante centrifugación denominados pellas, que pasan a las plantas de reducción directa MIDREX I, MIDREX II y HyL en donde se produce el hierro esponja o hierro de reducción directa (HRD).

El HRD es materia prima en los hornos de arco eléctrico de acerías conjuntamente con la chatarra, donde se obtiene acero líquido. La aceración consta principalmente de dos fases: inicialmente está la fase donde se funde la carga metálica o hierro esponja en el horno eléctrico de arco. El convertidor de oxígeno utiliza oxígeno a alta presión y fundentes, con el objeto de fundir la carga metálica y causar las reacciones químicas que separan las impurezas en forma de gases y escoria. Seguidamente, está el

proceso de Metalurgia Secundaria, que garantiza la calidad interna del producto. El acero líquido que resulta, pasa a las máquinas de Colada Continua para la elaboración de productos semielaborados: planchones y palanquillas.

Los planchones son pasados a las plantas de procesamiento de productos planos que empieza con el proceso de laminación en caliente, a partir del cual se obtienen chapas gruesas y bobinas laminadas en caliente. De estas últimas resultan las bobinas tajadas y láminas, que son pasadas por la línea de decapado, donde se consigue la misma variedad de productos pero en calidad de decapados.

La obtención de bobinas laminadas en frío tiene como paso inicial obligatorio la línea de decapado. Las bobinas pueden seguir procesándose por las líneas del reconocido y temple para obtener bobinas tajadas y láminas. El proceso de la bobina laminada en frío puede continuar a través de la línea de cromado y estañado para producir bobinas y láminas de hojalata y hoja cromada.

Las palanquillas obtenidas de la respectiva acería eléctrica pasa a laminadores de barras y alambrones de forma directa.

Por tal proceso las áreas de producción son:

- Planta de Pellas
- Plantas de reducción directa (Midrex I-II, HyL I-II)
- Acería y Colada Continua de Planchones
- Acería y Colada Continua de Palanquillas
- Productos planos en caliente
- Productos planos en frío
- Tren de Barras y alambrón

SIDOR tiene como trabajo principal elaborar productos de acero que sean utilizados por empresas constructoras, metalmecánicas, productoras de envases alimenticios y construcción civil.

## **2.3 Descripción del área de Pasantía**

### **Planta de Pellas**

La fabricación de pellas es el primer proceso en el ciclo productivo de SIDOR en el cual a partir de mineral de hierro, aditivos y aglomerante orgánico, se producen aglomerantes de forma esférica llamados pellas dependiendo de la calidad que tenga el mineral de hierro se establecerá el porcentaje de aditivos (Dolomita, caliza, aglomerante orgánico u bentonita, combustible sólido coque y antracita) que serán suministrados en la premezcla para lograr cumplir con el requisito de calidad física y química para su posterior aceración y reducción.

Las instalaciones del área de fabricación de planta de pellas se encuentran en la zona centro occidental y la planta cuenta con una capacidad instalada de 6.600.000 t/año.

La Planta de Pellas está formada por la línea A y línea B, por cuatro líneas de molienda, cuatro secadores rotativos (350t/h), un tanque espesador, cuatro mezcladores, doce discos peletizadores (180t/h c/u), dos hornos de piroconsolidación y patios de almacenamiento de producto con una capacidad de 400.000t.

## **2.4 Proceso productivo de planta de pellas**

### **Recepción de materia prima**

El mineral de hierro llega a SIDOR desde Ferrominera mediante un sistema de trenes. El tren se posiciona encima de la tolva de recepción y se abren las compuertas ubicadas en la parte inferior de los vagones y el mineral cae por acción de la gravedad.

Luego es enviado a la planta o a los patios de almacenamiento mediante las cintas transportadoras; durante ese transporte se pesa el mineral de hierro.

### **Preparación de materia prima**

En esta etapa el mineral de hierro se combina con otros materiales para mejorar sus propiedades físicas y químicas. Luego es sometido a un proceso de secado. Los materiales agregados son aditivos como finos de casa de humo proveniente de acería y finos de pellas generados en la salida del horno de piroconsolidación y materiales ferrosos tales como glóbulos féreos de decapado y escamas de acería y laminación en caliente.

El secado se realiza utilizando tambores rotatorios, con flujo de gas caliente, obteniéndose una materia prima con un nivel mínimo de humedad.

### **Molienda**

El mineral molido es descargado y transportado por medio de elevadores de cangilones al silo de mineral molido.

### **Mezclado**

El mineral de hierro, el aglomerante orgánico y la pulpa proveniente del espesador, se cargan en el mezclador.

### **Peletización**

Es la fabricación de los aglomerados de mineral de hierro (pellas verdes), que luego son sometidas a un proceso de clasificación y quemado.

### **Peletización en discos**

La mezcla húmeda proveniente del mezclador se carga en los discos peletizadores. Debido al movimiento giratorio, la superficie inclinada del disco y la acción del agua se forman las pellas verdes. Estas son clasificadas mediante un par de líneas de rodillos, el material fino la atraviesa y caen al fondo de la doble criba.

### **Quemado**

Las pellas verdes que poseen el tamaño requerido son quemadas en el horno de piroconsolidación, con el fin de otorgarles dureza y una alta resistencia a la compresión, la cual garantiza su uso en los procesos de reducción directa.

## Productos fabricados

Las pellas fabricadas en SIDOR son conocidas como PS6 y tienen un contenido de hierro total de 67% como mínimo y tienen un tamaño uniforme que varía entre 9 y 16mm.



**Fabricación de Hierro de Reducción Directa (HRD)**

**Gráfico n° 1.** Productos fabricados en Plan de Pellas  
Fuente: Intranet

## 2.5 Descripción Organizativa de la Empresa

Se presenta una descripción breve de las direcciones que conforman la estructura organizativa de SIDOR: (Ver Gráfico 2)

- Dirección Producción Industrial: Producir productos siderúrgicos y prestar los servicios industriales requeridos de manera competitiva y rentable.
- Dirección de Gestión de Órdenes y Logística: Generar y emitir los programas de producción de cada línea para las áreas de Planos y Largos determinando la secuencia de fabricación de los productos en cada línea.
- Dirección Comercial: Comercializar y despachar los productos siderúrgicos en condiciones de calidad y oportunidad competitiva.

- Dirección de Administración y Finanzas: Precisar los servicios de contabilidad, auditoría y sistema de información. Administrar y asegurar el adecuado rendimiento de los recursos financieros de la compañía.
- Dirección de Calidad: implementar y administrar el Sistema de Gestión de la Calidad de la empresa.
- Dirección de Recursos Humanos: Formular y aplicar las políticas y estrategias corporativas en el ámbito socio-laboral, comunicacional y de servicios al personal.
- Dirección de Abastecimiento: Obtener y suministrar materiales, insumos y servicios requeridos por la compañía para sus operaciones.
- Dirección de Servicios Generales y Protección de Planta: Garantizar a la planta los servicios de: gases, agua, energía eléctrica, transporte, servicios generales, refractario de planta.
- Dirección de Ingeniería y Medio Ambiente: Procesar las inversiones o proyectos, las especificaciones y la ingeniería de las obras.
- Dirección Legal: Garantizar la actuación de la compañía dentro del marco legal vigente y representarla ante terceros en todos los aspectos jurídicos en los que estén involucrados sus derechos e intereses.
- Dirección de Relaciones Institucionales y Comunicaciones: Promover la imagen institucional de la empresa ante su público y entorno relevante.

## Organigrama de la empresa

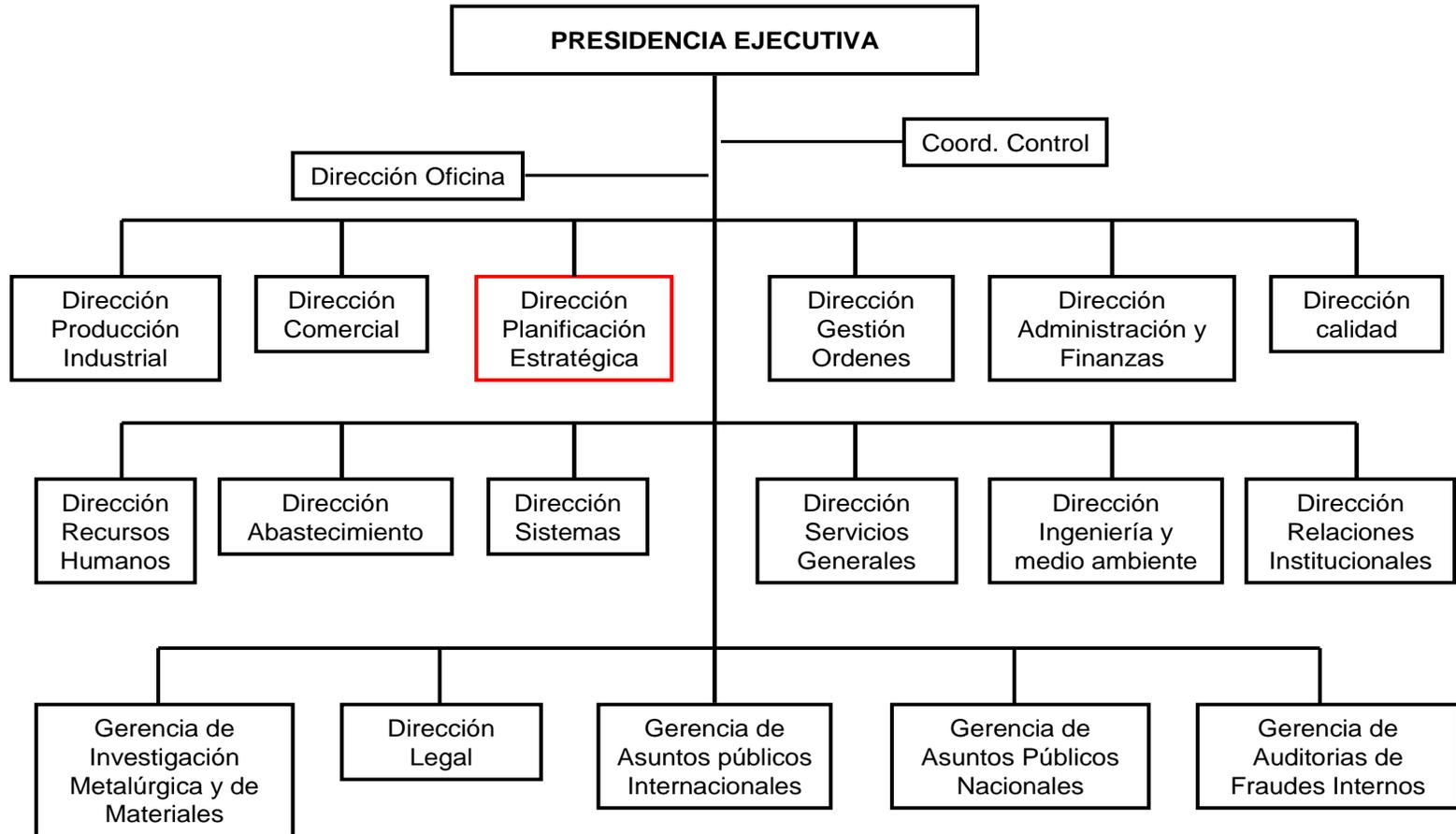


Gráfico n° 2. Organigrama de SIDOR

Fuente. SIDORNET

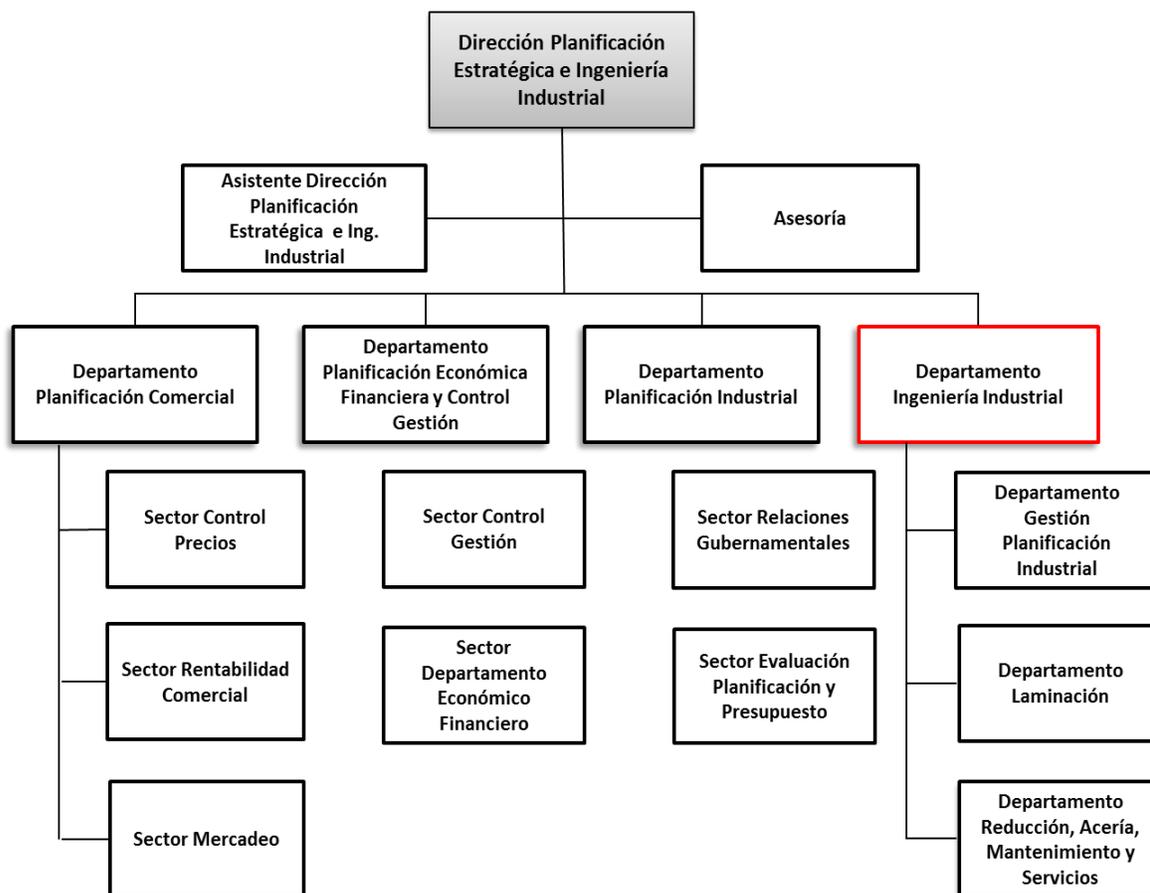
## **2.6 Descripción del área de trabajo. Dirección de Planificación Estratégica e Ingeniería Industrial**

El área de estudio se encuentra enmarcada en la Gerencia Planificación Estratégica e Ingeniería Industrial, (Ver gráfico 3) específicamente en el Departamento de Reducción, Aceración, Mantenimiento y Servicios.

La Gerencia de Planificación Estratégica e Ingeniería Industrial tienen la autoridad para y son responsables de:

- Asegurar la implementación, mantenimiento y mejoramiento del Sistema de Gestión de la Calidad en el ámbito de la Dirección.
- Desarrollar e implementar todas las acciones requeridas para alcanzar los Objetivos de la Calidad de Sidor y los específicos de su Proceso.
- Asegurar el análisis y resolución de los problemas de calidad de su área, definiendo planes de actividades específicos.
- Promover la mejora continua y las acciones preventivas
- Implementar acciones tendientes a mejorar la participación de la empresa en el mercado siderúrgico.
- Garantizar el establecimiento de los estándares en la utilización de los recursos, estudios de factibilidad de proyectos e inversiones.
- Visualizar Comportamiento del mercado para fijar las estrategias Comerciales de la empresa.

## Estructura organizativa de Dirección de Planificación Estratégica e Ingeniería Industrial



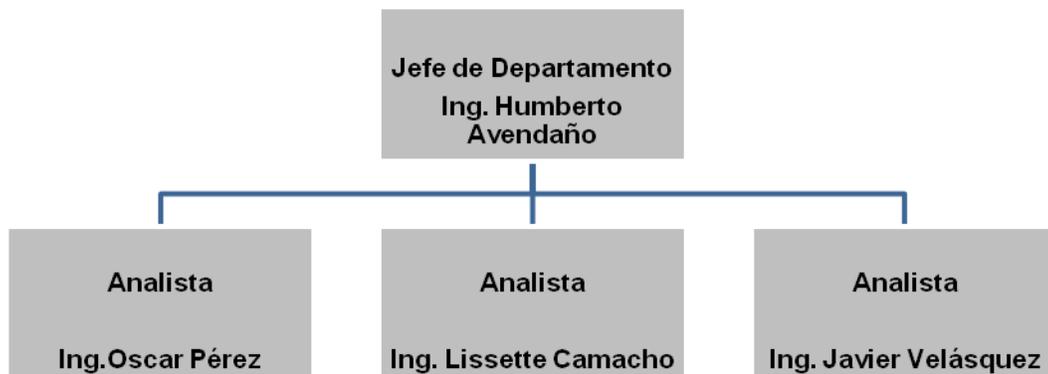
**Gráfico n°3.** Organigrama Dirección de Planificación Estratégica e Ingeniería Industrial

Fuente: Autor

### 2.6.1 Descripción del Departamento Ingeniería Industrial – Departamento de Reducción, Acerías, Mantenimiento y otros servicios

El Departamento de Reducción, Acerías, Mantenimiento y otros servicios (Ver gráfico 3) se encarga de realizar el informe de gestión operativa (IGO), análisis de gestión operativa (AGO), informes de producción mensual y semanal, estudios de fuerza laboral, planes y proyecciones de producción, presupuesto operativo anual industrial y los informes de proyectos de mejora continua.

#### Organigrama del Departamento de Reducción, Acerías, Mantenimiento y otros servicios



**Gráfico n° 4.** Organigrama del Departamento de Reducción, Acerías, Mantenimiento y otros servicios.

Fuente: Autor

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO O REFERENCIAL

Según Méndez (2001), el marco teórico es la descripción de los elementos Planteados por uno o por diferentes autores que permiten al investigador fundamentar los procesos de conocimientos con dos aspectos diferentes:

Por una parte permite ubicar el tema objeto de investigación dentro de las teorías existentes, para precisar en qué corriente de pensamiento se inscribe y en qué medida significa algo nuevo o complementario.

Por la otra, es una descripción detallada de cada uno de los elementos de la teoría que serán directamente utilizados en el desarrollo de la investigación, incluyendo las relaciones más significativas que se dan entre esos elementos teóricos.

#### 3.1 Antecedentes de la investigación

Es de suma importancia para esta investigación contar con definiciones claras con relación a estos temas, debido a que conforme a la precisión de las mismas dependerá la orientación que se le deba dar al desarrollo de este trabajo. Revisando bibliografías se pueden encontrar aproximaciones muy similares entre sí, respecto a lo que se debe entender por la importancia del control del consumo de energía eléctrica.

- Rodríguez, Antonio. (2014). *Estudio de la mejora energética de los motores eléctricos de media tensión de la planta Midrex I, con la fin de incrementar la eficiencia del uso de la energía eléctrica de la Siderúrgica del Orinoco "Alfredo Maneiro" SIDOR C.A* Este estudio se

enfocó en ofrecer una mejora energética en los motores eléctricos de alta tensión de la planta de Midrex I con el fin de incrementar la eficiencia del uso de la energía eléctrica considerando variables como voltaje, corrientes trifásicas, frecuencia, factor de potencia, corriente activa y corriente reactiva. Mediante este informe se logró recopilar la información teórica necesaria para el desarrollo de este trabajo investigativo siendo fundamental para la comprensión del funcionamiento de los equipos del sector industrial además de presentar alternativas para hacer uso eficiente de la energía eléctrica en la Empresa.

- Stephens, Yuruari (2014). *Optimización del consumo de energía de la Planta de Reducción Directa Midrex I, con el fin de incrementar la eficiencia del uso de la energía eléctrica de la Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR C.A.* En este documento se muestra información relevante acerca del consumo de energía eléctrica de los equipos de alta tensión de la Planta de Midrex I de la Siderúrgica del Orinoco donde se considera que los mismos resultan ser una de las causas principales del consumo elevado de energía, este estudio está enfocado en reducir el consumo energético en los equipos mediante un análisis de los parámetros correspondientes que permitan determinar el consumo energético y la demanda eléctrica para así identificar las alternativas para mejorar la eficiencia e incrementar la operatividad de la Planta. El aporte de este informe fue indispensable para conocer el método de cálculo de la potencia activa y reactiva de los equipos de alta tensión, así como también se identificaron oportunidades de mejora para disminuir el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas.

- Pacheco, Vanessa. (2013). *Aplicación de la Metodología de Auditoría Energética en la Planta Pellas de la Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro”, Sidor C.A.* Este trabajo tuvo como objeto realizar una auditoría energética en la Planta de Pellas específicamente en el área de Peletización específicamente en los equipos de alta tensión (13,8kv) y de media tensión (4,16kv) del área, el estudio se encuentra relacionado con las problemáticas existentes en el torno con la deficiencia eléctrica que experimenta la sociedad. La contribución de este trabajo es fundamental puesto que se muestran mediciones de corriente realizadas a los equipos anteriormente mencionados los cuales fueron de ayuda para calcular la potencia activa actual y estimar la carga de potencia real.

### **3.2 Marco Legal**

A continuación se muestran algunas las leyes u organismos de Venezuela encargados de establecer los lineamientos adecuados para controlar el consumo de energía eléctrica en el territorio Nacional:

#### **LEY ORGÁNICA DEL SISTEMA Y SERVICIO ELÉCTRICO**

Gaceta Oficial N° 5.568 del 31 de Diciembre del 2001

**Artículo 1:** La presente Ley tiene por objeto establecer las disposiciones que regularán el sistema eléctrico y la prestación del servicio eléctrico en el Territorio Nacional, así como los intercambios internacionales de energía, a través de las actividades de generación, transmisión, despacho del Sistema Eléctrico, distribución y comercialización, en concordancia con el Plan de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional y el Plan de Desarrollo Económico y Social de la Nación.

## **MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

Gaceta Oficial N° 39.573 del 14 de diciembre de 2010

### **CONSIDERANDO**

Que, en relación con el Producto Interno Bruto, el consumo de energía eléctrica de la población en nuestro país, es más alto que el promedio de América Latina, lo que indica un patrón de consumo ineficiente, que Pueblo y Gobierno deben revertir.

**Artículo 1:** Las Personas Jurídicas del Sector Privado, que superen una Demanda Asignada Contratada de un Megavoltioamperio (1 MVA), deberán realizar acciones para mantener una reducción de al menos un diez por ciento (10%) de su consumo mensual con respecto al mayor valor entre el consumo facturado en el mismo mes o el consumo promedio mensual facturado, ambos referidos al año 2009.

El Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica colocará mensualmente una etiqueta, en un sitio visible, señalando el cumplimiento de las medidas establecidas. Adicionalmente, el incumplimiento de las medidas acarreará un recargo tarifario de un diez por ciento (10%) sobre la factura del mes correspondiente y cinco por ciento (5%) adicional por cada reincidencia.

**Artículo 6:** Las instalaciones de autogeneración de las instituciones del Sector Privado deberán ponerse en funcionamiento en los horarios de mayor demanda del Sistema Eléctrico Nacional, que se comprende entre 11:00 y 16:00 y entre 18:00 y 22:00 horas.

**Artículo 8:** El incumplimiento consecutivo y reiterado de las obligaciones impuestas por la presente Resolución acarreará la suspensión del suministro de energía eléctrica, hasta tanto el Ministerio del Poder Popular para la

Energía Eléctrica dictamine las medidas y acciones que deberá ejecutar el usuario para orientar su conducta en cuanto a patrones de uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

**Artículo 9:** El Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica y la Corporación Eléctrica Nacional, podrán realizar inspecciones periódicas para verificar la adecuada aplicación de las medidas de eficiencia energética, el cálculo de los índices de ahorro energético, así como la aplicación de los planes propuestos.

## **LEY DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA (UREE)**

Publicada el 15 de julio de 2011

Esta Ley va dirigida al fomento y regulación del uso racional y eficiente de la energía a lo largo de la cadena energética para el fortalecimiento del Buen Vivir.

Para lograr una nueva conciencia energética se requiere promover criterios en el uso racional de los recursos, así como de tecnologías más eficientes en todos los ámbitos del quehacer de la sociedad. Las normas establecidas en esta Ley propician la articulación de los diferentes sectores de la sociedad para la efectiva aplicación de las políticas públicas en esta materia.

**Artículo 1:** Esta Ley regula el uso racional y eficiente de la energía a lo largo de la cadena energética.

**Artículo 2:** Se declara de interés público el uso racional y eficiente de la energía.

**Artículo 6:** El Plan de Uso Racional y Eficiente de la energía es un mecanismo del Estado para la planificación a corto, medio y largo plazo de

las medidas e instrumentos necesarios para alcanzar los objetivos determinados en esta ley, definir las líneas concretas de responsabilidad y colaboración entre los actores involucrados, determinar las necesidades presupuestarias y las formas de financiación, así como el seguimiento y control de las mismas.

**Artículo 7:** El órgano rector con competencia en la materia de hidrocarburos y el órgano rector con competencia en energía eléctrica están obligados a formular un Plan de Uso Racional y Eficiente de la Energía para cada sector respectivamente para lo cual consultarán a las instancias del Poder Popular. Estos planes deben ser integrados por una instancia coordinadora.

**Artículo 8:** Cada Órgano Rector deberá presentar su plan a la Instancia Coordinadora en un lapso no mayor a los tres (3) meses después de la Promulgación de esta Ley en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela.

**Artículo 11:** El Plan Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía deberá contener, al menos los siguientes aspectos:

1. Diagnóstico y análisis de situación de cada uno de los sectores con respecto al uso racional y eficiente de la energía.
2. Establecer condiciones para el desarrollo y el fomento del uso racional y eficiente de la energía y la adopción de medidas para mejora de la eficiencia energética dentro de los respectivos sectores, a lo largo de toda la cadena energética y para las consumidoras y los consumidores o/y usuarias y usuarios finales.
3. La responsabilidad y colaboración entre los distintos organismos involucrados en su desarrollo.

4. La identificación y puesta en marcha de acciones priorizando aquellas que tenga un mayor impacto en el uso racional y eficiente de la energía.

Se tomarán en cuenta las previsiones presupuestarias.

5. Un catálogo de medidas a aplicar en los distintos sectores de la cadena energética. Entre ellas se detallarán, expresamente, las medidas a aplicar en los edificios, equipos e instalaciones que sean propiedad de la Administración Pública y los grandes usuarios.

6. Actuaciones para fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación de nuevas tecnologías que sean energéticamente más eficientes, así como el intercambio de información, la cooperación institucional y la cooperación internacional.

7. Programa de educación y formación para la concientización y cambios de hábitos en la población que promuevan una cultura del uso racional y eficiente de las energías.

8. Las medidas económicas, financieras y tributarias oportunas para incentivar la puesta en marcha del plan de ahorro y eficiencia energética contemplados en la presente Ley.

9. Incorporar criterios energéticos en la planificación territorial con el fin de promover espacios urbanos que tengan un menor consumo energético y un menor impacto sobre el medio ambiente.

10. Indicar un programa de optimización energética de los edificios, equipamientos e instalaciones, a fin de que los municipios establezcan las disposiciones normativas y las acciones específicas para contribuir a la mejora de la eficiencia energética de los mismos.

11. Promover el desarrollo y la difusión de productos que utilizan energía más eficientes desde el punto de vista energético, así como la retirada gradual y progresiva del mercado de todos aquellos productos que incurran en un consumo energético elevado, cuando esté demostrado que existen otras tecnologías probadas más eficientes.

12. Establecer una serie de indicadores que permitan verificar de la forma más objetiva posible el cumplimiento del Plan Nacional.
13. Establecer criterios de ejemplaridad de los entes y órganos de la Administración Pública.
14. Garantizar la participación de los organismos, entidades comunidades y sectores sociales vinculados a la energía y el medio ambiente.
15. Establecer una estrategia comunicacional y una política mediática a fin de lograr una óptima divulgación del Plan.

**Artículo 13:** El Ministerio del Poder Popular con competencia en materia de Ambiente deberá promover e incentivar la eficiencia energética y el uso racional de la energía, así como el uso de fuentes de energía renovables en instalaciones de suministro de agua y promoverá políticas y objetivos de cuidado y preservación del medio ambiente en concordancia con los objetivos energéticos establecidos en el Plan Nacional., entre otras que considere pertinentes.

**Artículo 15:** Todos el Poder Público Nacional, Estatal y Municipal, así como sus entes adscritos, se comprometerán en la ejecución del Plan Nacional de Uso Racional y Eficiente de la energía, en tal sentido deberán presentar ante cada órgano rector, en su materia de competencia, la conformación de sus Grupos de Gestión de Energía, que deberán cumplir entre otras las siguientes funciones:

1. Elaborar un diagnóstico energético de las Instalaciones.
2. Elaborar Reglamentos Técnicos que permitan viabilizar el Plan de Uso Racional y Eficiente de la energía.
3. Definir las estrategias de comunicación corporativa y gestión del cambio.
4. Verificar de la ejecución de los programas de mantenimiento.

5. Asegurar la incorporación de criterios de diseño orientados al uso racional y eficiente de la energía en los proyectos y nuevas instalaciones del Estado.
6. Realizar el seguimiento y control de las acciones previstas en la ejecución del Plan.
7. Entregar la información al ente competente respecto a los avances del Plan.

**Artículo 21:** La concienciación, educación, capacitación, entrenamiento y la cultura general relacionada con el uso racional y eficiente de la energía y las fuentes de energías renovables alternativas, son aspectos a tratar por cada uno

**Artículo 30:** Se establecerán sanciones administrativas a todo el que incumpla la presente ley.

### **3.3 Fundamentos teóricos**

**3.3.1 Modelo matemático:** Según Jeffers (1982) un modelo matemático sería la representación de las relaciones entre algunas cantidades o cualidades definidas formalmente (generalmente en términos matemáticos o físicos). Realmente bajo el término de modelo caben numerosos productos que van desde un simple esquema mental, hasta los sofisticados modelos de simulación numérica.

Los modelos matemáticos son sistemas de ecuaciones y proposiciones lógicas que intentan representar las relaciones entre variables (propiedades mensurables del sistema cuyas magnitudes varían en el tiempo) y parámetros (cantidades temporalmente invariables que caracterizan al sistema). Cuando en la elaboración de modelos matemáticos se acude al uso de los ordenadores puede hablarse de modelos computacionales.

**3.3.2 Energía eléctrica:** Es un fuente de energía renovable se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones positivos y negativos) que se produce en el interior de materiales conductores como por ejemplo, cables metálicos como el cobre.

El origen de la energía eléctrica está en las centrales de generación, determinadas por la fuente de energía que se utilice. Así, la energía eléctrica puede obtenerse de centrales solares, eólicas, hidroeléctricas, térmicas, nucleares y mediante la biomasa o quema de compuesto de la naturaleza como combustible.

**3.3.3 Potencia:** La potencia eléctrica es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. Su unidad de medida es el vatio (watt).

**Potencia nominal:** La potencia nominal es la potencia máxima que demanda una máquina o aparato en condiciones de uso normales; esto quiere decir que el aparato está diseñado para soportar esa cantidad de potencia, sin embargo debido a fluctuaciones en la corriente, al uso excesivo o continuo, o en situaciones de uso distintas a las del diseño, la potencia real puede diferir de la nominal, siendo más alta o más baja.

### **3.3.4 Tipos de Potencia**

En todo circuito eléctrico, para el funcionamiento de los diferentes equipos y máquinas se encuentran presentes las siguientes potencias:

- Potencia Aparente
- Potencia Reactiva
- Potencia Activa

**Potencia Aparente (S):** Es la potencia que determina la prestación en corriente de un transformador y resulta de considerar la tensión aplicada al consumo por la corriente que éste demanda.

**Fórmula de cálculo:**

$$S = \sqrt{3} \times U \times I$$

**Unidad de medida:** Volt-Amper [VA]

**Potencia Activa (P) :** Es la que se aprovecha como potencia útil en el eje del motor, la que se transforma en calor, etc. Es la potencia realmente consumida por el cliente y por lo tanto paga por el uso de la misma.

Burbano y Garcias (2003) expresaron que “la potencia activa es el producto de la intensidad eficaz por el potencial eficaz y por el factor de potencia o el coseno del ángulo de desfase entre el potencial y la intensidad” (p. 94)

**Fórmula de cálculo:**

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\varphi$$

**Unidad de medida:** Watts [W]

**Potencia Reactiva (Q):** Es la potencia que los campos magnéticos rotantes de los motores o balastos de iluminación intercambian con la red eléctrica sin significar un consumo de potencia útil o activa.

Wildi 2007 Indicó: Que la potencia reactiva consiste en una serie de pulsos positivos y negativos idénticos. Los pulsos positivos corresponden a la potencia instantánea suministrada por el generador al reactor, y los pulsos negativos representan la potencia instantánea suministrada por el reactor al generador (p. 139).

**Fórmula de cálculo:**

$$Q = \sqrt{3} \times U \times I \times \text{sen}\varphi$$

**Unidad de medida:** Volt-Amper Reactivo [VAr]

**3.3.5 Corriente:** La corriente eléctrica o intensidad eléctrica es el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material.<sup>1</sup> Se debe al movimiento de las cargas (normalmente electrones) en el interior del material.

### 3.3.6 Tipos de corriente

**Corriente continúa:** Se denomina corriente continua o corriente directa al flujo de cargas eléctricas que no cambia de sentido con el tiempo. La corriente eléctrica a través de un material se establece entre dos puntos de distinto potencial. Cuando hay corriente continua, los terminales de mayor y menor potencial no se intercambian entre sí.

**Corriente alterna:** Se denomina corriente alterna a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda sinusoidal. La corriente alterna se refiere a la forma en la cual la electricidad llega a los hogares y a las empresas.

Factor de potencia

Coseno de ángulo formado por el desfase existente entre la tensión y la corriente en un circuito eléctrico alterno; representa el factor de utilización de la potencia eléctrica entre la potencia aparente o de placa con la potencia real.

**3.3.7 Voltaje:** Es la magnitud física que, en un circuito eléctrico, impulsa a los electrones a lo largo de un conductor. Es decir, conduce la energía eléctrica con mayor o menor potencia. Voltaje y voltio son términos en homenaje a

Alessandro Volta, que en 1800 inventara la pila voltaica y la primera batería química.

El voltaje es un sinónimo de tensión y de diferencia de potencial. En otras palabras, el voltaje es el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula para que ésta se mueva de un lugar a otro. En el Sistema Internacional de Unidades, dicha diferencia de potencial se mide en voltios (V), y esto determina la categorización en “bajo” o “alto voltaje”.

**3.3.8 Motor eléctrico:** El motor eléctrico es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.

Son utilizados en infinidad de sectores tales como instalaciones industriales, comerciales y particulares. Su uso está generalizado en ventiladores, vibradores para teléfonos móviles, bombas, medios de transporte eléctricos, electrodomésticos, esmeriles angulares y otras herramientas eléctricas, unidades de disco, etc. Los motores eléctricos pueden ser impulsados por fuentes de corriente continua y por fuentes de corriente alterna.

