

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO DEL PROYECTO

**“AUDITORÍA EXERGÉTICA Y ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL
DE LA CALDERA BELLELI MODELO 73/3655/020, LÍNEAS DE AGUA
CALIENTE Y SISTEMA DE SECADO DE FIDEO DEL ÁREA DE
PRODUCCIÓN DE INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.”**

REALIZADO POR:

MARCO ANDRÉS NARANJO VÁSCONEZ

DIRECTOR: ING. ERNESTO SORIA

CODIRECTOR: ING. ADRIAN PEÑA

Sangolquí, 2006

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “AUDITORÍA EXERGÉTICA Y ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA CALDERA BELLELI MODELO 73/3655/020, LÍNEAS DE AGUA CALIENTE Y SISTEMA DE SECADO DE FIDEO DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.” fue realizado en su totalidad por el señor Marco Andrés Naranjo Vásconez, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Ernesto Soria
DIRECTOR

Ing. Adrian Peña
CODIRECTOR

Sangolquí, 2006-10-27

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“AUDITORÍA EXERGÉTICA Y ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA CALDERA BELLELI MODELO 73/3655/020, LÍNEAS DE AGUA CALIENTE Y SISTEMA DE SECADO DE FIDEO DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.”.

ELABORADO POR:

Sr. Marco Andrés Naranjo Vásquez

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ing. Juan Díaz
COORDINADOR DE CARRERA DE
INGENIERIA MECANICA

Sangolquí, 2006-10-27

DEDICATORIA

Al finalizar una etapa más de mi vida, dedico el presente trabajo a toda mi familia, pilar fundamental de mi persona, quienes han sido mi principal apoyo al creer en mi y darme la fuerza necesaria cuando faltaban las mías, de manera especial a mis padres Marco Antonio y Ligia Graciela por su gran ejemplo de paciencia y trabajo, por sembrar en mí valores, por enseñarme que no hay mejor recompensa que la que se consigue con trabajo y constancia, procurando ser cada día mejor.

A mis hermanos Gabriela y Alejandro por ser y seguir siendo mis mejores amigos, verdaderos compañeros de lucha quienes alegran mi existencia, dándome el aliento y apoyo necesario día a día.

A mi querida tía Grace, por ser una hermana más en mi vida, por siempre estar preocupada de mí y por inculcarme que en la vida siempre debe existir la suficiente fe para afrontar las situaciones difíciles, junto con la necesaria humildad para aceptar lo que no se puede cambiar.

Al amor de mi vida Lorena, por ser una amiga incondicional, y enseñarme día a día con su presencia la verdadera felicidad, así como que la misma no radica en obtener lo que uno quiere sino en amar lo que uno tiene.

A mi querida sobrina Sara Cristina, quien con su dulzura y grandes risas da a mi vida el toque de color y alegría así como una razón más para luchar cada día y de quien espero ser un buen ejemplo para su futuro.

Andrés Naranjo Vásquez

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por su infinito amor, por permitirme compartir día a día con los seres que más amo, darme la sabiduría y perseverancia para alcanzar mis metas y hacer que día a día crezca como una persona integra.

A mi familia ya que son mi fuente de inspiración y fortaleza para alcanzar todos mis ideales.

A mis amigos por ser como hermanos y brindarme su apoyo durante toda la vida estudiantil.

A la Escuela Politécnica del Ejército de manera especial a la Facultad de Ingeniería Mecánica por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente mediante una educación de excelencia.

A mi Director y Co-director de tesis, por todo el apoyo intelectual brindado a través de sus conocimientos, los cuales permitieron culminar de la mejor manera este proyecto.

Y por último a la familia Buenaño y a todas las personas que conforman “Industrias Catedral” por la apertura y confianza que depositaron en mí para realizar este proyecto.

Andrés Naranjo Vásconez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. GENERALIDADES.....	21
1.1 – ANTECEDENTES.....	21
1.2 - DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	23
1.3 - JUSTIFICACION.....	24
1.4- OBJETIVO GENERAL.....	25
1.5 - OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	25
1.6 - ALCANCE DEL PROYECTO.....	26
2. MARCO CONCEPTUAL.....	27
2.1 - SITUACION ENERGETICA A NIVEL MUNDIAL.....	27
2.2- SITUACIÓN ENERGÉTICA Y PROGRAMAS DE.....	31
AHORRO DE ENERGÍA EN EL ECUADOR	
2.2.1.- SITUACION ACTUAL.....	31
2.2.2.- USO RACIONAL DE LA ENERGIA.....	37
2.3- MANEJO RACIONAL DE LA ENERGÍA	
EN LAS INDUSTRIA ECUATORIANA.....	39
2.4 AUDITORIAS ENERGETICAS Y EXERGETICAS.....	40
2.4.1.- INTRODUCCION.....	40
2.4.2.- TIPOS, RECURSOS Y PASOS PARA.....	42
REALIZAR UNA AUDITORIA ENERGETICA	
Y EXERGETICA	
2.4.3.-RECURSOS PARA LA REALIZACION.....	45
DE UNA AUDITORIA ENERGETICA Y EXERGETICA	
2.4.4. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR.....	47
UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA Y EXERGETICA	
3. AUDITORIA PRELIMINAR.....	50
3.1- INTRODUCCION.....	50
3.1.1- OBJETIVO Y FUNDAMENTOS	51
DE LA AUDITORIA PRELIMINAR	
3.2.- CARACTERIZACION DE LOS PROCESOS.....	51
PRODUCTIVOS DE LA PLANTA	

3.2.1.- DESCRIPCION.....	51
3.2.1.1- PROCESO DE FABRICACIÓN DE FIDEOS.....	52
3.2.1.1.1.- RECEPCION MATERIA PRIMA.....	52
3.2.1.1.2. – LIMPIEZA.....	52
3.2.1.1.3.- MEZCLA.....	53
3.2.1.1.4.- LAMINACION.....	53
3.2.1.1.5.- FORMA.....	53
3.2.1.1.6.- SECADO.....	54
3.2.1.1.7.- ALMACENAMIENTO Y ENFUNDADO...55	
3.2.1.2. DESCRIPCION DEL SISTEMA.....	57
DE SECADO DE FIDEO	
3.3 - DESCRIPCION DE MAQUINARIA.....	59
3.3.1- DESCRIPCIÓN CALDERA BELLELI.....	59
MODELO 73/3655/020 Y LÍNEAS DE AGUA	
CALIENTE.	
3.3.1.1 CARACTERES FUNCIONALES.....	59
3.3.1.2.- CARACTERES DIMENSIONALES.....	61
3.3.1.3.- CARACTERES OPERACIONALES.....	63
3.3.1.4.- DESCRIPCION DE LAS LINEAS.....	65
DE AGUA CALIENTE.	
3.3.1.4.1.CARACTERISTICAS DIMENCIONALES.	65
3.3.2.- DESCRIPCIÓN SISTEMAS DE SECADO DE FIDEO.....	66
3.3.2.1.- CARACTERISTICAS FUNCIONALES.....	67
3.3.2.2.- CARACTERISTICAS DIMENSIONALES.....	70
3.3.2.3.- SECADEROS ESTATICOS.....	71
3.4.- DETALLE DE CONSUMOS Y COSTOS DE.....	71
ENERGIA EN LA EMPRESA.	
3.4.1.- CONSUMO ELECTRICO EN LA EMPRESA.....	72
3.4.2.- CONSUMO DE COMBUSTIBLE DIESEL.....	73
3.4.3.- COSTOS ENERGÉTICOS.....	74
3.5.- DETERMINACION DE SISTEMAS.....	76
DE MAYOR CONSUMO ENERGETICO.	
3.6.- INSPECCIÓN VISUAL Y EVALUACION.....	77

DE LOS SISTEMAS A AUDITARSE.

4. AUDITORIA DEFINITIVA.....	80
4.1. INTRODUCCION.....	80
4.1.1. OBJETIVOS, FUNDAMENTOS, Y BENEFICIOS.....	81
DE LA AUDITORIA EXERGETICA DEFINITIVA.	
4.2.- INDICADORES DE CONSUMO ENERGETICO.....	81
4.2.1.- INDICADORES DE CONSUMO ELECTRICO.....	82
4.2.1.1.- INDICADOR DE CONSUMO.....	83
ELECTRICO GLOBAL	
4.2.1.2.- INDICADOR DE CONSUMO.....	85
ELECTRICO DEL AREA DE	
SECADO DE FIDEO.	
4.2.2.- INDICADOR DE CONSUMO DE.....	89
COMBUSTIBLES.	
4.2.2.1. INDICADOR DE CONSUMO.....	90
GLOBAL DE COMBUSTIBLE.	
4.2.2.2. INDICADOR DE CONSUMO	91
DE COMBUSTIBLE EN EL AREA	
DE SECADO DE FIDEO.	
4.3 MEDICIONES Y DETERMINACION DE PERDIDAS.....	94
ENERGETICAS EN LOS EQUIPOS Y SISTEMAS	
DE CONSUMO ENERGÉTICO DEL AREA DE	
SECADO DE FIDEO.	
4.3.1. DETERMINACION DE LA EFICIENCIA	95
DE LA CALDERA	
4.3.1.1._ PERDIDAS POR GASES.....	96
DE COMBUSTION.	
4.3.1.2._ PERDIDAS POR TRANSFERENCIA.....	102
DE CALOR.	
4.3.2. DETERMINACION DE PERDIDAS.....	107
ENERGETICAS EN LAS LINEAS DE	
AGUA CALIENTE	

4.3.3. DETERMINACION DE PERDIDAS.....	111
ENERGETICAS EN LOS SISTEMAS DE SECADO	
4.3.3.1.- EFICIENCIA EN MOTORES.....	112
ELECTRICOS.	
4.3.3.2.- ANALISIS DE LOS.....	114
INTERCAMBIADORES DE CALOR.	
4.3.4. DETERMINACION DE PERDIDAS ENERGETICAS EN LOS SISTEMAS DE ILUMINACION.....	132
4.4. EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS Y DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS SISTEMAS EN LA PLANTA.....	142
4.4.1. CALDERA.....	142
4.4.2. LINEAS DE AGUA CALIENTE.....	143
4.4.3. SISTEMA DE SECADO DE FIDEO.....	144
4.4.4.SISTEMA DE ILUMINACION.....	145
4.5. PLANTEAMIENTO SOBRE OPORTUNIDADES.....	146
PARA REDUCIR CONSUMOS ENERGÉTICOS.	
5. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.....	149
5.1 INTRODUCCIÓN.....	149
5.2 ANÁLISIS DE CONTAMINANTES.....	151
QUE GENERA EL ÁREA DE SECADO DE FIDEO	
5.2.1.- ANALISIS DE LOS GASES DE LA CALDERA.....	152
5.3.- RECOMENDACIONES DEL CUMPLIMIENTO.....	154
DE NORMAS LOCALES, NACIONALES E INTERNACIONALES.	
6. DESARROLLO DE PROYECTO DE SOLUCIONES.....	158
6.1. INTRODUCCIÓN.....	158
6.2.- JUSTIFICACIÓN.....	159
6.3.- OBJETIVOS.....	159

6.4.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	159
6.5.- ÁREA DE INFLUENCIA.....	159
6.6. ANÁLISIS DE LOS PLANTEAMIENTOS A	160
LLEVARSE A CABO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE LA ENERGÍA EN EL AREA DE SECADO DE FIDEO.	
6.6.1. RECUBRIMIENTO TÉRMICO DE.....	160
LAS PAREDES DE LA CALDERA.	
6.6.2. RECUBRIMIENTO DE TUBERÍAS DE.....	166
AGUA CALIENTE CON AISLANTE TÉRMICO DE LANA DE FIBRA DE VIDRIO.	
6.6.3.- IMPLEMENTACION DE PANELES.....	173
REFRACTARIOS DENTRO DEL TUNEL DE SECADO DE FIDEO #2	
6.6.4.- IMPLEMENTACION DE UN VENTILADOR.....	175
INDIVIDUAL PARA CADA LADO DEL TUNEL DE SECADO ESTATICO.	
6.6.5.- IMPLEMENTACION DE MOTORES ELECTRICOS DE ALTA EFICIENCIA EN LOS TUNELES.....	177
DE SECADO	
6.6.6 ELIMINACION DE LUMINARIAS EN EXCESO.....	120
6.7.- ANÁLISIS DE RECURSOS Y COSTOS PARA LA	182
IMPLEMENTACION DE LOS PLANTEAMIENTOS DEL PROYECTO.	
6.7.1.- RECUBRIMIENTO TÉRMICO.....	182
6.7.2.- PANELES REFLECTORES DE MADERA.....	184
6.7.3.- VENTILADOR INDIVIDUAL PARA CADA.....	185
INTERCAMBIADOR DEL TUNEL DE SECADO ESTATICO.	
6.7.4.- MOTORES ELECTRICOS.....	185
6.7.5.- INTERRUPTORES TEMPORIZADOS.....	186

7. ESTUDIO ECONOMICO FINANCIERO.....	188
7.1 ANÁLISIS ECONOMICO.....	188
7.1.1. COSTOS DIRECTOS.....	188
7.1.2. COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	189
7.2. ANÁLISIS FINANCIERO.....	189
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	197
8.1. CONCLUSIONES.....	197
8.2. RECOMENDACIONES.....	199
8.3 BIBLIOGRAFIA.....	201
8.4 ANEXOS.....	202

INDICE DE FIGURAS

Figura No 2.1.	OFERTA ENERGIA PRIMARIA 2003.....	33
Figura No 2.2.	EVOLUCIÓN ENERGÍA PRIMARIA.....	33
Figura No 2.3.	OFERTA ENERGIA SECUNDARIA 2003.....	35
Figura No 2.4.	EVOLUCION ENERGIA SECUNDARIA.....	35
Figura No 2.5.	CONSUMO ENERGETICO POR SECTORES 2003.....	36
Figura No 2.6.	EVOLUCION CONSUMO ENERGETICO.....	37
Figura No 2.7.	ANALIZADOR DE REDES ELÉCTRICAS.....	45
Figura No 2.8.	CÁMARA TERMOGRAFICA.....	46
Figura No 2.9	TERMÓMETRO DIGITAL.....	46
Figura No 2.10	TERMÓMETRO LÁSER	46
Figura No 2.11	ANALIZADOR DE GASES.....	46
Figura No 2.12	CAUDALIMETRO.....	47
Figura No. 3.1	BANDA TRANSPORTADORA.....	52
Figura No. 3.2	PRENSA DE CABEZAL.....	53
Figura No. 3.3	TROQUELADORA.....	54
Figura No. 3.4	TRABATO DE SECADO.....	54
Figura No. 3.5	SISTEMA TÚNELES DE SECADO.....	55
Figura No. 3.6	SILOS DE ALMACENAMIENTO	56
Figura No.3.7	ENFUNDADORA.....	56
Figura No. 3.8	DIAGRAMA PROCESOS FIDEO.....	56
Figura No. 3.9	CALDERA.....	57
Figura No. 3.10	SISTEMA DE TÚNELES DE SECADO.....	57
Figura No. 3.11	SECADEROS ESTÁTICOS.....	58
Figura No. 3.12	ESQUEMA CALDERA.....	61
Figura No. 3.13	TUBERÍA AGUA CALIENTE.....	65
Figura No. 3.14	ESQUEMA TUNEL DE SECADO.....	68
Figura No. 3.15	ESQUEMA INTERCAMBIADORES.....	69
Figura No. 3.16	CONSUMO ENERGIA ELECTRICA 2005.....	72
Figura No. 3.17	CONSUMO DIESEL (GLS) 2005.....	73
Figura No. 3.18	COSTO COMBUSTIBLES 2005.....	74
Figura No. 3.19	COSTO DE ENERGIA ELECTRICA 2005.....	75
Figura No. 3.20	PRODUCCION DE FIDEO AÑO 2005.....	75