**Motor Eléctrico Trifásico:** Es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en energía mecánica. En (2005) Belén y Belasco denominaron que “el motor eléctrico a toda máquina capaz de transformar la energía eléctrica en energía mecánica” (p. 76). La energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator (o parte fija del motor).

### 3.3.9 Partes y Funcionamiento del Motor Eléctrico Trifásico

Independientemente del tipo de motor trifásico del que se trate, todos los motores trifásicos convierten la energía eléctrica en energía mecánica.

1. **El estator:** está constituido por un enchapado de hierro al silicio, introducido generalmente a presión, entre una carcasa de hierro colado. El enchapado es ranurado, lo cual sirve para insertar allí las bobinas, que a su vez se construyen con alambre de cobre, de diferentes diámetros.
2. **El rotor:** es la parte móvil del motor. Está formado por el eje, el enchapado y unas barras de cobre o aluminio unidas en los extremos con tornillos. A este tipo de rotor se le llama de jaula de ardilla o en cortocircuito porque el anillo y las barras que son de aluminio, forman en realidad una jaula.
3. **Los escudos:** están hechos con hierro colado (la mayoría de veces). En el centro tienen cavidades donde se incrustan cojinetes de bolas sobre los cuales descansa el eje del rotor. Los escudos deben estar siempre bien ajustados con respecto al estator, porque de ello depende que el rotor gire libremente, o que tenga "arrastres" o "fricciones".

Si el rotor tiene la misma velocidad de giro que la del campo magnético rotativo, se dice que el motor es síncrono. Si por el contrario, el rotor tiene una velocidad de giro mayor o menor que dicho campo magnético rotativo, el motor es asíncrono de inducción.

### 3.3.10 Tipos de motores trifásicos

Los Motores Eléctricos Trifásicos Están Conformados por Dos Grandes Grupos:

1. Motores Síncronos
2. Motores Asíncronos

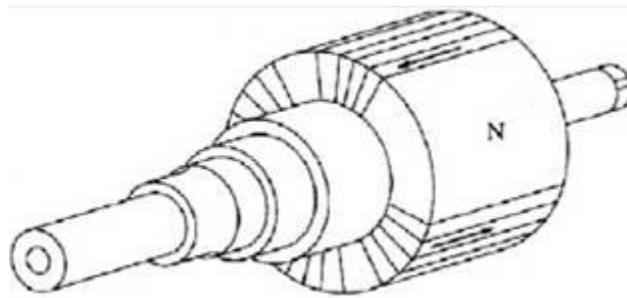
### **1. Motores Síncronos:**

Este motor tiene la característica de que su velocidad de giro es directamente proporcional a la frecuencia de la red de corriente alterna que lo alimenta. Es utilizado en aquellos casos en donde se desea una velocidad constante.

Las máquinas síncronas funcionan tanto como generadores y como motores. En nuestro medio sus aplicaciones son mínimas y casi siempre están relacionadas en la generación de energía eléctrica. Para el caso referente a la máquina rotativa síncrona, todas las centrales Hidroeléctricas y Termoeléctricas funcionan mediante generadores síncronos trifásicos. Para el caso del motor se usa principalmente cuando la potencia demandada es muy elevada, mayor que 1MW (mega vatio).

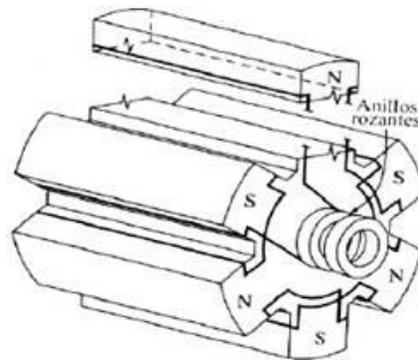
Los motores síncronos se subdividen a su vez, de acuerdo al tipo del rotor que utilizan, siendo estos: rotor de polos lisos (polos no salientes) y de polos salientes.

**Motores de rotor de polos lisos o polos no salientes:** Se utilizan en rotores de dos y cuatro polos. Estos tipos de rotores están contruidos al mismo nivel de la superficie del rotor (Gráfico n° 5.). Los motores de rotor liso trabajan a elevadas velocidades.



**Gráfico n° 5.** Rotor de polos no salientes en un motor síncrono  
Fuente: Internet

**Motores de polos salientes:** Los motores de polos salientes trabajan a bajas velocidades. Un polo saliente es un polo magnético que se proyecta hacia fuera de la superficie del rotor. Los rotores de polos salientes se utilizan en rotores de cuatro o más polos. Véase en la (Gráfico n°6)



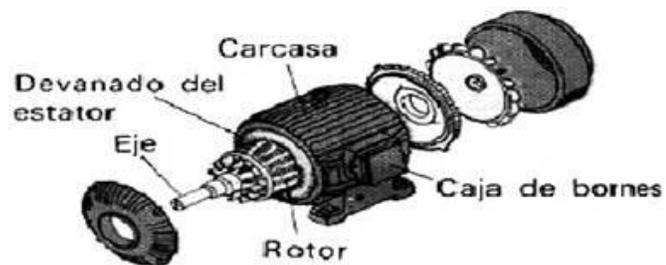
**Gráfico n° 6.** Rotor de polos salientes en un motor síncrono  
Fuente: Internet

## 2. Motor asíncrono:

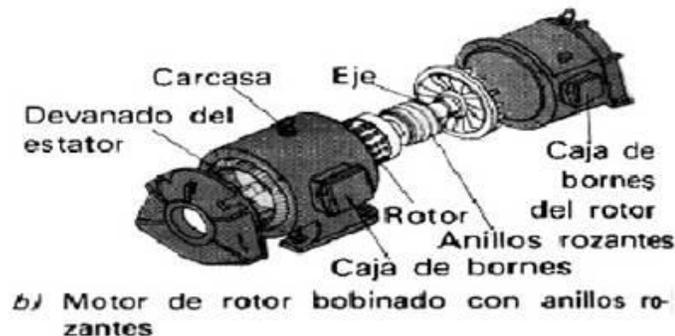
Los motores asíncronos o motores de inducción, son las máquinas de impulsión eléctrica más utilizadas, pues son sencillas, seguras y baratas. Los motores asíncronos se clasifican según el tipo de rotor, en motores de rotor en jaula de ardilla (o motores con inducido en cortocircuito) y en motores de rotor bobinado o de anillos rozantes.

Cherta 1995 afirma: Que el motor de inducción se diferencia de los otros tipos de motores en el hecho de que no existe ninguna conexión eléctrica entre el devanado rotórico y cualquier fuente de energía exterior. La tensión y la intensidad necesaria para el circuito rotórico la obtiene por inducción del devanado estatórico. El funcionamiento del motor de inducción se basa en la creación de un campo magnético giratorio. (p. 119)

### Motores de inducción asíncronos



a) Motor de rotor en jaula ardilla



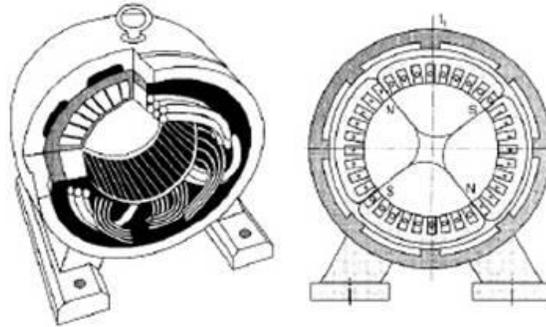
b) Motor de rotor bobinado con anillos rozantes

**Gráfico nº 7.** Motores Asíncronos

Fuente: Internet

En los motores asíncronos trifásicos, la energía eléctrica se suministra al bobinado del estator. Como consecuencia de ello, aparece un par aplicado al rotor, y éste girará.

## Estator de un motor asíncrono trifásico



**Gráfico n° 8.** Motores Asíncronos Trifásico  
Fuente: Internet

Sin lugar a dudas, como toda máquina puesta o no en servicio, la temperatura excesiva del ambiente o causada por un problema con el motor mismo, es un elemento clave a considerar, ya que de ella depende la vida útil de la máquina.

### Ventajas

En diversas circunstancias presenta muchas ventajas respecto a los motores de combustión:

- 1.- A igual potencia, su tamaño y peso son más reducidos.
- 2.- Se pueden construir de cualquier tamaño.
- 3.- Tiene un par de giro elevado y, según el tipo de motor, prácticamente constante.
- 4.- Su rendimiento es muy elevado (típicamente en torno al 75%, aumentando el mismo a medida que se incrementa la potencia de la máquina).
- 5.- Este tipo de motores no emite contaminantes, aunque en la generación de energía eléctrica de la mayoría de las redes de suministro si emiten contaminantes.

## **Motor Jaula de Ardilla**

Un rotor de jaula de ardilla es la parte que rota usada comúnmente en un motor de inducción de corriente alterna. Un motor eléctrico con un rotor de jaula de ardilla también se llama "motor de jaula de ardilla". En su forma instalada, es un cilindro montado en un eje. Internamente contiene barras conductoras longitudinales de aluminio o de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula. El nombre se deriva de la semejanza entre esta jaula de anillos y barras y la rueda de un hámster (ruedas probablemente similares existen para las ardillas domésticas) Monofásicos

### **Ventajas**

Dentro del universo de motores eléctricos, el motor jaula de ardilla es el más común y de uso más generalizado por diversas razones:

- Bajo costo
- Bajo mantenimiento
- Fácil de adquirir
- Alto grado de protección
- Pocos componentes
- Robusto

Por carecer de chispas internas, puede instalarse en ambientes de riesgo. Con el avance de la electrónica de potencia, hoy en día es el motor más práctico para realizar aplicaciones en donde se requiere variación de velocidad, llegando incluso a desplazar el motor de corriente continua.

#### **3.3.11 Las Normas de fabricación**

Existen dos normas bajo las cuales se fabrican los motores. IEC Comisión Electrotécnica Internacional que escogida por la gran mayoría de países y especialmente los europeos NEMA Asociación Nacional de

Fabricantes de Equipos Eléctricos. Es una norma nacional de Estados Unidos, pero es común en muchos países. Hay varias diferencias en la construcción dependiendo de la norma, pero lo más significativo es que mientras que las dimensiones según IEC son en milímetros, según NEMA son en pulgadas. Por esta razón, la intercambiabilidad no es inmediata.

### **3.3.12 Principio del Funcionamiento**

Cuando la corriente atraviesa los arrollamientos de las tres fases del motor, en el estator se origina un campo magnético que induce corriente en las barras del rotor. Dicha corriente da origen a un flujo que al reaccionar con el flujo del campo magnético del estator, originará un par motor que pondrá en movimiento al rotor. Dicho movimiento es continuo, debido a las variaciones también continuas, de la corriente alterna trifásica.

Solo debe hacerse notar que el rotor no puede ir a la misma velocidad que la del campo magnético giratorio. Esto se debe a que a cada momento recibe impulsos del campo, pero al cesar el empuje, el rotor se retrasa. A este fenómeno se le llama deslizamiento.

Después de ese momento vendrá un nuevo empuje y un nuevo deslizamiento, y así sucesivamente. De esta manera se comprende que el rotor nunca logre alcanzar la misma velocidad del campo magnético giratorio. Es por lo cual recibe el nombre de asíncrono o asincrónico. El deslizamiento puede ser mayor conforme aumenta la carga del motor y lógicamente, la velocidad se reduce en una proporción mayor.

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la

acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

### **3.3.13 El lugar de Instalación**

Por norma, todos los motores están diseñados para operar en un ambiente con temperatura no superior a 40 °C y en una altura no superior a 1000 metros sobre el nivel del mar. La instalación en cualquier ambiente por encima de estas condiciones hará que el motor deba ser operado a una carga menor de la nominal. Cortamente, esto sucede porque las propiedades refrigerantes disminuyen. La vida útil de un motor esta principalmente en su devanado. Si la refrigeración es insuficiente, el devanado se debilita y sufre daños severos. Generalmente, los motores jaula de ardilla están refrigerados mediante aire. A mayor altitud sobre el nivel del mar, el aire toma una densidad mayor y a una misma velocidad, se tendrá menor flujo de aire.

En cuanto a la temperatura ambiente, es necesario garantizar que el motor no tendrá una elevación de temperatura tal que lo haga tener un calentamiento por encima de su límite térmico (definido por su clase de

aislamiento). Pero la combinación de altitud y temperatura no siempre es desfavorable, pues en lugares como Bogotá en donde se tiene una altitud de 2600 m, pero una temperatura ambiente de 20C, se puede prácticamente decir que se compensa el efecto.

### **Las Condiciones de Instalación**

Las condiciones propias del ambiente: Contaminación, presencia de agentes químicos, utilización en lugares abiertos o cerrados. Para garantizar una adecuada selección de motor, es importante conocer el significado de grado de protección IP, definido según normas internacionales. IP significa INTERNAL PROTECTION y determina el grado de protección (mecánico) o de encerramiento del motor. Viene seguido de dos cifras características; la primera de ellas indica la protección contra el ingreso de cuerpos sólidos y la segunda indica la protección contra el ingreso de líquidos. Los siguientes son los más comunes IP21: Protegido contra contacto con los dedos, contra ingreso de cuerpos sólidos mayores que 12 mm y contra gotas verticales de agua IP22: Protegido contra contacto con los dedos, contra ingreso de cuerpos sólidos mayores que 12 mm y contra gotas de agua hasta una inclinación de 15 con la vertical IP55: Protegido completamente contra contacto, contra acumulación de polvos nocivos y contra chorros de agua en todas las direcciones En caso de ambientes agresivos, es necesario prestar especial atención, pues en ocasiones los motores estarán expuestos a vapores ácidos, álcalis y solventes, como industrias químicas, petroquímicas y fábricas de pulpa y papel. Es también importante considerar si el motor será instalado en un área clasificada (lugares donde se almacenen productos inflamables), pues en estos casos se requieren cuidados especiales que garanticen el mantenimiento de los equipos y especialmente, no pongan en riesgo la vida humana.

### **3.3.14 La Carga**

La carga es la que define la potencia y velocidad del motor. En la gran mayoría de aplicaciones, el motor jaula de ardilla puede atender cualquier carga en su eje, pero es conveniente hacer un estudio detallado de cuál será el momento de inercia, la curva Par-Velocidad de la carga. Estos puntos nos ayudan a definir cómo será el comportamiento dinámico del motor con su máquina de trabajo y cuáles serán los tiempos de arranque.

Es ideal conocer las condiciones de la carga durante la especificación del motor, pues el comportamiento varia, dependiendo de esta. Maquinas como bombas y ventiladores tienen un comportamiento específico diferente de molinos, trituradoras y diferente de bandas transportadoras o de máquinas herramientas o elevadores. En todas estas máquinas, los torques de arranque son diferentes y con toda seguridad, los ciclos de trabajo varían de una instalación a otra.

### **3.3.15 La Red**

Las principales características que identifican una red eléctrica son la tensión (voltaje) y frecuencia. En Venezuela la tensión normalizada es 60 Hz, al igual que en Norteamérica, Centroamérica y Suramérica (con excepción de los países del cono Sur), mientras que en Europa la tensión normalizada es 50 Hz. Dada la diversidad de tamaños de industrias, no hay una única tensión, por lo que es usual que los motores tengan doble tensión, generalmente 220/440 V. Industrias grandes tienen tensiones mayores, como pueden ser 4160 V o 13800 V. Se acostumbra a que los motores con potencias de potencias de 10 HP o superiores sean aptos para el arranque Estrella-Triangulo, con el objetivo de que la red no se desestabilice por las altas corrientes consumidas durante el arranque directo. De esta forma, para las potencias mencionadas los motores Standard en nuestro país tienen

doce cables de conexión. Esta característica les hace aptos para funcionar prácticamente en cualquier red, pero es importante tener bastante precaución en las conexiones, pues con mayor cantidad de uniones a realizar, se puede presentar mayor cantidad de errores. Esto debe evitarse durante la etapa de instalación.

### **3.3.16 El Arranque**

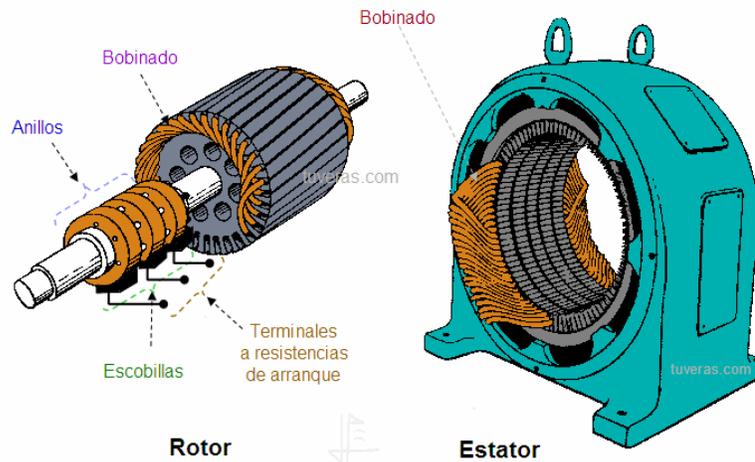
Uno de los momentos más críticos para el motor, la red y la carga es el arranque. Por sus características propias, el motor jaula de ardilla consume durante el arranque una corriente que puede oscilar entre 5 y 8 veces la corriente nominal. El arranque es el periodo en el que el motor hace la transición desde su estado de reposo hasta su velocidad de régimen. Para la red, la mejor condición de arranque es aquella en que este tiempo de transición es el mínimo posible y la corriente consumida es la mínima posible. Para el motor, la mejor condición de arranque es la que garantiza el menor calentamiento.

Para la carga, la mejor condición es aquella que garantiza los menores desgastes mecánicos. En general, el tipo de arranque de cada aplicación debe ser analizado adecuadamente para lograr el mejor equilibrio entre las tres partes mencionadas previamente. Las características de curva de carga y momento de inercia tanto de motor como de carga, deberían ser consideradas en este análisis. Junto con criterios técnicos se consideraran criterios económicos.

#### **Existen los siguientes tipos de arranque:**

- 1.- Directo. El motor tendrá una corriente de arranque normal (hasta ocho veces la corriente nominal) y un par de arranque normal.

- 2.- Estrella-Triangulo. La corriente y el torque se reducen a la tercera parte (hasta tres veces la corriente nominal).
- 3.- Por Autotransformador. El autotransformador es fabricado para entregar al motor una tensión menor de la nominal. Esta tensión puede estar entre el 30% y el 70% dependiendo de la aplicación. La corriente y el torque variaran en proporción cuadrática a la tensión de alimentación.
- 4.- Arranque electrónico suave. En este método, el arrancador alimenta el motor con una tensión reducida y gradualmente aumenta la tensión hasta la tensión de régimen. El comportamiento inicial de la corriente y el torque será idéntico al método 3, pero el comportamiento durante todo el periodo de transición dependerá de la manera como el arrancador suave sea controlado.
- 5.- Variador de velocidad (o variador de Frecuencia). Mediante este método, se logra limitar la corriente de arranque a valores de hasta dos veces la corriente nominal, mientras se obtiene un torque de arranque adecuado para cualquier aplicación. Además, la transición será la más suave posible de todos los métodos. Mecánicamente, es la mejor forma de hacer la operación, además de que permite realizar control de velocidad preciso, gracias a los avances de la electrónica de potencia y control. En los primeros tres métodos se da una transición brusca desde el reposo hasta su velocidad de régimen. En los métodos 2 y 3, adicionalmente se da una transición desde el estado de tensión reducida a tensión plena. En el método 4, se logra una transición menos brusca, pero aun con algunos saltos, pues lo que se está controlando es la tensión de alimentación. En el método 5, se logra una transición mucho más suave, pues se está controlando efectivamente la velocidad del motor y de la carga.



**Gráfico n° 9.** Variador de velocidad  
Fuente: Internet

### 3.3.17 Potencia y Eficiencia del Motor

En cortas palabras, un motor eléctrico es una máquina que transforma potencia eléctrica tomada de la red en potencia energía mecánica en el eje. La potencia eléctrica obedece a la siguiente relación:

$$P = 3 * V * I * \text{Cos } f\acute{O}$$

Donde P: Potencia en Kw

V: Voltaje o tensión en voltios

I: corriente en amperios

Cos  $f\acute{O}$ : Factor de potencia)

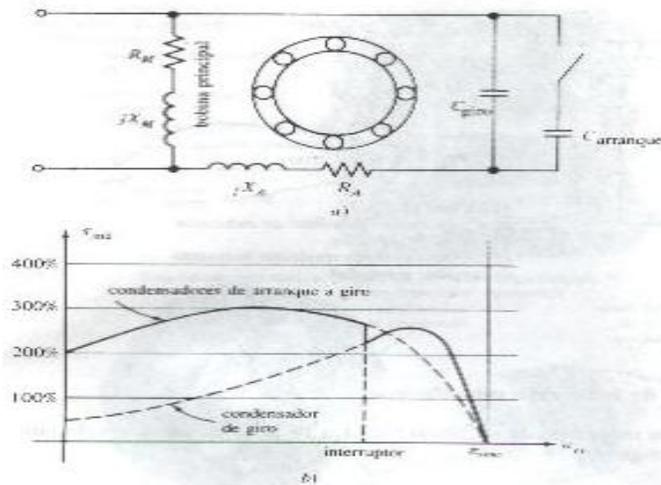
La potencia mecánica obedece a la siguiente relación:

$$P = T * n / 9550$$

Donde P: Potencia en Kw

T: torque en Nm El torque es la capacidad del Motor de hacer girar cargas.

N: velocidad en rpm



**Gráfico n° 10.** Potencia del Motor  
Fuente: Internet

Al seleccionar un motor, lo primero que se debe considerar es cuál es la velocidad de rotación y cuál será el torque requerido del motor. Estos datos normalmente deben ser suministrados por el proyectista mecánico. La potencia del motor será entonces una consecuencia de los dos factores anteriores.

La capacidad de sobrecarga del motor será un factor a considerar, pues el ciclo de carga puede exigir al motor que en ciertos momentos suministre mayor potencia de su potencia nominal (o normal). Esta capacidad es conocida como Factor de Servicio (FS).

Toda máquina consume más potencia de la que entrega, por lo que es importante que consideremos el término de eficiencia. La potencia que el motor consume y no convierte en potencia de salida son pérdidas. La eficiencia o rendimiento es una medida de que tanto desperdicia una máquina.

### 3.3.18 Efecto Joule

Si por un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido al choque que sufren

los electrones con las moléculas del conductor por el que circulan elevando la temperatura del mismo.

### **3.3.19 La Eficiencia**

$f_{\Delta} = P_s / P_e$  Donde  $P_s$  es la potencia de salida, en este caso potencia en el eje  $P_e$  es la potencia de entrada, en este caso Potencia eléctrica de esta forma, entre mayor eficiencia, menor desperdicio y consecuentemente menores costos de operación. Contrariamente, entre menor eficiencia, mayor desperdicio y mayores costos. En un solo motor, tal vez no sea notorio, pero para una industria que tenga 100 o 200 motores, o más, la eficiencia es un Punto muy importante a considerar

### **3.3.20 Eficiencia energética**

Eficiencia energética implica lograr un nivel de producción o servicios, con los requisitos establecidos por el cliente, con el menor consumo y gasto energético posible, y la menor contaminación ambiental por este concepto.

Un programa de aumento de la eficiencia energética reduce los costos, permite disminuir el precio o aumentar las utilidades, asegurando la calidad y mejorando la competitividad de la empresa, es decir, su posición en el mercado.

El ahorro de energía si bien no representa una fuente de energía en sí, se acostumbra a considerarla como tal, ya que ofrece la posibilidad de satisfacer más servicios energéticos, lo que equivale a disponer de más energía.

El incremento de la eficiencia energética tiene un beneficio ambiental inmediato y directo, ya que implica una reducción en el uso de recursos naturales y en la emisión de contaminantes, incluido el  $CO_2$ . Sin lugar a dudas, la energía más limpia es la energía ahorrada.

### **3.3.21 Impacto ambiental**

La energía eléctrica es fundamental para el ser humano, se ha vuelto tan útil y se depende mucho de ella para nuestro bienestar y comodidad, desde encender una lámpara, electrodomésticos que sin ella serían inservibles, se utiliza en todo momento, es inevitable decir que ha traído mucho progreso y satisfacción.

Pero existe entre todo ello algo muy lamentable que se tiene que tener en cuenta desde ahora, la energía es muy accesible a muchos de nosotros, pero su generación en gran parte afecta mucho a nuestro planeta, para generar energía se necesita quemar recursos no renovables, aunque existe una producción de energía limpia, es decir con la solar, eólica, entre otras pero son muy costosas y al darle un mal uso, las consecuencias son muy severas para el medio ambiente.

### **3.3.22 Energía eléctrica y medio ambiente**

La relación entre acceso a la energía eléctrica y medio ambiente es innegable, la ausencia de ésta se convierte en un impedimento para la salud y prevención de enfermedades.

Para la ONU la contaminación del aire en espacios cerrados debido a la quema de combustibles tradicionales es uno de los principales factores que causa enfermedades en las vías respiratorias. Anualmente mueren cerca de millones de niños menores de 5 años por cercanía de los mínimos aceptables.

El cambio climático y los daños a nuestro entorno natural han hecho necesario que el proceso de generación de energía deba examinarse cuidadosamente por los estados y la empresa privada, realizando un estudio sobre fuentes energéticas.

### **3.3.23 Consecuencias del mal uso de energía eléctrica**

El clima de hoy en día va cambiando, ahora hay muchas tormentas, huracanes, etc. En algunas ocasiones son provocados por desastres naturales pero la mayoría son causados por el hombre.

En el futuro el calentamiento global será un mal mayor que nos afectará constantemente de diferentes maneras, causando pérdidas humanas. Se deben tomar medidas inmediatas para detener algo que en pocos años quizá lamentable, el exceso del consumo de energía, significa hacer la que las empresas produzcan más, que quemen más recursos no renovables, que con ello se contamine el aire, y el planeta sufra un sobrecalentamiento en su interior desfogando con desastres naturales.

La tierra se está calentando, de hecho es más cálida que hace mil años, tan solo el siglo anterior la temperatura superficial aumentó 0.6 grados centígrados. De forma evidente el cambio en el clima del planeta depende de múltiples factores, pero lo que hoy está a discusión es cómo la forma de usar energía por parte del hombre genera los gases del efecto invernadero, los cuales van a la atmósfera e impiden que las radiaciones salgan. De hecho, el que más problemas causa es el dióxido de carbono, el cual proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles como el petróleo y sus derivados.

Entre las repercusiones de dicho fenómeno está el derretimiento de los polos y glaciales; la alteración de los ecosistemas, lo cual a su vez daña a la flora y fauna; así como el incremento de huracanes de mayor intensidad y olas de calor. También se prevé que de seguir esta tendencia puede aumentar hasta un metro el nivel del mar, lo cual afectaría a cerca de 10 millones de personas que viven cerca de las costas.

Sin embargo, la energía producida es necesaria para que la humanidad realice sus actividades cotidianas; entonces, se debe hacer un

esfuerzo en ciencia y tecnología para buscar la mejor solución a este problema. Ambos campos son fundamentales para resolverlo.

En primer lugar, para entender cómo cambia el clima y qué consecuencias engendra, pero además, se puede disponer de los mecanismos que limiten la emisión de gases de efecto invernadero. La población en general puede hacer mucho; por ejemplo, usar focos ahorradores, los cuales sólo utilizan un cuarto de energía de la empleada por los convencionales; usar menos la lavadora y con cargas completas; reducir el tiempo de la ducha a 5 minutos e instalar una regadera con flujo bajo; poner el termostato a 18 grados en el día y 13 en la noche. Estas medidas pueden ser adoptadas por cualquier persona y reducirían hasta 900 millones de toneladas de dióxido de carbono, lo cual representa el 15 por ciento de las emisiones de Estados Unidos.

### **3.3.24 La conservación de energía**

La conservación de la energía se refiere a los esfuerzos realizados para reducir el consumo de la misma, mediante una utilización eficiente de la energía, lo que se logra disminuyendo el consumo de energía y la reducción del consumo de fuentes de energía convencionales (petróleo, carbón, madera y gas natural).

La conservación de energía puede resultar en un aumento del capital financiero, ambiental, la seguridad nacional, la seguridad personal y el confort humano. Los individuos y las organizaciones que son principales consumidores de energía pueden optar por conservar la energía para reducir costos energéticos y promover la seguridad económica. Los usuarios industriales y comerciales pueden aumentar la eficiencia de uso de la energía, para maximizar el beneficio económico.

Unos de los acuerdos más importantes suscritos por un gran número de países desarrollados es el llamado “Protocolo de Kioto” por el cual se

comprometen a reducir un 5% sus emisiones de gases regulados que provocan el efecto invernadero para el año 2012.

### 3.4 Indicadores de gestión operativa

**Tiempo Calendario:** 24 Horas\*Número de días.

**Tiempo No Disponible:** Paradas programadas o tiempo en el cual la línea no opera por paradas rutinarias o eventos extraordinarios. Ejemplos: Reparación Extraordinaria, Mantenimientos Programados, Feriados,..

**Tiempo Disponible:** Es el tiempo que disponen los operadores de la línea para ejercer su función. Se obtiene al restar del Tiempo Calendario el Tiempo No Disponible.

- **Tiempo disponible** = Tiempo calendario - Tiempo no disponible

**Tiempo Efectivo o Tiempo Neto:** Tiempo en el que la línea está produciendo. Se obtiene al restar del Tiempo Disponible las demoras de la línea.

- **Tiempo neto** = Tiempo disponible - Demoras

**Utilización Disponible:** es la relación del Tiempo Disponible entre el Tiempo Calendario, indica el porcentaje de tiempo del equipo, línea o instalación disponible para operar.

- **Utilización disponible** =  $\frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo calendario}}$

Tiempo calendario

**Utilización Neta:** Corresponde al porcentaje de tiempo en que la línea o instalación realmente está operando o produciendo. Se obtiene de la relación del Tiempo Neto entre el Tiempo Disponible.

- **Utilización neta** =  $\frac{\text{Tiempo neto}}{\text{Tiempo disponible}}$

**Utilización Total:** Se obtiene del producto de la Utilización Disponible por la Utilización Neta.

- **Utilización total** = Utilización disponible \* utilización neta

**Productividad Neta:** es la relación de las toneladas producidas por la línea entre el tiempo neto.

**ABC:** Lista de comentarios ordenados de manera descendente según su impacto en toneladas.

### **3.5 Descripción de las herramientas de gestión de Calidad Total (TQM)**

#### **Tormenta de ideas**

La tormenta o lluvia de ideas es una técnica de grupo que puede aplicarse tanto a la búsqueda de causas como a la de soluciones. Se utiliza para ayudar a un grupo a generar tantas ideas como sea posible en el menor tiempo. El proceso a seguir es el siguiente:

1. Definir claramente el tema a tratar.
2. Cada miembro participa rápidamente o dice paso (forma breve no desarrollada).
3. Finalizar hasta que se agoten las ideas.
4. Aceptar todas las ideas sin evaluar o discutir.
5. Depurar la lista: aclarar, eliminar, fusionar.

#### **Diagrama Causa y Efecto**

Los diagramas causa y efecto (CE) sirven para determinar qué efecto es “negativo” y así emprender las acciones necesarias para corregir las causas, o bien para detectar un efecto “positivo” y saber cuáles son sus

causas. Casi siempre, por cada efecto hay muchas causas que contribuyen a producirlo. El efecto es la característica de la calidad que es necesario mejorar.

El primer paso para construir un diagrama CE consiste en la identificación por parte del grupo a cargo del proyecto del efecto o problema de calidad que interese. Luego se procede a determinar cuáles son las causas principales y también se incluyen en el diagrama. Para la determinación de las causas menores, el equipo que está a cargo del proyecto debe aplicar la técnica de la “lluvia de ideas”. Una vez finalizado el diagrama CE, hay que proceder a su evaluación y así definir cuáles son las posibles causas. Seguidamente se proponen soluciones para corregir tales causas y mejorar el proceso.

### **Matriz de Ponderación de Causas**

La matriz de ponderación de causas es un método de jerarquización de causas que se utiliza para identificar cuáles son las causas más importantes. Los pasos a seguir son:

1. Definir un criterio de evaluación principal, relacionado con el objetivo del problema.
2. Definir uno o más criterios de evaluación secundarios.
3. Asignar peso a cada criterio de evaluación: al principal y entre y a los secundarios.
4. Calificar cada causa (0 a 10) con respecto a cada criterio. Multiplicar por el peso.
5. Totalizar el puntaje para cada causa.

### **Diagrama Pareto**

Un diagrama Pareto es una gráfica de barras verticales en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha. Hay ocasiones en las que el diagrama Pareto aparece

una línea acumulativa. Ésta línea representa la suma de los datos, conforme estos se van aglutinando al avanzar de izquierda a derecha. Se emplean dos escalas; la que está a la izquierda representa frecuencia y la de la derecha representa porcentajes.

Mediante los diagramas de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia. Por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos. La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención. Así, se utilizan todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva.

### **Histograma de frecuencia**

El histograma muestra gráficamente la capacidad de un proceso y, si así se desea, la relación que guarda el proceso con las especificaciones y las normas. También da una idea de la magnitud de la población y muestra las discontinuidades que se producen en los datos. Está formado por un conjunto de rectángulos que representan la frecuencia de cada categoría. Representa gráficamente las frecuencias correspondientes a los valores observados. La distribución de frecuencia es un método muy útil para visualizar datos y es un concepto fundamental en la estadística.

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO METODOLÓGICO

En este capítulo se describen los métodos, técnicas y procedimientos aplicados, de modo que el lector pueda tener una visión clara de lo que se hizo y como se hizo. Además se mencionan las razones por las cuales se seleccionó dicha metodología, su adaptación al problema en estudio y sus limitaciones. Referentes a este tema Castro (2001) expresa que “es el conjunto de acciones destinadas a describir y analizar el fondo del problema planteado, a través de procedimientos específicos que incluye las técnicas de observación y recolección de datos, determinado el “como” se realizará el estudio, esta tarea consiste en hacer operativa los conceptos y elementos del problema que se estudia. (Pág. 38)

#### 4.1 Tipo de Investigación

Según el nivel de conocimiento científico, se ha formulado el tipo de estudio de acuerdo con el tipo de información que se espera obtener, así como el nivel de análisis realizado y los objetivos e hipótesis planteadas.

El presente estudio es de tipo **descriptivo**, según ARIAS JUAN. (2004), P. 48 “Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento”, es descriptiva porque mediante este estudio se puede interpretar y analizar el estado actual del consumo de energía eléctrica durante el proceso de producción en la Planta de Pellas, además de describir los fenómenos que conforman el problema.

Así mismo, se observa también que la investigación, según el nivel, es de tipo **exploratoria**, ya que se plantea el diseño de un modelo matemático

para el cálculo del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas y mediante los resultados obtenidos proponer un plan de mejoras que ayude a controlar el consumo de energía en la planta diseñando una metodología adecuada para hacer uso eficiente de la energía eléctrica, así como también identificar las causas que generan la variación en el consumo.