Figura No. 3.21	CAPACIDAD INSTALADA.....	76
Figura No 4.1	INDICADOR DE CONSUMO GLOBAL ELECTRICO.....	84
Figura No. 4.2	INDICADOR DE CONSUMO TUNEL 1.....	87
Figurando. 4.3	INDICADOR DE CONSUMO TUNEL 2.....	88
Figura. No. 4.4	INDICADOR DE CONSUMO TUNEL ESTATICO 1 – 2.....	88
Figura. No. 4.5	INDICADOR DE CONSUMO TUNEL ESTATICO 3 – 4.....	89
Figura. No. 4.6	INDICADOR DE CONSUMO DIESEL 2005.....	91
Figura. No. 4.7	INDICADOR DE CONSUMO DIESEL CALDERA BELLELI....	94
Figura. No. 4.8	ANALISIS TERMOGRAFICO DE LA CALDERA.....	103
Figura. No. 4.9	DISEÑO EXTERIOR TUNEL DE SECADO CONTINUO.....	125
Figura. No. 4.10	DEFLECTORES DE AIRE.....	125
Figura. No. 4.11	FLUJO DE AIRE EN SECADEROS ESTATICOS.....	132
Figura. No. 4.12	AREA DE TRABAJO.....	135
Figura No. 6.1	ACOTAMIENTO DE LA CALDERA.....	161
Figura No. 6.2	TUBERIA RECUBIERTA TERMICAMENTE.....	166

INDICE DE TABLAS

TABLA No 2.1. Proyección de Consumo Energético a Nivel Mundial.....	29
Según Tipo de Combustible	
TABLA No 2.2. Situación Energética Global según Consumos por Región.....	29
TABLA No 2.3. Emisiones mundiales de CO2 en millones de toneladas por año.....	30
TABLA No 2.4. Oferta neta de energía primaria.....	32
TABLA No 2.5. Índice de comparación con respecto a los años anteriores.....	32
TABLA No 2.6. Oferta total de energía secundaria.....	34
TABLA No 2.7. Índice de comparación con respecto a los años anteriores.....	34
TABLA No 2.8. Consumo energético por sectores.....	36
TABLA No 2.9. Índice de comparación con respecto a los años anteriores.....	36
TABLA No 2.10. Diferencia Auditorias Energéticas y Exergéticas.....	42
TABLA No 3.1 Dimensiones Exteriores de la Caldera.....	61
TABLA No 3.2 Características Dimensionales de Tubería.....	66
TABLA No 3.3 Longitud de la tubería descubierta.....	66
TABLA No 3.4 Dimensiones Secadores y Pre-secadores.....	70
TABLA No 3.5 Dimensiones Secadero Estático.....	71
TABLA No 3.6 Descripción General de Equipos del Área de Secado de Fideos.....	76
TABLA No 4.1 Indicador de Consumo Eléctrico Global año 2005.....	84
TABLA No 4.2 Sectorización de maquinaria por línea de alimentación eléctrica.....	85
TABLA No 4.3 Indicadores de consumo eléctrico de los sistemas de secado.....	87
TABLA No 4.4 Indicadores de consumo de diesel por Kg. de.....	90
producción año 2005.	
TABLA No 4.5 Indicador de consumo de diesel por Kg. de producción	93
TABLA No 4.6a Comparación de parámetros de exceso de aire y eficiencia	102
TABLA No 4.6b Calor sensible de los gases.....	103
TABLA No 4.7 Perdidas de calor en paredes.....	106
TABLA No 4.8 Perdidas de calor en paredes.....	111
TABLA No 4.9 Eficiencia eléctrica de los túneles.....	113
TABLA No 4.10 Calor emitido por intercambiadores.....	124
TABLA No 4.11 Cantidad de calor desperdiciado túnel 2.....	131
TABLA No 4.12 Cantidad de calor desperdiciado túneles estáticos.....	132
TABLA No. 4.13 Nivel de iluminación requerida.....	134

TABLA No 4.14	Asignación de nivel lumínico por zonas.....	134
TABLA No 4.15	Altura luminarias.....	135
TABLA No 4.16	Índice del local.....	136
TABLA No 4.17	Coeficiente de reflexión.....	137
TABLA No 4.18	Coeficiente de utilización.....	138
TABLA No 4.19	Lámparas fluorescentes.....	139
TABLA No 4.20	Cantidad de luminarias por zona.....	140
TABLA No 4.21	Horas uso luminarias.....	141
TABLA No 4.22	Energía perdida por luminaria prendidas de día.....	142
TABLA No 4.23	Análisis de pérdidas energéticas en caldera.....	143
TABLA No 4.24	Pérdidas por falta de aislamiento.....	143
TABLA No 4.25	Eficiencia eléctrica de los túneles.....	144
TABLA No 4.26	Pérdida energética en túnel #2.....	144
TABLA No 4.27	Pérdida energética en túneles secado estático.....	145
TABLA No 4.28	Pérdida energética en luminarias.....	145
TABLA No 5.1	Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión. norma para fuentes en operación antes de enero de 2003	153
TABLA No 5.2	Comparación de parámetros medidos con los de la Norma.....	153
TABLA No 6.1	Calor perdido con aislamiento en la caldera.....	163
TABLA No 6.2	Comparación de pérdidas de energía con..... aislamiento	164
TABLA No 6.3	Calor total ahorrado por recubrimiento térmico en las líneas de agua caliente.	170
TABLA No 6.4	Calor recuperado por implementación de paneles	173
TABLA No 6.5	Calor recuperado por implementación..... de ventiladores individuales	176
TABLA No 6.6	Eficiencia motores eléctricos.....	178
TABLA No 6.7	Motores de alta eficiencia.....	178
TABLA No 6.8	Cantidad de energía eléctrica ahorrada.....	179
TABLA No 6.9	Pérdidas de energía por exceso de luminarias.....	180
TABLA No 6.10	Pérdidas de energía por luminarias encendidas en el día.....	181
TABLA No 6.11	Costo recubrimiento térmico.....	182

TABLA No 6.12 Cantidad de aislante.	183
TABLA No 6.13 Características del material.....	184
TABLA No 6.14 Costo ventiladores.....	185
TABLA No 6.15 Motores de alta eficiencia.....	186
TABLA No 6.16 Interruptores temporizados.....	186
TABLA No 7.1 Resumen de costo de materiales y mano de obra.....	188
TABLA No 7.2. Resumen de costos de mantenimiento.....	189
TABLA No 7.3. Flujo de caja revestimiento térmico.....	191
TABLA No 7.4. Flujo de caja paneles reflectores.....	191
TABLA No 7.5. Flujo de caja ventilador individual.....	192
TABLA No 7.6. Flujo de caja interruptores temporizados.....	193
TABLA No 7.7. Flujo de caja motores de alta eficiencia.....	194
TABLA No 7.8. Flujo de caja de todos los proyectos.....	195
TABLA No 7.9. Rentabilidad de los proyectos.	196

GLOSARIO

V	Voltaje
I	Intensidad
Cosφ	Factor de Potencia
A	Area
At	Area tanque cilíndrico
No	Nivel Inicial
Nf	Nivel Final
T	Tiempo
(A/C)_{real}	Relación Aire – Combustible real
(A/C)_{Esteq}	Relación Aire – Combustible ideal
c_p	Calor específico
Mol	Número de moles del gas
T_{gas}	Temperatura del Gas
T_{pared}	Temperatura superficial de la pared
T_{aire}	Temperatura de aire
T_{agua}	Temperatura del agua caliente
λ	Coefficiente de transferencia de calor por convección.
R_c	Resistencia por convección
R	Resistencia por conducción.
Q	Cantidad de Calor
K_{ac}	Conductividad térmica del acero
V_o	Velocidad de flujo cruzado – aire
Sl	Espacio longitudinal arreglo de intercambiador
St	Espacio transversal arreglo de intercambiador
ρ	reflectividad
v	Viscosidad cinematica
K	Conductividad térmica
Pr	Número de Prandtl
Re	Número de Reynolds
Nu	Número de Nussel
η_{ale}	Eficiencia de aleta

h	Altura de luminarias
κ	Índice del local
η	Coeficiente Utilización luminosa.
η_c	Eficiencia de Combustión.
λ_c	Entalpía de Combustión
Qr	Calor de reacción
λ_f	Entalpía de Formación

RESUMEN

Durante los últimos años, se ha visto un gran impulso en cuanto al consumo energético a nivel global, debido principalmente al crecimiento poblacional así como de las industrias, motivo por el cual las fuentes de energía son cada vez más difíciles de encontrar.

Teniendo en cuenta lo anterior, Industrias Catedral S.A., una empresa ambateña dedicada por más de 49 años, a la elaboración de productos de consumo masivo, ha dado paso a la realización de una auditoria exergética dentro de sus instalaciones, a fin, de detectar las perdidas de energía que se producen en el área de secado de fideo, para corregirlas y poder responder satisfactoriamente a los requisitos de la sociedad, permitiéndole ser competitiva ante las condiciones actuales.

Por esta razón, luego de realizar la pre-auditoria, específicamente al área de secado de fideo, durante los meses de diciembre de 2004 y enero de 2005, se llegó a analizar y establecer el área de influencia de este proyecto de tesis, así como el estado actual del mismo, se detectaron por simple inspección una serie de elementos del sistema de secado que presentaban desperdicio de energía por falta de mantenimiento e inversión, mismos que al ser eliminados representaría ganancias para la empresa, se estableció además, que la empresa paga en el área de secado de fideo un promedio por rubro de electricidad de 7.755,59 \$ y por consumo de combustible de 3.462 \$ con 9 centavos mensualmente

Después de este análisis, se llevo a cabo la auditoria en si, donde, por medio de varios métodos de recopilación de datos y análisis de los mismos, se llevo a establecer eficiencias así como la cantidad de energía que se desperdicia por mal manejo en los sistemas que componen el área de secado de fideo, también se analizó el establecimiento de indicadores de consumo de energía y las posibles soluciones a las disfunciones energéticas en esta área.

En lo que respecta al análisis de impacto ambiental, se determino los contaminantes que genera el área de secado de fideo en este tema, como son los gases de escape de la

caldera, y se evaluó las posibilidades de contaminación según las leyes que rigen en nuestro medio.

Se realizó además, un proyecto de implementación de soluciones, donde se analiza teóricamente la cantidad de energía que puede ser aprovechada por los sistemas de secado de fideo, al realizar ciertas implementaciones tales como recubrimientos térmicos y mejoras en las maquinarias, obteniendo como resultado, un ahorro energético en términos económicos para la empresa.

Para finalizar se realizó el análisis económico financiero para ver su viabilidad, para lo cual se calculó el costo de la implementación de las soluciones por un valor aproximado de 7876 dólares, y luego se procedió a elaborar el flujo de caja presupuestado a 1 año obteniéndose un VAN de 15.608 dólares, un TIR de 55% en un tiempo de recuperación de la inversión del tercer mes de implementación, con lo cual se justifica la ejecución del proyecto.

CAPITULO I.

1. GENERALIDADES

1.1 - ANTECEDENTES

Durante los últimos años, se ha visto un gran impulso en cuanto al consumo energético a nivel global, debido principalmente al crecimiento poblacional así como de las industrias, motivo por el cual las fuentes de energía son cada vez más difíciles de encontrar.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante crear un alto nivel de conciencia en quienes utilizan la energía, para que lo realicen de manera más eficiente, uno de los métodos más adecuados, es rigiéndose en parámetros que ayuden a identificar cuán eficientemente es el uso de la energía, como por ejemplo, el índice de intensidad energética que tiene distintas acepciones dependiendo de cómo, dónde y para qué se lo utilice.

Actualmente, la exergía, que se define como el potencial de trabajo máximo que se puede obtener de un sistema en relación con su medio ambiente, está siendo cada vez más utilizada como herramienta para mejorar los procesos, desde el punto de vista energético, económico y ambiental.

Una de las nuevas estrategias de competitividad a partir de la reducción de costos de producción, dentro del amplio campo de las empresas industriales de nuestro país, es la implementación de planes de producción más limpia, los mismos que consisten principalmente en el ahorro de energía teniendo en cuenta la reducción de contaminación ambiental.

Industrias Catedral S.A, es una empresa dedicada por más de 49 años, a la elaboración de productos de consumo masivo tales como fideos, velas, harinas y afrechos, nace el 23 de Noviembre de 1956 en la ciudad de Ambato, fundada por : Sr. Oswaldo Buenaño C., Sr. Gonzalo Mayorga y Herlinda Buenaño de Mayorga como una Compañía en Nombre

Colectivo, en un comienzo, dedicada al procesamiento de Parafina para la elaboración de velas.

En 1962 incursiona en la elaboración y venta de fideos, para esa época la empresa vendía 60 toneladas mensuales de vela y 100 toneladas de fideos en las provincias de Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi, Bolívar, Imbabura y Carchi.

A finales de la década de los noventa la empresa comienza a participar en programas de mejoramiento continuo de calidad, productividad y la capacitación permanente de todo su personal, todo esto con miras de prepararse y afrontar los retos de la globalización y la apertura de mercados; siempre enfocando la satisfacción del cliente mediante el mejoramiento de procesos, tecnologías y exigiendo calidad en los proveedores para garantizar productos acorde a las exigencias de normas internacionales y a precios muy competitivos.

Actualmente, la empresa cuenta con una infraestructura moderadamente tecnificada; su complejo Industrial, ubicado en San Vicente de Atahualpa, entrada a Ambato, da trabajo a más de 100 familias, sus instalaciones se amparan bajo especificaciones de construcción industrial, al igual que su maquinaria de origen italiano y tecnología de punta completamente automatizada en ciertos sectores que permiten ofrecer productos de calidad bajo normas y especificaciones tanto nacionales como extranjeras. Cuenta además, con su propia flota de camiones con capacidad para la distribución de sus productos en el ámbito local y nacional.

La planta productiva se subdivide en 3 áreas principales, mismas que se concatenan para la elaboración de sus productos y estas son: el área de molienda, donde como su nombre lo indica, se muele el trigo para producir harina, afrecho y sus derivados, los cuales en cierta cantidad son comercializados al público y el resto sirve específicamente para la producción de sus fideos; El área de fideos, en donde, a través de procesos de mezcla, amasado, corte y secado entre otros, la harina es transformada en fideos como producto final de esta área, y por último esta el área de velas, en donde se da forma y en ciertos casos color a la parafina para obtener como producto principal las velas.

1.2 - DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Durante los años de funcionamiento de la caldera marca BELLELI modelo 73/3655/020 PR1 y sistemas anexos a ella, como son los túneles de secado continuo y cabinas de secado estático, han sido pocos o escasos los esfuerzos por parte de la empresa para establecer técnicas de medición y ahorro en cuanto a consumo de electricidad y combustible se refiere, por otra parte, el sistema de mantenimiento que ha predominado en la empresa ha sido el correctivo, dándonos motivos para creer, que durante todo ese tiempo no se realizó ningún intento siquiera por calibrar continuamente a la caldera para que tenga un funcionamiento adecuado.

Cabe destacar que la caldera es la fuente principal de energía calórica del sistema de secado de fideo de la empresa, mismo que trabajan diariamente en 3 turnos de 8 horas seguidas, y en cada uno de ellos, se llega a procesar aproximadamente unos 70 kintales de harina.