#### **4.2 Diseño de la investigación**

Este estudio se considera una investigación de tipo de **campo** debido a que se obtendrán los datos de manera directa y de la propia fuente donde éstos se generan de manera tal de obtener una mejor perspectiva de los hechos.

Dado que las variables objeto de estudio en esta investigación no fueron alteradas o manipuladas durante su proceso de análisis, tomándose los valores obtenidos directamente de la realidad, tal cual como ellos sucedieron a lo largo del tiempo, se concluye que el diseño de la investigación no tendrá carácter experimental (**Diseño no experimental**), En este sentido, el investigador no tuvo ninguna intervención en los resultados que se observen, salvo en el análisis de los mismos.

La investigación no experimental es la búsqueda empírica y sistemática en la que el científico no posee control directo de las variables independientes, (Kerlinger, 2002).

#### **4.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Para llevar adelante esta etapa de la investigación, se emplearán las siguientes técnicas e instrumentos:

Entrevista: Arias Fidias (2006) explica que: La entrevista, más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en el diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente

determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida. (Pág. 69).

Es una técnica orientada a establecer contacto directo con las personas que se consideran fuentes de información. Para esto se formularon preguntas no estructuradas a las personas que poseen conocimiento del tema estableciendo un diálogo para recoger información de la fuente directa generatriz de la misma.

Las personas entrevistadas fueron: Ingenieros eléctricos pertenecientes a cada área de la Planta de Pellas, Ingenieros de Proceso y Operaciones, además del personal obrero que labora en la sala de fuerza ubicada en el área de peletización con los cuales se logró obtener una información más precisa y detallada de las especificaciones de los equipos, su potencia nominal, corriente y voltaje.

Observación directa: Según Arias F. (2006), “Consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”. (Pág. 69).

Esta técnica permite obtener información directa y confiable, siempre y cuando se haga mediante un procedimiento sistematizado y muy controlado.

Revisión bibliográfica: Esta etapa de la investigación se extiende a lo largo de todo el desarrollo de la investigación puesto que se consultarán libros afines para obtener y ampliar conocimientos a medida que se presentaron dudas.

Esta investigación se realizó en el Departamento de Reducción, Aceración, Mantenimiento y Servicios perteneciente a la Gerencia de Ingeniería Industrial en la Planta de Pellas, en una oficina con acceso a la tecnología intranet, además se realizaron visitas continuas al área

específicamente a la sala de fuerza para tomar mediciones de las potencias reales de los equipos.

#### **4.4 Técnicas para el Análisis de los Datos**

La información relevante y observada fue organizada, estructurada y tabulada para lograr una mayor comprensión e interpretación objetiva de la misma, tal que permita lograr obtener una base para dar inicio al desarrollo del modelo a realizar.

Se utilizará como técnica de estudio de los datos el análisis cuantitativo y de contenido, los cuales se describen a continuación:

Análisis cuantitativo: Mediante la técnica cuantitativa se plantea calcular el consumo de energía eléctrica, multiplicando la potencia nominal de cada equipo por su tiempo de operación el cual se determina mediante el tiempo efectivo el cual es visible en la intranet de SIDOR específicamente en el servidor SAO.

Análisis de contenido: En función de la información recabada de las fuentes mencionadas anteriormente, se realizó un proceso de síntesis, a partir del cual se tomaron las respuestas emitidas por las personas entrevistadas, la comprensión de las causas de la variación del consumo de energía eléctrica en el proceso de fabricación de Pellas las cuales generan costos elevados y la disminución de la vida útil de los equipos que conforman la planta dio lugar a la correcta interpretación de la información que permitió generar la propuesta final.

## **4.5 Población y Muestra**

### **Población**

Arias (2006), define la población como: “Un conjunto finito o infinito de elementos con característica comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación.”

Desde el punto de vista estadístico, una población o universo de estudio puede estar referido a cualquier conjunto de sus elementos de los cuales se pretende indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán validas las conclusiones obtenidas en la investigación.

La población seleccionada para esta investigación está constituida por los equipos de la línea B que funcionan durante el proceso de producción de la Planta de Pellas desde la recepción de mineral de hierro hasta que se produce la pella quemada en el horno de piroconsolidación, los equipos de la línea A no formaran parte de este estudio debido a que no se encuentran operativos por falta de repuestos.

### **Muestra**

Según Balestrini, R. Año 1997. Técnica de la Investigación. Editorial Mc Graw Hill. Pág. 138, Cuando se seleccionan algunos elementos con la intención de averiguar algo sobre una población determinada, este grupo de elementos es denominado muestra.

La muestra estadística es una parte de la población, o sea, un número de individuos u objetos seleccionados científicamente, cada uno de los cuales es un elemento del universo. La muestra es obtenida con el fin de investigar, a partir del conocimiento de sus características particulares, las propiedades de una población.

Para este estudio la muestra fueron los equipos de alta (13,8 kv), mediana (4,16 kv) y baja tensión que conforman las áreas de manejo de materiales, preparación y molienda y peletización en la Planta de Pellas.

#### 4.6 Procedimiento metodológico

Para el logro de los objetivos del presente trabajo de investigación se realizaron los siguientes pasos:

1. Caracterizar el proceso productivo de la Planta de Pellas: Mediante el método de observación directa se pudo conocer el proceso, características y todos aquellos datos necesarios que contribuyeron al desarrollo del modelo.
2. Diagnosticar la situación actual del consumo de energía eléctrica durante el proceso de fabricación de pellas: Este paso fue logrado a través de un cuadro comparativo que refleja las condiciones normales de operación de la Planta y como se encuentra operando actualmente. Así mismo se comparó el consumo estándar con respecto al consumo real consultando datos históricos obtenidos mediante la red intranet de Sidor y así calcular la desviación que pueda existir entre ellos. De igual forma se efectuaron encuestas informales o no estructuradas a los ingenieros de proceso, al analista de planificación y al jefe de operaciones de la planta, quienes proporcionaron información específica y detallada del escenario presentado en la Planta de Pellas.
3. Determinar las variables del proceso productivo de la Planta de Pellas que intervienen en la variación de consumo de energía eléctrica: Para determinar las variables se empleó inicialmente la técnica tormenta de ideas las cuales fueron suministradas por el analista de planificación, el personal de Ingeniería Eléctrica y el personal encargado de las operaciones en planta los cuales tienen experiencia y conocimiento acerca del tema y lograron proporcionar ideas en relación con las posibles variables, factores o condiciones que consideran más incidentes en la variación del consumo. Seguidamente se organizan las ideas en un diagrama causa efecto y se aplica una matriz ponderación para luego finalizar con un diagrama de Pareto.

4. Describir las características de los equipos (barra, potencia nominal y corriente) de cada área de la Planta de Pellas: Manejo de materiales, preparación y molienda y peletización. Esta actividad será posible realizando una investigación exhaustiva conjunto con el personal que labora en la Planta específicamente en la sala eléctrica, así como también mediante una revisión en los manuales referentes a cada equipo se podrán definir las características técnicas de los mismos.
5. Elaborar un modelo matemático para determinar el consumo real de energía eléctrica en la Planta de Pellas: Con el resultado obtenido se distribuirá el consumo a cada área de la Planta: Manejo de materiales, preparación y molienda y peletización y de esa forma definir el área que contempla el mayor consumo. Esta actividad se logró realizando una serie de cálculos matemáticos y estadísticos identificando el tiempo efectivo de cada equipo analizando su comportamiento durante el proceso de producción y verificando la potencia real de los equipos de alta tensión (13.8kv) de la planta, así como también utilizando la potencia nominal se podrá obtener la cantidad de energía eléctrica consumida en una determinada unidad de tiempo y de esa forma comprobar si el consumo real actual coincide con el consumo real reflejado en el sistema.
6. Realizar una propuesta de mejoras para la disminución del consumo de energía eléctrica: En base a los resultados de los objetivos anteriores, se lograron identificar medidas de ahorro energético y diseñar una propuesta que permita la disminución del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas.

## **CAPÍTULO V**

### **SITUACIÓN ACTUAL**

En el siguiente capítulo, se presenta y analiza la situación actual del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas, iniciando con el diagnóstico de la situación actual, luego se determinan las causas que generan la variación en el consumo y por último se identifican las variables y los equipos que consumen energía eléctrica en toda la Planta:

#### **5.1 Diagnosticar la situación actual del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas de la Siderúrgica del Orinoco “ALFREDO MANEIRO” C.A.**

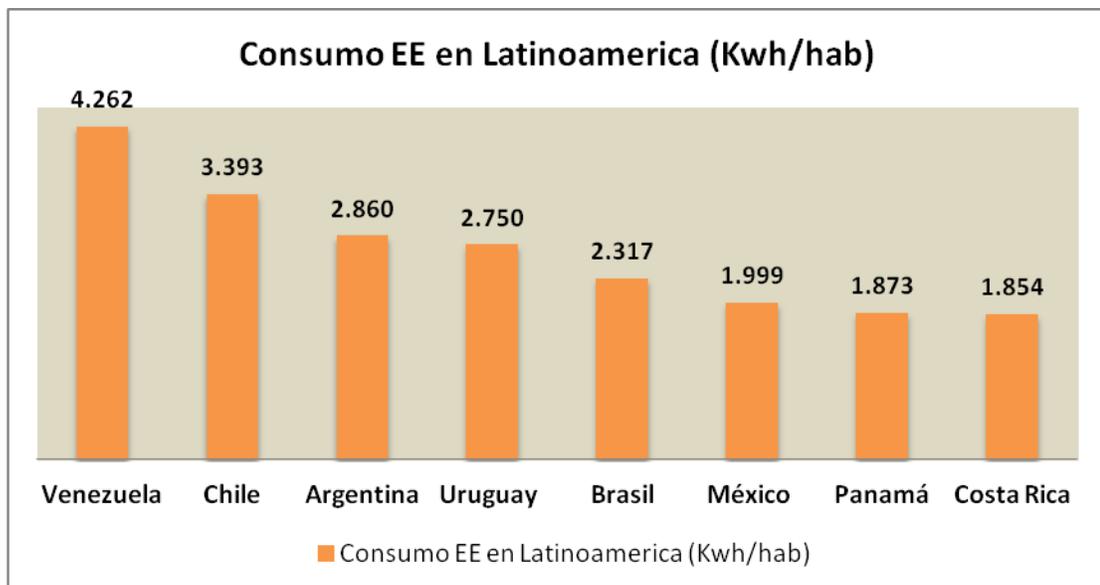
Para el desarrollo de este objetivo se realizó una revisión bibliográfica en documentos afines logrando obtener información útil para el diagnóstico del consumo actual de energía eléctrica en la Planta de Pellas; como primer paso se obtuvo información acerca del consumo de energía eléctrica por habitante en Latinoamérica, la cual fue suministrada por la Comisión de Integración Energética Regional (Cier) en el año 2014, la misma se expone a continuación:

##### **5.1.1 Consumo de energía eléctrica en Latinoamérica**

Venezuela es el país con mayor consumo de energía eléctrica per cápita en Latinoamérica, según cifras de la (Cier). Las autoridades nacionales han confirmado el alto consumo de electricidad en el país y lo han atribuido a la amplia oferta, a la capacidad instalada y a las bajas tarifas del servicio.

Así lo evidencia la cifra de consumo nacional que para el 2012 se ubicó en 18000 megavatios (MW) y la alta capacidad de generación instalada, en la que Venezuela ocupa el primer lugar entre los países de la región.

Cifras del Banco Mundial, del Instituto Nacional de Estadística (INE), de la Organización Latinoamericana de Energía y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal), revelan que Venezuela cuenta con una generación neta de 4.179 kilovatios por hora por habitante (Kwh/hab), seguida de Chile (3.393 Kwh/hab), Argentina (2.860 Kwh/hab), Uruguay (2.750 Kwh/hab), Brasil (2.317 Kwh/hab), México (1.999 Kwh/hab), Panamá (1.873 Kwh/hab) y Costa Rica (1.854 Kwh/hab). A continuación se muestra una gráfica donde se puede visualizar la información antes señalada:



**Gráfico n° 11.** Consumo EE Latinoamérica por habitante

Fuente: Banco Mundial, Instituto Nacional de Estadística (INE)

Para 1990 el consumo de energía eléctrica por persona fue de 2. 837 kilovatios hora (Kwh/hab), mientras que al cierre de 2012 la cifra se ubicó en 4.262 Kwh/hab.

El mayor consumo de energía eléctrica lo registran las industrias con el 47,3%, le siguen las residencias con el 24,3%, los comerciales con el 14,7% y el porcentaje restante, en su mayoría, corresponde a las pérdidas no técnicas.

Asimismo, entre 1999 y 2011, la capacidad de generación eléctrica de Venezuela se duplicó en comparación con la instalada entre 1988 y 1999.

De acuerdo a datos del despacho eléctrico, para 1998 la demanda de electricidad se ubicaba en 10.800 MW; mientras que, en 2012 cerró en 18.000 MW.

En la actualidad, Venezuela cuenta con una capacidad de generación instalada de 28.000 MW, de los cuales están operativos 20.300 para atender una demanda que oscila entre los 17.000 y los 18.000 MW.

Esto demuestra que el problema de Venezuela no es la generación, es la demanda. **Brasil genera la mitad per cápita que Venezuela** y es la economía más pujante de la región, pero a su vez tiene una demanda menor que nuestro país.

Otro de los elementos a los que se le atribuye el incremento del consumo es la baja tarifa de un servicio que también es subsidiado por el Estado venezolano.

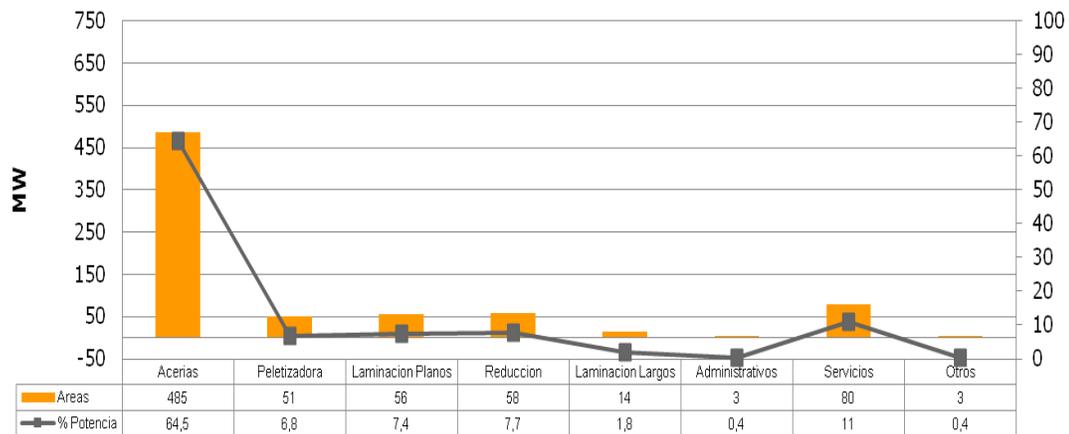
El precio promedio es de 3,1 centavos de dólar el kilovatio por hora (cent.US\$/Kwh), lo que la convierte en la más baja de Latinoamérica y el mundo, ya que el promedio internacional es de 9,2 centavos, mientras que en otros países varía: Argentina (5,3 centavos), Colombia (9,8 centavos), Brasil (11,1 centavos), Chile (15,0 centavos) y las naciones europeas (17,5 centavos).

### **5.1.2 Distribución de carga de potencia en SIDOR**

Para lograr conocer el estado actual del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas fue necesario recopilar información acerca de la distribución de carga, la cual es la que define la potencia y velocidad de los motores y de

esa forma estimar el porcentaje de distribución de energía eléctrica que representa la Planta Peletizadora para la Empresa. Dicha información fue obtenida por medio de la Gerencia de Ingeniería Industrial y se refleja en el gráfico n° 12:

### Distribución De Potencia SIDOR



**Gráfico n° 12.** Distribución de Potencia SIDOR.

Fuente: Ingeniería Industrial

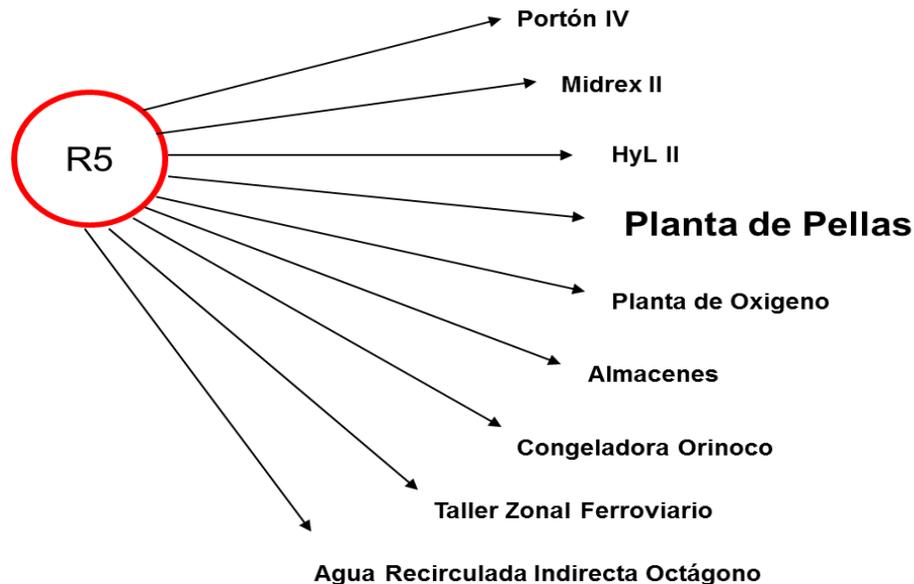
La planta peletizadora (Planta de pellas) ubicada en la segunda columna de la gráfica representa el 6.8% de consumo de energía de lo que consume en su totalidad la empresa.

Ubicando a la planta peletizadora en la quinta posición de consumo con 51 MW como se muestra en el gráfico n° 12

#### 5.1.3 Distribución de energía eléctrica de la Sub- Estación R5

Mediante las facturas de energía eléctrica emitidas por parte del Departamento de Servicios Industriales se logró conocer la cantidad de sub estaciones que existen en la Empresa Siderúrgica y la cantidad de plantas que cada estación tiene como función suministrarle energía eléctrica, a continuación se describen los resultados obtenidos:

La Siderúrgica del Orinoco cuenta con ocho sub-estaciones eléctricas las cuales le suministran energía a toda la empresa, siendo la sub-estación R5 la encargada de distribuirle energía a nueve áreas, entre ellas la Planta de Pellas como se muestra en el gráfico n° 13:



**Gráfico n° 13.** Distribución de energía eléctrica de la Sub- Estación R5

Fuente: Departamento de Servicios Industriales

A continuación en la gráfica n° 14 se muestra el Plano de distribución de energía eléctrica de la sub-estación R5 a los motores de alta tensión (13,8kv) de la línea A conformados por cuatro equipos pertenecientes al área de Peletización, así como también la distribución de energía a los catorce motores de media tensión (4,16kv) tanto como del área de Peletización como de Preparación y Molienda, es importante destacar que, el plano de distribución de la línea A es equivalente al de la línea B.

Este plano fue obtenido mediante una revisión documental de los Planos pertenecientes a la Sala de fuerza (Sala de energía eléctrica) de la Planta.

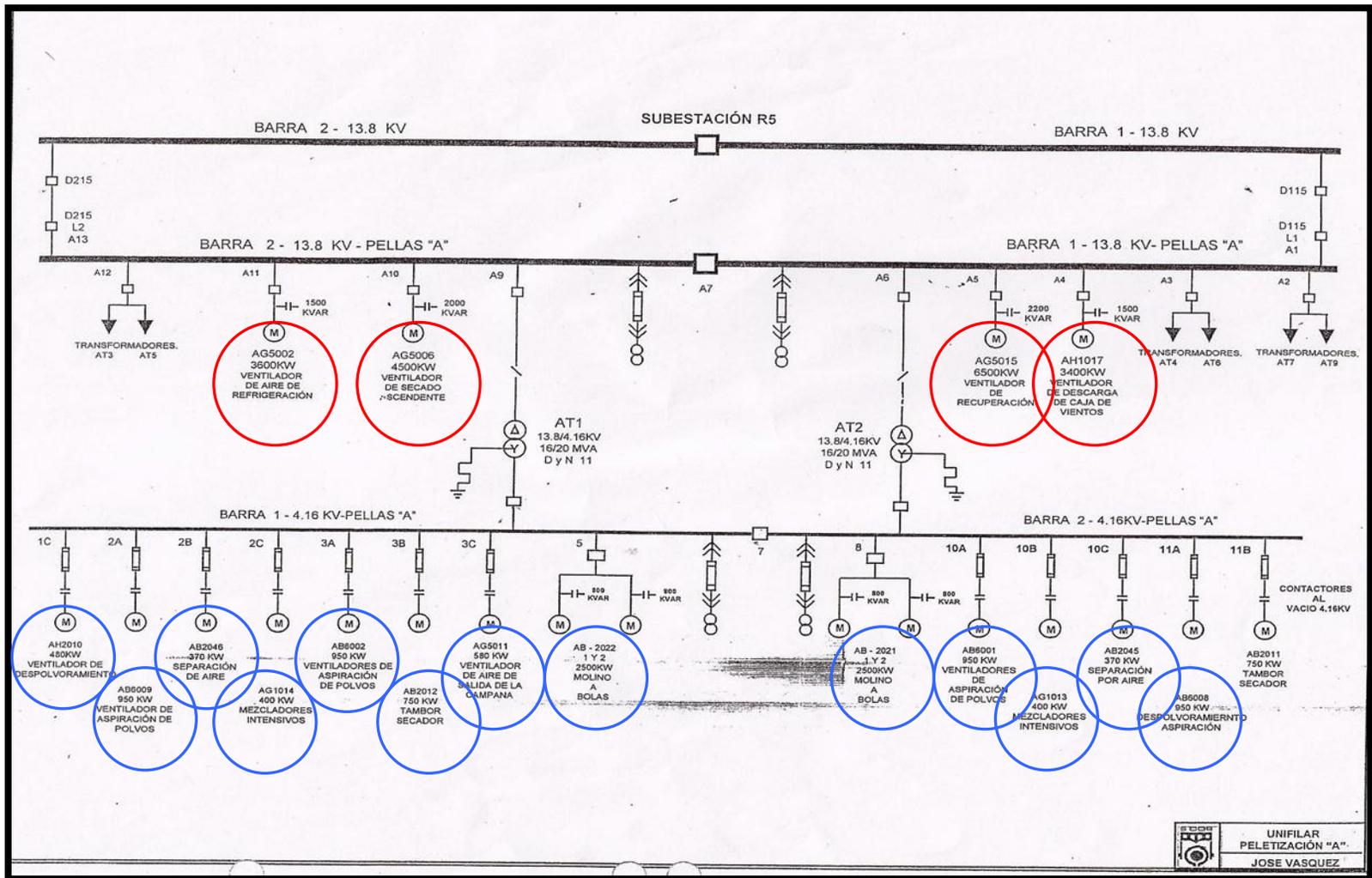


Gráfico n° 14. Plano de distribución de energía eléctrica de la sub-estación R5 a los motores de 13,8kv y 4,16kv

- Equipos de Alta tensión 13,8 kv ■
- Equipos de Media tensión 4,16 ■

#### 5.1.4 Esquema comparativo de producción de la Planta de Pellas

La Planta de Pellas está conformada por la línea A y línea B, sin embargo actualmente la línea A se encuentra fuera de servicio por falta de equipos y repuestos, lo cual ha generado un déficit de producción en la Planta.

Mediante la observación directa se logró realizar un esquema comparativo (Ver tabla 1) de la Planta de Pellas donde se muestra como opera la Planta en condiciones normales y como se encuentra operando actualmente:

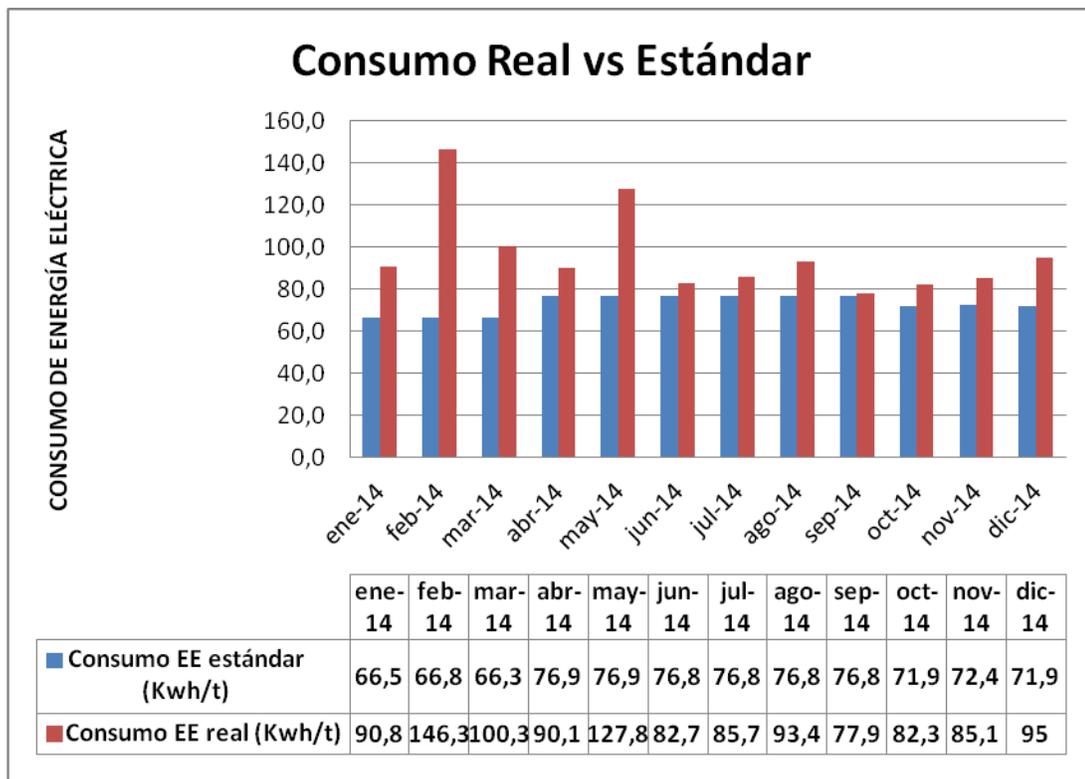
**Tabla 1.** Esquema comparativo de producción de Planta de Pellas.

<b>Condiciones normales</b>	<b>Condición actual</b>
Línea A y Línea B operativas	Solo línea B operativa
4 secadores rotativos (350t/h)	2 secadores rotativos(350t/h)
4 líneas de molienda	2 líneas de molienda
4 Mezcladores 2 stand by	2 Mezcladores 1 stand by
12 discos peletizadores (180t/h)	6 discos peletizadores (180t/h)
Dos hornos de piroconsolidación	Un horno de piroconsolidación

Fuente: Autor

#### 5.1.5 Comportamiento del consumo de energía eléctrica en Planta de Pellas (Kwh/t)

La Gerencia de Ingeniería Industrial ha observado que el valor real del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas refleja una desviación con respecto al valor estándar, por tal motivo se evaluó el comportamiento del consumo energético real para el año 2014 en relación al consumo estándar establecido por el Departamento de Reducción, Aceración, Mantenimiento y otros Servicios. Los valores fueron obtenidos mediante el sistema de GESTPELLAS de la Gerencia de Ingeniería Industrial y se reflejan en la siguiente gráfica:



**Gráfico n° 15.** Consumo de EE Real vs Estándar.

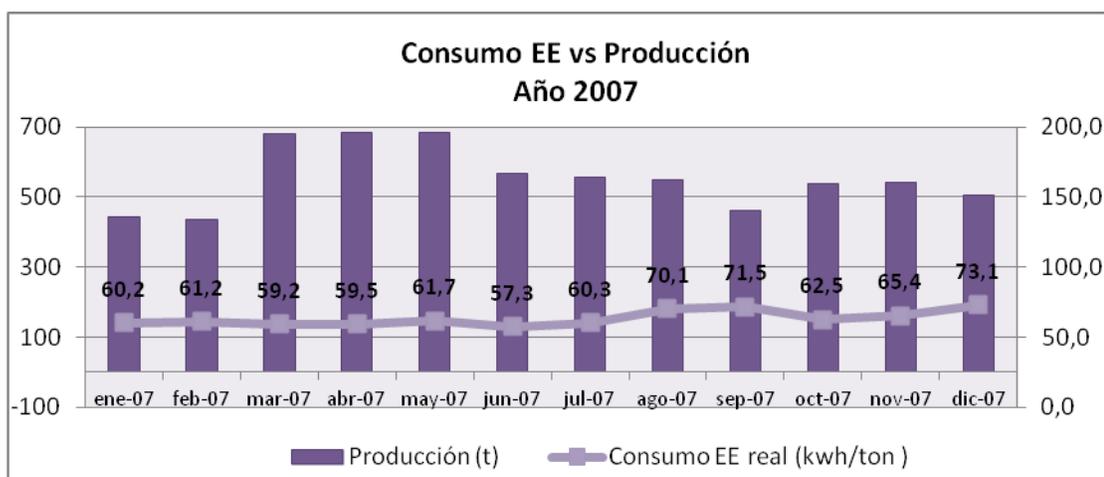
Fuente: Ingeniería Industrial

Haciendo un análisis de la gráfica 15 en el mes de Febrero se generó el mayor consumo de energía eléctrica con 146,3 kwh/t, seguidamente el mes de Mayo con un consumo de 127,8 kwh/t y por consiguiente el mes de Marzo alcanzó un consumo de 100,3 kwh/t.

Por medio de los datos obtenidos se calculó el consumo de energía eléctrica real promedio el cual fue de 96,45 kwh/t, mientras que el valor estándar promedio fue de 73,1 kwh/t, resultando un porcentaje de diferencia del 24,2%.

### 5.1.6 Evolutivo histórico de consumo de energía eléctrica vs producción

El consumo específico de energía eléctrica (**Kwh/t**) se obtiene al dividir los kilo watts por hora (**Kwh**) que se consumen entre la producción mensual (**Ton/mes**), al disminuir la producción aumenta el consumo de energía eléctrica. Esto será comprobado mediante un evolutivo histórico de producción con respecto al consumo de energía eléctrica partiendo desde el año 2007 considerando que fue el mejor año de producción de la Planta para culminar con el año 2014.

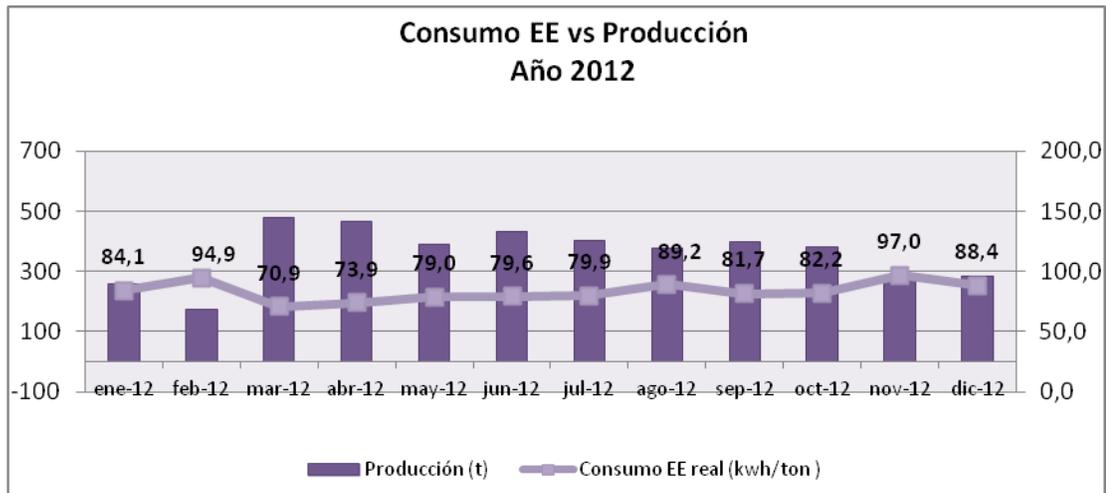


**Gráfico n° 16.** Consumo EE vs Producción año 2007

Fuente: Autor

En el año 2007 la Planta de Pellas obtuvo una producción anual total de **6.621.562** toneladas con un consumo de energía promedio de **63.5** kwh/t, resultando el mes de Marzo, Abril y Mayo con una mayor producción y menor consumo de energía eléctrica en comparación con los meses restantes con 59.5, 59.2 y 61.7 kwh/t respectivamente como se muestra en el

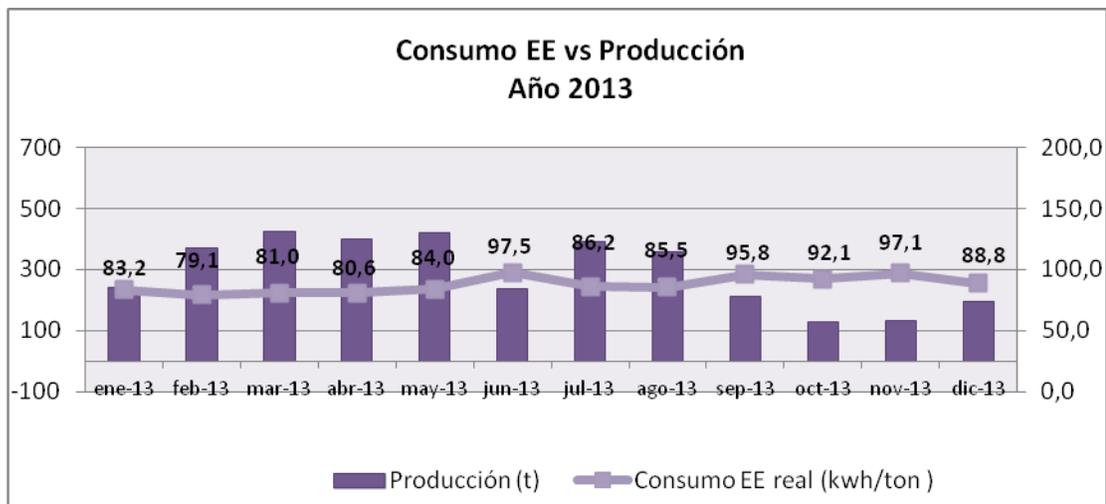
gráfico16.



**Gráfico n° 17.** Consumo EE vs Producción año 2012

Fuente: Autor

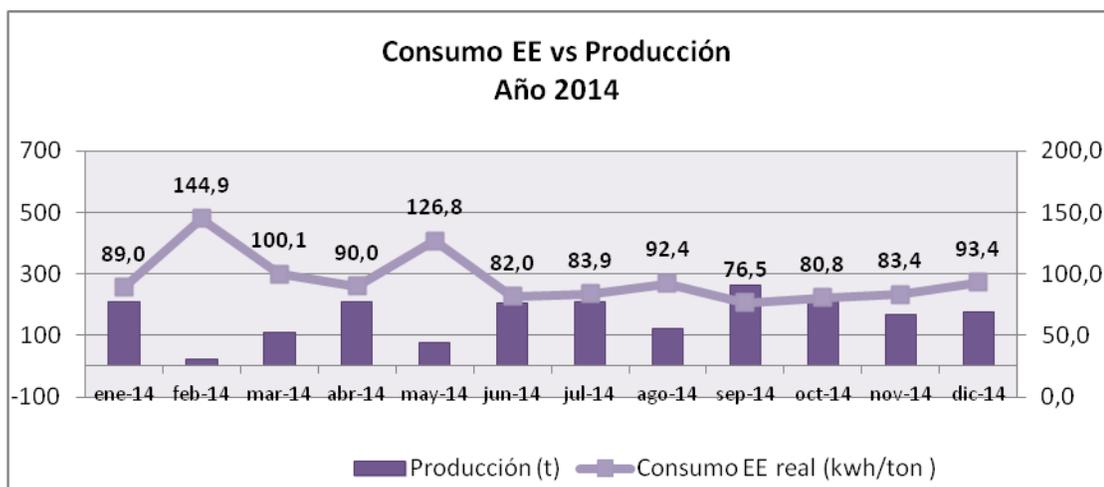
Para el año 2012, la producción disminuyó un 34,6% con respecto al año 2007 con **4.326.489** toneladas, aumentando un 23,8% el consumo de energía promedio con **83.4** kwh/t, resultando Febrero el mes con menor producción y mayor consumo de energía con 95 kwh/t, a diferencia del mes de Marzo que obtuvo una mayor producción consumiendo menor energía con 71 kwh/t como se refleja en el gráfico 17.



**Gráfico n° 18.** Consumo EE vs Producción año 2013

Fuente: Autor

En el gráfico 18 se observa una disminución de producción en el año 2013 de 18.8% con **3.509.833** toneladas con respecto a la producción del año 2012, afectando el consumo de energía promedio, generando un aumento del 5% con **87,56** kwh/t, cabe destacar que a finales de ese año la línea A fue detenida, por esa razón se puede visualizar la baja producción para los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre mientras que el consumo de energía eléctrica se mantiene en 92, 97 y 89 kwh/t respectivamente.



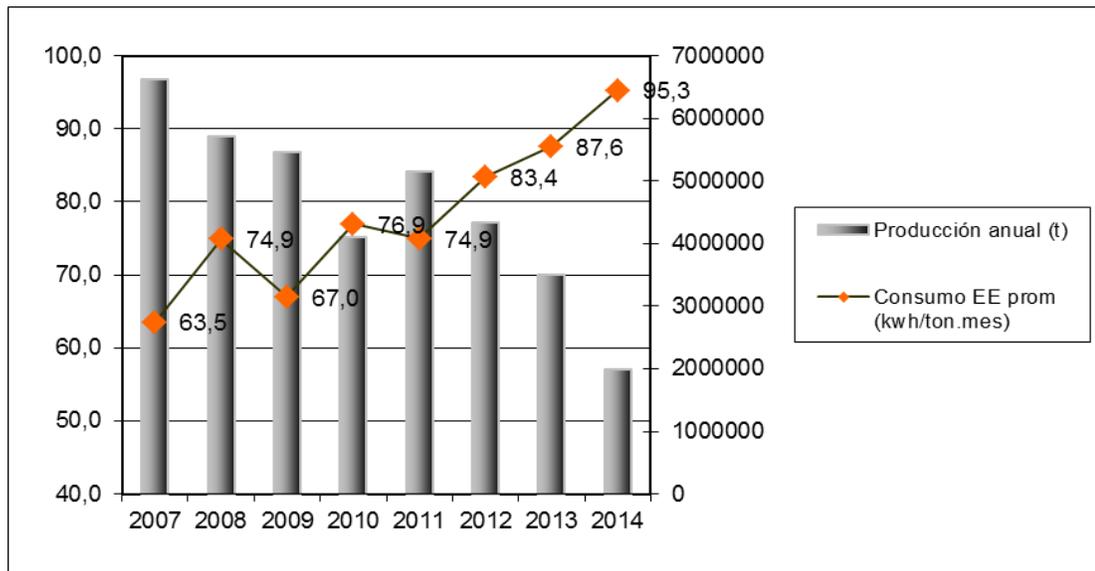
**Gráfico n° 19.** Consumo EE vs Producción 2014

Fuente: Autor

En el año 2014, la Planta de Pellas operó solo con la línea B, esto trajo como consecuencia una disminución notable en la producción del 43,5% con respecto al año 2013 produciendo 1.982.509 toneladas, lo que generó un aumento en el consumo de energía eléctrica mensual del 8,09% alcanzando un consumo promedio de 95,26 kwh/t, resultando Febrero el mes más afectado con una producción de 23.453 toneladas consumiendo 145 kwh/t, siendo hasta la fecha el mes con mayor consumo de energía eléctrica.

### 5.1.7 Gráfico resumen del consumo de EE vs. Producción anual

A continuación se presenta una gráfica resumen donde muestra la producción anual desde el año 2007 hasta el año 2014 con respecto al consumo de energía promedio anual, de manera de comprobar que el consumo de energía eléctrica depende directamente de la producción de la Planta.



**Gráfico n° 20.** Gráfico resumen Producción anual vs. Consumo EE promedio

Fuente: Autor

En el gráfico resumen es posible observar como la producción disminuyó un 70,05% desde el año 2007 hasta el 2014 mientras que el consumo de energía eléctrica aumento un 33,33%. Esto demuestra que a menor producción mayor consumo de energía eléctrica.

Cabe destacar que, en el año 2009 el Ministerio de Energía Eléctrica fijo un tope de consumo de 300MV debido a la sequía latente en esa época, siendo Sidor una empresa que consumía 800 MV se vio afectada por la crisis energética y para Febrero del 2010 operaba a sólo el 45% de su capacidad como se puede ver en el gráfico 20.

En base a lo anterior, se puede concluir que el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas se encuentra en un estado crítico ya que el valor del consumo real está muy por encima del valor estándar arrojando una diferencia del 24,2% para el año 2014, siendo la empresa responsable de controlar su consumo resulta necesario actuar de manera inmediata ya que un elevado consumo de energía indica un bajo factor de potencia lo que trae como consecuencias sanciones por parte de la empresa de Corpoelec, elevados costos de energía y la disminución de la vida útil de los equipos, también es importante destacar que al aumentar el consumo y disminuir la producción indica que la energía no se está utilizando de forma eficiente.

El consumo excesivo de energía eléctrica trae consecuencias desfavorables para el medio ambiente, la fauna y la vegetación, afectando la calidad de vida del ser humano, por esta razón resulta necesario identificar las causas que generan el elevado consumo y de esa forma poder establecer métodos adecuados para controlarlo.

## 5.2 Determinar las causas principales que generan la variación del consumo de energía eléctrica durante el proceso de fabricación de pellas.

Con la finalidad de determinar las causas más relevantes que generan la variación en el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas, se emplea la técnica de grupo efectuando encuestas no estructuradas (Ver apéndice 2) al Jefe del Departamento de Operaciones, al Jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica, al Analista de Planta de Pellas y al Ingeniero Eléctrico de Manejo de Materiales y Peletización. Las ideas obtenidas se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Variables que afectan el consumo de energía eléctrica

<b>PARTICIPANTE</b>	<b>N°</b>	<b>IDEA</b>
<b>Jefe del Dpto. Operaciones de la Planta de Pellas</b>	1	Productividad
	2	Menor carga en horno
	3	Bajo ritmo de producción
	4	Operar bajo condiciones sub-estándar
<b>Jefe del Dpto. Energía Eléctrica de Planta de Pellas</b>	5	Vida útil de los equipos
	6	Falta de mantenimiento
	7	Aumento de corriente en los equipos
	8	Equipos operan bajo condiciones sub-estándar
<b>Analista de Planta de Pellas</b>	9	Litología de mineral de hierro
	10	Daños en ductos ventiladores
	11	Motores obsoletos
	12	Falta de equipos
	13	Falta de repuestos
	14	Mediciones erróneas
	15	% Alto de humedad
	16	Falta de prácticas operativas para el ahorro de
	17	Obstrucción de ductos de piroconsolidación
	18	Granulometría del material
<b>Ingeniero Eléctrico de manejo de materiales y Peletización</b>	19	Equipos operan sin productividad
	20	Falta de método para medir el consumo real
	21	Equipo de medición descalibrado
	22	Bajo factor de potencia
	23	Incorrecta utilización de equipos

Fuente: Autor

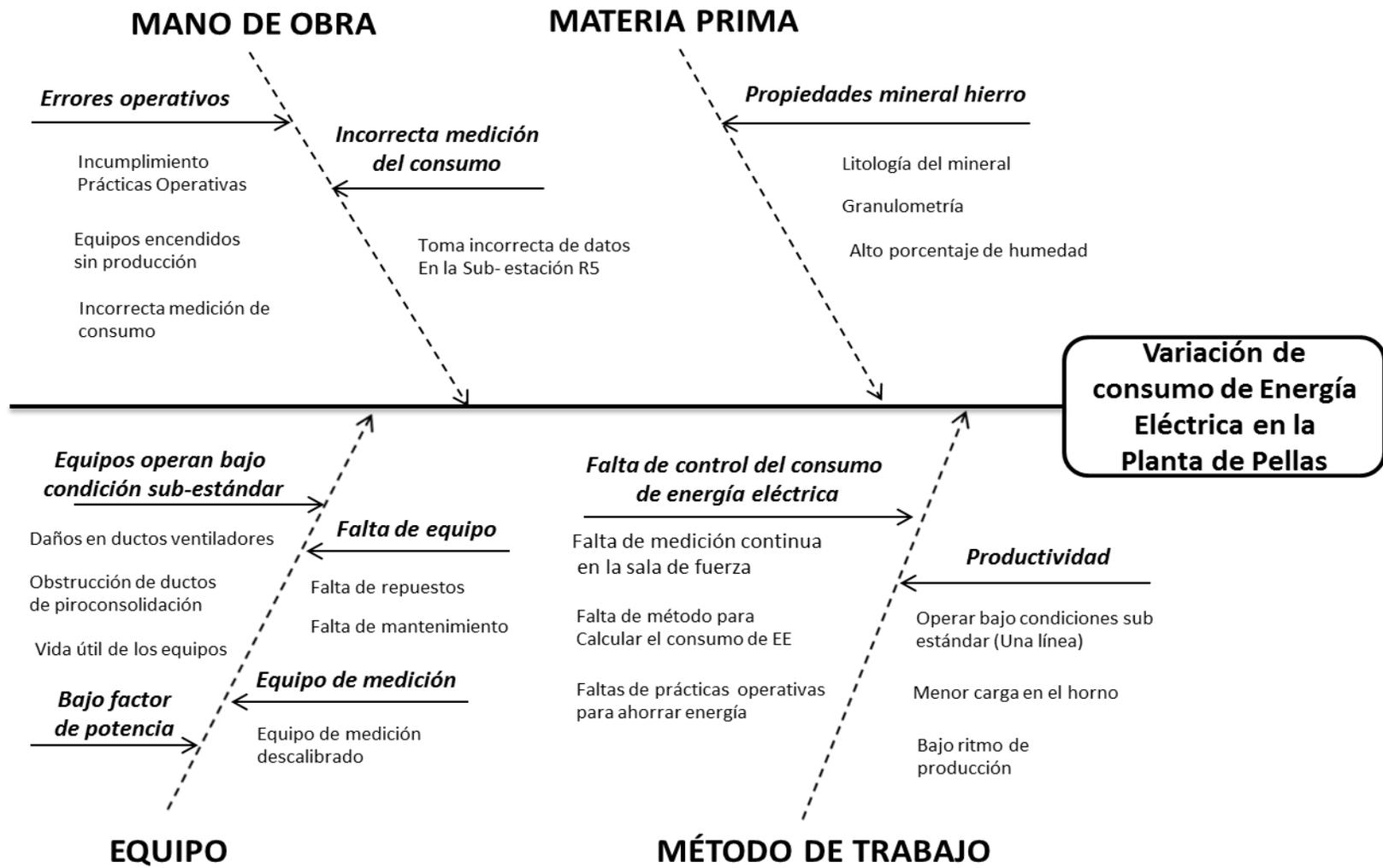
Seguido, se procede a eliminar, fusionar o aclarar las ideas de la lista anterior, simplificándose a 10, las cuales se presentan en la tabla 3:

**Tabla 3.** Lista de ideas: Variables que afectan el consumo de energía eléctrica

<b>N°</b>	<b>IDEA</b>
<b>1</b>	Propiedades del mineral de hierro
<b>2</b>	Incorrecta medición del consumo
<b>3</b>	Errores operativos
<b>4</b>	Productividad
<b>5</b>	Falta de control del consumo de energía eléctrica
<b>6</b>	Falta de equipo y repuestos
<b>7</b>	Equipo de medición descalibrado
<b>8</b>	Equipos operan bajo condiciones sub-estándar
<b>9</b>	Deficiente gestión de operación
<b>10</b>	Bajo factor de potencia

Fuente: Autor

Luego, se organizaron las ideas resultantes en cuatro ramas principales del Diagrama causa- efecto y se presentan en la gráfica 21 con la finalidad de identificar las variables y posibles cuellos de botellas que traen como consecuencia la variación en el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas:



**Gráfico n° 21.** Diagrama causa-efecto. Variación del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas

Fuente: Autor

El Diagrama Ishikawa está dividido en cuatro ramas principales la primera es la materia prima donde se determinó que las propiedades del mineral de hierro como la dureza, la humedad y la granulometría podrían estar incidiendo en la variación del consumo, la segunda rama es la mano de obra allí se muestra que existe la posibilidad de que los equipos de medición no se estén usando correctamente, así como también que al momento de las paradas no programadas los equipos se mantengan encendidos consumiendo energía eléctrica de forma innecesaria, la siguiente rama es la de método de trabajo en la cual se identificó que la baja producción podría ser la causa principal de la variación del consumo de energía y por último la rama de equipo en la cual el bajo factor de potencia, la falta de equipos, repuestos y operar bajo condiciones sub estándar traen como consecuencia un elevado consumo de energía eléctrica.

Del Diagrama Ishikawa se detectaron las causas raíz de las condiciones operativas que ocasionan la variación del consumo de energía eléctrica: concretándose en 14 las cuales se mencionan en la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Causas raíz que afecta el consumo de energía eléctrica

<b>N°</b>	<b>Causas Raíz</b>
1	Litología del mineral
2	Granulometría
3	Alto porcentaje de humedad
4	Falta de prácticas operativas para ahorrar energía eléctrica
5	Equipos encendidos sin producción
6	Bajo factor de potencia
7	Bajo ritmo de producción
8	Operar bajo condiciones sub-estándar
9	Falta de medición continua en la sala de fuerza
10	Falta de método para calcular el consumo real de energía
11	Equipos de medición descalibrados
12	Fin de vida útil de los equipos
13	Falta de mantenimiento
14	Falta de repuestos

Fuente: Autor

Cada causa raíz se evalúa en una matriz de ponderación de causas de acuerdo con tres criterios importantes, siendo el primero la incidencia en el problema (impacto), seguido de la cantidad de veces que se presenta la causa (frecuencia) y por último el tiempo de ejecución en el que se pueda dar cumplimiento a la posible solución, que puede ser a corto o mediano plazo (Posibilidad de resolución).

Una vez definidos los criterios de evaluación (impacto, frecuencia y posibilidad de resolución) el personal entrevistado se encargó de asignar la ponderación a cada uno de los criterios establecidos, el resultado se muestra a continuación:

- Impacto: 10
- Frecuencia: 4
- Posibilidad de resolución: 5

El criterio principal resultó ser el impacto con un peso para la ponderación de diez y el peso de los criterios secundario varia del uno al cinco, así mismo la calificación se estableció en un rango del (1 al 10). Los resultados se muestran en la tabla 5:

**Tabla 5.** Matriz de Ponderación de causas

CRITERIOS		Impacto			Frecuencia			Posibilidad de resolución			TOTAL
		C	P	ST	C	P	ST	C	P	ST	
<b>1</b>	Litología del mineral	5	10	50	4	4	16	3	5	15	81
<b>2</b>	Granulometría	7	10	70	4	4	16	3	5	15	101
<b>3</b>	Alto porcentaje de humedad	5	10	50	4	4	16	3	5	15	81
<b>4</b>	Falta de prácticas operativas para ahorrar energía eléctrica	4	10	40	5	4	20	4	5	20	80
<b>5</b>	Equipos encendidos sin producción	7	10	70	5	4	20	4	5	20	110
<b>6</b>	Bajo factor de potencia	5	10	50	6	4	24	4	5	20	94
<b>7</b>	Bajo ritmo de producción	7	10	70	8	4	32	6	5	30	132
<b>8</b>	Operar bajo condiciones sub-estándar	8	10	80	5	4	20	6	5	30	130
<b>9</b>	Falta de medición continua en la sala de fuerza	6	10	60	6	4	24	6	5	30	114
<b>10</b>	Falta de método para calcular el consumo real de energía	6	10	60	7	4	28	8	5	40	128
<b>11</b>	Equipos de medición descalibrados	4	10	40	5	4	20	6	5	30	90
<b>12</b>	Fin de vida útil de los equipos	7	10	70	5	4	20	7	5	35	125
<b>13</b>	Falta de mantenimiento	8	10	80	6	4	24	5	5	25	129
<b>14</b>	Falta de repuestos	8	10	80	5	4	20	5	5	25	125

Fuente: Autor

Donde: C = Calificación; P = Peso; ST= Sub- Total

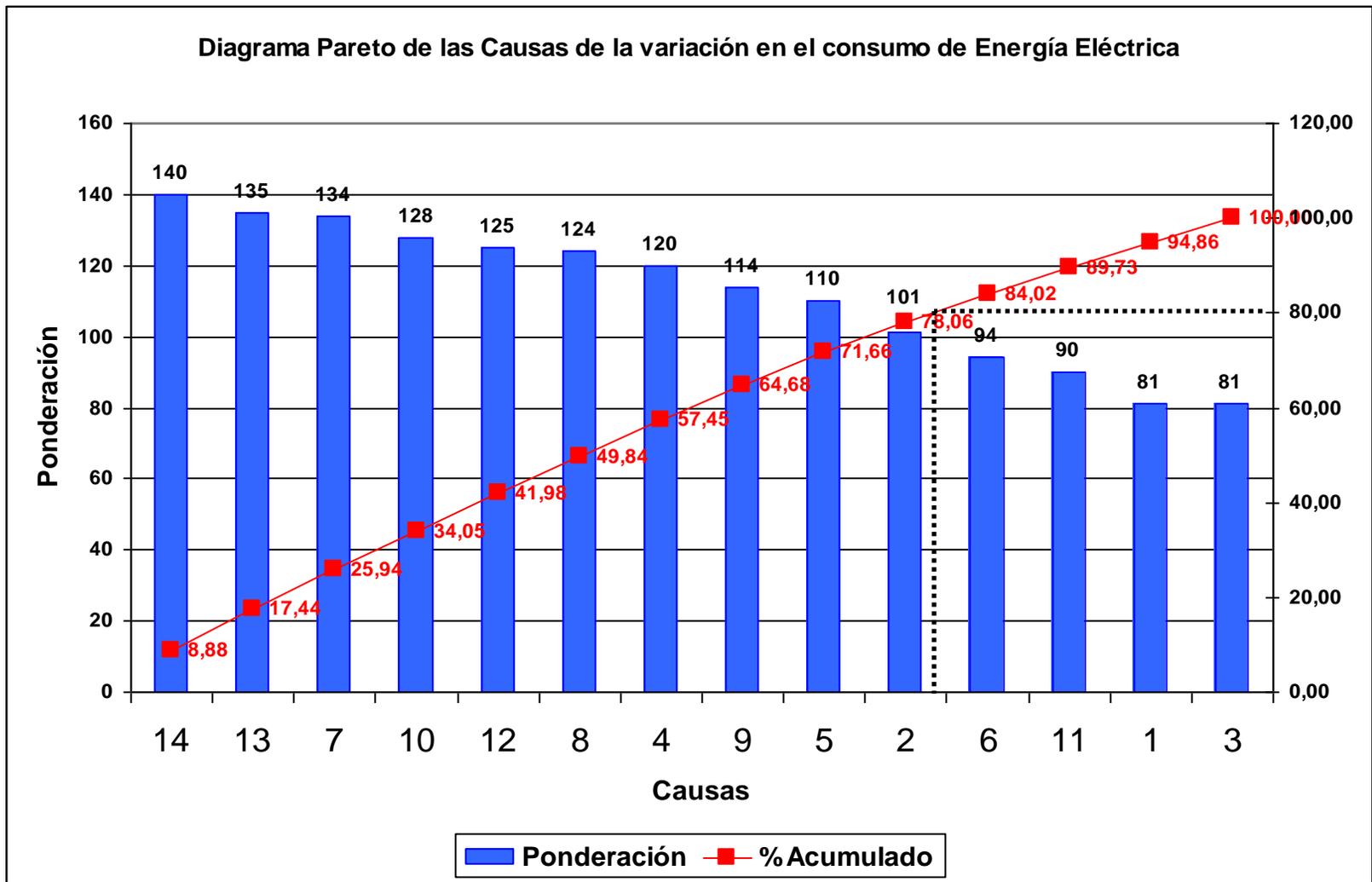
A continuación se presenta el Análisis Pareto (Tabla 6), para jerarquizar las causas de acuerdo con la ponderación obtenida por cada una:

**Tabla 6.** Análisis Pareto de las causas raíz que afectan la variación del consumo de energía eléctrica

<b>N°</b>	<b>Causas</b>	<b>Ponderación</b>	<b>%</b>	<b>%Acumulado</b>
<b>14</b>	Falta de repuestos	140	8,88	8,88
<b>13</b>	Falta de mantenimiento	135	8,56	17,44
<b>7</b>	Bajo ritmo de producción	134	8,50	25,94
<b>10</b>	Falta de método para calcular el consumo real	128	8,12	34,05
<b>12</b>	Fin de vida útil de los equipos	125	7,93	41,98
<b>8</b>	Operar bajo condiciones sub-estándar	124	7,86	49,84
<b>4</b>	Falta de prácticas operativas para ahorrar energía	120	7,61	57,45
<b>9</b>	Falta de medición continua en la sala de fuerza	114	7,23	64,68
<b>5</b>	Equipos encendidos sin producción	110	6,98	71,66
<b>2</b>	Granulometría	101	6,40	78,06
<b>6</b>	Bajo factor de potencia	94	5,96	84,02
<b>11</b>	Equipos de medición descalibrados	90	5,71	89,73
<b>1</b>	Litología del mineral	81	5,14	94,86
<b>3</b>	Alto porcentaje de humedad	81	5,14	100,00
<b>TOTAL</b>		<b>1577</b>	<b>100</b>	

Fuente: Autor

Seguido, la gráfica 22 correspondiente al Diagrama de Pareto respectivo a los datos de la tabla anterior:



**Gráfico n° 22.** Diagrama Pareto Causas Raíz que genera la variación del consumo de Energía Eléctrica

Fuente: Autor

Según el Diagrama de Pareto, para disminuir en 80% el consumo de energía eléctrica, se deben resolver las siguientes causas raíz:

- **Falta de repuestos:** La carencia de repuestos que existe actualmente en la Siderúrgica del Orinoco genera interrupciones en la Planta que origina demoras en la producción y en ocasiones durante dichas paradas el personal prefiere no apagar los equipos, para evitar los picos de consumo que se generan al momento de encenderlos. De esta forma los equipos operan sin producción y con baja carga de potencia lo que trae como consecuencia un doble consumo de energía.
- **Falta de mantenimiento:** Para preservar la vida útil de un equipo es necesario realizarle mantenimiento preventivo cada cierto tiempo para conservarlo y mantener su buen funcionamiento, sin embargo en la Planta de Pellas son más frecuentes los mantenimientos correctivos que los preventivos, los cuales se realizan cuando el equipo ya se encuentra dañado, disminuyendo la vida útil del equipo y provocando paradas constantes de producción que elevan el consumo de energía eléctrica.
- **Bajo ritmo de producción:** La producción de pellas ha disminuido en relación a los años anteriores, esto se debe a que la Planta se encuentra operando solo con la línea B, teniendo en cuenta el que consumo específico depende directamente de la producción (kwh/ton) al disminuir la misma afecta directamente el consumo de energía.
- **Falta de método para calcular el consumo real:** En la actualidad no se cuenta con un mecanismo o programa que calcule el consumo real en la planta, por lo tanto la Gerencia de Ingeniería Industrial no puede comprobar que el valor que refleja el sistema es correcto.
- **Fin de vida útil de los equipos:** Todo equipo tiene un tiempo de vida útil y algunos de ellos tienen más de quince años en funcionamiento

superando su tiempo de vida útil, al equipo operar bajo esas condiciones genera una carga menor a su potencia nominal consumiendo casi el doble que si funcionaran a carga completa, lo que trae como consecuencia un bajo factor de potencia y un elevado consumo de electricidad, estos equipos ameritan ser reemplazados por otros de mejor eficiencia.

- **Operar bajo condiciones sub-estándar:** El deterioro actual de los equipos ha ocasionado que los mismos operen bajo condiciones sub-estándar, un ejemplo son los ventiladores BG-5011 y BH-1017 que trabajan con un mayor esfuerzo debido a los daños que presentan los ductos de las cajas de viento, provocando un aumento en la corriente nominal así como también en la potencia disminuyendo la vida útil de los equipos.
- **Falta de prácticas operativas para ahorrar energía:** A pesar de que la empresa se rige por leyes como la UREE que tiene como objetivo promover el uso racional y eficiente de la energía en los grandes usuarios, tanto del sector público como del privado, no se cuenta con prácticas operativas que contribuyan con el ahorro energético en la Planta de Pellas, siendo necesarias para crear conciencia en el personal y así contribuir en la disminución del consumo.
- **Falta de medición continúa en la sala de fuerza:** El personal tiene el deber de hacer mediciones continuas en las barras de alimentación de la sala de fuerza con el objetivo de revisar las cargas asociadas a cada equipo y de esa forma mantenerlos operando en 90% o 100% de su carga nominal, ya que los motores de los equipos que estén funcionando al 50% o media carga consumen el doble de energía.
- **Equipos encendidos sin producción:** Cuando se realizan paradas programadas y no programadas, algunos equipos deben mantenerse encendidos debido a su función, es el caso del ventilador BH-1017 que se encarga de aspirar los gases de la caperuza en la zona de

secado descendente y la zona de pre-quema y el G-5011, el cual se encarga de expulsar el aire a la salida de la caperuza. Sin embargo ciertos equipos no son apagados y se mantienen encendidos funcionando con una carga baja de potencia consumiendo más energía.

- **Bajo factor de potencia:** Cuando existe un alto consumo de energía reactiva la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, pero resulta necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento a los motores y transformadores, se produce una disminución del factor de potencia lo que trae como consecuencia una baja capacidad de carga en la planta, pérdidas en los conductores, caídas de tensión, aumento de la intensidad de corriente, pérdidas por calentamiento mejor conocido como el efecto Joule, reducción de la vida útil de los equipos, así como también genera pagos de penalización a la empresa, ya que Corpoelec establece que el factor de potencia debe ser igual o mayor a 0.9 si este se encuentra por debajo se penalizará a la empresa con multas monetarias o con la suspensión del servicio eléctrico dependiendo de la situación.

## CAPÍTULO VI

### ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### 6.1 Identificar las variables y especificar los equipos que consumen energía eléctrica en la Planta de Pellas.

Para el logro de este objetivo se consultaron los Planos de cada equipo de la Planta de manera de obtener la ficha técnica de cada uno de ellos y de esa forma identificar sus características principales, tales como: la Potencia nominal (Kw), Corriente (Amp), Voltaje (Voltios), Factor de Potencia y marca. Se realizó un listado de equipos según su área (Ver apéndice 1).

A continuación se presenta un resumen de las características y especificaciones de los equipos de mayor potencia nominal debido a que se considera que tienen mayor incidencia en el consumo de energía eléctrica:

##### 6.1.1 Equipos de mayor consumo del área de manejo de materiales

Tabla 7. Equipo de mayor consumo de manejo de materiales.

<b>Ficha técnica de equipos de alta tensión 4,16Kv del área de Manejo de Materiales</b>					
<b>Equipo</b>	<b>Potencia nominal (Kw)</b>	<b>Corriente nominal (Amp)</b>	<b>Factor de Potencia</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>RPM</b>
<b>Cinta 527</b>	390	73	0,78	4160	1200
<b>Cinta 527A</b>	530	94,5	0,83	4160	1200
<b>Cinta 523</b>	530	96	0,81	4160	1200
<b>Cinta 525</b>	530	96	0,81	4160	1200

Fuente: Autor

El área de manejo de materiales cuenta con 188 equipos aproximadamente donde solo 4 equipos son de media tensión 4,16kv (Ver tabla 7), los cuales resultan ser las cintas transportadoras encargadas de recibir el mineral de hierro de Ferrominera y transportarlo a la Planta, el resto de los equipos son de baja tensión de 480v y 460v.

### 6.1.2 Equipos de mayor consumo área de preparación y molienda

**Tabla 8.** Equipos de mayor consumo preparación y molienda

<b>Ficha técnica de equipos de alta tensión 4,16Kv del área de Preparación y Molienda</b>					
<b>Equipo</b>	<b>Potencia nominal (Kw)</b>	<b>Corriente nominal (Amp)</b>	<b>Factor de Potencia</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>RPM</b>
<b>Secador BG-2011</b>	750	138	0,88	4160	1200
<b>Secador BG-2012</b>	750	138	0,88	4160	1200
<b>Ventilador del depurador BG-6008</b>	960	162	0,88	4160	1800
<b>Ventilador del depurador BG-6009</b>	960	162	0,88	4160	1800
<b>Depurador de polvos BG-6001</b>	960	162	0,88	4160	1800
<b>Depurador de polvos BG-6002</b>	960	162	0,88	4160	1800
<b>Molino BB-2021/1</b>	2500	442	0,88	4160	900
<b>Molino BB-2021/2</b>	2500	442	0,88	4160	900
<b>Molino BB-2022/1</b>	2500	442	0,88	4160	900
<b>Molino BB-2022/2</b>	2500	442	0,88	4160	900
<b>Motor C.A Elin BB-2045</b>	370	67,5	0,88	4160	1800
<b>Separador BB-2046</b>	370	62	0,88	4160	1800

Fuente: Autor

El área de preparación y molienda cuenta con 93 aproximadamente, donde solo 12 son de media tensión 4,16kv (Ver tabla 8) y 91 son de baja tensión 480v, como no cuenta con equipos de alta tensión de 13,8kv se considera que los equipos de media tensión son de alta.

### 6.1.3 Equipos de mayor consumo área de peletización

El área de Peletización cuenta con equipos de alta 13,8kv, media 4,16kv y baja tensión 480v siendo un total de 88 equipos aproximadamente, distribuidos de la siguiente forma:

- Equipos de alta tensión: 4 equipos
- Equipos de media tensión: 2 equipos
- Equipos de baja tensión: 82 equipos

**Tabla 9.** Equipos de mayor consumo área de peletización

<b>Ficha técnica de equipos de media tensión 4,16Kv del área de Peletización</b>					
<b>Equipo</b>	<b>Potencia nominal (Kw)</b>	<b>Corriente nominal (Amp)</b>	<b>Factor de Potencia</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>RPM</b>
<b>Depurador de polvos BH-2010</b>	480	86	0,80	4160	1186
<b>Ventilador BG5011</b>	580	108,2	0,81	4160	712
<b>Ficha técnica de equipos de alta tensión 13,8 Kv del área de Peletización</b>					
<b>Equipo</b>	<b>Potencia nominal (Kw)</b>	<b>Corriente nominal (Amp)</b>	<b>Factor de Potencia</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>RPM</b>
<b>Ventilador BH-1017</b>	3400	595	0,8	13200	716
<b>Secador BG-5006</b>	4500	260	0,8	13200	716
<b>Ventilador BG5015</b>	6500	360	0,82	13800	716
<b>Ventilador BG5002</b>	3600	204	0,8	13200	895

Fuente: Autor

Es importante destacar que en el área de Peletización se encuentra el equipo con mayor potencia nominal de la Planta siendo el Ventilador BG-5015 que contempla una potencia de 6500kw.

#### **6.1.4 Distribución de potencia en la Planta de Pellas**

Los motores eléctricos son responsables de una gran parte del consumo eléctrico, convierten alrededor de los 2/3 de toda la energía usada en la industria para hacer funcionar las plantas de producción.

Para obtener la distribución de potencia de cada área se realizó una sumatoria de las potencias nominales obteniendo los siguientes resultados:

##### **Manejo de materiales**

El sistema de manejo de materiales resultó tener una carga de potencia nominal de **8587Kw**, esta área permite asegurar la disponibilidad de los productos en todas las etapas de los procesos, desde la entrada de los insumos hasta el despacho de los clientes internos y externos de las pellas.

El 57,4% de los equipos del área de manejo lo representa las cintas transportadoras las cuales resultan ser importantes para transportar tanto la materia prima como el producto final del proceso.

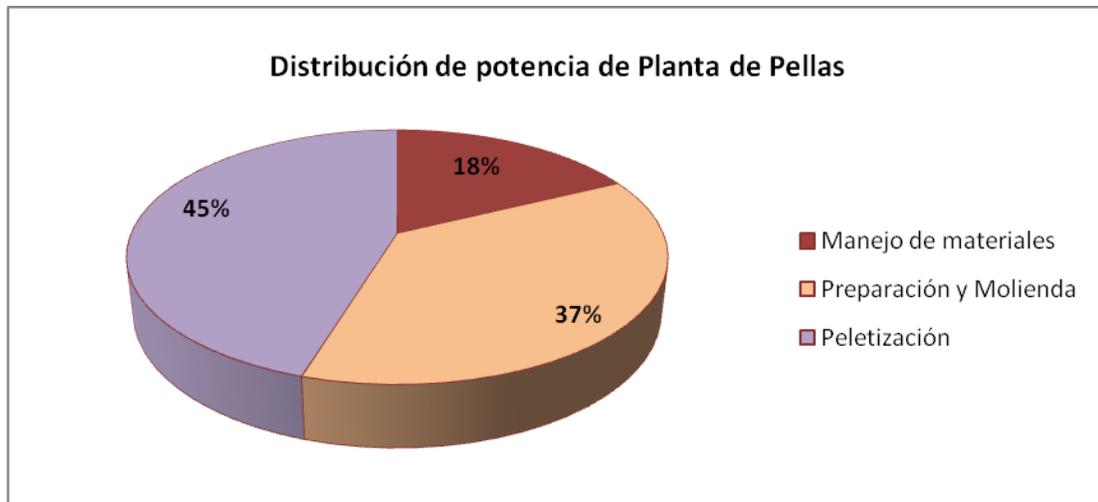
##### **Preparación y Molienda**

El área de preparación y molienda cuenta con una carga nominal de **17861Kw** donde la mayor carga la contemplan los 4 molinos de 2500kw cada uno ocupando el 60% de la carga total.