Por lo antes expuesto y con el objetivo de alcanzar una producción mas limpia intentando reducir los costos de fabricación de sus productos en el área de secado de fideo, Industrias Catedral S.A. necesita saber si los recursos energéticos utilizados por la caldera BELLELI modelo 73/3655/020 PR1 y maquinaria anexa existente en el área de secado de fideo de la empresa son óptimos, específicamente, en lo que se refiere a consumos de electricidad y combustible, ya que, la falta de registros, así como un adecuado sistema de medición, en cuanto a consumos de energía se refiere, generan un problema fundamental en el que se basa el objetivo principal de este proyecto de tesis, el cual es realizar una auditoria exegética así como un análisis de impacto ambiental en dichas áreas a fin de recopilar información que permita establecer soluciones económicamente rentables.

Este estudio conlleva, a más del análisis y evaluación energético de las variables de funcionamiento de la caldera y máquinas anexas que intervienen en el proceso de elaboración de fideos, el desarrollo de un proyecto de implementación de soluciones así como un estudio de impacto ambiental a fin de resolver los problemas de pérdida de energía específicamente en el área de secado de fideos de la empresa

1.3 - JUSTIFICACION.

Industrias Catedral S.A. mediante su departamento de producción, ha llegado hipotéticamente a determinar que los costos de fabricación de sus productos pueden ser reducidos gracias al ahorro de energía en ciertos sectores productivos de la empresa, razón por la cual, durante los últimos meses del año 2005 se empezó a dar paso a las auditorias energéticas así como a planes de producción mas limpia en la empresa.

Mediante datos proporcionados por los Inspectores de Producción de Industrias Catedral S.A., se conoce que tienen un incorrecto aprovechamiento de sus insumos energéticos en el área de caldera y secado de fideo de la empresa, donde, el consumo de combustible por parte del sistema de calderas ha sufrido un incremento, llegando a un promedio para el 2005 de 150 galones diarios, además, el consumo de energía eléctrica por parte de los sistemas de secado de fideo como son los túneles, se ha visto inmerso en el mismo fenómeno, por lo cual, dichos incrementos vienen a convertirse en un grave problema económico para la empresa, ya que, la caldera representa la fuente principal de energía, a través de sus líneas de agua caliente, para las máquinas de secado y presecado del fideo, mismas donde se procesan aproximadamente unos 210 kintales diarios de harina.

Por lo antes expuesto, Industrias Catedral S.A. a fin de reducir los costos en la fabricación de sus productos, necesita que en sus instalaciones se realice una auditoria exergética, y de esta manera, evaluar principalmente si los costos por las acciones correctivas a tomarse se justificasen frente a los costos que actualmente le representan a la empresa los excesos de consumos energéticos.

De igual manera, es importante considerar dentro de esta auditoria, la realización de un estudio de impacto ambiental, tomando en cuenta que este estudio conlleva a la mejora de calidad de vida en el sector, a través, de la reducción de contaminación por descargas de gases y elementos tóxicos.

Por todo esto, se puede decir que la ejecución de este proyecto, es un pre-requisito para determinar la factibilidad de implementación de todas las acciones correctivas que el

estudio arroje, pensando siempre en la rentabilidad económica de la empresa, en busca de su objetivo de alcanzar una producción más limpia.

La elaboración de este proyecto requiere de una gran inversión de tiempo, debido a que una auditoria exergética así como un estudio de impacto ambiental son procesos que siguen diferentes etapas secuenciales, en donde al finalizar cada una de ellas, se debe realizar una evaluación minuciosa para determinar la importancia de las mismas.

1.4- OBJETIVO GENERAL.

El objetivo general de este proyecto de tesis es el de realizar una auditoria exergética así como un análisis de impacto ambiental de la caldera Belleli modelo 73/3655/020, líneas de agua caliente, y sistema de secado de fideo del área de producción de Industrias Catedral S.A.

1.5 - OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- ↗ Determinar consumos de energía de la Caldera Belleli modelo 73/3655/020 PR1 y sistemas complementarios, a fin de descubrir disfunciones energéticas a través de parámetros que midan su eficiencia.
- ↗ Estudiar un mejor aprovechamiento de los desperdicios y descargas al medio ambiente, a través, del análisis de los distintos parámetros de control ambiental, con el fin de reducir el impacto que actualmente produce la empresa
- ↗ Evaluar en términos económicos de rentabilidad las posibles medidas para reducir los consumos de energía e impacto ambiental, a fin de ser más eficientes.
- ↗ Desarrollar un Proyecto sobre la situación actual, soluciones y viabilidad de cada una de ellas.

1.6 - ALCANCE DEL PROYECTO.

Industrias Catedral S.A. se convertirá en el beneficiario absoluto de los resultados que este proyecto arroje, donde, entre algunas de sus metas tiene como alcance:

- ↪ Conocer el estado actual de la Caldera Belleli modelo 73/3655/020 PR1, líneas de agua caliente y sistema de túneles de secado de fideo.

- ↪ Conocer estado de las líneas de suministros de combustible así como de transporte de agua desde la caldera.

- ↪ Conocer el consumo energético de los sistemas anexos a la caldera, así como las capacidades de los mismos.

- ↪ Obtener información sobre pérdidas por falta de aislamiento térmico y fugas de calor.

- ↪ Establecer alternativas para optimizar el uso adecuado de la energía en el área de secado de fideo.

CAPITULO II

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 - SITUACION ENERGETICA A NIVEL MUNDIAL.

Dentro de una economía globalizada, la competitividad de un país es uno de los parámetros mas importantes que se debe tratar de mejorar; esto puede realizarse a través de la reducción de costos, entre ellos energéticos, ya que además de reducir los costos de producción, tienen la ventaja adicional de prolongar la duración de las reservas energéticas locales.

Todo el sistema energético del mundo desarrollado, se vio seriamente afectado durante la época de los años 70, cuando los productores de petróleo árabes, cuadruplicaron el precio del petróleo hasta alcanzar 12 dólares por barril, y redujeron en un 5% el suministro a los grandes importadores de petróleo como la Comunidad Europea y Estados Unidos; Más tarde, en 1979, los precios subieron aún más, y en 1980 se llegaba a pagar casi 40 dólares por barril¹.

La Comunidad Europea reaccionó poniendo en práctica una política conocida en inglés como (CoCoNuke), iniciales de carbón, conservación y nuclear, donde, se dio prioridad a la reducción del consumo de combustibles, en especial del petróleo.

Estimulada por el aumento de los precios, la gente comenzó a ahorrar energía y utilizarla de un modo más económico, consiguiéndose a lo largo de la década de 1980 un espectacular avance en el rendimiento de la energía. Desde ahí, han aparecido nuevas razones para el rendimiento de la energía como: motivos medioambientales, de contaminación y en especial de calentamiento global.

Últimamente se han puesto en marcha en muchos países desarrollados, programas de conservación de energía, explotando al máximo el uso de la energía así como eliminando todas las producciones y servicios que no realizan un trabajo útil, dando

¹ Documento publicado en Internet, Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano

resultados muy eficientes en cuanto a la reducción del costo final del producto, esta necesidad de conservación energética, ha sido de mucha ayuda especialmente en el sector industrial, ya que son ellos quienes han tenido que soportar los crecientes costos, no solamente en combustibles, sino en todo tipo de energía.

Filipinas, Brasil, Perú, México, entre otros países, han puesto en marcha estos programas de conservación de energía, obteniendo excelentes resultados; en muchos de los casos, se ha logrado la sustitución de un combustible por otro, generado una mejor eficiencia y producción, actualmente, en países como España, se promueven intensas campañas de conservación energética tanto para la industria como para el consumo doméstico.

El consumo de energía a nivel global, se encuentra segmentado según tipos de materias primas utilizadas para su generación, distribución, uso, teniendo en cuenta las áreas geográficas y económicas, en donde dependiendo de estos factores se puede observar un mayor o menor nivel de consumo, pero en todos los casos, bajo un mismo común denominador, los países han optado últimamente por el uso de energías no convencionales, que se generan por medio de recursos naturales renovables (sol, viento, mareas, hidráulica, descomposición de materias orgánicas, etc.), y que no generan emisiones tóxicas en su producción y uso, como ayuda para no contaminar el medio ambiente con el uso de energías no renovables (petróleo, gas natural, carbón vegetal, carbón de hulla, madera, energía nuclear) (TABLA No. 2.1) ; caracterizadas principalmente por producir emisiones tóxicas contaminantes, causando efectos totalmente negativos sobre el hábitat natural del hombre.

Si se comparan los consumos de ambos tipos de energías, se observa que el consumo y demanda de las segundas tienen proyecciones de usos preponderantes en un corto y mediano plazo, lo que implica que aumentarán las emisiones contaminantes CO₂ en el mismo plazo y de manera de exponencial. (TABLA No. 2.3)¹

¹ Documento publicado en Internet, Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano

TABLA No 2.1.- Proyección de Consumo Energético a Nivel Mundial según Tipo de Combustible

CONSUMO ENERGÉTICO TETRAWH	1980	1990	2000	2010	2020	2030	TIPO DE COMBUSTIBLE PARA PRODUCIR ENERGÍA
197,8							RENOVABLES
186,1							
174,5							NUCLEAR
162,8							GAS NATURAL
151,2							
139,6							
128,0							PETRÓLEO
104,7							
81,5							
69,8							
58,2							
46,5							
34,9							COMBUSTIBLES SÓLIDOS
23,3							
11,7							

FUENTE: ITDAHu¹

TABLA No 2.2.- Situación Energética Global según Consumos por Región

TVWH	UE-15	Norteamérica	M. Oriente	Asia	Latinoamérica	Pacífico	África	años
81,5								1990 2030
69,8								
58,2								
46,5		+75 %						
34,9	+100 %		+100 %	+150 %	+100 %		+100 %	
23,3						+150 %		
11,7								

FUENTE: ITDAHu¹

Cuando se estudia el incremento de los consumos globales de energía por áreas geográficas y económicas, se observa que para el año 2030 se incrementarán los valores de consumo (Tabla No 2.2), entre un mínimo de solo un 50% en el Pacífico (Japón, Filipinas, Australia, etc.) a un 150% en Asia (China, Corea, Taiwán, etc.), ubicando Latino-América en un incremento de un 100%, valor similar al de la Unión Europea (15 países) y menor a la de América del Norte (+75%), situación que resulta curiosa, pues en los países desarrollados se tiene un mayor consumo real actualmente.

TABLA No 2.3.- Emisiones mundiales de CO2 en millones de toneladas por año

MILLONES TONELADAS CO2	AÑO 1990	AÑO 2030	ÁREAS DE USOS DE LA ENERGÍA
4500		+150%	VIVIENDAS Y SERVICIOS
4250			
4000			
3750			
3500	100%		
3250			TRANSPORTES
3000			
2750			
2500			
2250			PRODUCCIÓN INDUSTRIAL
2000			
1750			ENERGÍA INDUSTRIAL
1500			
1250			PRODUCCIÓN DE ENERGÍA
1000			
750			
500			
	4.500	9.000	POBLACIÓN MUNDIAL EN MILLONES

FUENTE: ITDAH¹

Una de las estrategias que se ha utilizado hasta la fecha para la reducción de las emisiones tóxicas no ha sido, ni la reducción del consumo, ni la reducción de la demanda energética, por el contrario, en ambos casos aumentaron, sino, la implementación de políticas de optimización del uso de la energía, acompañado del fomento del uso de energías alternativas y fomento en el desarrollo de tecnologías de toda índole de bajo consumo energético, de esta manera se pretende una reducción sustancial de todas las emisiones tóxicas mundiales.

Estas políticas energéticas responden a demandas socio-culturales en los países desarrollados, debido a una fuerte conciencia social de la problemática energética, a través de la capacitación de los ciudadanos, tienen por objetivo la protección del medio ambiente manteniendo el nivel socio-económico.

Esto ha devenido en los últimos 15 años, en una política de estado en la mayoría de los países desarrollados, pues las proyecciones de consumo energético por tipo de usos en todas las áreas generales muestran un notable incremento de las emisiones tóxicas debido a consumos energéticos si no se controla y regula por medio de estas políticas de estado.

¹ Documento publicado en Internet, Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano

El Consejo Mundial de la Energía estima que las fuentes de energía renovables sólo podrán aportar un 30% de la demanda mundial en el año 2020 (aunque la cifra podría llegar a un 60% para el año 2100). Es por ello que se han llevado a cabo numerosas iniciativas para estimular el ahorro de energía, estimando posible lograr un ahorro del 20%.¹

2.2- SITUACIÓN ENERGÉTICA Y PROGRAMAS DE AHORRO DE ENERGÍA EN EL ECUADOR.

2.2.1.- SITUACION ACTUAL.-

El Ecuador cuenta con importantes recursos energéticos renovables y no renovables, entre los que se destaca el petróleo, por ser la principal fuente de ingresos de divisas del país, y las energías solar e hidráulica, por el gran potencial que presentan.

En lo que se refiere al aspecto energético de nuestro país, el organismo encargado de realizar los balances es justamente el Ministerio de Energía y Minas, mismo que tiene a su cargo ver anualmente como se distribuye tanto el potencial energético primario como el secundario ofertado y los consumos finales totales donde se consume dicho potencial⁵.

Se conoce como energía primaria a toda aquella fuente de energía que proviene directamente de la naturaleza sin pasar por algún proceso de transformación, en nuestro país son 5 las clases de energía primaria que se toman en cuenta y son: leña, bagazo, petróleo crudo, gas asociado e hidroenergía².

Para el 2003, último año del cual se tiene un balance, la producción total de energía primaria fue de 9.580 millones de TEP (Tonelada equivalente de petróleo), con una reducción en comparación con la producción del 2002 del 2,1 %, (Tabla No 2.5).

¹ Documento publicado en Internet, Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano

⁵ Ver Anexo I

² Manual de uso racional y Eficiente de la Energía Eléctrica, Ministerio de Energía y Minas.

El único producto en sufrir un aumento fue el bagazo con un incremento del 2,1 % con respecto al año anterior (Tabla No 2.5).

TABLA No 2.4.- Oferta neta de energía primaria.

DETALLE / AÑO	1999		2000		2001		2002		2003	
	MILES DE TEP	%	MILES DE TEP	%	MILES DE TEP	%	MILES DE TEP	%	MILES DE TEP	%
LEÑA	471	6	458	4	445	4	442	5	352	4
BAGAZO	332	4	280	3	285	3	287	3	293	3
PETROLEO CRUDO	6397	78	8476	83	8349	83	8118	83	8041	84
GAS ASOCIADO	286	4	313	3	318	3	224	2	207	2
HIDROENERGÍA	683	8	727	7	661	7	719	7	687	7
TOTAL	8169		10254		10058		9790		9580	

TEP – Tonelada equivalente de Petróleo

FUENTE: Ministerio de Energía y Minas.

La Tabla No 2.4 muestra claramente que los hidrocarburos siguen siendo la principal fuente de energía primaria en el país, especialmente el petróleo con un aporte del 84 %, seguido de la hidro-energía con un 7 %

TABLA No 2.5.- Índice de comparación con respecto a los años anteriores.

DETALLE / AÑO	1999	2000	2001	2002	2003
	%	%	%	%	%
LEÑA	-----	-2,8	-2,8	-0,7	-20,4
BAGAZO	-----	-15,7	1,8	0,7	2,1
PETROLEO CRUDO	-----	32,5	-1,5	-2,8	-0,9
GAS ASOCIADO	-----	9,4	1,6	-29,6	-7,6
HIDROENERGÍA	-----	6,4	-9,1	8,8	-4,5
TOTAL		25,5	-1,9	-2,7	-2,1

FUENTE: Ministerio de Energía y Minas.

Se puede notar además, que la utilización de leña ha sufrido un gran descenso, lo cual es un aspecto importante para la conservación de los bosques y el medio ambiente de nuestro país.