##### **Peletización**

El área de peletización tiene una carga de potencia nominal de **21846,7Kw**, donde solo los cuatro motores de alta tensión de 13,8kv contemplan el 82,84% de la carga total del sistema.

Es la última etapa del proceso de fabricación de pellas donde se elaboran los aglomerados de mineral (Pellas verdes) para luego ser sometidas a un proceso de clasificación en una doble criba y quemado en el horno de piroconsolidación. A continuación se muestra un gráfico resumen de la distribución de carga de potencia de la Planta de Pellas:



**Gráfico n° 23.** Distribución de carga de Planta de Pellas  
Fuente: Autor

La línea B de la Planta de Pellas cuenta con aproximadamente 388 equipos distribuidos en las tres áreas de producción, en el gráfico 23 se puede observar que el área de peletización a pesar de tener la menor cantidad de equipos (88) tiene la mayor carga de potencia nominal con 21.846,7Kw representando el 45% de la distribución, le sigue el área de preparación y molienda con 17.861Kw y 93 equipos con un porcentaje de distribución de potencia del 37% y por último se tiene el área de manejo de materiales que cuenta con una elevada cantidad de equipos (188) más sin embargo su carga de potencia nominal es mucho menor con 8.587Kw lo cual representa el 18% de la distribución con respecto a la distribución total de la planta, esto viene dado por la cantidad de equipos de baja tensión 480v y 460v que contempla el área de manejo de materiales.

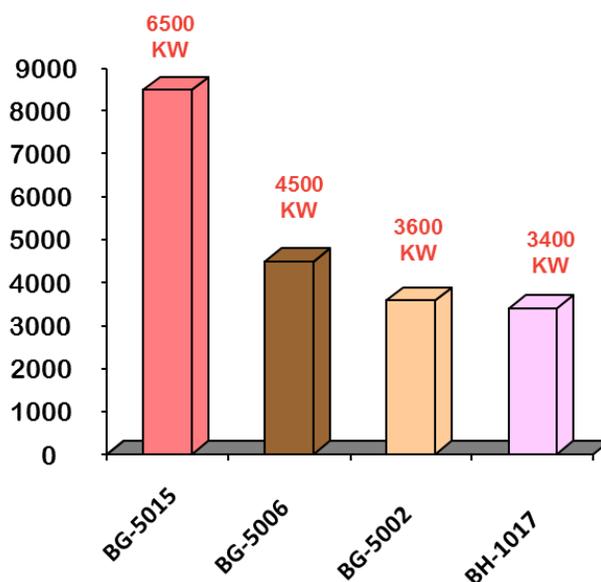
### **6.1.5 Cálculo de potencia activa para los equipos eléctricos de alta tensión 13,8 Kv del área de Peletización**

En base a la información anterior, se seleccionaron los cuatro equipos de alta tensión de 13,8kv ubicados en el área de peletización, considerando que tienen mayor incidencia en el consumo de energía eléctrica de la Planta debido a sus elevadas potencias nominales, posteriormente se utilizó como referencia una tabla de mediciones de corriente (Ver tabla 10) de auditoría energética realizada en el año 2013, estas mediciones analógicas se realizaron en la sala de fuerza por medio de los paneles visualizadores denominados SEPAM. Mediante dichos datos de corriente se plantea obtener el balance de corriente por línea y así poder calcular la potencia aparente, la potencia reactiva y la potencia activa, esta última no es más que la potencia que se consume realmente por los circuitos eléctricos y cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda.

A continuación se muestran la descripción de los equipos de alta tensión 13,8Kv del área de Peletización a estudiar:

- **AG-5002:** Es un motor de alta tensión, que introduce aire del ambiente al sistema en el horno.
- **AG-5006:** Es un motor de alta tensión, que genera presión positiva introduciendo aire normal por la parte superior en la zona de quema.
- **AG-5015:** Es un motor de alta tensión, que genera presión negativa en el horno succionando en la parte de quema todo el aire caliente del horno.
- **AH-1017:** Es un motor de alta tensión, que retira parte de los gases en la zona de pre-quema hacia el exterior.

### Gráfico de potencia nominal de los equipos de alta tensión 13,8Kv del área de Peletización



**Gráfico n° 24.** Potencia nominal de los equipos eléctricos de alta tensión 13,8Kv del área de Peletización

Fuente: Planos área de Peletización

Los cuatro equipos de alta tensión 13,8kv representan el 37,11% de la carga de potencia de toda la Planta.

Para el cálculo de las potencias se utilizarán las siguientes formulas:

$$\text{Potencia Activa} = \text{Potencia Aparente} * \text{Factor de Potencia}$$

Donde la Potencia Aparente es igual a:

$$\text{Potencia Aparente} = (\text{Raíz (3)} * \text{Corriente por línea} * \text{Voltaje}) / 1000$$

El valor del factor de potencia es obtenido por medio de la intranet de SIDOR específicamente en el área de pre-reducidos en las especificaciones de equipo.

$$\text{Potencia reactiva} = \text{Potencia nominal} - \text{Potencia activa}$$

### Tabla de mediciones de corriente en Panel de Control

**Tabla 10.** Tabla de mediciones de corriente en Panel de Control

Fecha	Hora	BG-5002			BG-5006			BG-5015			BH-1017		
		F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
05/06/2013	9:38am	94	86	0	167	150	153	0	0	230	120	118	118
	2:09pm	86	78	0	165	158	160	0	0	220	129	132	135
06/06/2013	8:15am	70	63	0	173	165	168	0	0	188	120	115	115
	3:25pm	50	45	0	227	218	220	0	0	143	127	130	133
07/06/2013	8:03am	73	70	0	150	145	147	0	0	215	122	125	127
	12:49pm	70	60	0	150	145	145	0	0	200	112	108	105
17/06/2013	8:42am	50	50	0	0	0	0	0	0	0	125	130	135
	3:56pm	50	50	0	0	0	0	0	0	0	128	125	125
19/06/2013	9:04am	50	50	0	0	0	0	0	0	0	120	125	125
	9:49am	50	50	0	0	0	0	0	0	0	122	125	125
	1:41pm	50	50	0	0	0	0	0	0	0	122	124	125
	2:01pm	50	50	0	0	0	0	0	0	0	120	123	125
20/06/2013	11:02am	78	70	0	163	155	160	0	0	230	110	105	107
	11:28am	85	80	0	165	160	160	0	0	210	110	108	108
21/06/2013	9:25am	85	78	0	160	155	158	0	0	0	110	120	120
	9:58am	85	80	0	165	158	160	0	0	0	115	118	120
	1:30pm	90	85	0	170	165	165	0	0	0	115	115	118
	2:01pm	93	85	0	170	165	165	0	0	0	115	115	118

Fuente: Informe de Aplicación de metodología de Auditoría Energética

Para estimar las corrientes (F1, F2, F3) totales de cada equipo, se calcula el promedio entre ellas para luego calcular la corriente en línea (Amp) como se puede observar en la tabla 11.

## Cálculo de potencia activa para los equipos de alta tensión 13,8 kv

**Tabla 11.** Descripción técnica de equipos de alta tensión 13,8Kv de Peletización

<b>Cálculo de potencia activa para los equipos eléctricos de alta tensión 13,8 Kv del área de Peletización</b>											
<b>Equipo</b>	<b>Potencia Nominal (Kw)</b>	<b>Corriente Nominal (Amp)</b>	<b>I1 (Amp)</b>	<b>I2 (Amp)</b>	<b>I3 (Amp)</b>	<b>Corriente Línea (Amp)</b>	<b>Voltaje Línea (V)</b>	<b>Factor de Potencia</b>	<b>Potencia aparente S (KVA)</b>	<b>Potencia Activa (Kw)</b>	<b>Potencia Reactiva (KVAR)</b>
<b>BG-5002</b>	3600	204	<b>79</b>	<b>76</b>	<b>78</b>	77,7	13200	0,8	1775,7	<b>1420,6</b>	<b>2179,4</b>
<b>BG-5006</b>	4500	260	<b>171</b>	<b>173</b>	<b>172</b>	172,0	13200	0,8	3932,4	<b>3146,0</b>	<b>1354</b>
<b>BG-5015</b>	6500	360	<b>253</b>	<b>251</b>	<b>250</b>	251,3	13800	0,82	6007,4	<b>4926,1</b>	<b>1573,9</b>
<b>BH-1017</b>	3400	197	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	150	13200	0,89	3429,5	<b>2709,3</b>	<b>690,7</b>

Fuente: Visualizadores SEPAM (Sala de fuerza)

En la tabla 11 se puede observar que las potencias activas obtenidas presentan una variación elevada con respecto a las potencias nominales, mientras que solo la potencia reactiva del ventilador BG-5002 resultó tener una potencia muy elevada con respecto a la potencia activa, esto perjudica directamente al factor de potencia reduciéndolo considerablemente. A continuación se muestra en la tabla 12 el porcentaje de diferencia entre la potencia activa y la potencia nominal:

**Tabla 12.** Diferencia entre potencia nominal y potencia activa para los equipos de alta tensión 13,8 kv

<b>Equipo</b>	<b>Potencia nominal (Kw)</b>	<b>Potencia Activa (Kw)</b>	<b>Diferencia</b>	<b>%Diferencia</b>
<b>BG-5002</b>	3600	1420,6	2179,4	60,5
<b>BG-5006</b>	4500	3146,0	1454,0	31,6
<b>BG-5015</b>	6500	4926,1	1573,9	24,2
<b>BH-1017</b>	3400	2709,3	690,7	20,3

Fuente: Autor

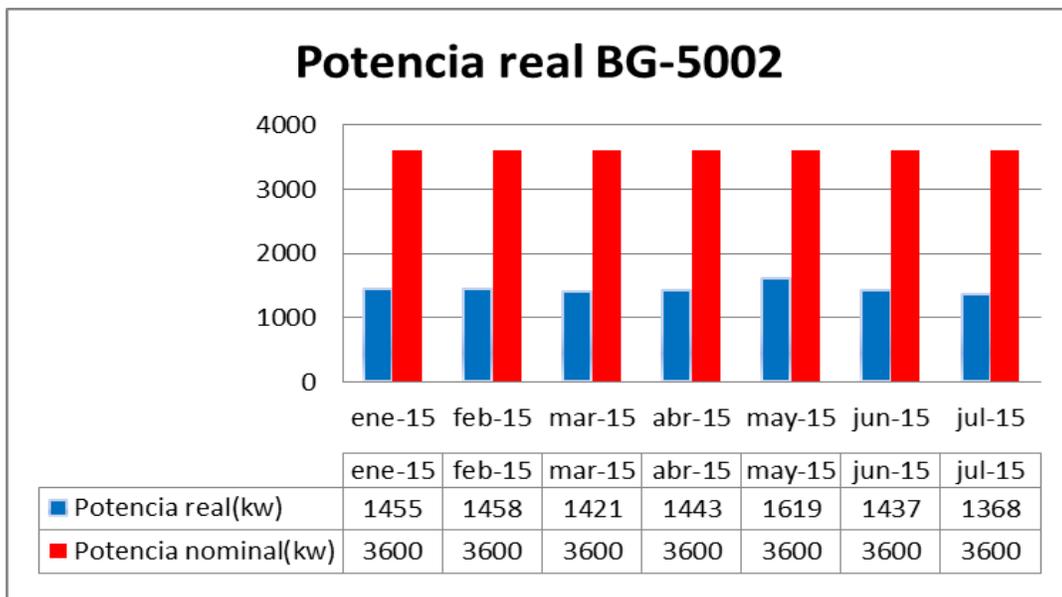
Es notable como el ventilador BG-5002 presenta una diferencia crítica del 60,5%, utilizando solo 1420,6 kw de potencia activa, le sigue el secador BG-5006 con una diferencia del 31,6%, luego el ventilador BG-5015 con 24,2% y por último el ventilador BH-1017 con una diferencia del 20,3%. Las causas de estas variaciones elevadas podrían ser por un bajo factor de potencia, el desgaste de los equipos y la falta de mantenimiento a los mismos.

### 6.1.6 Potencia real que refleja el sistema de los equipos de alta tensión 13,8kv del área Peletización

Mediante el sistema de intranet de SIDOR específicamente en el sistema de tendencias, se pueden obtener las potencias reales de los equipos de alta tensión 13,8kv con el propósito de comparar los resultados con la potencia activa obtenida anteriormente (Ver tabla 11) y verificar que sea correcta.

Se tomaron datos de las potencias reales durante una unidad de tiempo determinada y se calculó el promedio mensual, a continuación se muestran los valores obtenidos:

#### Potencia real sistema tendencia BG-5002



**Gráfico n° 25. Potencia real BG-5002 año 2015**

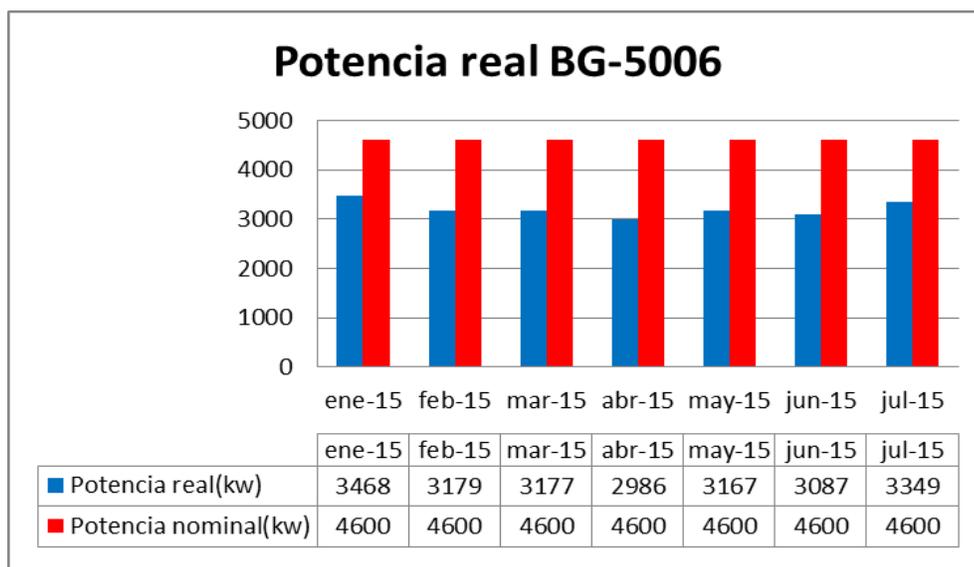
Fuente: Autor

**Potencia promedio total: 1466 Kw**

**Diferencia potencia nominal vs potencia real: 59,27%**

La potencia activa obtenida en la tabla 11 fue de 1420,6kw mientras que la potencia real obtenida por el sistema fue de 1466kw, resultando ser semejantes.

### Potencia real sistema tendencia BG-5006

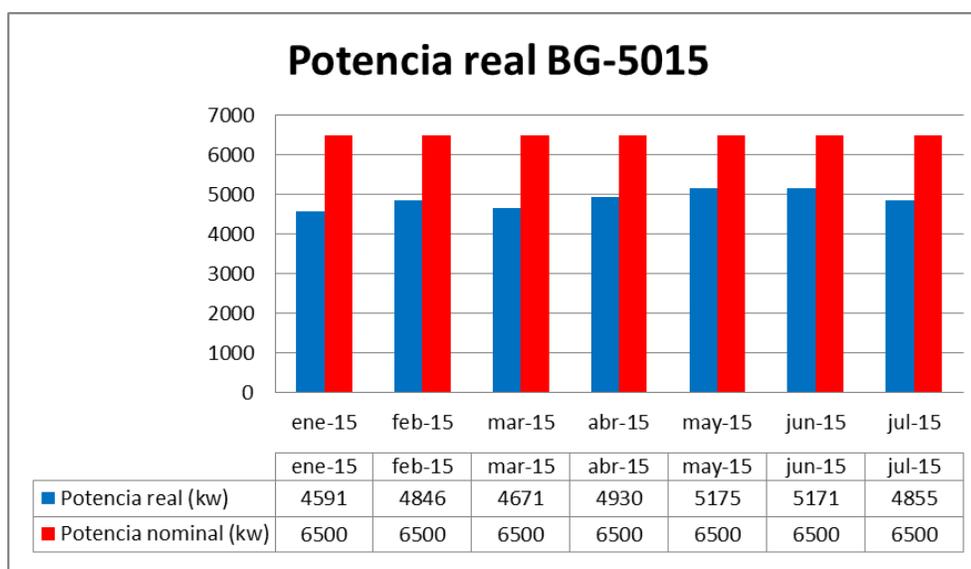


**Gráfico n° 26.** Potencia real BG-5006 año 2015

Fuente: Autor

En el caso del motor BG-5006 resultó tener una potencia activa de 3146 kw, mientras que la potencia promedio que reflejó el sistema de tendencias fue de 3189kw. Obteniendo una diferencia de la potencia nominal vs la potencia real del sistema de 30,7%.

### Potencia real sistema tendencia BG-5015

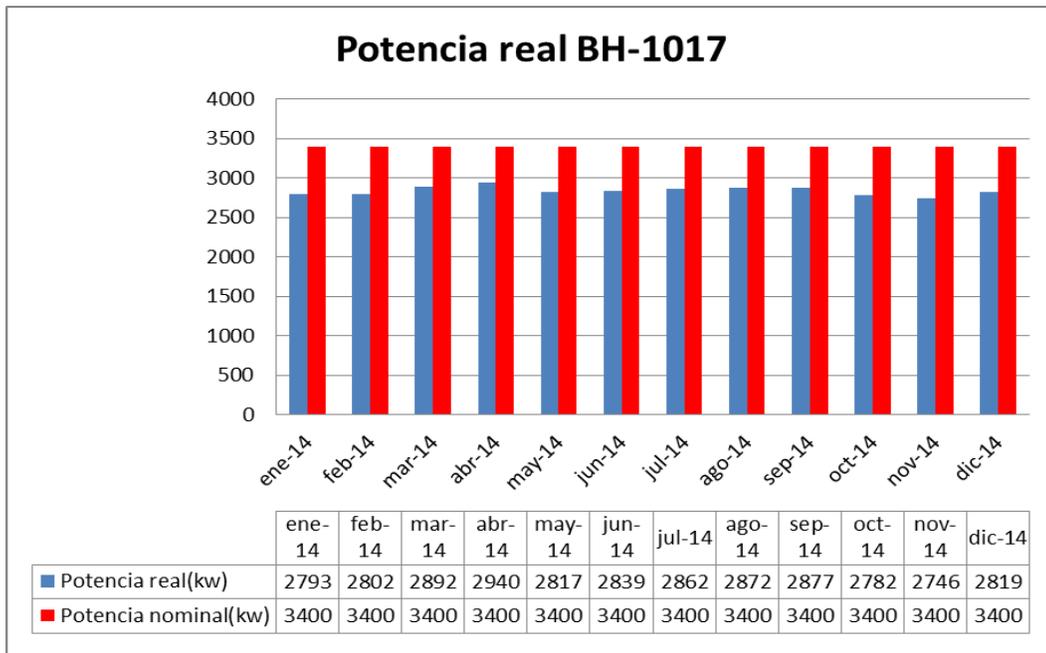


**Gráfico n° 27.** Potencia real BG-5015 año 2015

Fuente: Autor

El ventilador BG-5015 obtuvo una potencia promedio total de 4919 Kw tal como se observa en los valores de la gráfica 28, así mismo resultó de manera semejante la potencia activa de la tabla 11 con 4926,1kw, obteniendo una diferencia de la potencia nominal vs la potencia real del 24,32%

**Potencia real sistema tendencia BH-1017 año 2014**

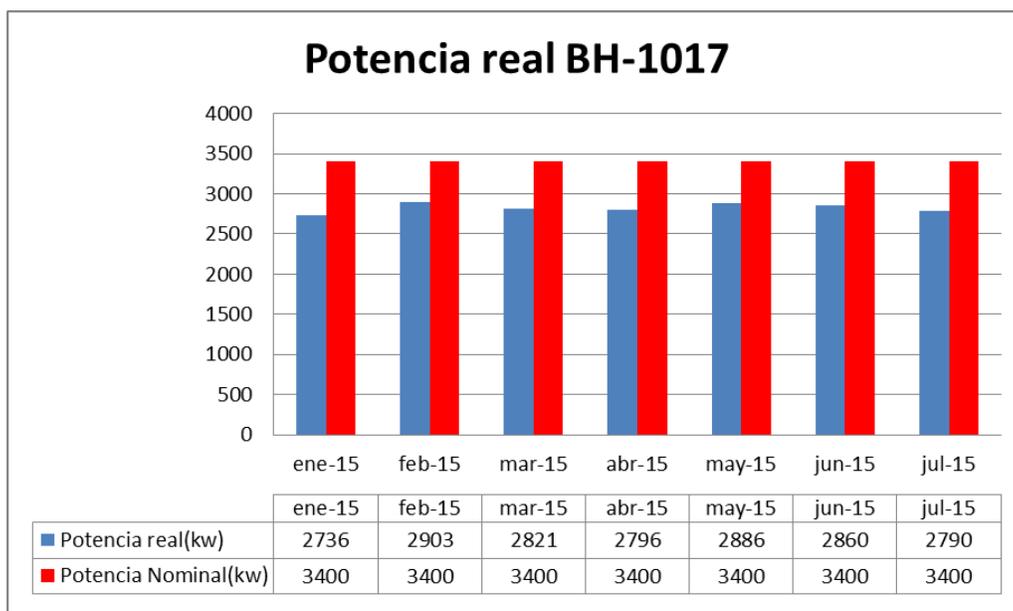


**Gráfico n° 28.** Potencia real BH-1017 año 2014

Fuente: Autor

En el año 2014 el ventilador BH-1017 obtuvo una potencia promedio real de 2837kw, de la misma manera resultó la potencia activa con 2709,3 Kw. Obteniendo una diferencia de la potencia nominal vs la potencia real del sistema del 16,8%.

### Potencia real sistema tendencia BH-1017 año 2015



**Gráfico n° 29.** Potencia real BG-1017 año 2015

Fuente: Autor

Para el año 2015 la potencia real promedio del sistema de tendencias aumento a 2828Kw, mientras que la potencia activa que refleja la tabla 11 es de 2709,3 Kw. Resultando una diferencia de potencia nominal vs la potencia real del 16,57%.

A continuación se muestra un cuadro comparativo donde muestra la potencia activa estimada (Ver tabla 11) y la potencia calculada por medio del sistema de intranet de SIDOR.

**Tabla 13.** Tabla comparativa potencia real del sistema vs potencia activa

Equipo	Potencia real sistema (Kw)	Potencia Activa (Kw)
<b>BG-5002</b>	1466	1420,6
<b>BG-5006</b>	3189	3146,0
<b>BG-5015</b>	4919	4926,1
<b>BH-1017</b>	2828	2709,3

Fuente: Autor

La potencia real del ventilador BG-5002 resultó ser de 1466 kw, la del secador BG-5006 de 3189 kw, así mismo el ventilador BG-5015 obtuvo un promedio de potencia real de 4919 kw y el ventilador BH-1017 una potencia real de 2828 kw. Por lo tanto, se puede concluir que las potencias reales obtenidas concuerdan con las potencias activas calculadas en la tabla 11, por esa razón serán utilizadas para el cálculo del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas.

También se puede concluir que el motor BG-5002 se encuentra funcionando bajo condiciones sub-estándar con una carga inferior al 50% consumiendo el doble de energía eléctrica.

## **6.2 Establecer los lineamientos de un modelo matemático basado en el cálculo del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas.**

El Departamento de Ingeniería Industrial no cuenta con un mecanismo o programa que permita calcular el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas. Por tal motivo, resulta necesario establecer los lineamientos para el diseño de un modelo matemático que calcule el consumo de energía en la Planta con el propósito de verificar que los valores que arroja el sistema sean correctos.

Inicialmente, se usó del programa de Microsoft Excel para el desarrollo del modelo matemático. Por consiguiente se elaboró un listado de los equipos según su área y clasificado cada equipo con su sistema tomando en cuenta las características principales de los equipos tales como: La potencia nominal (Kw), la marca, el voltaje(Voltios), corriente(Amp), rpm y la potencia estimada teniendo en cuenta que un equipo nunca alcanza su potencia nominal, se utilizará para el modelo el 80% de la potencia nominal de los equipos.

El modelo matemático tiene un cuadro por medio del cual serán introducidas unas variables de entrada y mediante ellas se efectuó una serie de cálculos matemáticos haciendo uso de formulas que serán explicadas posteriormente,

al introducir estas variables de entrada se obtendrán los resultados de salida.  
Las variables de entrada serán las siguientes:

### **6.2.1 Variables de entrada**

Indicadores de Gestión

- Tiempo calendario
- Tiempo no disponible
- Tiempo disponible
- Demoras operativas
- Demoras no operativas
- Tiempo efectivo
- Producción mensual (Ton/mes)
- Factura del consumo de Energía Eléctrica mensual
- Precio unitario del Kilowatts por hora (Bs/Kwh)

Estos valores serán obtenidos mediante el Sistema de gestión GESTPELLAS, donde se muestra el informe de gestión operativa (IGO), análisis de gestión operativa (AGO), informe de producción mensual y semanal entre otros, realizados por el Departamento de Ingeniería Industrial. La información del valor del precio unitario de cada kilowatts consumido fue obtenida por medio del Departamento de Servicios Industriales y tiene un costo de 0,2235 Bs/Kwh.

Cada área de la Planta de Pellas contempla una serie de sistemas los cuales cumplen con un proceso de fabricación específico, por lo tanto las variables de entrada de cada área serán diferentes, en este sentido se estudió el comportamiento de cada área para determinar las variables de entrada las cuales se muestran a continuación:

### 6.2.2 Variables de entrada para el área de manejo de materiales

El área de manejo de materiales está integrada por 10 sistemas de producción donde solo 8 se encuentran operativos, siendo estos:

- Sistema de recepción de mineral de hierro
- Sistema apilador de mineral
- Sistema recuperador de mineral
- Sistema alimentación de aditivos
- Sistema de alimentación HyL y Midrex I
- Sistema de distribución de pellas
- Sistema transporte de finos
- Sistema de recribado de pellas

En el modelo se muestra cada sistema con sus respectivos equipos de manera de llevar de forma organizada el cálculo del consumo de energía eléctrica.

Para obtener de tiempo de operación de los cuatro primeros sistemas de manejo de materiales se deben introducir las siguientes variables de entrada:

- ✓ Recepción de mineral de hierro mensual (Ton)
- ✓ Mineral de hierro que va hacia el Patio de almacenamiento (Ton)
- ✓ Mineral de hierro que va hacia Planta (Ton)

### 6.2.3 Tiempo de operación sistemas del área de manejo de materiales

**Sistema de recepción de mineral de hierro:** Para obtener el tiempo de operación del sistema de recepción de mineral se utiliza las toneladas de mineral de hierro (ton) que se reciben mensualmente por parte de Ferrominera y se dividen entre la capacidad de diseño de la cinta transportadora 522 la cual es de 2000 t/h, de manera que al hacer la división

se eliminan toneladas con toneladas quedando solo las horas de operación del sistema.

**Sistema apilador de mineral:** En el caso del sistema de apilador de mineral el tiempo de operación se obtiene mediante la diferencia entre la recepción de mineral de hierro en toneladas (ton) que se reciben mensualmente por parte de Ferrominera menos el mineral de hierro que va hacia el patio de almacenamiento de la planta (ton) de esta forma se obtiene el mineral de hierro total apilado, luego el resultado se divide entre la capacidad de diseño de la cinta transportadora 526 la cual es de 2000 t/h obteniendo el tiempo de operación del sistema.

**Sistema recuperador de mineral:** Este sistema se encarga de transportar el mineral de hierro desde la tolva de recepción hacia la planta y desde el patio de almacenamiento hacia la planta, para obtener el tiempo de operación de dicho sistema se suma el mineral de hierro en toneladas (ton) que va hacia planta desde la tolva de recepción más el mineral de hierro en toneladas (ton) que se transporta mensualmente desde el patio de almacenamiento hacia la planta y el resultado obtenido se divide entre la capacidad de diseño de la cinta transportadora 525 la cual es de 3500 t/h.

**Sistema alimentación de aditivos:** Para el proceso de fabricación de pellas además de hacer uso del mineral de hierro se añaden otros aditivos como lo son: Cal, dolomita, antracita entre otros, los cuales se encuentran ubicados en el patio de almacenamiento. El sistema de alimentación de aditivos se encarga de transportar dichos aditivos hacia la planta, al analizar esta información se concluye que el tiempo de operación de este sistema es igual al tiempo de operación del sistema de apilador de mineral.

Si bien, se tiene el tiempo de operación de los cuatro primeros sistemas del área de manejo de materiales más sin embargo aún falta por conocer el tiempo de operación de los cuatro sistemas restantes, para determinarlos se realizó una entrevista no estructurada al Jefe de Materias Primas de la Planta

de Pellas el cual conoce el proceso de producción del área de manejo de materiales con exactitud. La pregunta principal fue la siguiente: ¿Cuál es el porcentaje de operación de los sistemas de manejo de materiales con respecto a la producción mensual?, las repuestas obtenidas se describen a continuación:

**Sistema de alimentación HyL y Midrex I:** El porcentaje de operación es del 30% con respecto a la producción. Entonces, para obtener el tiempo de operación se multiplica 0,30 por el tiempo efectivo mensual.

**Sistema de distribución de pellas:** El porcentaje de operación es del 70% con respecto a la producción. Por esta razón se multiplica 0,70 por el tiempo efectivo mensual y de esa forma se obtiene el tiempo de operación del sistema.

**Sistema transporte de finos:** El tiempo de operación del sistema de transporte de fino depende directamente de la producción, es decir que será igual al tiempo efectivo mensual.

**Sistema de recribado de pellas:** Así como el sistema antes mencionado, el sistema de recribado de pellas también depende directamente de la producción, lo que indica que el tiempo de operación es igual al tiempo efectivo mensual.

Los datos de entrada del mineral de hierro que se recibe mensualmente, el mineral que va hacia patio y que va hacia planta se obtienen en la intranet de SIDOR, específicamente en el Sistema de Gestión de líneas.

#### **6.2.4 Variables de entrada para el área de preparación y molienda**

El área de preparación y molienda está comprendida por tres sistemas de producción los cuales son: Sistema de secado, sistema de molinos y sistema de mezclado, teniendo en cuenta que el tiempo de operación de los molinos y los mezcladores se pueden obtener mediante el sistema de INTRANET y que el sistema de secado trabaja en conjunto con el sistema de molino, las

variables de entrada para el área de preparación y molienda son las siguientes:

- Tiempo de operación sistema de secado (Horas)
- Tiempo de operación sistema de molinos (Horas)
- Tiempo de operación sistema de mezclado (Horas)

### **6.2.5 Variables de entrada para el área de Peletización**

El área de Peletización cuenta con los siguientes sistemas de producción: Sistema de discos peletizadores, sistema de horno, sistema de pellas quemadas y sistema de manejo de pellas verdes, y mediante consultas realizadas al personal de Ingeniería Eléctrica que laboran en la sala de fuerza se logró determinar que los sistemas anteriormente mencionados trabajan directamente con el tiempo efectivo, resultando las siguientes variables de entrada para el área de peletización:

- Tiempo de operación sistema de disco Peletizadores (Horas)
- Tiempo de operación sistema de hornos (Horas)
- Tiempo de operación sistema de pellas quemadas (Horas)
- Tiempo de operación sistema de manejo de pellas verdes (Horas)

### **6.2.6 Variables de entrada para la parte común**

Existen equipos que pertenecen a las tres áreas de la Planta de Pellas tales como el espesador y los equipos de iluminación por este motivo pertenecen al área de parte común de la Planta.

El espesador y la iluminación son equipos fijos lo que indica que trabajan directamente con el tiempo calendario, las variables de entrada para la parte común son las siguientes:

- Tiempo de operación del espesador
- Tiempo de operación iluminación

### 6.2.7 Cálculos del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas

Con solo introducir las variables de entrada no se calculará el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas, es por ello que resulta necesario realizar ciertos procedimientos e implementar formulas para la estimación del consumo, los procedimientos ejecutados y las ecuaciones formuladas se describen a continuación:

Como primer paso en el programa de Excel específicamente en las hojas de cálculo de manejo de materiales, de preparación y molienda y peletización se realizó una sumatoria de las potencias estimadas de los equipos por sistema, y posteriormente se agregó una columna donde se especifica la cantidad de equipos instalada y la cantidad de equipos en servicio.