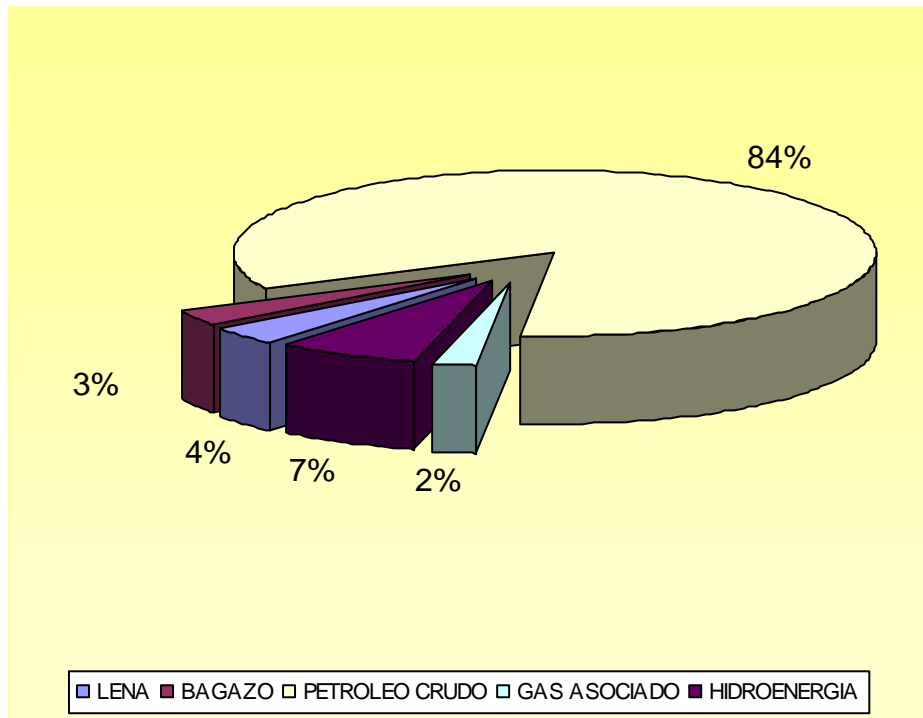


Figura No 2.1. OFERTA ENERGIA PRIMARIA 2003

La oferta neta total (Figura No. 2.1) de energía primaria fue de 9.580 miles de TEP, conformada del 84% de petróleo crudo, 2% de gas asociado, 4% de leña, 3% de bagazo y el restante pertenece a la hidro-energía.

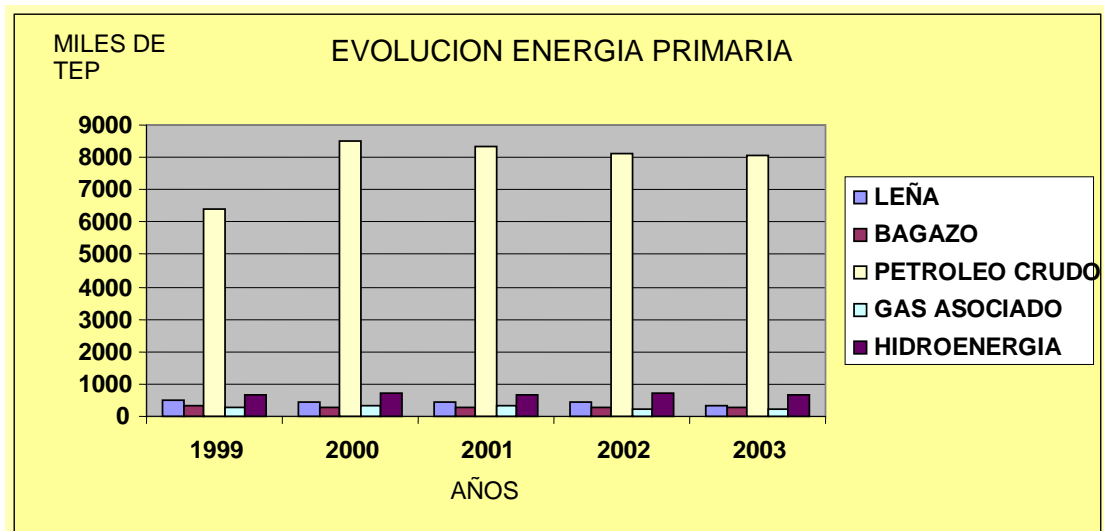


Figura No 2.2. EVOLUCIÓN ENERGÍA PRIMARIA.

Como muestra la Figura No. 2.2, existe una disminución en la generación de energía primaria del 2003 en comparación con el año de 2000.

En cuanto a la producción de energía secundaria se refiere, tenemos que para el 2003, esta a aumentado en un 5,3 % con respecto al año anterior llegando a un valor total de 6.200 miles de TEP, a su vez, casi todas las fuentes de energía secundaria han aumentado su producción, a excepción del diesel 1 que bajo en un 4.9% con respecto al 2002² (TABLA No 2.7).

TABLA No 2.6.- Oferta total de energía secundaria

DETALLE / AÑO	1999		2000		2001		2002		2003	
	MILES DE TEP	%	MILES DE TEP	%	MILES DE TEP	%	MILES DE TEP	%	MILES DE TEP	%
GAS LICUADO	672	13	727	12	767	12	800	14	885	14
GASOLINA Y NAFTA	1361	26	1489	25	1523	24	1548	26	1589	26
DIESEL 1	43	1	49	1	73	1	61	1	58	1
DIESEL2	1692	32	1884	32	2032	33	2056	35	2137	34
AERO-COMBUSTIBLES	113	2	243	4	240	4	100	2	167	3
PESADOS	420	8	484	8	539	9	461	8	474	8
NO ENERGETICOS	114	2	127	2	162	3	164	3	171	3
ELECTRICIDAD	843	16	868	15	886	14	696	12	719	12
TOTAL	5258		5871		6222		5886		6200	

FUENTE: Ministerio de Energía y Minas

Como podemos observar, (Tabla No. 2.6) , el diesel 2, es el tipo de energía secundaria más utilizado en el país con un 34%, seguido de la gasolina y nafta con un 26%.

TABLA No 2.7.- Índice de comparación con respecto a los años anteriores.

DETALLE / AÑO	1999	2000	2001	2002	2003
	%	%	%	%	%
GAS LICUADO	-----	8,2	5,5	4,3	10,6
GASOLINA Y NAFTA	-----	9,4	2,3	1,6	2,6
DIESEL 1	-----	14,0	49,0	-16,4	-4,9
DIESEL2	-----	11,3	7,9	1,2	3,9
AERO-COMBUSTIBLES	-----	115,0	-1,2	-58,3	67,0
PESADOS	-----	15,2	11,4	-14,5	2,8
NO ENERGETICOS	-----	11,4	27,6	1,2	4,3
ELECTRICIDAD	-----	3,0	2,1	-21,4	3,3
TOTAL	-----	11,7	6,0	-5,4	5,3

FUENTE: Ministerio de Energía y Minas

² Manual de uso racional y Eficiente de la Energía Eléctrica, Ministerio de Energía y Minas.

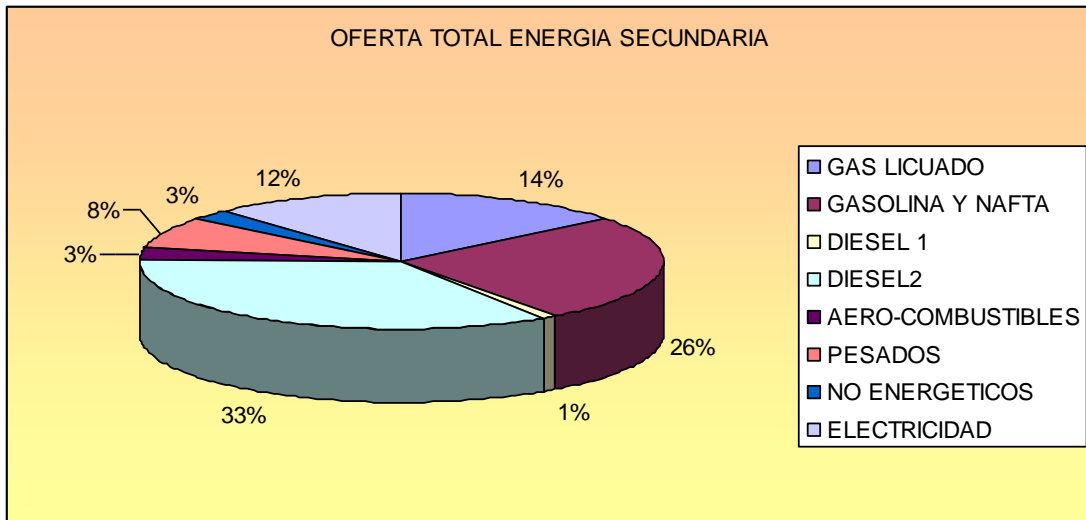


Figura No 2.3 OFERTA ENERGIA SECUNDARIA 2003

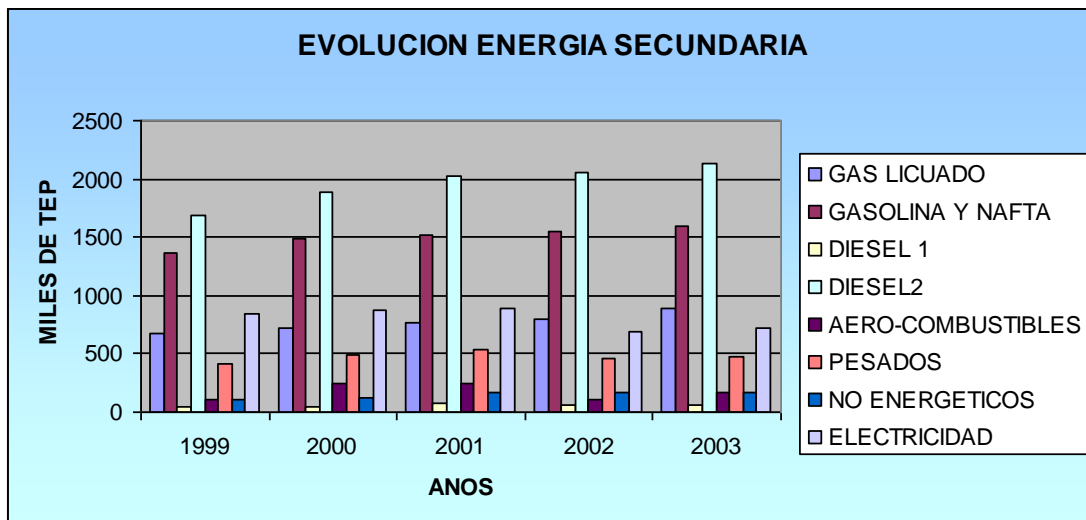


Figura No 2.4. EVOLUCION ENERGIA SECUNDARIA

En cuanto a los sectores de consumo de energía tenemos que el sector de transporte ha sido el demandante principal con un aumento de 5.2 % mas sobre el nivel de consumo que se tenia en el 2002, llegando a un valor de 3.549 miles de TEP, debido principalmente al aumento del sector automotor en nuestro país, así mismo, el consumo en otras actividades ha alcanzado un aumento en un 8.6% (TABLA No 2.9).

TABLA No 2.8.- Consumo energético por sectores

DETALLE / AÑO	1999		2000		2001		2002		2003	
	MILES DE TEP	%	MILES DE TEP	%	MILES DE TEP	%	MILES DE TEP	%	MILES DE TEP	%
TOTAL RESIDENCIAL Y SERVICIOS	1571	27	1609	26	1597	25	1716	26	1609	25
TOTAL TRANSPORTE	2765	48	3233	51	3357	52	3372	52	3549	55
TOTAL INDUSTRIA	1314	23	1358	22	1370	21	1360	21	1262	19
OTROS	113	2	99	2	90	1	70	1	76	1
TOTAL	5763		6299		6414		6518		6496	

FUENTE: Ministerio de Energía y Minas

Como se puede observar (TABLA No. 2.8), el sector de mayor consumo para el año 2003 es el de transporte con un 55% de total de ese año, seguido del sector residencial y servicios.

TABLA No 2.9.-Índice de comparación con respecto a los años anteriores

DETALLE / AÑO	1999	2000	2001	2002	2003
	%	%	%	%	%
TOTAL RESIDENCIAL Y SERVICIOS	-----	2,4	-0,7	7,5	-6,2
TOTAL TRANSPORTE	-----	16,9	3,8	0,4	5,2
TOTAL INDUSTRIA	-----	3,3	0,9	-0,7	-7,2
OTROS	-----	-12,4	-9,1	-22,2	8,6
TOTAL	-----	9,3	1,8	1,6	-0,3

FUENTE: Ministerio de Energía y Minas

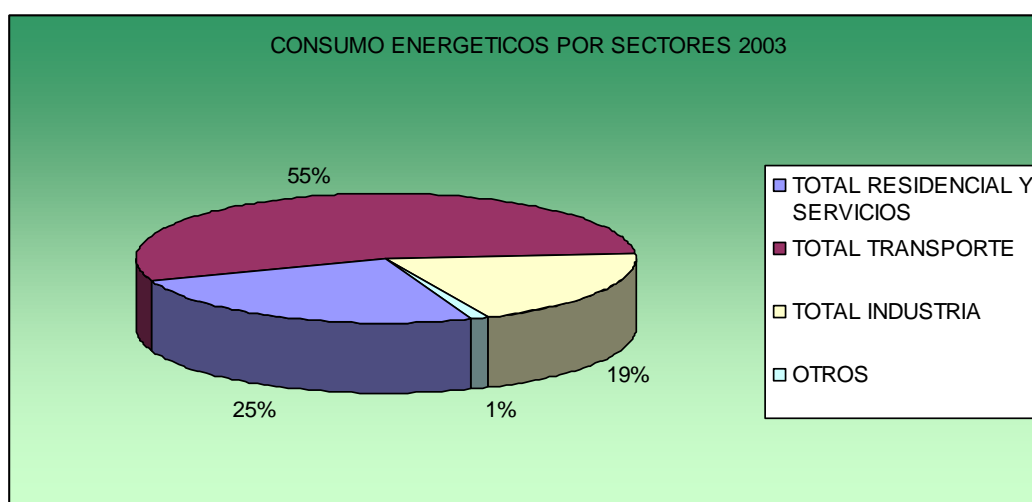


Figura No 2.5. CONSUMO ENERGETICO POR SECTORES 2003

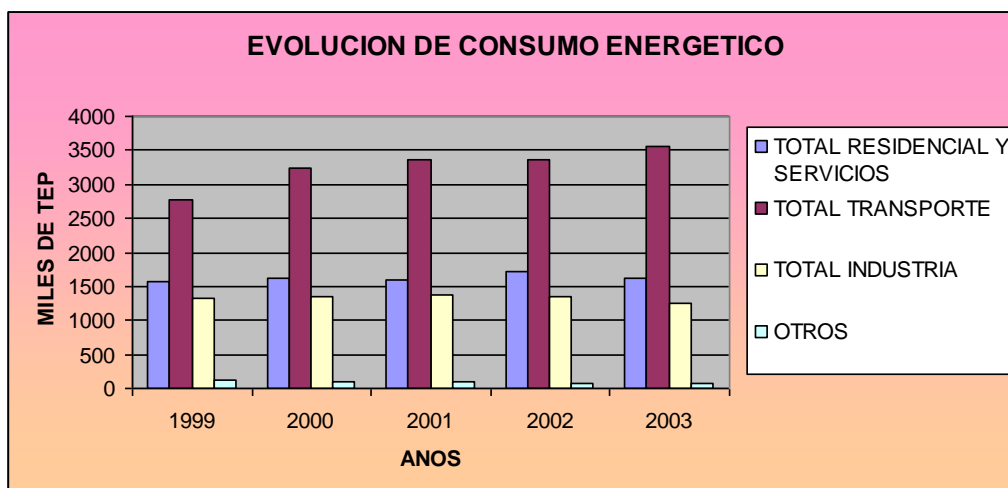


Figura No 2.6. EVOLUCION CONSUMO ENERGETICO

2.2.2.- USO RACIONAL DE LA ENERGIA.-

Las reservas y los recursos energéticos no son ilimitados, aunque sean relativamente abundantes. Desde el punto de vista económico son bienes escasos, es decir, no son bienes libres, como el agua o el aire, por tanto, su uso debe ser racional, evitándose el despilfarro; esto implica que se debe extraer el máximo aprovechamiento de la energía empleada, evitando pérdidas innecesarias en la extracción, manipulación y transporte, utilizando técnicas y máquinas eficientes, y para el consumidor final, imponiendo precios que penalicen el derroche, con ello, sin afectar al nivel de vida, se logrará prolongar el máximo las reservas y los recursos actualmente disponibles, encaminando la transición hacia nuevas energías de forma moderada, evitándose así situaciones traumáticas con elevaciones desmesuradas de los precios, reflejo en la mayoría de las ocasiones, de escasez relativa².