Por consiguiente se implementaron las siguientes ecuaciones para obtener el consumo de energía eléctrica por sistema, por área y el consumo total de toda la Planta:

### 6.2.8 Cálculo de energía eléctrica por sistema

#### **Consumo EE sistemas del área de manejo de materiales**

#### **-Consumo EE sistema de recepción de mineral de hierro**

*Consumo EE sistema recepción mineral de hierro =*

$$\frac{\text{Recepción mineral de hierro mensual}}{\text{Capacidad cinta transportadora 522}} *$$

$$\sum \text{Sumatoria estimada del sistema} * \text{cant. equipos inst.}$$

#### **-Consumo EE sistema apilador de mineral**

*Consumo EE sistema apilador de mineral =*

$$\frac{\text{Recepción de mineral de hierro mensual} - \text{mineral de tolva hacia patio}}{\text{Capacidad cinta transportadora 525}} *$$

$$\sum \text{Sumatoria estimada del sistema} * \text{cant. equipos inst.}$$

### **-Consumo EE sistema recuperador de mineral**

$$= \frac{\text{Consumo EE sistema recuperador de mineral}}{\text{Recepción de mineral de hierro mensual + mineral de hierro de tolva hacia planta}} * \frac{\text{Capacidad cinta transportadora 526}}{\sum \text{Sumatoria estimada del sistema} * \text{cant. equipos inst.}}$$

### **-Consumo EE sistema alimentación de aditivos**

$$\text{Consumo EE sistema de alimentación de aditivos} = \frac{\text{Recepción de mineral de hierro mensual - mineral de tolva hacia patio}}{\text{Capacidad cinta transportadora 525}} * \sum \text{Sumatoria estimada del sistema} * \text{cant. equipos inst.}$$

### **-Consumo EE sistema de alimentación HyL y Midrex I**

$$\text{Consumo EE sistema de alimentación HyL y Midrex I} = 0,30 * \text{Tiempo efectivo} * \text{cant. equipos inst.} * \sum \text{potencia estimada del sistema}$$

### **-Consumo EE sistema de distribución de pellas**

$$\text{Consumo EE sistema distribución de pellas} = 0,70 * \text{Tiempo efectivo} * \text{cant. equipos inst.} * \sum \text{potencia estimada del sistema}$$

### **-Consumo EE sistema transporte de fino**

$$\text{Consumo EE sistema transporte de fino} = \text{Tiempo efectivo} * \text{cant. equipos inst.} * \sum \text{potencia estimada del sistema}$$

### **-Consumo EE sistema de recribado de pellas**

$$\text{Consumo EE sistema de recribado de pellas} = \text{Tiempo efectivo} * \text{cant. equipos inst.} * \sum \text{potencia estimada del sistema}$$

### **Consumo EE sistemas del área de preparación y molienda**

#### **Consumo EE sistema de secado**

Es importante resaltar que el tiempo de operación del sistema de secado es igual al tiempo de operación del sistema de molinos y se obtiene en el sistema de intranet de SIDOR obteniendo el tiempo promedio neto de los molinos.

$$\text{Consumo EE sistema de secado} = \text{Tiempo neto promedio molinos} * \text{cant. equipos. inst} * \sum \text{potencia estimada del sistema}$$

#### **Consumo EE sistema molienda**

$$\text{Consumo EE sistema de molienda} = \text{Tiempo neto promedio molinos} * \text{cant. equipos. inst} * \sum \text{potencia estimada del sistema}$$

#### **Consumo EE sistema mezclado**

$$\text{Consumo EE sistema de mezclado} = \text{Tiempo neto promedio mezcladores} * \text{cant. equipos. inst} * \sum \text{potencia estimada del sistema}$$

### **Consumo EE sistemas del área de peletización**

#### **Consumo EE sistema de discos peletizadores**

$$\begin{aligned} & \text{Consumo EE sistema de discos peletizadores} = \\ & \text{Tiempo efectivo} * \text{cant. equipos. inst} * \sum \text{potencia estimada del sistema} \end{aligned}$$

#### **Consumo EE sistema de hornos**

$$\begin{aligned} & \text{Consumo EE sistema de hornos} = \\ & \text{Tiempo efectivo} * \text{cant. equipos. inst} * \sum \text{potencia estimada del sistema} \end{aligned}$$

#### **Consumo EE sistema de pellas verdes**

$$\begin{aligned} & \text{Consumo EE sistema de pellas verdes} = \\ & \text{Tiempo efectivo} * \text{cant. equipos. inst} * \sum \text{potencia estimada del sistema} \end{aligned}$$

#### **Consumo EE sistema de manejo de pellas quemadas**

$$\begin{aligned} & \text{Consumo EE sistema de mezclado} = \\ & \text{Tiempo efectivo} * \text{cant. equipos. inst} * \sum \text{potencia estimada del sistema} \end{aligned}$$

### **Consumo EE sistemas del área de Parte común**

#### **Consumo EE espesador**

$$\begin{aligned} & \text{Consumo EE espesador} = \\ & \text{Tiempo calendario} * \text{cant. equipos. inst} * \sum \text{potencia del sistema} \end{aligned}$$

#### **Consumo EE sistema de iluminación**

$$\text{Consumo EE sistema de iluminación} = \text{Tiempo calendario} * \text{cant. equipos. inst} * \sum \text{potencia del sistema}$$

### 6.2.9 Cálculo de energía eléctrica por área

Al obtener el consumo de energía eléctrica por sistemas se puede calcular el consumo de EE por área al realizar una sumatoria del consumo de los sistemas que conforman el área de manejo de materiales, preparación y molienda y peletización, como se muestra en las siguientes ocasiones:

#### Consumo EE área de manejo de materiales

$$\begin{aligned} \text{Consumo EE área manejo de materiales} = & \\ & (\text{Consumo EE sistema de recepción mineral de hierro} + \\ & \text{Consumo EE sistema apilador de mineral} + \\ & \text{Consumo EE sistema recuperador de mineral} + \\ & \text{Consumo EE sistema alimentación aditivos} + \\ & \text{Consumo EE sistema alimentación HyL y Midrex I} + \\ & \text{Consumo EE sistema distribución de pellas} + \\ & \text{Consumo EE sistema transporte de fino} + \\ & \text{Consumo EE sistema recibado de pellas}) \end{aligned}$$

#### Consumo EE área de preparación y molienda

$$\begin{aligned} \text{Consumo EE área preparación y molienda} = & \\ & (\text{Consumo EE sistema de secado} + \text{Consumo EE sistema de molienda} \\ & + \text{Consumo EE sistema de mezclado}) \end{aligned}$$

#### Consumo EE área de peletización

$$\begin{aligned} \text{Consumo EE área de peletización} = & \\ & \text{Consumo EE sistema de discos peletizadores} \\ & + \text{Consumo EE sistema de hornos} \\ & + \text{Consumo EE sistema de pellas quemadas} \\ & + \text{Consumo EE sistemas de manejo de pellas verdes} \end{aligned}$$

## Consumo EE área parte común

$$\text{Consumo EE área parte común} = \\ \text{Consumo EE espesador} + \text{Consumo EE sistema de iluminación}$$

### 6.2.10 Cálculo de energía eléctrica total Planta de Pellas

Para calcular el consumo de energía eléctrica total en la Planta de Pellas se debe sumar el consumo de energía de cada área de la Planta. Como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo EE total Planta de Pellas} = \\ (\text{Consumo EE área de manejo de materiales} \\ + \text{Consumo EE área preparación y molienda} + \\ \text{Consumo EE peletización} + \text{Consumo EE área común})$$

Todos los valores de consumo calculados mediante estas ecuaciones resultarán en (Kwh/ton), si se quiere obtener en (Mwh/ton), se debe dividir el resultado del consumo entre 1.000. Es el caso del modelo que mostrará el consumo tanto en Kilowatts como en Megawatts.

Una vez que se obtiene el cálculo de energía total se calcula el consumo específico de energía eléctrica (Kwh/ton) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo específico} = \frac{\text{Consumo EE total Planta de Pellas}}{\text{Producción mensual}}$$

### 6.2.11 Costo de consumo de energía eléctrica de la Planta de Pellas

Al conocer el valor del precio unitario por cada kilowatts consumido (0,2235 Bs/Kwh) se puede calcular el costo del consumo por área y el costo del consumo total, por medio de las siguientes formulas:

*Costo de consumo área de manejo de materiales*

$$= 0.2235 * \text{Consumo EE manejo de materiales}$$

*Costo de consumo área de preparación y molienda*

$$= 0.2235 * \text{Consumo EE preparación y molienda}$$

*Costo de consumo área de peletización*

$$= 0.2235 * \text{Consumo EE peletización}$$

*Costo de consumo total planta de pellas*

$$= 0.2235 * \text{Consumo EE total planta de pellas}$$

### Indicadores

Otros elementos que el modelo matemático será capaz de calcular son los indicadores tales como: la utilización disponible, utilización neta y productividad neta, haciendo uso de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Utilización disponible} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo calendario}}$$

$$\text{Utilización neta} = \frac{\text{Tiempo efectivo}}{\text{Tiempo disponible}}$$

$$\text{Productividad neta} = \frac{\text{Producción mensual}}{\text{Tiempo efectivo}}$$

### **Porcentaje de diferencia Factura Vs. Modelo**

De igual forma, el modelo matemático podrá estimar el porcentaje de diferencia que exista entre el valor que refleja la factura de consumo de y el valor que arroje el modelo, mediante la siguiente fórmula:

$$\%Diferencia = \frac{(Consumo EE modelo - Consumo EE factura)}{Consumo EE factura} * 100$$

#### **6.2.12 Variables de salida**

Al introducir las variables de entrada se ejecutaran las ecuaciones descritas anteriormente obteniéndose las variables de salida señaladas a continuación:

##### **Consumo EE por sistema**

##### **Manejo de Materiales**

- Sistema de recepción de mineral de hierro (Kwh/mes)
- Sistema apilador de mineral (Kwh/mes)
- Sistema recuperador de mineral (Kwh/mes)
- Sistema alimentación aditivos (Kwh/mes)
- Sistema alimentación HyL y Midrex I (Kwh/mes)
- Sistema de distribución de pellas (Kwh/mes)
- Sistema transporte de finos (Kwh/mes)
- Sistema de recribado de pellas (Kwh/mes)

##### **Preparación y molienda**

- Sistema de secado (Kwh/mes)
- Sistema de molienda (Kwh/mes)
- Sistema de mezclado (Kwh/mes)

##### **Peletización**

- Sistema de discos peletizadores (Kwh/mes)
- Sistema de horno (Kwh/mes)
- Sistema de manejo de pellas verdes (Kwh/mes)
- Sistema pellas quemadas (Kwh/mes)

### **Consumo por área**

- Manejo de materiales (Kwh/mes)
- Preparación y Molienda (Kwh/mes)
- Peletización (Kwh/mes)
- Parte común (Kwh/mes)

### **Consumo de energía eléctrica total**

- Consumo TOTAL de planta de pellas (Kwh/mes)
- Consumo específico (Kwh/ton)

### **Costo del consumo por área**

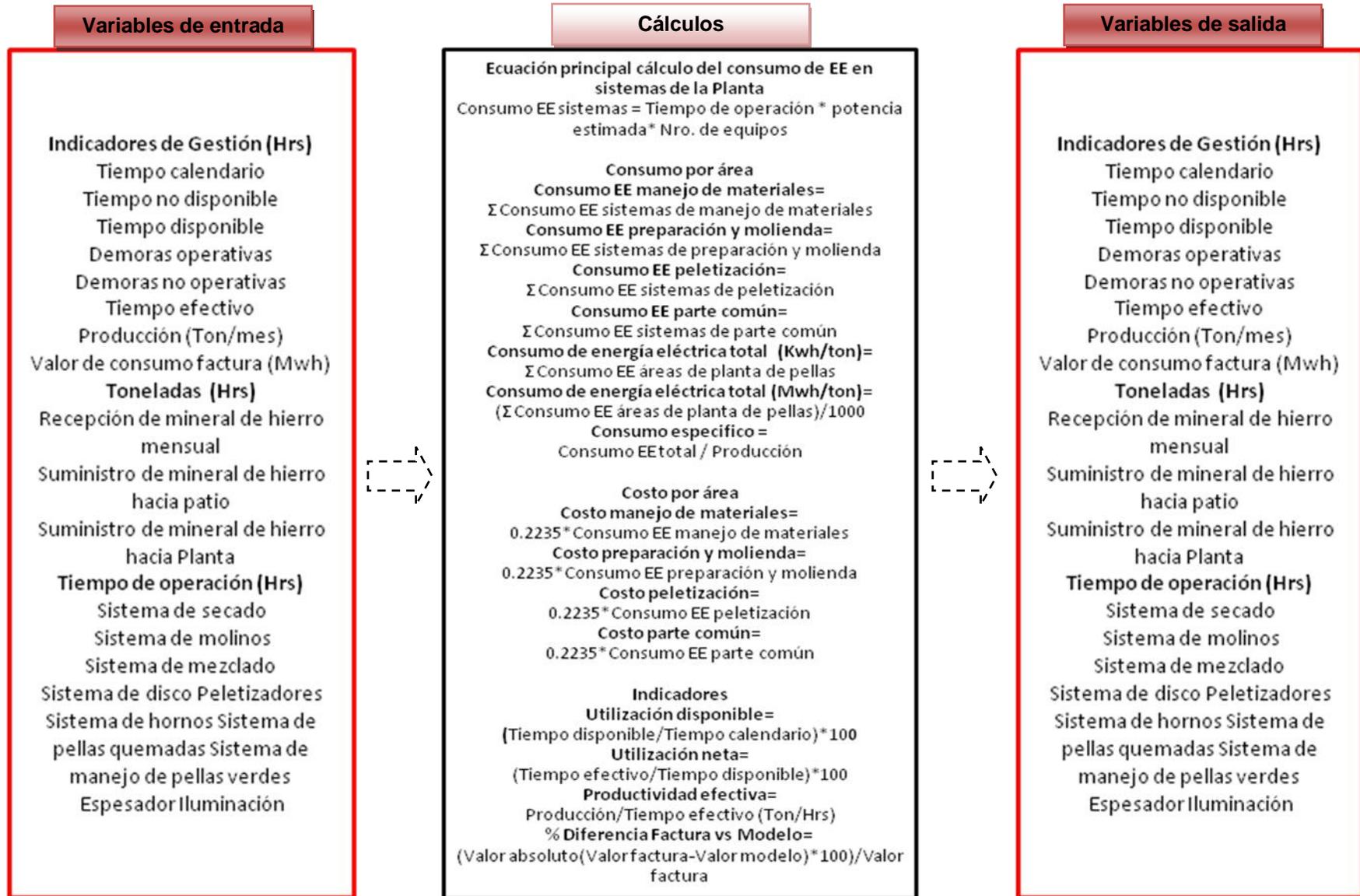
- Manejo de materiales (Bs/Kwh)
- Preparación y Molienda (Bs/Kwh)
- Peletización (Bs/Kwh)
- Parte común (Bs/Kwh)

### **Indicadores**

- Utilización Disponible (%)
- Utilización Neta (%)
- Productividad Efectiva

**Porcentaje de diferencia entre factura y modelo**

## Algoritmo del modelo matemático de consumo EE de la Planta de Pellas



**Gráfico n° 30.** Algoritmo modelo matemático de consumo de energía eléctrica de la Planta de Pellas

En la gráfica 30 se muestra el algoritmo del modelo matemático de manera que se tenga una mejor comprensión de las variables de entrada, los cálculos que se efectúan y las variables de salida que se generan.

### 6.2.13 Consumo de EE de la Planta de Pellas para el año 2014

Una vez establecidas las variables de entrada, las ecuaciones a implementar y las variables de salida para el modelo de consumo de energía eléctrica se procede a recolectar los datos de entrada para calcular el consumo de energía para el año 2014, los datos obtenidos se muestran a continuación:

#### Tabla de variables de entrada producción y facturas

**Tabla 14.** Variables de entrada modelo, Producción y Facturas

<i>Mes</i>	<i>Producción (Ton/mes)</i>	<i>Facturas(Mvh)</i>
<i>ene-14</i>	208862	18.822
<i>feb-14</i>	23453	3.332
<i>mar-14</i>	107707	10.725
<i>abr-14</i>	210606	18.800
<i>may-14</i>	77432	9.735
<i>jun-14</i>	206349	16.900
<i>jul-14</i>	210119	17.840
<i>ago-14</i>	124265	11.452
<i>sep-14</i>	263568	20.001
<i>oct-14</i>	209255	17.043
<i>nov-14</i>	166250	13.974
<i>dic-14</i>	174643	16.437

Fuente: Autor

Se utilizó la producción mensual para calcular el consumo específico de la Planta de Pellas y los valores de las facturas para compararlos con los resultados que arroje el modelo matemático.

## Tabla de variables de entrada indicadores de gestión

**Tabla 15.** Variables de entrada modelo indicadores de gestión

<i>Mes</i>	<i>Tiempo calendario (Hrs)</i>	<i>Tiempo no disponible (Hrs)</i>	<i>Tiempo disponible (Hrs)</i>	<i>Demoras operativas (Hrs)</i>	<i>Demoras no operativas (Hrs)</i>	<i>Tiempo efectivo (Hrs)</i>
<b>ene-14</b>	744	29	715	1,49	73	641
<b>feb-14</b>	672	601	71	0	0	71
<b>mar-14</b>	744	370	373,5	4,26	61	308
<b>abr-14</b>	740	131	609,4	2,85	21	595
<b>may-14</b>	744	482	262,0	8,68	62	191
<b>jun-14</b>	740	159	580,9	1,81	52	527
<b>jul-14</b>	744	124	619,7	3,27	55	561
<b>ago-14</b>	744	400	343,8	0,93	22	321
<b>sep-14</b>	740	47	692,5	1,50	63	628
<b>oct-14</b>	744	133	610,7	3,04	77,4	530
<b>nov-14</b>	740	229	511,1	26,20	46,0	439
<b>dic-14</b>	744	69	674,9	21,09	112,4	541

Fuente: Autor

## Variables de entrada para el área de manejo de materiales

**Tabla 16.** Variables de entrada manejo de materiales

<i>Mes</i>	<i>Recepción Mineral(Ton)</i>	<i>Tolva(Ton)</i>	<i>Patio(Ton)</i>
<b>ene-14</b>	326939	157048	74165
<b>feb-14</b>	69668	13748	9588
<b>mar-14</b>	114796	96315	26741
<b>abr-14</b>	272851	155498	87136
<b>may-14</b>	129341	78527	9489
<b>jun-14</b>	204101	151211	80918
<b>jul-14</b>	164994	109523	127257
<b>ago-14</b>	166939	84703	53589
<b>sep-14</b>	314471	209428	83822
<b>oct-14</b>	235174	142738	92890
<b>nov-14</b>	176451	125287	61546
<b>dic-14</b>	187939	104657	90075

Fuente: Autor

## Variables de entrada para el área de Preparación y Molienda

**Tabla 17.** Variables de entrada preparación y molienda

<i>Mes</i>	<i>Sistema Secadores(Hrs)</i>	<i>Sistema Molinos(Hrs)</i>	<i>Sistema Mezcladores(Hrs)</i>
<b>ene-14</b>	262	262	357
<b>feb-14</b>	43	43	229
<b>mar-14</b>	208	208	315
<b>abr-14</b>	468	468	423
<b>may-14</b>	194	194	469
<b>jun-14</b>	420	420	604
<b>jul-14</b>	405	405	616
<b>ago-14</b>	242	242	515
<b>sep-14</b>	332	332	646
<b>oct-14</b>	423	423	613
<b>nov-14</b>	245	245	372
<b>dic-14</b>	357	357	546

Fuente: Autor

## Variables de entrada para el área de Peletización

**Tabla 18.** Variables de entrada peletización

<i>Mes</i>	<i>Sistema de Discos Peletizadores(Hrs)</i>	<i>Sistema de hornos (Hrs)</i>	<i>Sistema de pellas quemadas(Hrs)</i>	<i>Sistema de manejo de pellas verdes(Hrs)</i>
<b>ene-14</b>	641	641	641	641
<b>feb-14</b>	71	71	71	71
<b>mar-14</b>	308	308	308	308
<b>abr-14</b>	595	595	595	595
<b>may-14</b>	191	191	191	191
<b>jun-14</b>	527	527	527	527
<b>jul-14</b>	561	561	561	561
<b>ago-14</b>	321	321	321	321
<b>sep-14</b>	628	628	628	628
<b>oct-14</b>	530	530	530	530
<b>nov-14</b>	439	439	439	439
<b>dic-14</b>	541	541	541	541

Fuente: Autor

De manera de hacer una demostración del funcionamiento del modelo, se procedió a introducir las variables de entrada del mes de Enero del 2014, como se muestra en el gráfico 31.

<b>Mes</b>	ene-14
------------	--------

#### VARIABLES DE ENTRADA

Indicadores de gestión	Horas/mes
Tiempo calendario	<b>744,00</b>
Tiempo no disponible	<b>28,68</b>
Tiempo disponible	<b>715,32</b>
Demoras operativas	<b>1,51</b>
Demoras no operativas	<b>72,67</b>
Tiempo efectivo	<b>641,13</b>

Producción (Ton/mes)	<b>208.862</b>
Valor de consumo factura (Mwh)	<b>18.822</b>

Manejo de Materiales	
<b>Sistema de Recepción, Apilamiento y Recuperación de Mineral de Hierro</b>	<b>Toneladas</b>
Recepción de mineral de hierro mensual (Ton)	<b>326.939</b>
Mineral de tolva de recepción hacia patio (Ton)	<b>157.048</b>
Suministro de mineral de hierro de tolva de recepción + suministro recuperador hacia Planta (Ton)	<b>74.165</b>

Preparación y Molienda	Tiempo de Operación
<b>Sistemas</b>	<b>Horas/mes</b>
Sistema de secado	<b>262</b>
Sistema de molinos	<b>262</b>
Sistema de mezclado	<b>357</b>

Peletización	Tiempo de Operación
<b>Sistemas</b>	<b>Horas/mes</b>
Sistema de disco Peletizadores	<b>641</b>
Sistema de hornos	<b>641</b>
Sistema de pellas quemadas	<b>641</b>
Sistema de manejo de pellas verdes	<b>641</b>

Área común	Tiempo de Operación
Equipo	Horas/mes
Espesador	744
Iluminación	744

PRECIO UNITARIO (Bs/kwh)	0,2235
--------------------------	--------

**Gráfico n° 31.** Variables de entrada del modelo de consumo de EE  
Fuente: Modelo matemático de consumo de EE Planta de Pellas

A través de las ecuaciones descritas anteriormente, se obtuvieron las variables de salida presentadas a continuación:

#### DATOS DE SALIDA

##### CARGA NOMINAL POR ÁREA

ÁREA	Kw	%
Manejo de materiales	8.553,98	17,54
Preparación y Molienda	18.341,65	37,61
Peletización	21873,88	44,85

<b>Potencia TOTAL Planta de Pellas</b>	<b>48.769,51</b>	<b>100</b>
--	------------------	------------

##### CONSUMO POR SISTEMA

Manejo de Materiales	Kwh/mes	Mwh/mes	%
Sistema de recepción de mineral de hierro	84.782,96	84,8	4,9
Sistema apilador de mineral	51.323,35	51,3	3,0
Sistema recuperador de mineral	160.545,20	160,5	9,3
Sistema alimentación aditivos	23.076,28	23,1	1,3
Sistema alimentación HyL y Midrex I	84.306,29	84,3	4,9
Sistema de distribución de pellas	323.821,64	323,8	18,7
Sistema transporte de finos	17.643,95	17,6	1,0
			<b>100,0</b>

Preparación y Molienda	Kwh/mes	Mwh/mes	%
Sistema de secado	809.787,16	809,79	20,64
Sistema de molienda	2.738.230,72	2.738,23	69,78
Sistema de mezclado	375.849,60	375,85	9,58
			100,00

Peletización	Kwh/mes	Mwh/mes	%
Sistema de discos	644.240,15	644,24	6,49
Sistema de manejo de pellas verdes	435.226,01	435,23	4,38
Sistema de horno	6.505.885,28	6.505,89	65,50
Ventiladores fijos	2.183.116,60	2.183,12	21,98
Sistema pellas quemadas	164.540,10	164,54	1,66
			100

#### CONSUMO POR ÁREA

ÁREA	Kwh/mes	Mwh/mes	%
Manejo de materiales	1.730.303,98	1.730,30	10,03
Preparación y Molienda	3.923.867,48	3.923,87	22,75
Peletización	9.933.008,15	9.933,01	57,59
Parte común	1.661.672,76	1.661,67	9,63
			100,00

<b>CONSUMO TOTAL PLANTA DE PELLAS</b>	<b>17.248.852,37</b>	<b>17.248,85</b>
---------------------------------------	----------------------	------------------

<b>CONSUMO ESPECIFICO (Kwh/ton)</b>	<b>82,6</b>
-------------------------------------	-------------

#### COSTO DEL CONSUMO

ÁREA	Kwh/mes	Bs
Manejo de materiales	1.730.303,98	386.722,94
Preparación y Molienda	3.923.867,48	876.984,38
Peletización	9.933.008,15	2.220.027,32
Parte común	1.661.672,76	371.383,86

## INDICADORES

Utilización Disponible (%)	96,1
Utilización Neta (%)	89,6
Productividad Efectiva	325,8

%Diferencia Factura vs Modelo	8,36
-------------------------------	------

### Gráfico n° 32. Variables de salida del modelo de consumo de EE

Fuente: Modelo matemático de consumo de EE Planta de Pellas

Los resultados arrojados por el modelo de consumo reflejan que en el mes Enero del 2014 hubo un consumo de energía eléctrica de **17.271 Mwh**, mientras que la factura refleja un consumo de **18.822 Mwh** resultando una diferencia del 8.4%, por consiguiente fueron introducidas las variables de entrada de los meses restantes del año de manera de calcular el consumo de energía eléctrica total del 2014 de la Planta de pellas, los resultados obtenidos se muestran a continuación:

### Consumo Energía Eléctrica por área año 2014

Tabla 19. Consumo de energía eléctrica por área MODELO

Mes	Manejo de materiales(Mwh)	Preparación y Molienda(Mwh)	Peletización (Mwh)	Parte común(Mwh)
ene-14	1.756,27	3.928,39	9.924,52	1.661,63
feb-14	214,04	824,14	1.074,92	1.468,35
mar-14	830,00	3.151,97	4.873,43	1.878,48
abr-14	1.579,57	7.445,06	8.941,23	1.836,25
may-14	561,83	3.124,27	3.112,26	2.109,04
jun-14	1.427,05	6.330,80	8.145,77	1.602,10
jul-14	1.467,29	6.140,04	8.682,31	1.656,59
ago-14	892,91	3.823,54	4.930,91	1.641,19
sep-14	1.762,04	5.547,90	9.712,21	2.069,39
oct-14	1.452,34	6.380,95	8.273,71	1.654,57
nov-14	1.189,31	3.713,67	6.863,69	1.596,44
dic-14	1.419,50	5.478,67	8.605,75	1.655,30

Fuente: Modelo matemático de consumo de EE Planta de Pellas

## Costo de Consumo Energía Eléctrica por área año 2014

Tabla 20. Costo consumo por área

Mes	Costo manejo de materiales (bs/kwh)	Costo Prep. Molienda (bs/kwh)	Costo Peletización (bs/kwh)	Costo Parte común(bs/kwh)
ene-14	392.527,35	877.994,55	2.218.131,24	371.374,97
feb-14	47.837,27	184.195,57	240.245,69	328.175,81
mar-14	185.503,89	704.464,68	1.089.211,22	419.840,21
abr-14	353.034,05	1.663.970,38	1.998.364,88	410.401,07
may-14	125.569,33	698.273,94	695.589,28	471.371,51
jun-14	318.946,29	1.414.933,55	1.820.579,49	358.069,74
jul-14	327.938,24	1.372.299,59	1.940.496,17	370.248,10
ago-14	199.565,96	854.561,99	1.102.058,92	366.805,70
sep-14	393.816,27	1.239.955,41	2.170.678,19	462.507,68
oct-14	324.599,06	1.426.142,77	1.849.174,78	369.797,09
nov-14	265.811,68	830.005,49	1.534.034,59	356.805,41
dic-14	317.257,64	1.224.482,37	1.923.385,44	369.958,87

Fuente: Modelo matemático de consumo de EE Planta de Pellas

## VARIABLES DE SALIDA INDICADORES DE GESTIÓN AÑO 2014

Tabla 21. Indicadores de gestión MODELO

Mes	Utilización disponible	Utilización neta	Productividad Efectiva
ene-14	96,10	89,58	326,09
feb-14	10,57	100,00	330,32
mar-14	50,3	82,6	348,9
abr-14	84,7	96,0	359,6
may-14	35,2	73,0	404,7
jun-14	80,7	90,7	391,4
jul-14	83,3	90,6	374,1
ago-14	46,2	93,3	387,0
sep-14	96,3	90,7	419,4
oct-14	82,1	86,8	394,7
nov-14	71,0	85,9	378,9

Fuente: Modelo matemático de consumo de EE Planta de Pellas

## Consumo total y consumo específico de la Planta de Pellas año 2014

Tabla 22. Consumo total y consumo específico de energía eléctrica 2014 MODELO

Mes	Consumo específico real 2014 (Kwh/t)	Consumo específico MODELO 2014 (Kwh/t)	Diferencia	%Diferencia
ene-14	89,0	82,7	6,28	7,06
feb-14	144,9	152,7	7,84	5,41
mar-14	100,1	99,7	0,47	0,47
abr-14	90,0	94,0	4,07	4,53
may-14	126,8	115,0	11,79	9,29
jun-14	82,0	84,8	2,84	3,47
jul-14	83,9	85,4	1,52	1,82
ago-14	92,4	90,8	1,55	1,68
sep-14	76,5	72,4	4,08	5,33
oct-14	80,8	84,9	4,05	5,01
nov-14	83,4	80,4	3,04	3,65
dic-14	93,4	98,3	4,87	5,21
<b>PROM</b>				<b>4,37</b>

Fuente: Modelo matemático de consumo de EE Planta de Pellas

### Gráfica consumo específico real vs modelo

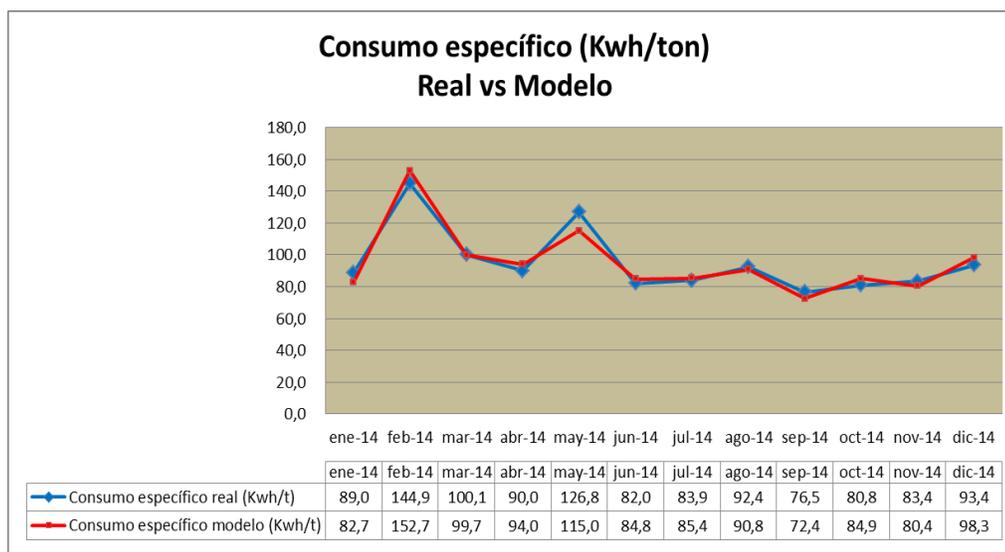


Gráfico n° 33. Gráfica de consumo específico REAL 2014 vs MODELO 2014

Fuente: Autor

El gráfico 33 muestra que el consumo específico que arroja el modelo sigue la tendencia del consumo específico real obteniendo una diferencia del 4,37%, comprobando la efectividad del modelo matemático de consumo.

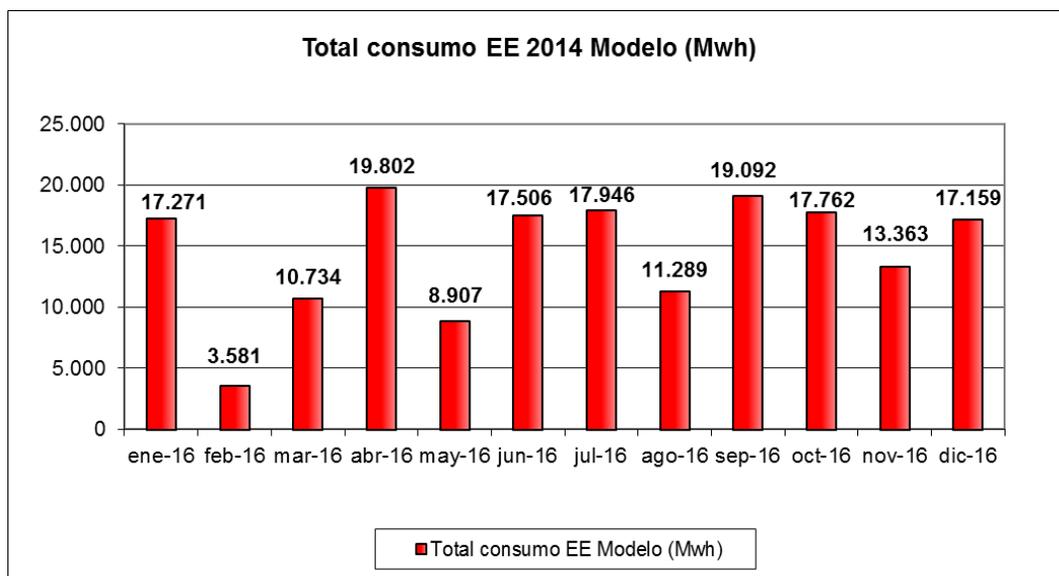
**Tabla comparativa consumo modelo en Mwh vs Facturas**

**Tabla 23.** Consumo TOTAL de energía eléctrica 2014 MODELO

Mes	Facturas 2014 (Mvh)	TOTAL CONSUMO MODELO 2014 (Mwh)	Diferencia	%Diferencia
ene-14	18.822	17.270	1551	8,24
feb-14	3.332	3.581	249	7,49
mar-14	10.725	10.733	8,87	0,08
abr-14	18.800	19.802	1002	5,33
may-14	9.735	8.907	827	8,50
jun-14	16.900	17.505	605	3,58
jul-14	17.840	17.946	106	0,60
ago-14	11.452	11.288	163	1,43
sep-14	20.001	19.091	909	4,55
oct-14	17.043	17.761	718	4,22
nov-14	13.974	13.363	610	4,37
dic-14	16.437	17.159	722	4,39
<b>PROM</b>				<b>4,40</b>

Fuente: Modelo matemático de consumo de EE Planta de Pellas

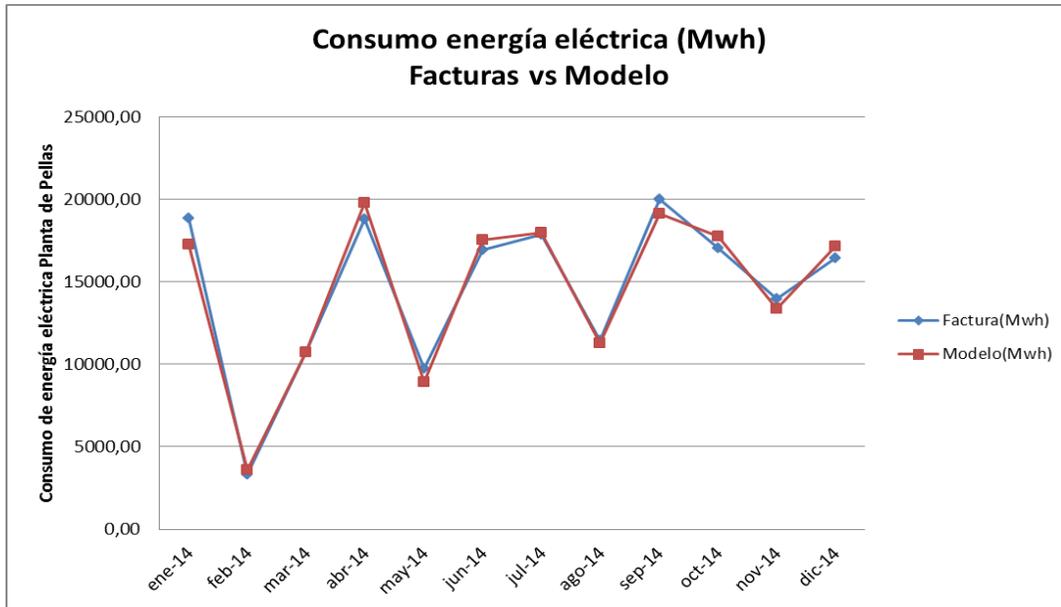
**Gráfico consumo total energía eléctrica 2014 en la Planta de Pellas**



**Gráfico n° 34.** Gráfica de consumo de energía eléctrica 2014 MODELO

Fuente: Autor

### Gráfico consumo energía eléctrica Facturas vs Modelo



**Gráfico n° 35.** Gráfica de FACTURAS 2014 vs MODELO 2014  
Fuente: Autor

Al observar los resultados obtenidos en las gráficas 34 y 35 se puede concluir que el modelo matemático arroja resultados cercanos a la realidad con un porcentaje de diferencia del 4,40%. Además es importante destacar el área de peletización resultó ser el área con mayor consumo y mayor costo, le sigue el área de peletización y por último el área de manejo de materiales.