Pensando en esto, El gobierno del Ecuador ha decidido impulsar uno de sus planes más ambiciosos y de beneficio inmediato para la ciudadanía y para el país. Se trata del Programa de Ahorro de energía, sustentado en el fomento de una cultura para el uso racional de la energía.

² Manual de uso racional y Eficiente de la Energía Eléctrica, Ministerio de Energía y Minas.

Para lograr este propósito, el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Subsecretaría de Electrificación, ha decidido emprender con las estrategias de formación del mercado de eficiencia energética, donde todos sus esfuerzos irán dirigidos exclusivamente al sector productivo y de servicios, a fin de alcanzar niveles más altos de eficiencia y competitividad, y para ello han considerado esencial el manejo de información y la adecuada capacitación en el uso eficiente de la energía en el sector industrial del país.

El programa de ahorro de energía se desarrollará a través de tres campañas simultáneas: una publicitaria, educativa y demostrativa – informativa dirigidas a todos los ciudadanos, del sector productivo y de servicios, a demás de los funcionarios y usuarios de los edificios públicos, con el apoyo de la Federación Nacional de Cámaras de Industriales, el Consejo Nacional de Universidades y Politécnicas, y el Ministerio de Educación, quienes contribuirán, cada una en su ámbito específico, en las actividades del programa.

Con un uso racional de la energía, el gobierno puede disminuir las grandes inversiones emergentes para construir nuevas centrales térmicas e hidroeléctricas y esos recursos que se deja de utilizar para estos propósitos, podrán ser destinados a otros planes, sobre todo sociales.

Para alcanzar aquello se busca dinamizar la demanda (industria) y la oferta (Empresas de servicios energéticos) dotándoles de mayor conocimiento y manejar un lenguaje común que ayude a establecer una comunicación precisa entre ambos.

Uno de los objetivos que El Ministerio de Energía y Minas pretende demostrar es que todas las reducciones de consumo de energía que se consiguen con la implementación de un programa de uso racional, tienden a pagarse con los propios ahorros que se generan gracias al programa, además de mejorar la economía de muchas familias ecuatorianas y con ello su nivel de vida, siendo más competitivos y al mismo tiempo reduciendo la contaminación ambiental².

Se debe destacar que una de las tareas más importantes de esta campaña es sin duda alguna la formación, a través de este sistema, de una nueva generación de ecuatorianos

² Manual de uso racional y Eficiente de la Energía Eléctrica, Ministerio de Energía y Minas.

con buenos hábitos de consumo de energía y que utilice equipos eficientemente energéticos.

2.3- MANEJO RACIONAL DE LA ENERGÍA EN LAS INDUSTRIA ECUATORIANA.

En lo que se refiere al sector industrial de nuestro país, hay que indicar que las principales deficiencia energéticas se presentan debido a la mala gestión energética y a la no renovación tecnológica con las que se desarrollan sus procesos, tanto desde el punto de vista eléctrico como térmico.

Debido a la débil señal tarifaría, no existe aun la fuerza dinamizadora en ese sector para que demande servicios especializados para la implementación de programas de eficiencia energética y por otro lado, no se han diseñado ni ejecutado campañas de sensibilización que promuevan la realización de este tipo de programas en este sector.

A esto se le suma la ausencia de políticas de formación de consultores en eficiencia energética y desarrollo de programas de capacitación específica sobre este tema para el personal del sector productivo y de servicios.

La Energía utilizada en toda actividad industrial es un recurso vital y se ha convertido en un rubro importante en lo que se refiere a costos de la empresa, debido a los altos precios que alcanza la energía en nuestro entorno, siendo el reto disminuir o al menos mantener los niveles de consumo³

En el parque industrial existente en nuestro país, la energía como electricidad, gas, agua, vapor, aire comprimido, es disponible y comúnmente usada en casi todas las operaciones industriales, por lo tanto, es necesario que los accionista y dueños de las empresas tengan un buen criterio para la utilización económica de todas estas fuentes energéticas, ya que al utilizar la energía de una manera eficiente, implica efectivizar todos lo procesos en donde la energía interviene reduciendo en algunos casos tiempos y costos de producción.

³ Manual de auditorias Energéticas en la Industria, HAGLER Baillo, Primera edición

Por lo antes mencionado es importante que se planifique y elabore un programa de conservación energética en las empresas sea cual sea su fin, en cual se indique detalladamente sus características así como también sus limitaciones técnicas y económicas. No se puede elaborar un modelo de conservación energética para todas las empresas, pues cada una de éstas son individuales y tienen procesos diferentes, sin embargo, existen algunos procedimientos para llevar a cabo un programa de conservación energética que son muy comunes tales como las auditorías energéticas y exergéticas, las mejoras con el medio ambiente, la identificación de pérdidas e implementación de oportunidades de conservación de energía, inversión en nueva maquinaria y tecnología, etc.

2.4 AUDITORIAS ENERGETICAS Y EXERGETICAS.

2.4.1.- INTRODUCCION:

La auditoría energética y exergética es parte fundamental de cualquier programa de administración de energía, a diferencia de una auditoría en el sector contable, una auditoría exergética trata la recolección de datos sobre el suministro y consumo de todas las formas de energía, con el propósito de evaluar las posibilidades de ahorro y la cuantificación de la misma para de esta manera poder determinar la factibilidad económica para ejecutarlas.

También podemos decir que se trata de un análisis progresivo, que debe contar con evaluación técnica y económica, donde revela como se usa la energía en las instalaciones de una industria, institución, comercio, hoteles, edificios, etc., con lo cual es posible detectar los posibles factores que afectan al consumo y las posibilidades de reducir el costo específico de la energía, de manera rentable y sin afectar la cantidad y calidad del producto³.

Partiendo de los principios básicos de la termodinámica donde el Primer Principio nos dice que la energía en un proceso no se crea ni se destruye, sino, solo se transforma;

³ Manual de auditorías Energéticas en la Industria, HAGLER Baillo, Primera edición

encontramos, que dentro de este principio de conservación de la energía, no se aclara nada sobre otros aspectos relativos al uso de recursos energéticos⁴.

Los fundamentos del concepto de exergía aparecen con el Segundo Principio de la Termodinámica y las Leyes del Equilibrio de las transformaciones reales, mismas donde se indica que existe la posibilidad de poder generar un trabajo basado en el desequilibrio entre un cierto sistema y su entorno, Si uno de ellos es un sistema ideal (medio ambiente) y el otro es un sistema a distintas condiciones, la exergía es el trabajo teórico máximo que se puede obtener de su mutua interacción hasta alcanzar el estado de equilibrio⁴.

Según lo descrito anteriormente, podemos ver que la exergía se puede disminuir o transferir dependiendo de las irreversibilidades. La irreversibilidad esta definida como todo el trabajo que se genera pero no es útil ó que no puede ser utilizado, más este trabajo esta presente realmente en el sistema y se manifiesta en el de alguna manera en que no es útil para el proceso (mezcla, fricción, turbulencia, etc.) o simplemente se presenta para difundirse en formas de energía no utilizables (calor, ondas, ruido, etc.).

El uso eficiente de los recursos energéticos va asociado directamente con la disminución de exergía en los sistemas, siendo el objetivo del análisis exergético el localizar, cuantificar e identificar éstas causas.

Exergía es, por lo tanto, de manera general, la cantidad de energía disponible para realizar un trabajo, cuando un fluido o un sistema a determinadas condiciones evoluciona desde un estado inicial dado hasta su estado de equilibrio, interactuando sólo con el medio ambiente.

Existen cierta diferencias entre la auditoria energética y la auditoria exergética, misma que se muestran en la siguiente tabla:

⁴ FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR, Incropera F, Cuarta edición , Editorial PRENTICE HALL, México

TABLA No 2.10.- Diferencias Auditoria Energética y Exergética.

AUDITORIA ENERGETICA	AUDITORIA EXERGETICA
Procedimiento donde se hace uso de la primera ley de la termodinámica, la cual hace referencia a la energía utilizada	Procedimiento que compara, en cualquier proceso de transformación de energía, lo realmente obtenido frente a lo potencialmente máximo obtenible, mediante la aplicación de la segunda ley de la termodinámica.
Analiza a las energías con el fin de cuantificar el total de estas presente en un proceso	Analiza la forma como las energías se transforman en energía útil, y la manera de optimizar el proceso.

En una auditoria, ya sea energética o exergética, el objetivo principal al final es promover el uso de la energía, analizando las posibles mejoras y su cuantificación por medio de la aplicación de la primera y segunda ley de la termodinámica, la mejora de la eficiencia energética en los procesos suele ir asociada con algún tipo de mejoramiento e innovación en el propio proceso, ya sea con la maquinaria, el producto elaborado o los procedimientos de trabajo, en ciertos casos, esto suele ser una barrera si no se cuenta con el apoyo total de la empresa y el deseo de mejorar energéticamente hablando de la misma.

2.4.2.- TIPOS, RECURSOS Y PASOS PARA REALIZAR UNA AUDITORIA ENERGETICA Y EXERGETICA.

Una auditoria energética y exergética es un proceso de revisión e inspección de la energía que entra y sale en un sistema, tomando en cuenta la optimización y uso de la misma dentro del sistema antes mencionado.

El objetivo principal de realizar una auditoria es establecer los costos de los distintos tipos de energía que se utilizan, y poder determinar los puntos donde esta energía es desperdiciada, para de esta manera poder actuar sobre ellos y poder reducir dichos consumos energéticos.

Dentro de las tipos de auditorias energéticas, tenemos que estas se dividen principalmente según el tipo de análisis y hacia donde va orientado en una empresa, por lo general se presentan los siguientes casos:

AUDITORIA PRELIMINAR O DE PREDIAGNOSTICO.

La auditoria preliminar es el primer paso para entrar en una política de gestión y ahorro energético, este tipo de auditoria se caracteriza por ser un diagnóstico rápido de las oportunidades de reducir consumos y costos energéticos, no se limita a descubrir las causas ni la locación exacta donde se origina la disfunción energética, es decir, estudia el como se utiliza, cuanto se utiliza, donde se la utiliza y cuanto cuesta la energía para así poder establecer ciertos índices de consumo así como establecer un estado inicial del sistema a auditar, principalmente en estas auditorias se sigue el siguiente esquema:

- ↻ Visita de las instalaciones: determinación de las oportunidades evidentes de ahorro
- ↻ Entrevista con responsables de operación y mantenimiento: conocimiento del proceso e identificación equipos de mayor consumo energético
- ↻ Determinación del consumo específico de energía
- ↻ Primera evaluación de eficiencia energética y exergética
- ↻ Identificación de otras posibles oportunidades de reducir costos energéticos
- ↻ Elaboración de reporte

AUDITORIA DETALLADA

Este tipo de auditoria se puede describir como una evaluación mas detallada de las oportunidades de reducción de consumos y costos energéticos, esta es realizada en un periodo mas largo de tiempo que la auditoria preliminar ,y su campo de acción se desarrolla en sistemas más específicos del área de producción de la empresa.

La importancia de realizar una auditoria detallada viene de obtener suficiente información que nos sirva como base comparativa del funcionamiento o estado de un sistema, para poder determinar detalladamente los puntos donde se debe tomar acciones correctivas y consecuentemente, obtener mejoras de consumo y de rendimiento, todo esto a base de balances energéticos y exergéticos en los sistemas de uso y también con el desarrollo de índices que faciliten la interpretación de los datos obtenidos. Los objetivos de una auditoria energética definitiva son conocer que energía se usa, donde se la compra, como y donde se la utiliza y sobretodo si se la desperdicia y en que cantidad.

Aunque no existen parámetros que rijan los pasos principales que se debe seguir para realizar este tipo de auditorias, es importante que se consideren los siguientes puntos de obtención de información, cabe mencionar que si existiese algún otro procedimiento omitido, queda a buen criterio del auditor para que tome las acciones pertinentes:

PASOS:

- ↻ Observación de prácticas de operación y mantenimiento
- ↻ Medición de parámetros operacionales con instrumentación fija existente y equipos de medición portátiles
- ↻ Compilación de posibles medidas de eficiencia energética y exergética
- ↻ Evaluación del potencial de reducción del consumo y costo de la energía para cada medida identificada
- ↻ Estimación del costo de ejecución de las medidas
- ↻ Evaluación económica de cada medida (tiempo de retorno de la inversión)
- ↻ Selección/ priorización de las medidas evaluadas según nivel de inversión, rentabilidad y facilidad de ejecución
- ↻ Elaboración de reporte para la dirección de la empresa

AUDITORIA ESPECIAL

La auditoria especial no es más que una auditoria detallada que se realiza en una sección específica de la empresa, este tipo de auditoria se realiza frecuentemente en empresas donde el mayor consumo de energía se ve centralizado en cierto tipo de maquinarias, así mismo, esta auditoria se practica en ciertos casos donde se requiere determinar la factibilidad de compra o actualización de equipos debido al alto consumo energético no rentable.

2.4.3.- RECURSOS PARA LA REALIZACION DE UNA AUDITORIA ENERGETICA Y EXERGETICAS.

En una auditoria energética y exergetica, la realización de los balances energéticos como los de materia y energía, requieren el uso de medidas específicas, que en ciertos casos, no pueden ser obtenidas a partir de las lecturas dadas por los instrumentos de la empresa.

Los medios para obtener las medidas requeridas en una auditoria de este tipo, varían según el sector energético que se analice, para determinar el tipo de instrumentación que se requiere a la hora de tomar datos, es necesario que primero se estudie las variables que se desea medir. Los sectores energéticos que más comúnmente entran en el campo de una auditoria exergetica son el eléctrico y el térmico.

Para el caso del sector de consumo eléctrico, mismo que el mayoría de empresas de nuestro país se encuentra constituidos en principio por motores eléctricos como fuente motriz, es importante el adquirir instrumentación adecuada que nos permita obtener lecturas reales y fiables del consumo energético de dichos motores, por ello es aconsejable disponer de un analizador de redes con pinzas amperimétricas y voltimétricas (Figura No. 2.7); en la actualidad existen analizadores que permiten conocer varias medidas de manera directa como factor de potencia, consumo eléctrico, y potencia reactiva entre otros.



Figura No 2.7 ANALIZADOR DE REDES ELÉCTRICAS

En cuanto a la energía térmica se refiere, la mayor parte de las empresas de nuestro país utilizan como principal fuente energética a las calderas, mismas que representa el corazón de todas aquellas maquinarias que requieren de calor generado por combustión para su funcionamiento.

Por este motivo, es importante que las empresas inviertan en instrumentos que permitan tener datos reales sobre su funcionamiento, ya que adecuado control de las mismas, disminuirá las pérdidas y aumentaría la eficiencia del equipo.

Los instrumentos principales para el estudio de las perdidas de energía en el sector térmico, varían de acuerdo al auditor, pero principalmente se considera útil el uso de termómetros digital y láser, analizador de gases de combustión, cámaras termográficas, opacímetros entre otros (Figuras 2.8 – 2.9 – 2.10 – 2.11)



**Figura No 2.8 CAMARA
TERMOGRAFICA**



**Figura No 2.9 TERMÓMETRO
DIGITAL**



**Figura No 2.10 TERMÓMETRO
LÁSER**



**Figura No 2.11 ANALIZADOR DE
GASES**

Además de estos equipos existen otros equipos auxiliares, tales como torres de enfriamiento y compresores, los cuales van a necesitar de instrumentación que no sólo midan potencia o consumo, sino también caudales volumétricos, muy necesarios, ya que cada equipo (dependiendo de la industria y a que se dedique ésta) tiene su necesidad de administrar aire y agua, por lo cual puede ser necesario el uso de un caudalímetro (Figura No. 2.12)



Figura No 2.12 CAUDALIMETRO

2.4.4.- PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA Y EXERGETICA.

En nuestro país, el tema de auditorias energéticas se ha puesto en auge durante los últimos años, y aun cuando no se disponga de un formato específico o normalizado para la realización de auditorias energéticas, se puede poner en práctica según sea el caso los siguientes pasos presentados a continuación:

1.- Realizar una recolección de información básica e inventario general de las instalaciones, dentro de este paso podemos obtener información muy importante acerca de cómo se ha llevado el manejo de la empresa, es interesante que se considere dentro de este paso los siguientes aspectos:

- ↻ Identificación del proceso productivo y/o áreas principales.
- ↻ Identificación de las fuentes de energía.
- ↻ Identificación de los consumidores de energía, capacidad instalada y horas de operación.
- ↻ Información histórica de las facturas de los suministradores de energía.

↻ Oferta-Demanda-Costos de la energía al interior de la industrias

2.- Elaborar balances de energía, con el objeto de conocer la distribución de energía en las diferentes fases del proceso productivo y/o áreas, es decir la caracterización de carga, para ello se debe primero analizar las variables y conseguir el instrumental necesario, una vez realizado esto se procederá con la toma de datos, y posteriormente se llevaran registros de las mediciones puntuales; los balances deben regirse por el principio de que la energía que se aporta (Oferta) al sistema es igual a la que éste consume mas las pérdidas (Demanda), considerar siempre que es muy importante que las diferentes formas de energía que entran o salen del sistema deben estar referidas a un mismo período de tiempo y expresadas en las mismas unidades.

3.- Determinar la incidencia del consumo de energía de cada equipo o grupo de equipos en el consumo de energía total y por lo tanto en el costo total, es decir, por medio de un diagrama unifilar poder observar como se distribuye la energía durante todo el proceso, de esta manera se podrá determinar cuales son los mayores consumidores y que se puede hacer para reducir sus costos.

4.-Obtener índices de consumo de energía los cuales pueden ser usados para determinar la eficiencia energética de las operaciones, y consecuentemente, el potencial de ahorro de energía. Índices típicos:

↻ Consumo específico de energía (Kwh./Kg. de producto y su precio)

↻ Factor de carga. Responsabilidad de la carga en la Curva de Carga del Sistema

5.-Determinar los potenciales de ahorro de energía por equipos, áreas o centros de costos, mediante una evaluación técnica detallada en los diferentes campos, como:

↻ Sistemas eléctricos: evaluación de la transformación y distribución, cargas eléctricas, sistema tarifario, opciones de generación propia.

↻ Sistemas mecánicos: evaluación de sistemas de aire comprimido, sistemas de bombeo, sistemas de manejo de aire, manejo de materiales sólidos.

↗ Sistemas térmicos: generación de vapor, sistemas de recuperación de calor residual, redes de distribución de fluidos térmicos, sistemas de refrigeración y aire acondicionado, hornos industriales, sistemas de quemadores, etc.

6.- Identificar las medidas apropiadas de ahorro de energía

7.- Evaluación de los ahorros de energía en términos de costos. Se lleva a cabo una evaluación económica que permite realizar un análisis en función de los desembolsos requeridos para poner en práctica las recomendaciones de la auditoría.

CAPITULO III

3. AUDITORIA PRELIMINAR

3.1- INTRODUCCION.

La auditoria preliminar se puede definir como un proceso de inspección y revisión rápida de todas las instalaciones a ser auditadas, con el fin de determinar de que tipo, donde, como, cuando, porque, y en que cantidad se utilizan los recursos energéticos; para de esta manera, llegar a determinar cuales son las maquinarias de mayor consumo, sin importarnos aun en que parte de ellas se encuentran las posibles disfunciones energéticas.

Podemos decir que este tipo de auditoria es el primer paso para entrar en una política de gestión y ahorro energético, para posteriormente, tratar de implementar en la empresa programas de conservación y uso racional de la energía, el método más adecuado para obtener información consiste en realizar un registro de que energía se utiliza, cuanto se utiliza, donde se la utiliza y cuanto cuesta, esta primera recopilación de datos se obtiene a través de personal competente que trabajen diariamente en las instalaciones tal como personal técnico, administrativo y operadores; o por lo observado durante las inspecciones en varios recorridos a las instalaciones.

Los datos obtenidos para esta etapa del proyecto fueron tomados entre los meses de diciembre de 2005 a enero de 2006 en la planta industrial de INDUSTRIAS CATEDRAL S.A. de la ciudad de Ambato, cabe recalcar que todos fueron hechos en condiciones normales de operación durante los días que se asistió a la planta.

3.1.1- OBJETIVO Y FUNDAMENTOS DE LA AUDITORIA PRELIMINAR.

El objetivo de la auditoria preliminar de este proyecto de tesis es el de realizar una primera evaluación de las condiciones energéticas de la planta de producción de fideo de INDUSTRIAS CATEDRAL S.A. en el cual, se deberá recolectar información tal como los costos de los distintos tipos de energía que se utilizan, la descripción de los procesos de producción y características fundamentales de la maquinaria que trabaja en esta sección de la planta.

Los fundamentos en los que se basa la auditoria energética son los mismos de una auditoria económica financiera, es decir, ambas buscan, a través de una inspección minuciosa, los puntos clave donde el sistema falla o ha fallado en algún momento, con el objetivo de eliminar esta falla ó que dicha falla no vuelva a presentarse, en el caso de la auditoria energética, se busca principalmente los focos de consumo energético.

3.2.- CARACTERIZACION DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA PLANTA.

3.2.1.- DESCRIPCION.

Industrias Catedral, es una empresa ambateña dedicada principalmente a la producción y distribución para la zona central de productos tales como harinas, fideos y velas, en donde, para cada uno de ellos, existe un proceso predeterminado por la empresa para su elaboración.

Para enfocar mejor el estudio e importancia de esta tesis, es necesario describir cada una de las etapas por las cuales pasa el trigo para, después de ser procesado obtener como resultado final el fideo, de esta manera, se conocerá mejor el área específica a la cual se encuentra dirigidos todos los beneficios que brindara la realización de esta auditoria energética y exergética.

3.2.1.1- PROCESO DE FABRICACIÓN DE FIDEOS

3.2.1.1.1.- RECEPCION MATERIA PRIMA.

El proceso de fabricación de fideos inicia una vez que la materia prima (trigo) ha sido procesada y convertida en harina¹, de esta manera dicha materia prima es entregada a los responsables que deben proceder con el almacenado del mismo en los lugares destinados a través de una banda transportadora (Fig. 3.1) que eleva los quintales de harina necesarios hasta el lugar de su almacenamiento. La materia prima se encuentra almacenada directamente en la bodega donde empieza el proceso de fabricación, por lo que el responsable una vez acabada la jornada debe registrar la cantidad que utiliza



Figura No. 3.1 BANDA TRANSPORTADORA

3.2.1.1.2. – LIMPIEZA.

Una persona se encarga de colocar la harina manualmente en la tolva de alimentación de la Harinera, la misma que en su interior contiene un recipiente que cubre todo el largo y ancho. Dicho recipiente tiene movimientos giratorios lentos los mismos que son generados por un motor eléctrico, estos movimientos permiten que la harina descienda lentamente hacia un tornillo sinfín el cual se encarga de transportarla por un orificio hacia un zaranda rectangular que sirve como colador por medio de movimientos

¹ Ver Anexo B.

vibratorios y limpia la harina, misma que por succión es transportada al siguiente proceso.

3.2.1.1.3.- MEZCLA.

Mediante la utilización de una Prensa de Cabezal (Fig. 3.2), en donde por medio del movimiento de una serie de tornillos sin fin se produce la mezcla y compactación hasta obtener una masa homogénea (denominada tela). La Humedad con que sale la masa es de aproximadamente el 30%.



Figura No. 3.2 PRENSA DE CABEZAL.

3.2.1.1.4.- LAMINACION.

La masa obtenida en el proceso anterior pasa a través de una máquina laminadora, misma que cuenta con rodillos de 60 cm. de largo, dicho proceso se lo realiza tres veces consecutivas con lo cual se garantiza una lamina homogénea, para posteriormente en un eje metálico envolverla obteniendo así un rollo cuyo espesor por lamina es de 5 mm. con un peso aproximado de 50 Kg.

3.2.1.1.5.- FORMA.

Obtenido el rollo, un obrero se encarga de colocar el eje metálico en las guías de la troqueladora (Fig. 3.3), en donde la lamina es transportada por medio de cilindros

giratorios hacia el molde ubicado bajo el mismo, para dar la forma final del fideo, En este proceso se utiliza 6 troqueladoras, cada una con capacidad de 421 Kg./h .



Figura No. 3.3 TROQUELADORA

3.2.1.1.6.- SECADO.

Una vez que el fideo ha adquirido forma es transportado mediante bandas hacia dos líneas de túneles de secado, proceso que va a ser objeto de estudio de esta tesis, que constan principalmente en cada una de ellas de un túnel de presecado llamado Trabato (Fig. 3.4), que en su interior se mantiene una temperatura aproximada de 35°C y consta de 6 bandejas (mallas colocadas en un marco) ubicadas por pisos, mismas que manteniendo movimientos vibratorios permiten que el fideo no se compacte mientras se disminuye la humedad superficial del mismo de 27 % a 25 %. El tiempo que el fideo pasa en su interior es de 9 min.



Figura No. 3.4 TRABATO DE SECADO

El producto proveniente del Trabato en cada una de las 2 líneas de secado, es transportado mediante un sistema de cangilones a la segunda etapa del presecado constituida por un túnel (Fig. 3.5), en donde internamente se mantiene una temperatura aproximada de 40°C , dicho túnel consta de varias bandas formadas por tafarelas que son accionadas por cadenas, la circulación del fideo en los diferentes pisos dura aproximadamente 20 minutos con lo que se logra una disminución de la humedad en aproximadamente un 19%.



Figura No. 3.5 SISTEMA TÚNELES DE SECADO

El fideo que sale del Túnel de Presecado se transporta mediante bandas hacia el Túnel de Secado Final, mismo que contiene en su interior un sistema igual al descrito en el presecado con la diferencia que este es de una longitud mayor, manteniendo el fideo durante 7 horas, logrando que la humedad se reduzca alrededor de 10 a 12%, siendo este el rango óptimo de la humedad del fideo

3.2.1.1.7.- ALMACENAMIENTO Y ENFUNDADO.

El fideo que se obtiene de la etapa descrita anteriormente se transporta por medio de bandas transportadoras hacia silos temporales de almacenamiento (Fig. 3.6) para posteriormente, según la necesidad, ser enfundado a granel o en las máquinas enfundadoras automáticas (Fig. 3.7).



Figura No. 3.6
SILOS DE ALMACENAMIENTO



Figura No.3.7 ENFUNDADORA.

Una vez ensacado el fideo se procede a colocar sobre transportadores para posteriormente sea llevado por estibadores de Bodega hacia el almacenamiento del mismo, en la figura No 3.8 se resume el proceso por medio de un diagrama.

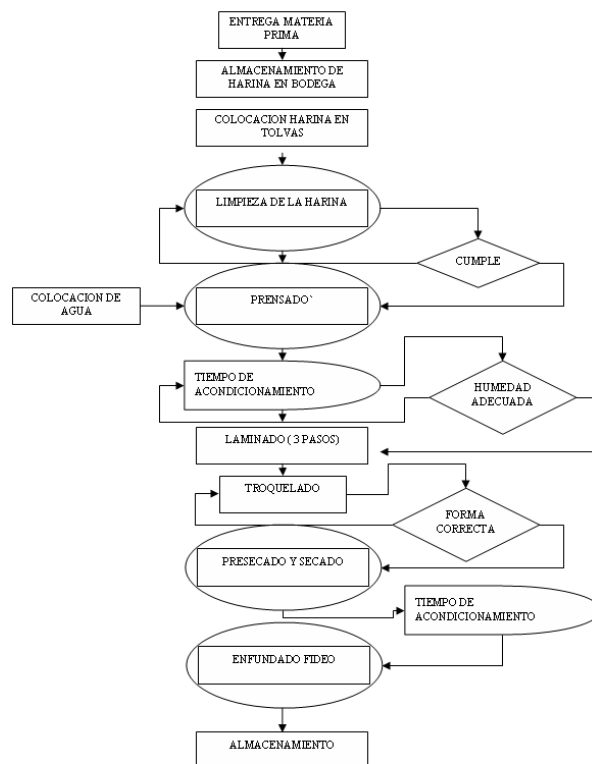


Figura No. 3.8 DIAGRAMA PROCESOS FIDEO

3.2.1.2. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE SECADO DE FIDEO

El Sistema de secado de fideo se encuentra localizado en el Área de producción de fideos y pastas de Industrias Catedral S.A.², dentro de su infraestructura se destacan dos grandes sectores, los cuales, se han dividido principalmente, por la fuente de energía térmica que los provee, el sector #1, ocupa más de las tres cuartas partes de la infraestructura de secado total, convirtiéndose en el más importante y objeto de estudio de nuestra auditoria exegetica.

Dicho sector se encuentra constituido por 2 líneas de secado de túneles de aire caliente longitudinales, y 4 secadores estáticos de fideo, mismos que son alimentados a través de un sistema de tuberías de agua caliente por la caldera de marca belleli modelo 73/3655/020 para el proceso de transferencia de calor



Figura No. 3.9 CALDERA



Figura No. 3.10 SISTEMA DE TÚNELES DE SECADO.

² Ver Anexo B, Figura No. B. 10



Figura No. 3.11 SECADEROS ESTÁTICOS.

Cada una de las líneas de túneles de secado se encuentra conformada por 3 túneles colocados en serie (Fig. 3. 10), dos de ellos utilizados para el presecado del fideo y el de mayor longitud, utilizado para el secado final del mismo.

En cuanto a los secaderos estáticos, se los puede describir como cuartos cerrados donde circula en su interior aire caliente, la diferencia con los túneles o secaderos continuos es que en ellos, el fideo permanece estático durante el proceso de secado.

La caldera marca Belleli modelo 73/3655/020 (Fig. 3.9), térmicamente hablando, funciona simplemente como un sistema de calentamiento de agua, donde después que circular el agua caliente por los túneles de secado de fideo para la transferencia de calor, regresa a la caldera para volver a ser calentada.

La caldera también alimenta a través de las líneas de agua caliente a un sistema de 4 secaderos estáticos (Fig. 3.11), donde principalmente se seca el fideo tipo spaghetti y los de forma especial que son elaborados bajo pedido.

En cuanto al segundo #2 sector, se puede decir que es alimentado por una caldera moderna de menores prestaciones, por lo cual no será considerado para la elaboración de

esta tesis, contiene dentro de su infraestructura un sistema de secado de túnel rotatorio y 2 Secadores estáticos de fideo.

3.3 - DESCRIPCION DE MAQUINARIA.