#### 6.2.14 Proyección de consumo EE para el año 2016 en la Planta de Pellas

El modelo matemático además de calcular el consumo de energía eléctrica para un tiempo en pasado, también está orientado en ser un modelo proyectivo, por esta razón se realizó el cálculo de proyección de consumo de energía eléctrica para el año 2016, las variables de entrada fueron obtenidas mediante el formato POA 2016, en el cual el Departamento de Ingeniería Industrial estima los indicadores de gestión (Tiempo Calendario, tiempo no

disponible, tiempo disponible, tiempo efectivo y producción) según las paradas programadas y no programadas que estén planificadas para dicho año. Para obtener el mineral de hierro mensual de cada mes se multiplicó la productividad tecnológica (Kg/ton) por la producción proyectada y se estima que el 30% de dicho mineral va hacia patio y el 70% va hacia planta. Las variables de entrada obtenidas para el cálculo de consumo de EE para el año 2016 son las siguientes:

### Variables de entrada año 2016

#### Variables de entrada indicadores de gestión

**Tabla 24.** Variables de entrada indicadores de gestión cálculo de consumo EE 2016

#### MODELO

<b>MES</b>	<b>Producción (Ton/mes)</b>	<b>Tiempo calendario (Horas)</b>	<b>Tiempo no disponible (Horas)</b>	<b>Tiempo disponible (Horas)</b>	<b>Demoras operativas (Horas)</b>	<b>Demoras no operativas (Horas)</b>	<b>Tiempo efectivo (Horas)</b>
<b>ene-16</b>	134.560,8	744	386,9	357,1	0,72	6,86	330
<b>feb-16</b>	0	696	696,0	0,0	0,72	6,86	0
<b>mar-16</b>	143.278,4	744	363,1	380,9	0,72	6,86	352
<b>abr-16</b>	269.048,7	720	6,0	714,0	0,72	6,86	660
<b>may-16</b>	259.897,7	744	53,6	690,4	0,72	6,86	638
<b>jun-16</b>	269.048,7	720	6,0	714,0	0,72	6,86	660
<b>jul-16</b>	98.424,8	744	482,1	261,9	0,72	6,86	242
<b>ago-16</b>	278.092,4	744	6,0	738,0	0,72	6,86	682
<b>sep-16</b>	250.859,0	720	53,6	666,4	0,72	6,86	616
<b>oct-16</b>	278.092,4	744	6	738,0	0,72	6,86	682
<b>nov-16</b>	250.859,0	720	53,6	666,4	0,72	6,86	616
<b>dic-16</b>	278.092,4	744	6	738,0	0,72	6,86	682

Fuente: Producción POA 2016

## Variables de entrada del área de Manejo de Materiales

**Tabla 25.** Variables de entrada cálculo área manejo de materiales, consumo EE 2016 MODELO

<i>MES</i>	<i>Productividad tecnológica (Kg/Ton)</i>	<i>Recepción de mineral (Ton)</i>	<i>Patio (Ton)</i>	<i>Tolva (Ton)</i>
<b>ene-16</b>	1,1524	155062	46519	108543
<b>feb-16</b>	1,1524	0	0	0
<b>mar-16</b>	1,1524	165108	49532	115575
<b>abr-16</b>	1,1524	310040	93012	217028
<b>may-16</b>	1,1524	299495	89848	209646
<b>jun-16</b>	1,1524	310040	93012	217028
<b>jul-16</b>	1,1524	113420	34026	79394
<b>ago-16</b>	1,1524	320462	96138	224323
<b>sep-16</b>	1,1524	289079	86724	202355
<b>oct-16</b>	1,1524	320462	96138	224323
<b>nov-16</b>	1,1524	289079	86724	202355
<b>dic-16</b>	1,1524	320462	96138	224323

Fuente: Producción POA 2016

## Variables de entrada del área de Preparación y Molienda

**Tabla 26.** Variables de entrada cálculo área de preparación y molienda, consumo EE 2016 MODELO

<i>MES</i>	<i>Secadores (Hrs)</i>	<i>Molinos (Hrs)</i>	<i>Mezcladores(Hrs)</i>
<b>ene-16</b>	231	231	330
<b>feb-16</b>	0	0	0
<b>mar-16</b>	246	246	352
<b>abr-16</b>	462	462	660
<b>may-16</b>	447	447	638
<b>jun-16</b>	462	462	660
<b>jul-16</b>	169	169	242
<b>ago-16</b>	477	477	682
<b>sep-16</b>	431	431	616
<b>oct-16</b>	477	477	682
<b>nov-16</b>	431	431	616
<b>dic-16</b>	477	477	682

Fuente: Producción POA 2016

## Variables de salida año 2016

### Consumo EE por área año 2016

**Tabla 27.** Variables de salida consumo por área 2016 MODELO.

<i>Mes</i>	<i>Manejo de materiales (Mwh)</i>	<i>Preparación y Molienda(Mwh)</i>	<i>Peletización (Mwh)</i>	<i>Parte común (Mwh)</i>
<b>ene-16</b>	918,75	3.479,62	6.241,33	1.641,76
<b>feb-16</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>mar-16</b>	979,64	3.711,60	4.370,89	1.643,17
<b>abr-16</b>	1.837,40	6.959,25	8.093,94	1.662,88
<b>may-16</b>	1.775,89	6.727,27	7.828,01	1.661,47
<b>jun-16</b>	1.837,40	6.959,25	8.093,94	1.662,88
<b>jul-16</b>	673,39	2.551,72	3.041,23	1.636,13
<b>ago-16</b>	1.898,75	7.191,22	8.359,87	1.664,29
<b>sep-16</b>	1.714,54	6.495,30	7.562,08	1.660,06
<b>oct-16</b>	1.898,75	7.191,22	8.359,87	1.664,29
<b>nov-16</b>	1.714,54	6.495,30	7.562,08	1.660,06
<b>dic-16</b>	1.898,75	7.191,22	8.359,87	1.664,29

Fuente: Modelo matemático de consumo de EE Planta de Pellas

### Costo consumo EE por área año 2016

**Tabla 28.** Variables de salida costos de consumo por área 2016 MODELO

<i>Mes</i>	<i>Costo manejo de materiales (bs/kwh)</i>	<i>Costo Prep. Molienda (bs/kwh)</i>	<i>Costo Peletización(b s/kwh)</i>	<i>Costo Parte común(bs/kwh)</i>
<b>ene-16</b>	205.340,69	777.695,8	1.394.936,97	366.933,43
<b>feb-16</b>	0,00	0,0	0,00	0,00
<b>mar-16</b>	218.949,03	829.542,2	976.893,76	367.248,12
<b>Mes</b>	410.658,04	1.555.391,6	1.808.995,54	371.653,75
<b>may-16</b>	396.910,97	1.503.545,2	1.749.559,70	371.339,06
<b>jun-16</b>	410.658,04	1.555.391,6	1.808.995,54	371.653,75
<b>jul-16</b>	150.502,13	570.310,2	679.714,55	365.674,68
<b>ago-16</b>	424.370,76	1.607.238,0	1.868.431,38	371.968,44
<b>sep-16</b>	383.199,83	1.451.698,8	1.690.123,86	371.024,38
<b>oct-16</b>	424.370,76	1.607.238,0	1.868.431,38	371.968,44
<b>nov-16</b>	383.199,83	1.451.698,8	1.690.123,86	371.024,38
<b>dic-16</b>	424.370,76	1.607.238,0	1.868.431,38	371.968,44

Fuente: Modelo matemático de consumo de EE Planta de Pellas

### Consumo EE total Planta de Pellas 2016 MODELO

**Tabla 29.** Variables de salida consumo específico y consumo total de energía eléctrica 2016 MODELO

<i>Mes</i>	<i>Consumo específico modelo (Kwh/t)</i>	<i>TOTAL CONSUMO MODELO (Mwh)</i>
<b>ene-16</b>	91,3	12.281,46
<b>feb-16</b>	0,00	0,00
<b>mar-16</b>	74,7	10.705,29
<b>abr-16</b>	69,0	18.553,46
<b>may-16</b>	69,2	17.992,64
<b>jun-16</b>	71,4	18.553,46
<b>jul-16</b>	80,3	7.902,47
<b>ago-16</b>	68,7	19.114,13
<b>sep-16</b>	69,5	17.431,98
<b>oct-16</b>	68,7	19.114,13
<b>nov-16</b>	69,5	17.431,98
<b>dic-16</b>	68,7	19.114,13
<b>Promedio</b>	<b>66,8</b>	<b>16.200</b>

Fuente: Modelo matemático de consumo de EE Planta de Pellas

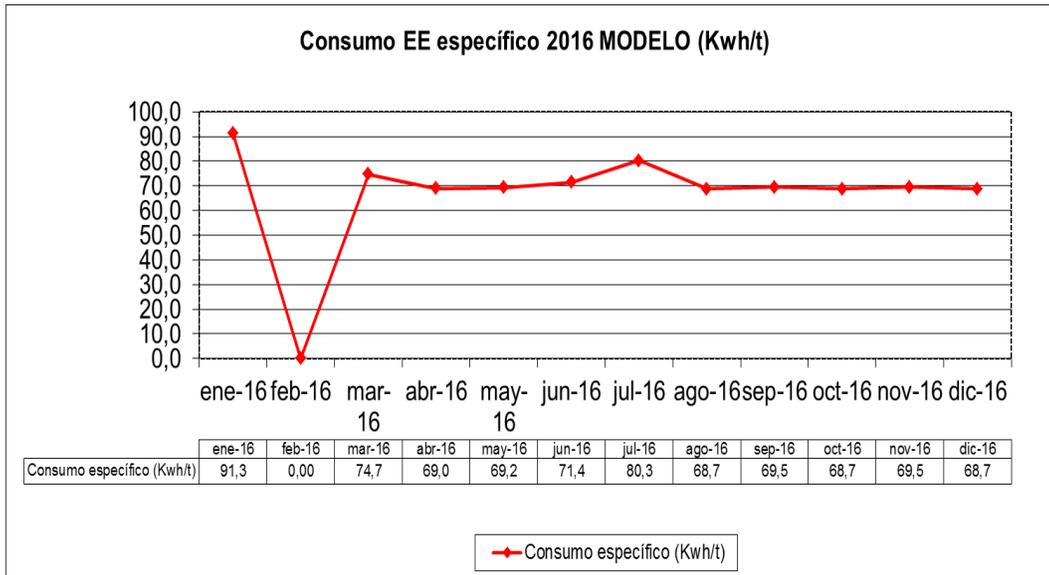
### Variables de salida indicadores de gestión

**Tabla 30.** Variables de salida indicadores consumo EE 2016 MODELO

<i>Mes</i>	<i>Utilización disponible</i>	<i>Utilización neta</i>	<i>Productividad Efectiva</i>
<b>ene-16</b>	99,2	44,7154472	407,7575758
<b>feb-16</b>	0,00	0,00	0,00
<b>mar-16</b>	5,1	926,3	407,0
<b>abr-16</b>	5,1	1736,8	407,6
<b>may-16</b>	5,1	1678,9	407,4
<b>jun-16</b>	5,1	1736,8	393,8
<b>jul-16</b>	5,1	636,8	406,7
<b>ago-16</b>	5,1	1794,7	407,8
<b>sep-16</b>	5,1	1621,1	407,2
<b>oct-16</b>	99,2	92,4	407,8
<b>nov-16</b>	5,1	1621,1	407,2
<b>dic-16</b>	99,2	92,4	407,8

Fuente: Modelo matemático de consumo de EE Planta de Pellas

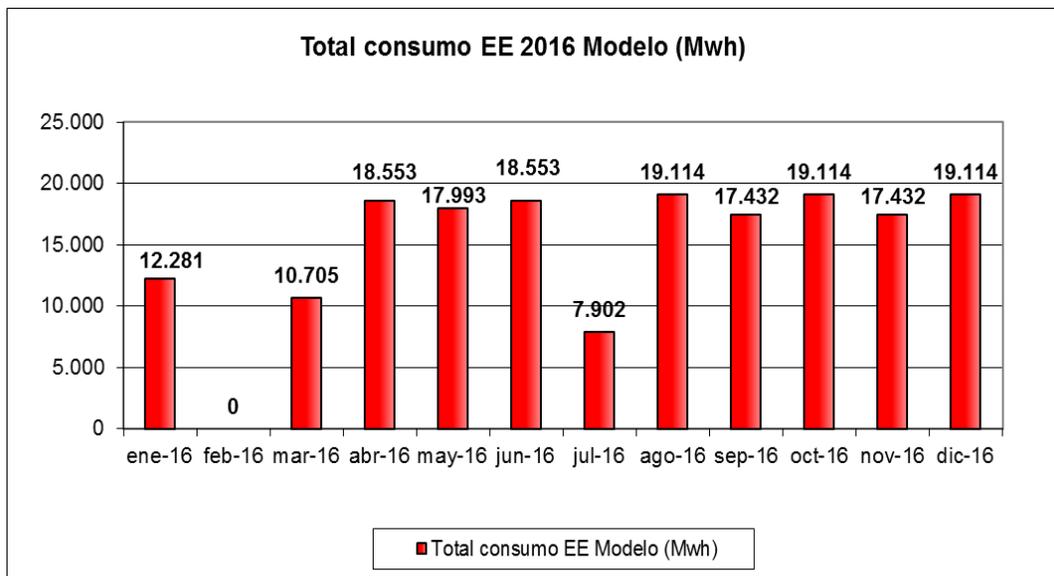
### Gráfico consumo específico EE proyectado año 2016



### Gráfico n° 36. Consumo específico 2016 MODELO

Fuente: Autor

### Gráfico de proyección consumo total energía eléctrica año 2016 en Mwh



### Gráfico n° 37. Consumo EE TOTAL 2016 MODELO

Fuente: Autor

El modelo matemático estimó que en el año 2016 el consumo específico promedio será de 66,8 kwh/t, mientras que el consumo total de energía eléctrica promedio será de 16.200 Mwh, es importante destacar que en el mes de febrero no hubo consumo de energía debido a que en ese mes se tiene planificado realizar una parada programada por mantenimiento.

### **6.3 Crear un plan de mejoras para controlar el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas.**

El diseño del modelo matemático no ayudará a disminuir el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas, por tal motivo resulta necesario establecer lineamientos adecuados para controlar el consumo de energía con el propósito de promover el hábito del uso racional y eficiente de la energía eléctrica en la empresa, a fin de preservar el ambiente y reducir costos de energía para la empresa.

A continuación se presenta algunos consejos para controlar el consumo de energía eléctrica nacional:

#### **6.3.1 Ahorro energía en la oficina**

- Desconectar los artefactos eléctricos que no se utilicen, debido a que aunque estén apagados si estos están conectados consumen energía. Así mismo, no dejar los electrodomésticos en stand by o modo de espera, porque producen lo que se conoce como consumo fantasma.
- Desconectar los cargadores de teléfonos de teléfonos celulares, computadoras, etc.. cuando no se utilicen ya que el circuito sigue consumiendo electricidad, se calientan y por lo general terminan descomponiéndose.

- Aprovechar al máximo la luz natural del día, utilizar las lámparas solo cuando sea necesario. Deben apagarse cuando no se necesiten, en las zonas no utilizadas, por las noches y durante los fines de semana. Se recomienda limpiar con frecuencia los focos y lámparas para aprovechar mejor su luminosidad, el polvo que se deposita en ellos reduce el nivel luminoso hasta un 20%. Cuando se realice una instalación de luz hágalo de forma estratégica, así una misma luminaria alumbrará más ambientes y evitará mayor consumo de energía eléctrica.
- Reemplazar las lámparas incandescentes por lámparas ahorradoras de luz. Es cierto que tienen un costo muy elevado, pero consumen hasta cuatro veces menos energía y duran 10 veces más que las lámparas comunes. Se recomienda actualizar la tecnología de las luminarias tubulares de tipo T12(40w ó 20w) con balasto electromagnéticos a tipo T8 (32w ó 17w).
- Comprobar los niveles de iluminación existentes según las normas venezolanas COVENIN 9115010 y COVENIN 2249.93, con la finalidad de no sobredimensionar la iluminación.
- Separar los circuitos de iluminación de los pasillos, de manera de encender una porción mínima en las horas de menor circulación. Esto permitirá reducir el consumo y alargar la vida útil de las luminarias.
- Realizar mantenimiento preventivo del sistema de aire acondicionado en su totalidad, desde los motores y compresores, hasta la limpieza de filtros y aislamientos de los ductos cada 6 meses de esa forma se alarga la vida útil del sistema y consumen menos energía eléctrica.
- Ajustar la temperatura de los termostatos de los sistemas de aire acondicionado a una temperatura mínima de 23° Celsius (75°F).
- Mantener ventanas y puertas cerradas para evitar escapes innecesarios de aire acondicionado.

- Activar el funcionamiento de los sistemas de climatización, una (1) hora después del inicio de la actividad laboral y apagarlos una (1) hora antes de la culminación del horario laboral establecido en cada organismo. Adicionalmente, apagar los sistemas de climatización tipo ventana y split, en el horario de 12:00 p.m. A 2:00 p.m.
- Evitar climatizar áreas desocupadas, lo adecuado es el aprovechamiento óptimo de las salidas de aire acondicionado.
- Sustituir los equipos con más de 15 años en funcionamiento por equipos nuevos de alta eficiencia. Actualmente, la empresa está generando pérdidas por utilizar equipos obsoletos a los cuales necesitan darle mantenimiento constante para que trabajen efectivamente.
- Instalar sensores de presencia o fotocélulas que enciendan y apaguen automáticamente las luces y de esa forma controlar el uso de las luminarias reduciendo el consumo de energía eléctrica.
- Promover el apagado de monitores en ausencias mayores a 15 minutos, en especial a la hora del almuerzo.
- Evitar el uso del ascensor siempre que sea posible, utilizar las escaleras para subir o bajar al menos 1 ó 2 pisos.
- Evitar los botes de agua por tuberías o grifos ya que además de hacer trabajar el sistema de bombeo, se desperdicia el recurso hídrico.

### **6.3.2 Ahorro de energía en la industria**

- Llevar un monitoreo y control de todos los parámetros eléctricos en la planta haciendo uso del sistema que captura en tiempo real los datos y las variables eléctricas para que puedan ser interpretadas posteriormente. Y de esa forma llevar un control del consumo diario, semanal y mensual de la planta de manera de identificar posibles

variaciones en el consumo y aplicar las medidas correctivas para mantener el uso eficiente de la energía.

- Revisar periódicamente las instalaciones eléctricas de la planta para evitar fugas de corrientes, de igual forma comprobar que los cables estén en buen estado y que los interruptores y dispositivos funcionen adecuadamente ya que los aparatos defectuosos producen fugas y sobrecargas eléctricas.
- Revisar las cargas asociadas a cada motor, con la finalidad de mantenerlos al 80% o 90% de la carga nominal según el fabricante. De existir motores funcionando al 50% o media carga, estos consumirán casi el doble que si funcionaran a carga completa.
- Instalar en aquellos motores cuya carga sea variable variadores de frecuencia, los cuales reducen los picos de corriente durante los arranques, alargando la vida útil de los equipos.
- Continuar con el desarrollo del trabajo de ingeniería de los visualizadores (marca Sepam) para que se pueda efectuar mediciones en los equipos de media tensión 4,16kv.
- Realizar un protocolo de energización y desenergización de equipos para los casos de paradas programadas, esporádicas o generales, donde el personal tendría que evaluar los casos y métodos a seguir para evitar el inadecuado uso de energía en las líneas de producción; como en los casos de los molinos y sus secuencias por ambas líneas. El objetivo de la propuesta es que en cada sector de la planta se logre concientizar, tanto a los jefes de planta, operadores, líderes de área y trabajadores en general involucrados en el proceso.

## CONCLUSIONES

A continuación se presenta a detalle los resultados obtenidos durante la ejecución del estudio, tomando en cuenta que para ello se desarrollaron los objetivos preestablecidos en el capítulo I:

1. El comportamiento del consumo mensual de energía eléctrica en la Planta de Pellas para el año 2014, registra un desvío elevado del 24.2% afectando el costo unitario de producción, lo cual es influenciado directamente por el bajo nivel de producción.
2. La producción tuvo una disminución del 70,05% desde el año 2007 hasta el 2014 mientras que el consumo de energía eléctrica aumento un 33,33%.
3. La falta de repuestos, mantenimiento y la baja producción son las causas principales que generan el aumento de energía eléctrica en la Planta de Pellas.
4. El área de Peletización a pesar de tener la menor cantidad de equipos contempla la mayor carga nominal con 21.846,7Kw, donde solo los 4 equipos de alta tensión 13,8kv ocupan 18.000kw.
5. Los datos obtenidos por el modelo matemático de consumo de energía eléctrica de la Planta de Pellas, resultaron cercanos a los que refleja el sistema con solo un porcentaje de diferencia del 4,4%.
6. El modelo matemático proyectó que para el año 2016 el consumo específico estándar se ubicará en 66,8 Kwh/t aproximadamente, mientras que, el consumo total de energía eléctrica promedio de la Planta de Pellas será de 16.200 Mwh.
7. Resulta necesario implementar métodos adecuados para disminuir el consumo de energía en la Planta de Pellas, de manera de crear conciencia en el personal que labora en la Planta y de esa forma empezar a hacer uso eficiente de la energía eléctrica.

## RECOMENDACIONES`

Debido a que la energía eléctrica resultar ser un insumo fundamental para mantener el funcionamiento continuo de la empresa, es fundamental hacer uso eficiente de la misma para evitar penalizaciones por parte de la empresa que suministra el servicio, además de disminuir el tiempo de vida útil de los equipos. Por lo tanto luego de haber desarrollado todos los objetivos propuestos en esta investigación se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Implementar la propuesta de mejora presentada en este trabajo investigativo para disminuir el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas, con el objetivo de cooperar con el ahorro energético y disminuir los costos de energía.
2. Intensificar las acciones para divulgar y concientizar a todo el personal que labora en Planta de Pellas, acerca del tema del consumo eficiente de la energía y la necesidad de asumir un rol activo en la detección, corrección y prevención de oportunidades de ahorro en toda la planta.
3. Mantener seguimiento y control, en el marco de la gestión mensual de planta, de las variables de consumo específico y consumo mensual de energía, tanto a nivel de toneladas producidas como de unidades monetarias facturadas por este concepto mediante el uso modelo matemático diseñado. Además de realizar inspección periódica en los motores, incluyendo lecturas de corriente (Amp), potencia (Kw), velocidad, resistencia de aislamiento, entre otros, con objeto de verificar si se mantienen en condiciones adecuadas de funcionamiento y eficiencia y poder tomar acciones correctivas, cuando se requiera.
4. Efectuar correctamente la instalación eléctrica y el montaje de los equipos y su carga y revisar periódicamente las conexiones del motor, junto las conexiones de su arrancador y demás accesorios. Debido a

que conexiones flojas y realizadas de forma incorrecta originan un mal funcionamiento del motor y ocasionan pérdidas por disipación de calor.

5. Se recomienda el uso de un arranque suave el cual permita un arranque menos brusco de la corriente. Así como también considerar el empleo de condensadores con resistencias de descarga incorporado y que sean capaces de resistir altas corrientes transientes y minimizar descargas parciales. Ya que los motores cuentan con una corriente de arranque, cuyo comportamiento está determinado de un principio por la velocidad que adquiera el motor, si el arranque del motor es directo, la intensidad aumenta a valores picos, generando mayores pérdidas e incrementando el consumo de potencia en el motor.
6. Usar motores eléctricos de alta eficiencia, teniendo en cuenta la calidad de los materiales constructivos, ayuda a mejorar el factor de potencia global de la planta. Asimismo el uso de convertidores de frecuencia, permitiendo mejorar el factor de potencia de toda la instalación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIAS, Fidas (2006). *El Proyecto de Investigación: Guía para su Elaboración*. Episteme. Caracas, Venezuela.
- BALESTRINI, R. (1997). *Técnica de la Investigación*. Editorial Mc Graw Hill.
- CASTRO, J A. (2001). *Metodología de la investigación*. Salamanca: Amarú.
- CORPOELEC. [en línea] *Uso Racional y Eficiente de la Energía Eléctrica*. [fecha de consulta: 10 de Septiembre del 2015] Sitio web:: <http://www.corpoelec.gob.ve/qui%C3%A9nes-somos>
- Hernández, A (2012) *Análisis de la relación entre la potencia y el flujo másico del material laminado en cada bastidor del tren desbastador de la línea de barras en la Siderúrgica del Orinoco "ALFREDO MANEIRO" SIDOR C.A.*
- Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. (2011). *Resoluciones de energía*. 14 Junio 2011, de Correo del Orinoco Sitio web: <http://www.correodelorinoco.gob.ve/wp-content/uploads/2011/06/RESOLUCIONES-ENERGIA-Alta.pdf>
- Berlingar (2002). *Investigación del comportamiento*. 4ª Ed. McRae Hill. México.
- LEY ORGÁNICA DEL SERVICIO ELÉCTRICO (2001). Venezuela Disponible en: [www.derechos.org/ve/pw/wp-content/uploads/ley\\_electricidad.pdf](http://www.derechos.org/ve/pw/wp-content/uploads/ley_electricidad.pdf)
- Méndez, C. (2003). *Metodología, Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación*. Colombia: Editorial Mc.Graw Hill.
- NOTICIAS 24 (2014). *Venezuela es el mayor consumidor de electricidad en América Latina*. Venezuela: Caracas, 19 de mayo del 2014. Disponible en:

<http://www.noticias24.com/venezuela/noticia/239938/venezuela-es-el-pais-con-mayor-consumo-de-energia-electrica-en-latinoamerica/>

- Rodríguez, A. (2014). *Estudio de la mejora energética de los motores eléctrico de media tensión de la planta Midrex I, con la fin de incrementar la eficiencia del uso de la energía eléctrica de la siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR C.A*
- SIDORTERNIUM (2007). *Introducción a los procesos y productos de SIDOR. Transformar: procesos y productos.*
- Stephens, Yuruari (2014). *Optimización del consumo de energía de la Planta de Reducción Directa Midrex I, con el fin de incrementar la eficiencia del uso de la energía eléctrica de la Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR C.A.*
- Vanessa P. (2013). *Aplicación de la Metodología de Auditoría Energética en la Planta Pellas de la Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro”, Sidor C.A.*
- Veo verde (2013) *10 Consejos para reducir el consumo de energía eléctrica.* 22 Octubre 2013, de Ecología y Entorno. Sitio web: <https://www.veoverde.com/category/ecologia-y-entorno/>

a

## **APÉNDICES**

## APÉNDICE 1

### LISTADO DE MOTORES PLANTA DE PELLAS

#### MANEJO DE MATERIALES

SISTEMA	MARCA	VOLTS	IN	POTENCIA	RPM	COS Q	TIPO	CODIGO SAP
<b>SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PELLAS EXPORT.</b>								
<b>SISTEMA DE SEMPOLVADO PELLAS EXPORT.</b>								
MOTOR VENTILADOR (EXTRACTOR) POLVO 10E-01	SIEMENS	460	132	86 KW	1750		1L6-280-4BA-807	100020846
<b>SISTEMA TRANSPORTE DE PELLAS</b>								
MOTOR CARRO DE TRASLACIÓN CINTA 535	WEG	460	8,8	4,6	1750		AM112 MV4	100021314
MOTOR CINTA TRANSPORTADORA 535	WEG	460	238	185 KW	1200	0,85		100020525
MOTOR CINTA TRANSPORTADORA A-01	ELIN	460	59	35 KW	1800	0,86	200L4-AH	100020812
MOTOR CINTA TRANSPORTADORA B-02	AEG	460	249	152 KW	1800	0,84	AM315MS4	100021482
MOTOR BOMBA AGUA EXPORTACION	ELIN	460		40 HP	3600			100020918
MOTOR MUESTRADOR DE PELLAS	SCHORCH	460	0,5	2,5 KW	100	0,9	KG112M -S429-2	100021033
MOTOR DEL SACAMUESTRAS SILO EXPORTACION	BARDOR	460	2,8	1,5 HP	1800		145 T	100021256
<b>SISTEMA ALMACÉN PRINCIPAL DE PELLAS</b>								
<b>SISTEMA CHUTES DE DESCARGA PELLAS</b>								
MOTOR VENTILADOR (EXTRACTOR) POLVO 9E-01	AEG	460	103	63 KW	1800		AM250	100020257
<b>SISTEMA RECUPERACIÓN PELLA BARRANCO</b>								
MOTOR CRIBA BARRANCO C1	BBC	460		52	1175		250M8	
MOTOR CINTA BARRANCO B1	ELIN	460	42	30 HP	1765	0,86	200L4-AH	100020812
MOTOR CINTA BARRANCO B2	BBC	460	62	50HP	1765	0,86		100020918
<b>SISTEMA ALIMENTACIÓN APILAMIENTO DE MINERAL</b>								
<b>SISTEMA DE SEMPOLVADO DE MINERAL</b>								
MOTOR EXTRACTOR DE POLVO 1E01	SIEMENS	460	132	86 KW	1750	0,83	1L6-280-4BA-807	100020846
MOTOR TRANSPORTADOR GUSANO SIN FIN 1E02	ABB	460		2,24 KW	1800	0,83	R73DT100PS4	220020206
<b>SISTEMA DE ARADO DE MINERAL</b>								
MOTOR MEC. DE RECLAMO CARRO DE ARADO 520-1	AEG	460	87	52 KW	1785	0,85	AM225MV4	100020517
MOTOR REDUCTOR TRASLACIÓN CARRO 520-1/1	EBERHARD BAUER	460	2,7	1,10 KW	1710	0,83	D1A41AHZKFG15-111/253-ZWD-SFG15G32/111DK94-241	220020179
MOTOR REDUCTOR TRASLACIÓN CARRO 520-2	EBERHARD BAUER	460	2,7	1,10 KW	1710	0,83	D1A41AHZKFG15-111/253-ZWD-SFG15G32/111DK94-241	220020179
MOTOR BOMBA DE LUBRICACIÓN CARRO 520	BBC	460	1,95	0,9KW	1800	0,83	QU80M4-BAT	100020062
MOTOR MEC. DE RECLAMO CARRO DE ARADO 521-1	AEG	460	87	52 KW	1785	0,86	AM225MV4	100020517
MOTOR REDUCTOR TRASLACIÓN CARRO 521-1/1	EBERHARD BAUER	460	2,7	1,10 KW	1710	0,83	D1A41AHZKFG15-111/253-ZWD-SFG15G32/111DK94-241	220020179
MOTOR REDUCTOR TRASLACIÓN CARRO 521-1/2	EBERHARD BAUER	460	2,7	1,10 KW	1710	0,83	D1A41AHZKFG15-111/253-ZWD-SFG15G32/111DK94-241	220020179
MOTOR BOMBA DE LUBRICACIÓN CARRO 521	BBC	460	1,95	0,9KW	1800		QU80M4-BAT	100020062
MOTOR AIRE RECIRCULACIÓN TUNEL CARROS ARADOS	BBC	460	31	17,3KW	1800		AM160LV4	100020918
MOTOR BOMBA DE ACHIQUÉ 522	AEG	460	70	43 KW	1800		QUX-225S4	100020816
<b>SISTEMA APILADOR DE MINERAL</b>								
MOTOR SIST. DE GIRO APILADOR 525A.M1	AEG	440	18	4,8 KW	1200	0,83	CAM-160LK4-R1-81	100040062

LISTADO DE MOTORES PLANTA DE PELLAS

MANEJO DE MATERIALES

SISTEMA	MARCA	VOLTS	IN	POTENCIA	RPM	COS Q	TIPO	CODIGO SAP
MOTOR TRASLACIÓN APILADOR 525A-M1	AEG	460	31	20 KW	800	0,83	AMK-180LV8	100020513
MOTOR TRASLACIÓN APILADOR 525A-M2	AEG	460	31	20 KW	800	0,83	AMK-180LV8	100020513
MOTOR TRASLACIÓN APILADOR 525A-M3	AEG	460	31	20 KW	800	0,83	AMK-180LV8	100020513
MOTOR BOMBA GRASA LUBRIC. 525-A7	DELIMON	460	0,83	0,37KW	1200	0,81		
MOTOR BOMBA ELEVACION A3-M1	AEG	460	31	25 HP	1800	0,83	AM160LV4	100020570
MOTOR BOMBA SIST. TRASLACIÓN 525-A5-M41	WEG	460	9,3	4,6KW	1800	0,83	AM112 MZ4	100020350
MOTOR BOMBA SIST. TRASLACIÓN 525-A5-M42	WEG	460	9,3	4,6KW	1800	0,83	AM112 MZ4	100020350
MOTOR TAMBOR CABLE DE A T 525-M31	DEMAG	460	5,2	16,5 KW	100	0,83	24/14S4 BH	
MOTOR TAMBOR CABLE DE CONTROL 525-M32	DEMAG	460	4,3	11,5 KW	100	0,75	24/10S04	100040133
MOTOR CINTA 525A	AEG	460	167	104 KW	1800	0,86	AM280 MX4	100020272
<b>SISTEMA RECUPERADOR DE MINERAL</b>								
MOTOR CINTA 528	AEG	460	292	184 KW	1785	0,86	AM315MV4	100020576
MOTOR CINTA TRANSPOTADORA RECUPERADOR 526A	SIEMENS	460	132	86 KW	1750	0,85	1L6-290-4BA-807	100020846
MOTOR GIRO RECUPERADOR 526-B4-M1	AEG	500	23,1	10,5 KW	1200	0,85	GK 20.06 K21 CONTINUA	
MOTOR GIRO RECUPERADOR 526-B4-M2	AEG	500	23,1	10,5 KW	1200	0,85	GK 20.06 K21 CONTINUA	
MOTOR RUEDA CANGILONES 526-B6-M1	ELIN	460	202	127KW	1180	0,85	MKG 431 -006-FBB9 315 M	100020278
MOTOR MECANISMO TRASLACIÓN 526A-M1/B5-21	AEG	460	36	21,3 KW	1800	0,83	CAMK -200 LK 4R1	
MOTOR MECANISMO TRASLACIÓN 526A-M2/B5-21	AEG	460	36	21,3 KW	1800	0,83	CAMK -200 LK 4R1	
MOTOR MECANISMO TRASLACIÓN 526A-M3/B5-21	AEG	460	36	21,3 KW	1800	0,83	CAMK -200 LK 4R1	
MOTOR TAMBOR CABLE DE A T 526-M31	DEMAG	460	4,3	11,5 KW	100	0,75	24/10S04	100040133
MOTOR TAMBOR CABLE DE A T 526-M32	DEMAG	460	4,3	11,5 KW	100	0,75	24/10S04	100040133
MOTOR BOMBA SIST. ELEVACION A3-M1	AEG	460	31	25 HP	1800		AM160LV4	100020570
MOTOR BOMBA HIDR. MORDAZA DERECHA M41/B5	WEG	460	9,4	4,8 KW	1800	0,83	AM112 MZ4	100020350
MOTOR BOMBA HIDR. MORDAZA IZQUIERDA M42/B5	WEG	460	9,4	4,8 KW	1800	0,83	AM112 MZ4	100020350
MOTOR BOMBA ENGRASE INF. M1/B7	DELIMON	460	1,1	0,18KW	1680	0,89		
MOTOR VENTILADOR COLECTOR M52.1/B13	SIEM'S	460	1,3	0,37KW	1680	0,89	ILA3-013-4AB99 -B14	100021135
MOTOR CINTA 527	AEG	4160	73	390 KW	1200	0,78	AR450-L46RB	100030004
MOTOR ARRANCADOR REÓSTATO 527	EBERHARD BAUER	460	0,44	110 KW	1620		G052-20/DU44-11LS	10000002328
MOTOR CINTA 527A	LOHER	4160	94,5	530 KW	1200	0,83	ATRA 500MB	
MOTOR ARRANCADOR REÓSTATO 527A								
MOTOR BOMBA CENTRIF. HORIZONTAL CA-5 27AMW-1	US ELECTRIC	460	7,6	3 HP	3460	0,83	145 JM -UT -4	
MOTOR BOMBA CENTRIF. HORIZONTAL CA-5 27AMW-2	US ELECTRIC	460	7,6	3 HP	3460	0,83	145 JM -UT -4	
MOTOR BOMBA DE ACEITE LUBRIC. FORZADA CINTA 527A	FLENDER/ATBLOHER	460	15,6	3,6 KW	1160	0,83	ANGA 132 S-06 -B5	100020343
MOTOR CINTA 528A	AEG	460	70	43 KW	1800		QUX-225S4	100020816
MOTOR CINTA 528B	AEG	460	70	43 KW	1800		QUX-225S4	100020816
MOTOR CINTA 528C	ELLIN	460	59	35 KW	1800	0,86	200L4-AH	100020812
MOTOR BOMBA DE ACEITE CA-527AMO	AEG	460	70	43 KW	1800		QUX-225S4	
<b>SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL</b>								
MOTOR CINTA 520	AEG	460	70	43 KW	1800		QUX-225S4	100020816
MOTOR CINTA 521	AEG	460	70	43 KW	1800		QUX-225S4	100020816
MOTOR CINTA 522	AEG	4160	96	530 KW	1200	0,81	AR450L8/6RB	100020345
MOTOR DE REÓSTATO LIQUIDO 522	EBERHARD BUER	460	0,7	150W	1620/47	0,83	G062 -0/DU44-114LS	10000002329
MOTOR VIBROALIMENTADOR 2F02	SCHENCK	460	1,25	0,4	1420	0,7	80A/4QSE-125-4	2180010011
MOTOR VIBROALIMENTADOR 2F04	SCHENCK	460	1,25	0,4	1420	0,7	80A/4QSE-125-4	2180010011
MOTOR CINTA 523	AEG	460	249	152 KW	1800	0,84	AM315MS4	100021482
MOTOR CINTA 525	AEG	4160	96	530 KW	1200	0,81	AR450L8/6RB	100020345
MOTOR DE REÓSTATO LIQUIDO 525	OBERMOSER	460	0,45	0,12	163/48		D73-R17	10000002329