3.3.1- DESCRIPCIÓN CALDERA BELLELI MODELO 73/3655/020 Y LÍNEAS DE AGUA CALIENTE.

La caldera marca BELLELI, modelo "PR-600", #73/3655/020 es un generador monobloque de agua caliente, se trata de una caldera piro tubular de tres pasos, diseñado para la combustión de nafta, gas-oil y gas.

3.3.1.1 CARACTERES FUNCIONALES

Según el catálogo de funcionamiento de la caldera, existen ciertos parámetros que deben ser tomados en cuenta para mejorar el desempeño funcional de la misma, entre los cuales tenemos:

LOCAL.

El local de la caldera tiene que ser bien ventilado, en función de la temperatura ambiente del lugar, se recomienda que no supere los 35°C para permitir de esta manera un seguro funcionamiento del los instrumentos eléctricos. En ciertos casos se debe también ventilar los tubos de agua caliente así como la unión o empalme entre la caldera y la chimenea.

La abertura para la entrada del aire externo tiene que tener una sección no inferior a 1/30 de superficie de la planta del local de la caldera con un mínimo de 1/2 mt².

COMBUSTIBLE

En cuanto al uso del combustible es recomendable que tengan la siguiente especificación para optimizar el tiempo de vida de la caldera:

Los combustibles de emplear son:

- Gas-oil, (viscosidad. máx. 1,4 °E a 20°C),
- Nafta
- Gas metano y de ciudad.

En el campo de las naftas combustibles, se recomienda el uso tipo 3 - 5 °E a 50°C.

En todo caso no tendrán que ser empleado tipos de nafta con viscosidad superior a 7 °E a 50°C.

El empleo de naftas con bajo contenido de asfaltos y parafinas, aumenta el rendimiento térmico, disminuye el mantenimiento de la caldera y reduce la condensación de restos sólidos en la chimenea.

DATOS DE FUNCIONAMIENTO

Con una buena regulación del quemador y empleando nafta del tipo 3 – 5 °E a 50°C, se tienen que conseguir los siguientes datos de combustión:

- CO₂ 12 - 14%
- índice de los humos según la escala Bacharach no superior a (4)
- temperatura gases 220 - 250°C.

Empleando gas-oil con viscosidad máx. 1,4 °E a 20°C, se tienen que conseguir los siguientes datos de combustión:

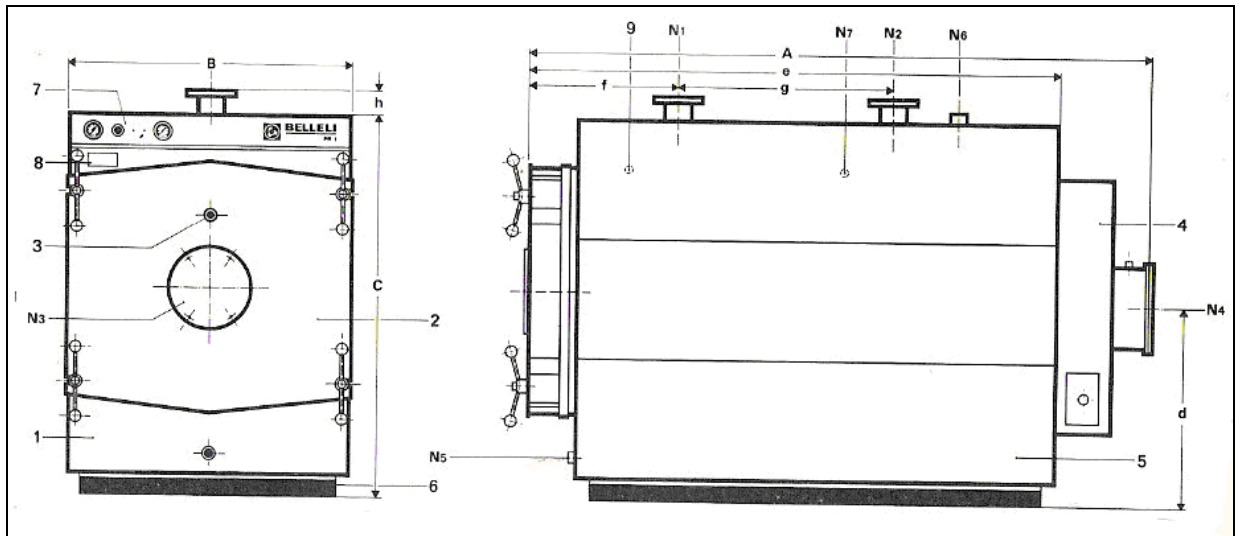
- CO₂ 11 - 13%
- índice humos según la escalera Bacharach 0 - 1
- temperatura gases 200 - 240°C.

Empleando gas metano se tienen que conseguir los siguientes valores de combustión:

- CO₂ 8 - 10,5%
- CO <0,1%
- temperatura gases 180 - 220°C.

Estos valores se refieren a funcionamiento con caldera limpia y con temperatura del agua de 80 - 90°C.

3.3.1.2.- CARACTERES DIMENSIONALES.



FUENTE: Catálogo de Caldera Belleli

Figura No. 3.12 ESQUEMA CALDERA.

TABLA No 3.1 Dimensiones Exteriores de la Caldera

MODELO	POTENCIA	DIMENSIONES								CAP.
		A	B	C	d	e	F	g	h	
PR1 600	Cal/h	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	lt
	600000	2538	1151	1553	817	2173	642	794	100	842

DESCRIPCION DE LAS PARTES:

- 1 Cuerpo caldera - presión máx. de ejercicio 5 Kg./cm²
- 2 Puerta anterior con abridera sea a la derecha o izquierda
- 3 Espía de observación para el control de la llama
- 4 Cámara de humos posterior completamente hermética con compuerta para la

limpieza sobre ambos los lados

5 Capa aislante compuesta por paneles de acero desmontable revestido con lana de vidrio

6 Zócalo o soporte en perfilado metálicos

7 Panel porta instrumentos comprende:

- termómetro con sonda y capilar
- hidrómetro
- termostato de ejercicio con sonda y capilar
- termostato de seguridad con sonda y capilar
- termostato de precedencia con sonda y capilar

8 Placa de matrícula de construcción

9 Grifo a tres calles porta hidrómetro con arandela de prueba

N1 Retorno de agua para recalentamiento

N2 Salida de agua caliente

N3 Junta para el quemador

N4 Junta para chimenea

N5 Junta para descarga conque

N6 Junta para la válvula de seguridad o para la maceta de expansión

N7 Pozuelo controla termómetro,

Concerniente a la posición en el local, Es indispensable averiguar que la puerta del quemador con este ya colocado pueda girar cómodamente al menos 90 grados sin encontrar obstáculos para permitir efectuar las necesarias limpiezas periódicas al haz de tubería

Normalmente la caldera, ya estando dotada de un propio zócalo metálico, puede ser apoyada directamente en el suelo, cuidando que resulte perfectamente a nivel; sólo en el caso de que el local esté muy húmedo, Es útil colocar un zueco suplementario de cemento de 8-10 cm.

3.3.1.3.- CARACTERES OPERACIONALES

La caldera de alimentación de agua caliente para el circuito de secado de fideo trabaja 24 horas al día, todos los días del año, excepto los feriados y paros por mantenimiento, con este antecedente, es importante seguir las siguientes operaciones para verificar el correcto funcionamiento de la misma.

- Verificación del regular funcionamiento de los termostatos.

- Verificación de la perfecta junta del empalme entre la caldera y la chimenea procurar se elimine todas las eventuales grietas a través de materiales resistentes a las altas temperaturas.

- Verificación de la perfecta junta de la puerta anterior, se controla en particular que la junta de la conexión con el quemador sea tal que evite cualquier escape de humo.

- Verificación del nivel de agua en la maceta de expansión. El nivel en la maceta de expansión tiene que quedar dentro de los Límites previstos, si en el caso fuera necesarias continuas añadiduras de agua, investigar las causas de la pérdida

TEMPERATURA DEL AGUA DE LA CALDERA

La temperatura del agua en la instalación de calefacción se regula en función de la exigencia térmica ambiental según el sistema de regulación adoptada:

- A) Actuando sobre el quemador
- B) Actuando sobre el termostato de caldera .

Se aconseja para evitar posibles corrosiones del haz de tuberías de la caldera, que la temperatura del agua de retorno no sea nunca inferior a:

- 50°C usando gas, gasóleo o nafta con porcentaje de azufre inferior a las 1%
- 60°C usando nafta con porcentaje de azufre superior a las 1%.

Por debajo de tales límites, es posible que los gases alcancen su punto de rocío y por consiguiente la formación de compuestos ácidos de azufre sobre las superficies de los tubos de gases. En este caso resultaría comprometida la duración del haz tuberías.

MANTENIMIENTO ORDINARIO

Puesto que las características de funcionamiento del complejo caldera-quemador son extremadamente variables tales como tipo de combustible, tipo de quemador, intermitencia de encendido, etc., no es posible establecer reglas precisas sobre un plan de mantenimiento periódico.

Es necesario por lo tanto que el usuario o el jefe de mantenimiento establezcan los intervalos entre una limpieza y la siguiente en base a la experiencia sobre cada instalación. En todo caso, es preferible averiguar el estado interior de la caldera semanalmente abriendo la puerta anterior para evitar un funcionamiento irregular por un largo período de tiempo.

Las operaciones de mantenimiento ordinario consisten esencialmente en la esmerada limpieza del hogar y los tubos. Después de haber abierto completamente la puerta anterior de la caldera, se extraen todos los direccionadores de gases a través del adecuado utensilio y se procede a una esmerada limpieza del haz de tuberías a través del escobillón.

En la cámara de combustión posterior se habrán depositado ceniza y hollín que tienen que ser sacadas en cada limpieza utilizando las adecuadas herramientas.

El hogar va completamente cepillado y eventualmente rasqueteado para sacar los depósitos de azufre u otras sustancias sólidas.

En el caso de que se notara la presencia de depósitos carbonosos sobre las paredes del hogar, averiguar sobre la salida de combustible, controlar la regulación de la cabeza de combustión del quemador.

3.3.1.4. DESCRIPCION DE LAS LINEAS DE AGUA CALIENTE.

Dentro del sistema de secado de fideo de Industrias Catedral S.A., tenemos las líneas de agua caliente, cuya función principal es la de transportar el caudal del elemento calo portador a través de todos los intercambiadores de calor.

Una vez que el fluido sale de la caldera, la tubería de agua caliente distribuye el caudal con la ayuda de una bomba en dos direcciones, la primera se dirige hacia el área de túneles de secado de fideo, en donde, a través de las tuberías circula el fluido calo portador a través de los distintos intercambiadores que existen en cada uno de los túneles de secado ; por otra parte, la segunda parte de la tubería esta destinada a abastecer las necesidades de los secaderos estáticos que se encuentran en otra parte del área de producción ².

Las dimensiones de tubería (Figura 3.13), varían de sección transversal a medida que el caudal se acerca hacia el intercambiador(Tabla No. 3.2) , a fin de reducir la perdida de presión en las líneas, la tuberías utilizada principalmente en el área de producción de Industrias Catedral S.A. son de acero y recubiertas en ciertos sectores por material aislante, aun cuando existe gran cantidad de tramo de tubería que se encuentra descubierta (Tabla No. 3.3)

3.3.1.4.1. CARACTERISTICAS DIMENCIONALES:

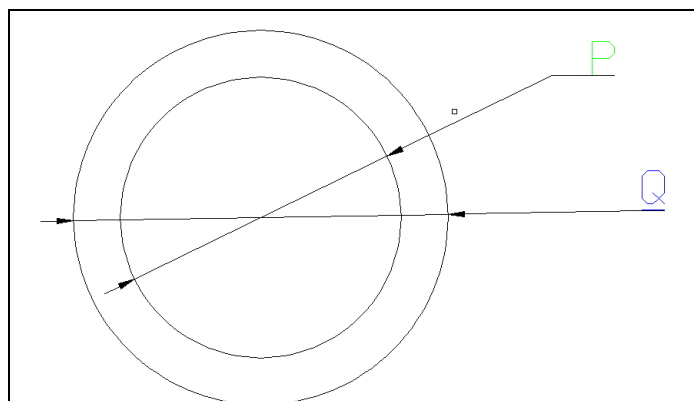


Figura No . 3.13 TUBERÍA AGUA CALIENTE.

² Ver Anexo B, Figura No. B. 10

TABLA No 3.2 Características Dimensionales de Tubería

COD.	Tamaño nominal en (pulg.)	Diámetro exterior Q		Grosor de pared		Diámetro Interior P		Área de flujo	
		(pulg.)	(mm)	(pulg.)	(mm)	(pulg.)	(mm)	(pie2)	(m2)
A	4	4.5	114.3	0.237	6.02	4.026	102.3	0.08840	8.213xE-3
B	2 ½	2.875	73	0.203	5.16	2.469	62.7	0.03326	3.090xE-3
C	2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	52.5	0.02333	2.168xE-3
D	1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	26.6	0.006	5.574xE-4
E	¾	1.05	26.7	0.113	2.87	0.824	20.9	0.0037	3.437xE-4

FUENTE: Mecánica de Fluidos Aplicada³**TABLA No 3.3 Longitud de la tubería descubierta.**

SIMBOLOGIA	Tamaño nominal en (pulg.)	Longitud total en Metros
A	4	44.4
B	2 ½	45.6
C	2	55
D	1	50.6
E	¾	60

3.3.2.- DESCRIPCIÓN SISTEMAS DE SECADO DE FIDEO

Los sistemas de secado de fideo de Industrias Catedral S.A., se encuentran constituidos principalmente por túneles de secado en base a la circulación de aire caliente, ya sean estos continuos o estáticos, según si el producto introducido dentro de ellos es transportado por una banda o se encuentran fijos en estanterías durante el secado.

Los túneles de secado continuo cuentan en su interior con ventiladores con motores de 1,5 HP, expulsores de humedad con motores de 0,5 HP, y por último, el movimiento de

³ MECANICA DE FLUIDOS APLICADA, Robert Mott, cuarta ed, Ed. Pearson – Mexico.

la cinta - distribuidor – recogedor funcionan con motores de 0,315 HP, mismos cuyas características principales se describen en el anexo B.

Los túneles de secado se encuentran constituidos por 3 partes esenciales, un tratabo o presecador de fideo, cuya función principal, es la de, como su nombre lo indica, presecar el fideo que proviene de las troqueladoras y conservar su forma a partir de un sistema vibratorio de bandas movidas por un motor eléctrico y calentadas por circulación de aire caliente.

El segundo elemento es el túnel pequeño de presecado, el mismo que se encarga de extraer la humedad del fideo a través de el mismo principio de circulación de aire caliente, y por último, tenemos el túnel grande o de secado, en donde el fideo es secado hasta alcanzar la humedad requerida por el consumidor y las normas establecidas, su principio de funcionamiento es similar a los otros dos elementos, con la diferencia que este es de una capacidad superior.

En cuanto a los túneles de secado estático, como su nombre lo indica, pueden ser descritos como cámaras o cuartos en donde se extrae la humedad del fideo colocado en tarimas no móviles, hasta obtener la humedad requerida a través de la circulación de aire caliente.

3.3.2.1.- CARACTERISTICAS FUNCIONALES

INSTALACION ELECTRICA.

El panel de control eléctrico viene dispuesto en una instalación tipo columna, misma que debe ser instalado cerca del túnel, pero siempre tomando en cuenta que resulte accesible y permita la abertura del panel de revestimiento del túnel. Los interruptores del cuadro eléctrico están dotados de protecciones térmicas oportunamente graduadas que no deben ser tocadas. Por las condiciones termo-hidrométricas existentes en el interior del túnel , las instalaciones eléctricas para los motores así como para la iluminación interna, debe ser realizada con cable especial resistente a la humedad así como la temperatura.