LISTADO DE MOTORES PLANTA DE PELLAS

MANEJO DE MATERIALES

SISTEMA	MARCA	VOLTS	IN	POTENCIA	RPM	COS Q	TIPO	CODIGO SAP
MOTOR DE LA BOMBA DE ACHIQUE 601	ELECTRICAL MOTORS	460	49,8	30 KW	1800		324T	100021511

SISTEMA ALIMENTACIÓN ADITIVOS

MAGNETO SG1

MOTOR DEL MAGNETO SG1	BARDOR	460	2,6	1,5 HP	1800		145 T	100021256
-----------------------	--------	-----	-----	--------	------	--	-------	-----------

SISTEMA TRANSPORTE DE ADITIVOS

MOTOR CINTA RSA-1	AEG	460	22,6	12,6 KW	1800	0,82	AM 160 MV4	100020567
MOTOR CARRO TRASLACIÓN CARRO RSA1T	US ELECTRIC	460	4,3	3 HP	1800		182T	100021036
MOTOR REDUCTOR WAF1	SEW EURODRIVE	460	4,5	2,2 KW	1700	0,83	SA62DT100LS4BMG	220020310
MOTOR VIBROALIMENTADOR WAF1	SCHENCCK	460	1,25	0,4	1420	0,7	80A/4QSE-125-4	2180010011
MOTOR REDUCTOR WAF2	SEW EURODRIVE	460	4,5	2,2 KW	1700	0,83	SA62DT100LS4BMG	220020310
MOTOR VIBROALIMENTADOR WAF2	SCHENCCK	460	1,25	0,4	1420	0,7	80A/4QSE-125-4	2180010011
MOTOR REDUCTOR CINTA DOSIFICADORA WAF3	SEW EURODRIVE	460	1,75	0,75 KW	1650	0,73	SA62DT80N4BMG	220020317
MOTOR VIBROALIMENTADOR WAF3	SCHENCCK	460	1,25	0,4	1420	0,7	80A/4QSE-125-4	2180010011
MOTOR REDUCTOR CINTA DOSIFICADORA WAF4	SEW EURODRIVE	460	2,95	1,5 KW	1710	0,81	SA72.R42 DT 90L 4MG	220020312
MOTOR VIBRADOR CINTA DOSIFICADORA WAF4	SCHENCCK	460	1,25	0,4	1420	0,7	80A/4QSE-125-4	2180010011
MOTOR REDUCTOR CINTA DOSIFICADORA WAF5	SEW EURODRIVE	460	4,5	2,2 KW	1700	0,83	SA62DT100LS4BMG	220020310
MOTOR VIBRADOR WAF5	SCHENCCK	460	1,25	0,4	1420	0,7	80A/4QSE-125-4	2180010011
MOTOR CINTA CA2	AEG	460	22,6	12,6 KW	1800	0,82	AM 160 MV4	100020567
MOTOR CINTA CA3	AEG	460	31	25 HP	1800		AM160LV4	100020570
MOTOR CINTA 528-1	ANTON-PILLER	460	25,3	10 KW	1200		GMKL-821	100020808
MOTOR CINTA 528/2	AEG	460	31	25 HP	1800		AM160LV4	100020570
MOTOR CINTA 528/3	ASEA	460	48,9	10,8 KW	1200		LAK-180LA	100020201
MOTOR CINTA 528/4	AEG	460	22,6	12,6 KW	1800	0,82	AM 160 MV4	100020567
MOTOR CINTA 528/5	FLENDER	460	10	5 HP	1750		KD1400Z80G132S4	220020275
MOTOR CINTA 528/6	BBC	460	16	8,5 KW	1800		132MX4	100020016
MOTOR CINTA BFA1	AEG	460	103	63 KW	1800		AM250	100020257
MOTOR CINTA CA1	FLENDER	460	241	154 KW	1800		ANGA 315MB-04	100020285

SISTEMA ALIMENTACIÓN HYL I MIDREX I

SISTEMA APILADOR DE PELLAS

MOTOR CINTA 103A	AEG	460	70	43 KW	1800		QUX-225S4	100020816
MOTOR CINTA 103B	AEG	460	70	43 KW	1800		QUX-225S4	100020816
MOTOR TRASLACIÓN M1	BAUER	440		9 KW	1760		G5210-05A4379	220020282
MOTOR TRASLACIÓN M2	BAUER	440		9 KW	1760		G5210-05A4379	220020282
MOTOR ENROLLADOR CABLE MIDREX1. M2	LEROY SOMER	460	8,6	6,6HP	1800		F 396	100021314
MOTOR ENROLLADOR M2	LEROY SOMER	460	8,6	6,6HP	1800		F 396	100021314

SISTEMA TRANSPORTE DE PELLAS

MOTOR CINTA 554	SIEMENS	460	132	86 KW	1750	0,84	1L6-280-4BA-807	100020846
MOTOR CINTA 557	AEG	460	249	162 KW	1800	0,84	AM315MS4	100021482
MOTOR CINTA 101-V	SIEMENS	460	208	110 KW	1800	0,85	1LA4310B3315	100020279
MOTOR CINTA 102V	SIEMENS	460	132	86 KW	1750	0,85	1L6-280-4BA-807	100020846

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PELLAS

LISTADO DE MOTORES PLANTA DE PELLAS

MANEJO DE MATERIALES

SISTEMA	MARCA	VOLTS	IN	POTENCIA	RPM	COS Q	TIPO	CODIGO SAP
<b>SISTEMA APILADOR DE PELLAS</b>								
MOTOR CINTA 532-A	SIEMENS	480	132	86 KW	1750		1L8-280-4BA-807	100020848
MOTOR SIST. GIRO APILADOR M1	AEG	440	23.7	3.5 KW	1200		CAM132MU6R1	100040061
MOTOR TRASLACION - M1	AEG	480	31	20 KW	800		AMK-180LV8	100020513
MOTOR TRASLACION - M2	AEG	480	31	20 KW	800		AMK-180LV8	100020513
MOTOR DE ELEVACION	BBC	480	16	8.5 KW	1800		132MX4	100020018
MOTOR TAMBOR CABLE ALTA TENSION	DEMAG	480	4.3	11.5 KW	100	0.75	24/10S04	100040133
MOTOR TAMBOR CABLE DE CONTROL	DEMAG	480	4.3	11.5 KW	100	0.75	24/10S04	100040133
MOTOR ENROLLADOR CABLE B.T	DEMAG	480	4.3	11.5 KW	100	0.75	24/10S04	100040133
MOTOR BOMBA SIST. TRASL M42	WEG	480	9.4	4.8 KW	1800	0.83	AM112 MZ4	100020350
MOTOR BOMBA SIST. TRASL M41	WEG	480	9.4	4.8 KW	1800	0.83	AM112 MZ4	100020350
<b>SISTEMA DE SEMPOLVADO DISTRIBUCION PELLAS</b>								
MOTOR BOMBA DE LODO 1 DE J11	SIMENS	480	87.5	75 HP	1800		365 TIP.RGZP	100021511
MOTOR BOMBA DE LODO 2 DE J11	SIMENS	480	87.5	75 HP	1800		365 TIP.RGZP	100021511
<b>SISTEMA TRANSPORTE DE FINOS</b>								
MOTOR CINTA 553-A	ASEA	480	48.9	10.8 KW	1200		LAK-160LA	100020201
MOTOR VIBROALIMENTADOR J-11	AEG	480	11.5	6.3 KW	1800		AM 132 SV4	100020145
MOTOR CINTA 553-A.1	AEG	480	31	17.3 KW	1800		AM180LV4	100020918
<b>SISTEMA TRANSPORTE DE PELLAS</b>								
MOTOR CINTA 530-A	SIEMENS	480	132	86 KW	1750		1L8-280-4BA-807	100020848
MOTOR CINTA 530-B	AEG	480	4.2	25 KW	1800		AM180LV4 - B3	100020918
MOTOR CARRO 530-B	WEG	480	8.8	4.6 KW	1800		AM112 MV4 -B5	100020129
MOTOR CINTA 530	SIEMENS	480	323.1	205KW	1800	0.87	1LA6316-4AA00 -B3	100021442
MOTOR VIBROALIMENTADOR R-101	AEG	480	22.6	12.6 KW	1800	0.82	AM 180 MV4	100020567
MOTOR CINTA 531-1	ELLIN	480	59	35 KW	1800	0.86	200L4-AH	100020812
MOTOR CINTA 531	SIEMENS	480	132	86 KW	1750		1L8-280-4BA-807	100020848
MOTOR CINTA 532	AEG	480	249	152 KW	1800	0.84	AM315MS4	100021482
MOTOR DEL SACAMUESTRAS J11	BARDOR	480	2.6	1.5 HP	1800		145T	100021327
<b>SISTEMA ALIMENTACION HYLI MIDEX II</b>								
<b>SISTEMA DE TRANSPORTE PELLAS</b>								
MOTOR CINTA 101-B	AEG	480	208	127KW	1800		AM315 SS4	100020279
MOTOR CINTA 103	AEG	480	208	127KW	1800		AM315 SS4	100020279
MOTOR CINTA DISTRIBUIDORA 608	AEG	480	31	17.3KW	1800		AM180LV4	100020129
MOTOR DE TRASLACION 608	AEG	480	8.8	4.6KW	1800		AM112 MV4	100020570
MOTOR CINTA DISTRIBUIDORA 609	AEG	480	31	17.3KW	1800		AM180LV4	100020129
MOTOR DE TRASLACION 609	AEG	480	8.8	4.6KW	1800		AM112 MV4	100020570
MOTOR CINTA 107-A	AEG	480	42	25KW	1800	0.83	AM180LV4	100020918
MOTOR CINTA 107-B	AEG	480	42	25KW	1800	0.83	AM180LV4	100020918
MOTOR CINTA 107-C	AEG	480	42	25KW	1800	0.83	AM180LV4	100020918
MOTOR CINTA 107-D	BBC	480	16	8.5 KW	1800		132MX4	100020018
MOTOR CINTA DE PELLA 180-V1	AEG	480	22.6	12.6 KW	1800	0.82	AM 180 MV4	100020567
MOTOR DE TRASLACION 180V1	BBC	480	8.6	5.5 KW	1800		BBC 112 M B5/B3	100020336
MOTOR CINTA DE PELLA 180-V2	AEG	480	22.6	12.6 KW	1800	0.82	AM 180 MV4	100020567
MOTOR DE TRASLACION 180V2	BBC	480	8.6	5.5KW	1800		BBC 112 M B5/B3	100020336

## LISTADO DE MOTORES PLANTA DE PELLAS

### MANEJO DE MATERIALES

SISTEMA	MARCA	VOLTS	IN	POTENCIA	RPM	COS Q	TIPO	CODIGO SAP
MOTOR CINTA DE PELLA 180-V3	AEG	460	22,6	12,6 KW	1800	0,82	AM 180 MV4	100020567
MOTOR DE TRASLACION 180V3	BBC	460	8,6	5,5KW	1800		BBC 112 M B5/B3	100010128
MOTOR TOMA DE MUESTRA J5	BBC	460	1,95	0,9KW	1800		QU80M4-BAT	100020062
MOTOR DEL SACAMUESTRA 104A/105A	BARDOR	460	2,6	1,5 HP	1800		145 T	100021256

### SISTEMA DE RECRIBADO PELLAS

SISTEMA DE SEMPOLVADO RECRIBADO PELLAS								
MOTOR DE VENTILADOR (EXTRACTOR POLVO J5)	WEG	460	365	230KW	1790		MOT. 355 M/L	100020888
MOTOR BOMBA DE LODOS N° 1 DE J5	SIMENS	460	87,5	59,9KW	1775		FRAME 365 TIP. RGZP	
MOTOR BOMBA DE LODOS N°2 DE J5	AEG	460	87	52 KW	1785		AM225MV4	100020517
MOTOR DE VENTILADOR (EXTRACTOR POLVO 534)	SIMENS	460	132	86 KW	1750		1L6-280-4BA-807	100020846
MOTOR BOMBA DE LODOS N° 1 DE 534	SIMENS	460	87,5	75 HP	1800		FRAME 365 TIP. RGZP	100021511
MOTOR BOMBA DE LODOS N°2 DE 534	SIMENS	460	87,5	75 HP	1800		FRAME 365 TIP. RGZP	100021511
MOTOR DE VENTILADOR (EXTRACTOR POLVO 535)	SIEMENS	460	132	86 KW	1750		1L6-280-4BA-807	100020846
MOTOR BOMBA DE LODOS N° 1 DE 535	SIMENS	460	87,5	75 HP	1800		FRAME 365 TIP. RGZP	100021511
MOTOR BOMBA DE LODOS N°2 DE 535	SIMENS	460	87,5	75 HP	1800		FRAME 365 TIP. RGZP	100021511

SISTEMA DE RECRIBADO PELLA								
MOTOR VIBROALIMENTADOR A	ASEA	460	48,9	10,8 KW	1200		LAK-160LA	100020201
MOTOR VIBROALIMENTADOR B	AEG	460	87	52 KW	1785		AM225MV4	100020517
MOTOR VIBROALIMENTADOR C	ASEA	460	48,9	10,8 KW	1200		LAK-160LA	100020201
MOTOR VIBROALIMENTADOR D	AEG	460	11,5	6,3 KW	1800		AM 132 SV4	100020145
MOTOR DEL VIBRO ALIMENTADOR 1	ANTON-PILLER	460	25,3	10 KW	1200		GMKL-621	100020808
MOTOR DEL VIBRO ALIMENTADOR 2	ANTON-PILLER	460	25,3	10 KW	1200		GMKL-621	100020808
MOTOR DEL VIBRO ALIMENTADOR 3	ANTON-PILLER	460	25,3	10 KW	1200		GMKL-621	100020808
MOTOR CRIBA VIBRATORIA 1550-1 (A)	AEG	460	87	52 KW	1785		AM225MV4	100020517
MOTOR CRIBA VIBRATORIA 1550-7 (B)	AEG	460	87	52 KW	1785		AM225MV4	100020517
MOTOR CRIBA VIBRATORIA 1550-3 (C)	AEG	460	87	52 KW	1785		AM225MV4	100020517
MOTOR CRIBA VIBRATORIA 1	AEG	460	42	25KW	1800	0,83	AM180LV4	100020918
MOTOR CRIBA VIBRATORIA 2	AEG	460	42	25KW	1800	0,83	AM180LV4	100020918
MOTOR CRIBA VIBRATORIA 3	AEG	460	42	25KW	1800	0,83	AM180LV4	100020918

SISTEMA TRANSPORTE PELLAS								
MOTOR CINTA 534	FLENDER	460	241	154 KW	1800		ANGA 315MB-04	100020286
MOTOR CINTA 536	AEG	460	208	127KW	1800		AM315 SS4	100020279
MOTOR VIBROALIMENTADOR 2F7	AEG	460	11,5	6,3 KW	1800		AM 132 SV4	100020145
MOTOR VIBROALIMENTADOR 2F8	AEG	460	11,5	6,3 KW	1800		AM 132 SV4	100020145
MOTOR VIBROALIMENTADOR 2F10	AEG	460	11,5	6,3 KW	1800		AM 132 SV4	100020145
MOTOR VIBROALIMENTADOR 2F11	AEG	460	11,5	6,3 KW	1800		AM 132 SV4	100020145
MOTOR CINTA 601	AEG	460	103	63 KW	1800		AM250	100020257
MOTOR CINTA 602	SIEMENS	460	132	86 KW	1750		1L6-280-4BA-807	100020846
MOTOR CINTA 606	AEG	460	208	127KW	1800		AM315 SS4	100020279
MOTOR CINTA 607	AEG	460	31	25 HP	1800		AM180LV4	100020570
MOTOR CINTA 100	AEG	460	42	25KW	1800	0,83	AM180LV4	100020918
MOTOR CINTA 101-A	AEG	460	42	25KW	1800	0,83	AM180LV4	100020918
MOTOR CARRO DE TRASLACION 101-A	WEG	460	8,8	4,6 KW	1800		AM112 MV4 -B5	100020129
MOTOR CINTA 102-A	AEG	460	42	25KW	1800	0,83	AM180LV4	100020918
MOTOR CARRO DE TRASLACION 102-A	WEG	460	8,8	4,6 KW	1800	0,83	AM112 MV4 -B5	100020129

LISTADO DE MOTORES PLANTA DE PELLAS

MANEJO DE MATERIALES

SISTEMA	MARCA	VOLTS	IN	POTENCIA	RPM	COS Q	TIPO	CODIGO SAP
MOTOR CINTA 550	BBC	460	16	8,5 KW	1800		132MX4	100020016
MOTOR CINTA 551	AEG	460	22,6	12,6 KW	1800	0,82	AM 180 MV4	100020567
MOTOR CINTA 104-A	AEG	460	87	52 KW	1785	0,83	AM225MV4	100020517
MOTOR CINTA 105-A	AEG	460	87	52 KW	1785	0,83	AM225MV4	100020517
MOTOR BOMBA 8W01 DE J5	ELECTRIC MOTOR	460	47,5	40HP	1775	0,83	FRAME 324T	10002151
<b>PLANTA DE CAL PELLAS</b>								
<b>SISTEMA DE DISTRIBUCION CAL HIDRATADA</b>								
MOTOR REDUCTOR SEP. MAGNETICO 810501-A	BAUER	440		0,52 KW	1800		BG 10-11/D08MA4	220020010
MOTOR MOLINO DESINTEGRADOR TAMIS 8105-A	SIEMENS	460	132	86 KW	1750		1L8-280-4BA-807	100020846
MOTOR REDUCTOR TORNILLO SIN FIN 8106-A	BAUER	460		3,7 KW	1710		BG60-11D11MA4/SP	220020087
MOTOR ELEVADOR DE DESCARGA 8107-A	BBC	460	16	8,5 KW	1800		132MX4	100020016
MOTOR TORNILLO SIN FIN 8108-A	BBC	460	16	8,5 KW	1800		132MX4	100020016
MOTOR REDUCTOR SEP. MAGNETICO 810501-B	BAUER	440		0,52 KW	1800		BG 10-11/D08MA4	220020010
MOTOR MOLINO DESINTEGRADOR TAMIS 8105-B	SIEMENS	460	132	86 KW	1750		1L8-280-4BA-807	100020846
MOTOR REDUCTOR TORNILLO SIN FIN 8106-B	BAUER	460		3,7 KW	1710		BG60-11D11MA4/SP	220020087
MOTOR ELEVADOR DE DESCARGA 8107-B	BBC	460	16	8,5 KW	1800		132MX4	100020016
MOTOR TORNILLO SIN FIN 8108-B	BBC	460	16	8,5 KW	1800		132MX4	100020016
MOTOR BOMBA TAM 280	BAUER	440		0,075 KW	900		DK54G082S208-2211/143LZWD	220020097
MOTOR BOMBA NEUMATICA B5006	ELIN	440	109	63 KW	890	0,82	MKG 931 S08 F9B-9	100020252
MOTOR BOMBA NEUMATICA B5007	ELIN	460	109	63KW	890	0,82	MKG 931 S08 F9B-9	100020252
MOTOR COMPRESOR B5001	ELIN	460	4	2,2 KW	3430	0,86	LKM 309L02	100020089
MOTOR VALVULA MOTORIZADA B-5011	SCHORCH	460	0,5	2,5 KW	100	0,9	KG112M -S429-2	100021033
MOTOR VALVULA MOTORIZADA B-5012	SCHORCH	460	0,5	2,5 KW	100	0,9	KG112M -S429-2	100021033
MOTOR COMPRESOR 1B5008	ELIN	460	200	126 KW	1800	0,9	MKG931S04F9B	100020279
MOTOR COMPRESOR 2B5009	ELIN	460	200	126 KW	1800	0,9	MKG931S04F9B	100020279
MOTOR DEL TORNILLO SIN 1011	GENERAL ELECTRIC	460	1,8	1 HP	1800		SK43MG5517	100021033
<b>SISTEMA DE CAL VIVA</b>								
MOTOR COMPRESOR 811510	AEG	460	187	110KW	3600	0,91	AM315 SS2	100021463
MOTOR TORNILLO SIN FIN 8103A	AEG	460	9,4	4,8 KW	1800	0,86	AM112 MZ4	100020131
MOTOR TORNILLO SIN FIN 8103B	AEG	460	9,4	4,8 KW	1800	0,86	AM112 MZ4	100020131
MOTOR COMPRESOR 8112	AEG	460	9,2	5,5 KW	3490	0,86	AM132 SS2	100020130
MOTOR COMPRESOR 8113	AEG	460	9,2	5,5 KW	3490	0,86	AM132 SS2	100020130
<b>SISTEMA DE SEMPOLVADO PLANTA CAL</b>								
MOTOR VENTILADOR EXTRACTOR DE POLVO 8110.01	AEG	460	31	25 HP	1800	0,83	AM180LV4	100020570
MOTOR REDUCTOR TORNILLO SIN FIN 8109.02	BAUER	460		3,7 KW	1710	0,83	BG60-11D11MA4/SP	220020087
MOTOR VENTILADOR EXTRACTOR DE POLVO 8109.01	AEG	460	31	25 HP	1800	0,82	AM180LV4	100020570
<b>SISTEMA HIDRATACION DE CAL</b>								
MOTOR MAQUINA HIDRATADORA 8104A	AEG	460	70	43 KW	1800		QUX-225S4	100020816
MOTOR MAQUINA HIDRATADORA 8104B	AEG	460	70	43 KW	1800		QUX-225S4	100020816
MOTOR VENTILADOR DEPURADOR 810402-A	AEG	460	70	43 KW	1800		QUX-225S4	100020816
MOTOR VENTILADOR DEPURADOR 810402-B	AEG	460	70	43 KW	1800		QUX-225S4	100020816

**LISTADO DE MOTORES PLANTA DE PELLAS**

**PREPARACIÓN Y MOLIENDA**

SISTEMA	MARCA	VOLTS	IN	POTENCIA	RPM	COS Q	TIPO	CODIGO SAP
MOTOR VENTILADOR PRIMARIO B-2013/1	ELIN	460	153	150 HP	1800	0,88		100020272
MOTOR VENTILADOR SECUNDARIO B-2013/2	SIEMENS	460	41	30 HP	1200	0,88		100021434
MOTOR VENTILADOR PRIMARIO B-2014/1		460	153	150 HP	1800	0,88		100020272
MOTOR VENTILADOR SECUNDARIO B-2014/2	SIEMENS	460	41	30 HP	1200	0,88		100021434
<b>SISTEMA CINTAS DESC SECADORES</b>								
MOTOR CINTA B-2085	ELIN	460	14,8	12,5 HP	1800	0,88	LKM 313MO4	100020016
MOTOR CINTA B-2017	ELIN	440	37	25 HP	1800	0,88	MKG118MO4	100020200
MOTOR CINTA B-2086	ELIN	460	14,8	12,5 HP	1800	0,88	LKM 313MO4	100020016
MOTOR CINTA B-2018	ELIN	440	37	25 HP	1800	0,88	MKG118MO4	100020200
<b>SISTEMA DESEMPOLVADO SECADORES</b>								
MOTOR VENTILADOR DEL DEPURADOR B-6008	ELLIN	4160	162	960 KW	1800		KR710SS/4	100030025
MOTOR VENTILADOR TRANSP. NEUMATICO B-2081		460	7,69	7,5 HP	3600	0,88	LKM - 311-M02	100020565
MOTOR VENTILADOR DEL DEPURADOR B-6009	ELLIN	4160	162	960 KW	1800		KR710SS/4	100030025
MOTOR VENTILADOR TRANSP. NEUMATICO B-2080		460	7,69	7,5 HP	3600	0,88	LKM - 311-M02	100020565
<b>SISTEMA DE SECADORES</b>								
MOTOR UNIDAD MOTRIZ SECADOR B-2011	ELLIN	4160	138	1000 HP	1200	0,88	KR710SS/64	100030068
MOTOR AUXILIAR SECADOR B-2011/2		460	67	60 HP	1200	0,88		100020242
MOTOR BOMBA RECIR B-2011/3		460	6,67	5 HP	1800	0,88		100010128
MOTOR BOMBA RECIR B-2011/4		460	6,67	5 HP	1800	0,88		100010128
MOTOR BOMBA GRASA B-2011/5								
MOTOR SECADOR B-2012	ELLIN	4160	138	1000 HP	1200	0,88	KR710SS/64	100030068
MOTOR AUXILIAR SECADOR B-2011/2		460	67	60 HP	1200	0,88		100020242
MOTOR BOMBA RECIR B-2012/3	ELLIN	440	7	5 HP	1800	0,88	LKM-310-L04-F9B9	100020916
MOTOR BOMBA RECIR B-2012/4	ELLIN	440	7	5 HP	1800	0,88	LKM-310-L04-F9B9	100020916
MOTOR BOMBA GRASA B-2012/5	ELLIN	440	7	5 HP	1800	0,88	LKM-310-L04-F9B9	100020916
<b>SISTEMA DE SILOS</b>								
MOTOR PLATO ROTATIVO B-2003/1	SIEMENS	460	21	15 HP	1200	0,88	1 LA5-164-6YB70	100021491
MOTOR PLATO ROTATIVO B-2003/2	SIEMENS	460	21	15 HP	1200	0,88	1 LA5-164-6YB70	100021491
MOTOR PLATO ROTATIVO B-2004/1	SIEMENS	460	21	15 HP	1200	0,88	1 LA5-164-6YB70	100021491
MOTOR PLATO ROTATIVO B-2004/2		460	21	20 HP	1200	0,88		100020808
<b>SISTEMA DE MOLIENDA</b>								
<b>SISTEMA DE CARGA A SEPARADORES</b>								
MOTOR SOPLADOR B-2025	SIEMENS	460	7	7,5 HP	3480	0,88	1LA5-112-2YB60	100021278
MOTOR ELEVADOR DE CANGILONES B-2035	MARBAISE	440	174	150 HP	1800	0,88		100020783

LISTADO DE MOTORES PLANTA DE PELLAS

PREPARACIÓN Y MOLIENDA

SISTEMA	MARCA	VOLTS	IN	POTENCIA	RPM	COS Q	TIPO	CODIGO SAP
MOTOR MARCHA LENTA MOLINO B-2021/4	ELIN	440	72	60 HP	900	0,88		100020920
MOTOR BOMBA LUBRICACIÓN FORZADA B-2021-5	ELIN	460	8,5	7,5 HP	1800	0,88		100020350
MOTOR BOMBA LUBRICACIÓN FORZADA B-2021.6	ELIN	460	8,5	7,5 HP	1800	0,88		100020350
MOTOR BOMBA LEVANTE B-2021.7	ELIN	460	8,5	7,5 HP	1800	0,88		100020350
MOTOR BOMBA LEVANTE B-2021.8	ELIN	460	8,5	7,5 HP	1800	0,88		100020350
MOTOR BOMBA LEVANTE B-2021.9	ELIN	460	8,5	7,5 HP	1800	0,88		100020350
MOTOR BOMBA LEVANTE B-2021.10	ELIN	460	8,5	7,5 HP	1800	0,88		100020350
MOTOR BOMBA LEVANTE B-2021.11	ELIN	460	8,5	7,5 HP	1800	0,88		100020350
MOTOR BOMBA LEVANTE B-2021.12	ELIN	460	8,5	7,5 HP	1800	0,88		100020350
MOTOR BOMBA LUBRICACIÓN B-2021/17.1	ASEA	460	9,9	10 HP	1800	0,88		100020133
MOTOR BOMBA LUBRICACIÓN B-2021/17.2	ASEA	460	9,9	10 HP	1800	0,88		100020133
MOTOR MOLINO B-2022/1	ELLIN	4160	449	2500 KW	900	0,88	HRV-071D08-G39-030	100050012
MOTOR MOLINO B-2022/2	ELLIN	4160	449	2500 KW	900	0,88	HRV-071D08-G39-030	100050012
MOTOR LEVANTA ESCOBILLAS B-2022/21.1	ELLIN	460	1,5	1,5 HP	1200	0,88		100021248
MOTOR LEVANTA ESCOBILLAS B-2022/21.2	ELLIN	460	1,5	1,5 HP	1200	0,88		100021248
MOTOR ARRANCADOR REÓSTATO B-2022/19	ELLIN	460	0,23	0,04 KW	1640	0,88	SG06.4.257.33	100020560
MOTOR MARCHA LENTA MOLINO B-2022/3	ELLIN	440	72	60 HP	900	0,88		100020920
MOTOR MARCHA LENTA MOLINO B-2022/4	ELLIN	440	72	60 HP	900	0,88		100020920
MOTOR BOMBA LEVANTE B-2022.5	ELLIN	460	8,38	7,5 HP	1800	0,88	LKM311-M04	100020350
MOTOR BOMBA LEVANTE B-2022.6	ELLIN	460	8,38	7,5 HP	1800	0,88	LKM311-M04	100020350
MOTOR BOMBA LEVANTE B-2022.7	ELLIN	460	8,38	7,5 HP	1800	0,88	LKM311-M04	100020350
MOTOR BOMBA LEVANTE B-2022.8	ELLIN	460	8,38	7,5 HP	1800	0,88	LKM311-M04	100020350
MOTOR BOMBA LEVANTE B-2022.9	ELLIN	460	8,38	7,5 HP	1800	0,88	LKM311-M04	100020350
MOTOR BOMBA LEVANTE B-2022.10	ELLIN	460	8,38	7,5 HP	1800	0,88	LKM311-M04	100020350
MOTOR BOMBA LEVANTE B-2022.11	ELLIN	460	8,38	7,5 HP	1800	0,88	LKM311-M04	100020350
MOTOR BOMBA LEVANTE B-2022.12	ELLIN	460	8,38	7,5 HP	1800	0,88	LKM311-M04	100020350
MOTOR BOMBA LUBRIC. B-2022/13	ELLIN	460	8,38	7,5 HP	1800	0,88	LKM311-M04	100020131
MOTOR BOMBA LUBRIC. B-2022/14	ELLIN	460	8,38	7,5 HP	1800	0,88	LKM311-M04	100020131
MOTOR BOMBA LUBRIC. B-2022/15	ELLIN	460	8,38	7,5 HP	1800	0,88	LKM311-M04	100020131
MOTOR BOMBA LUBRIC. B-2022/16	ELLIN	460	9,9	10 HP	1800	0,88	MBT132-5B5	100020133
MOTOR BOMBA LUBRIC. B-2022/17.1	ELLIN	460	9,9	10 HP	1800	0,88	MBT132-5B5	100020133
MOTOR BOMBA LUBRIC. B-2022/17.2	ELLIN	460	9,9	10 HP	1800	0,88	MBT132-5B5	100020133
						0,88		
<b>SISTEMA CARGA A SILOS MINERAL</b>								
MOTOR ELEVADOR DE CANGILONES B-2065	MARBAISE	440	174	150 HP	1800	0,88		100020783
MOTOR AUXILIAR ELEVADOR DE CANGILONES B-2065/1	RELIANCE	460	3	3 HP	1800	0,88		100021036
MOTOR DEL VENTILADOR B-2069/1	ELLIN	460	4	6,3 KW	3600	0,88	LKM-313-T02	100021074
MOTOR ELEVADOR DE CANGILONES B-2066	MARBAISE	440	174	150 HP	1800	0,88		100020783
MOTOR AUXILIAR ELEVADOR DE CANGILONES B-2066/1	RELIANCE	460	2	3 HP	1800	0,88		100021036
MOTOR DEL VENTILADOR B-2070	ELLIN	460	4	6,3 KW	3600	0,88	LKM-313-T02	100021074

**APÉNDICE 2**  
**Entrevista no estructurada**  
**Preguntas**

1. **¿Qué variables pueden estar generando la variación del consumo de energía eléctrica?**
2. **¿Al realizarse paradas programadas y no programadas se apagan todos los equipos de la Planta?**
3. **¿De qué manera se realiza el cálculo de consumo de energía eléctrica?**
4. **¿Cuáles son los equipos fijos y variables de la planta?**
5. **¿Cada cuanto tiempo realizan mantenimiento a los equipos?**