INSTALACIÓN TÉRMICA.

Debe ser realizada según el esquema que se muestra en la (Fig. 3.14), dicha instalación debe ser realizada por personal competente con asesoría de un técnico especialista; Cada intercambiador (Fig. 3.15) debe poseer dos válvulas de paso, una de entrada y otra de salida para permitir una oportuna regulación y mantenimiento de la misma. De igual manera se debe colocar una válvula de paso general para el mantenimiento de toda instalación.

ESQUEMA DE INSTALACION TERMICA

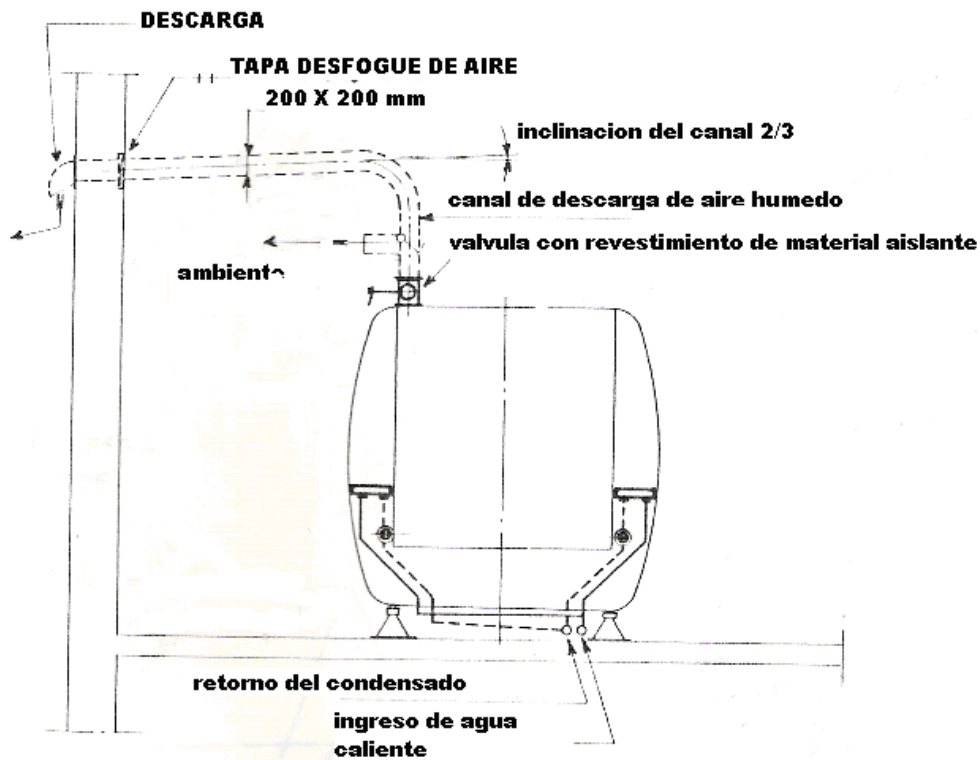


Figura No . 3.14 ESQUEMA TUNEL DE SECADO.

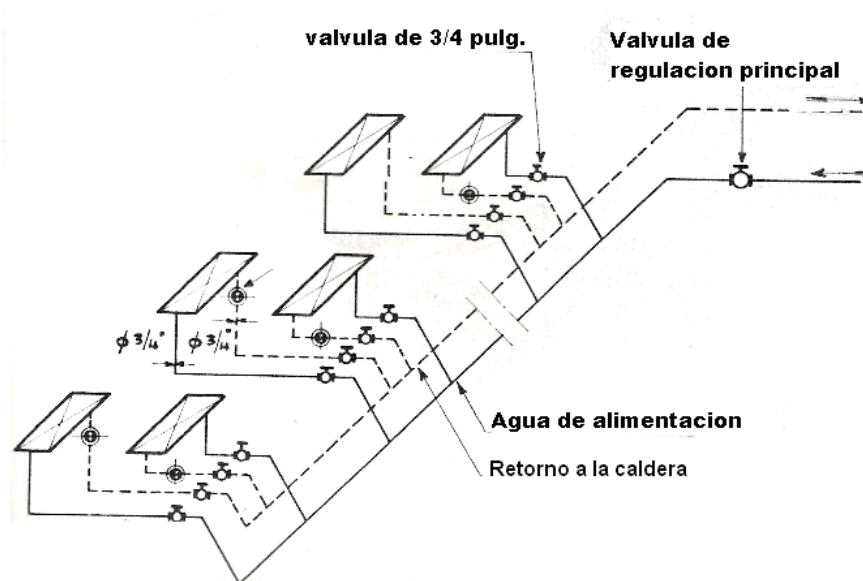


Figura No . 3.15 ESQUEMA INTERCAMBIADORES.

Dentro de la instalación de agua caliente a circulación forzada, se debe controlar periódicamente que no exista ninguna burbuja de aire que comprometa el buen funcionamiento del elemento calefactor.

RECOMENDACIONES PARA EL FUNCIONAMIENTO

Antes de iniciar el proceso es necesario precalentar y llevarla a una temperatura de 40 °C, con el fin de evitar la formación de condensación sobre las cintas transportadoras.

Controlar que el producto a la entrada del túnel se encuentre bien conformado, es decir, alrededor de 22 – 23 % de humedad total, no rígida, sino elástico.

Con el secadero cargado de pasta, la temperatura deberá ser de alrededor de 47 – 48 °C con una diferencia entre termómetros seco y húmedo de 3 grados. En el caso de que la maquina viniera calibrada para una producción no correspondiente para ella prevista, será necesario adecuar oportunamente las condiciones climáticas en el interior de la misma.

Para cada carga de fideo, a fin de mantener separado el lote que viene después, es necesario dejar una interrupción de 15 a 20 min. Tiempo correspondiente a lo que corresponde al normal cambio de trefilado.

DATOS DE FUNCIONAMIENTO

El túnel modelo TTT / TTQ esta dotado de una caja de cambios de velocidad a cuatro equivalencias mediante la cual se pueden escoger los siguientes tiempos de secado teórico:

1ra velocidad = 10,30 horas

2da velocidad = 9,5 horas

3ra velocidad = 9, 10 horas

4ta velocidad = 8 horas

Cabe destacar que estas velocidades han sido evaluadas para pedacitos con peso hectolitrito inferior a 0,3 Kg./dm³.

3.3.2.2.- CARACTERISTICAS DIMENSIONALES.

Las principales medidas de los secaderos ilustrados como figuras en el Anexo B, se describen a continuación en la Tabla No. 3.4.

TABLA No 3.4 Dimensiones Secadores y Pre-secadores⁴.

DESCRIPCION	UBICACIÓN	MEDIDAS					# BATERIAS TERMICAS
		A	B	C	d	e	
		(mts)	(mts)	(mts)	(mts)	(mts)	
SECADOR	TUNEL 1	14,34	2,5	2,5	0,65	0,3	10
PRESECADOR	TUNEL 1	5,3	2,5	2,5	0,65	0,3	4
TRABATO	TUNEL 1-2	2,3	1,08	1,2	0,4	0,26	1
SECADOR	TUNEL 2	11,7	2,8	2,5	0,65	0,3	8
PRESECADOR	TUNEL 2	3,9	2,8	2,5	0,65	0,3	4

⁴ Ver Anexo B , Figura B. 11 - B.15

3.3.2.3.- SECADEROS ESTATICOS:

Industrias Catedral S.A. cuenta dentro de sus instalaciones del área productiva con 4 cuartos denominados secaderos estáticos, mismos que funcionan principalmente por la circulación de aire caliente en su interior a través del intercambio de calor entre los tubos que llevan el fluido calo portador (agua) y el aire que es circulado de manera forzada a través de un sistema de ventilación, cabe recalcar que se denominan secaderos estáticos debido a que la materia prima que entra en su interior permanece en una sola posición hasta que termine su ciclo de secado, en la empresa se utiliza principalmente este tipo de secaderos para la fabricación de fideo tipo spaghetti.

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES:

Las principales medidas de los secaderos estaticos ilustrados como figuras en el Anexo B, se describen a continuación en la Tabla No. 3.5.

TABLA No 3.5 Dimensiones Secadero Estático⁵.

DESCRIPCION	UBICACIÓN	MEDIDAS					# BATERIAS TERMICAS
		A	B	C	D	G	
		(mts)	(mts)	(mts)	(mts)	(mts)	
SECADOR EST 1-2	SECADO ESTATICO	8.29	2.27	3	2.10	1.4	4
SECADOR EST 3-4	SECADO ESTATICO	8.46	2.37	3	2.10	1.4	4

3.4.- DETALLE DE CONSUMOS Y COSTOS DE ENERGIA EN LA EMPRESA.

Dentro de una auditoria energética y exegetica, es importante establecer parámetros de comparación entre el antes y después de poner en practica las

⁵ Ver Anexo B, Figura No. B. 16

observaciones y soluciones que arroje el estudio, para ello, el establecimiento de un estado inicial de consumos y costos energéticos durante un cierto periodo de tiempo es primordial para poder comparar los avances que se vayan presentando y obteniendo con respecto a ahorros energéticos.

Los principales insumos energéticos que se tiene dentro de Industrias Catedral S.A., vienen relacionados directamente con la utilización de la energía eléctrica y combustibles (diesel), para la generación de energía térmica.

3.4.1.- CONSUMO ELECTRICO EN LA EMPRESA.

Dentro de la planta de producción de Industrias Catedral S.A., el consumo eléctrico esta separado en dos sectores, molino y pastificio a través de dos medidores respectivamente, cabe destacar que dentro del consumo eléctrico en el caso del pastificio, se ve incluido el consumo de un molino, de marca Santolin, así como los gastos por uso en las oficinas, por lo cual, los valores de consumo presentados en el estudio de esta preauditoria son solamente representativos.

Se realizó una recopilación de los consumos del año 2005 en base a las planillas de energía eléctrica ya canceladas, con esto se pudo establecer como una base de consumo a fin de poderla comparar con los futuros consumos registrados⁶.

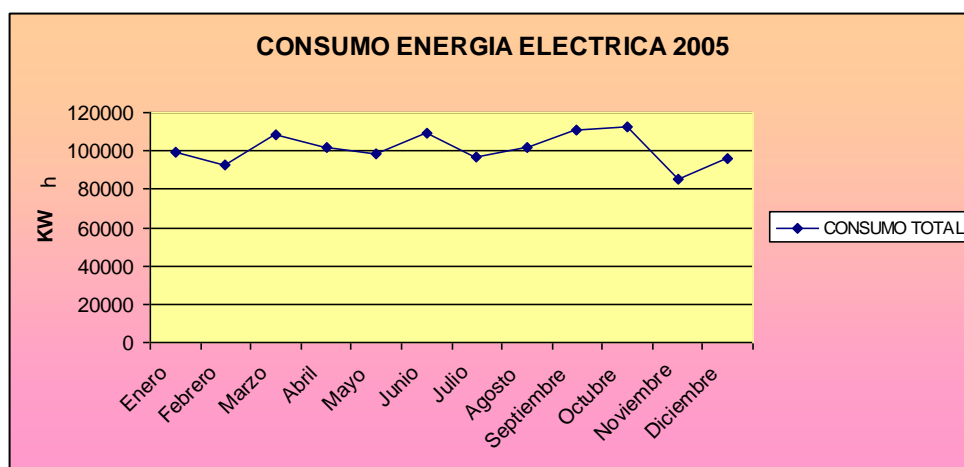


Figura No. 3.16 CONSUMO ENERGIA ELECTRICA 2005

⁶ Ver Anexo, TABLA No B . 1

En la figura se puede observar (Fig. 3.16) que existe cierto comportamiento lineal en cuanto al consumo de energía eléctrica, durante los meses de septiembre y octubre existen dos de los más variaciones representativas de consumo energético, esto debido a que en esos meses se presentó una gran demanda de producción, en noviembre por otro lado, disminuye la variación ya que las reservas de productos elaborados en bodega de los meses anteriores permitió que no se trabaje a toda la capacidad.

3.4.2.- CONSUMO DE COMBUSTIBLE DIESEL

Para el calentamiento del agua en el área de producción de fideos de Industrias Catedral S.A. se mantienen funcionando la caldera marca Belleli, objeto de nuestro estudio así como la caldera moderna mas pequeña descrita en el sistema de secado de fideo anteriormente, donde, la línea de suministro de combustible es la misma para las dos, por ello, para el análisis de consumos de combustibles (diesel) durante el año 2005, se tomo el total de galones consumidos al mes, información obtenida gracias al departamento de producción de la empresa, cabe recalcar que, posteriormente para la auditoria definitiva donde los datos son tomados de manera mas especifica, se llevara un registro mas especifico del consumo de la caldera objeto de nuestro estudio.

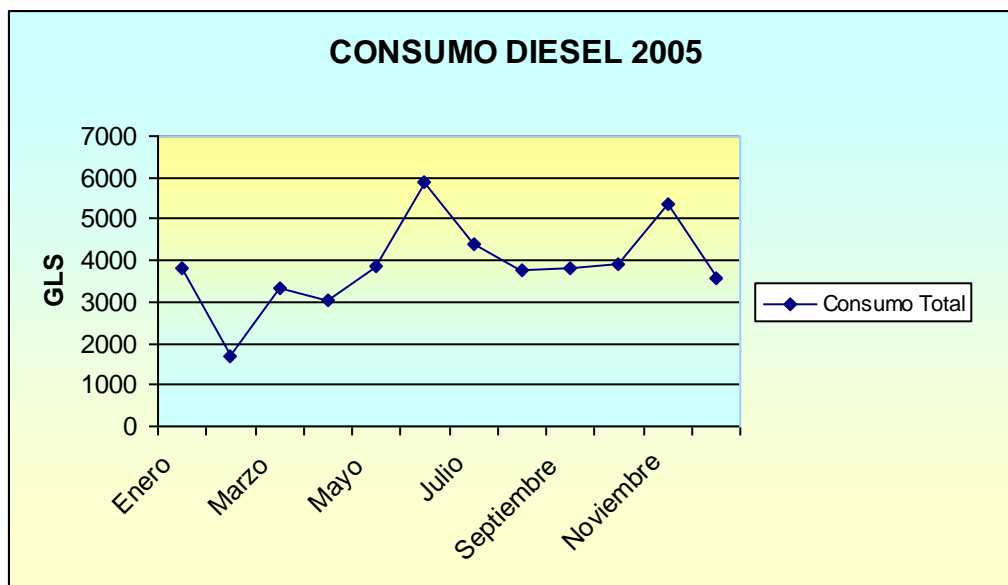


Figura No. 3.17 CONSUMO DIESEL (GLS) 2005⁷.

⁷ Ver Anexo B, TABLA No B.2 – B.3

Como se puede observar (Fig. 3.17), durante el mes de febrero, mientras se realizaba el mantenimiento anual de las calderas, existe una variación descendente de consumo, caso que es totalmente contrario en comparación con el mes de junio y noviembre, donde se presentan una variación de consumo ascendente, debido quizá a la falta del mismo.

3.4.3.- COSTOS ENERGÉTICOS

Los costos energéticos, no son mas que los gastos que realiza la empresa a razón de pago de facturas de combustible y electricidad, uno de los objetivos principales del estudio de esta tesis, es intentar en lo posible reducir estos costos a partir de la corrección de disfunciones energéticas, especialmente en el área de producción de fideos, donde los consumos de electricidad y combustible, constituyen un 57% de los costos totales en toda el área de producción de la empresa. De esta manera determinamos que la empresa paga un promedio por electricidad de \$7.755,59 y por consumo de combustible de \$3.462 ,09 mensualmente, cabe recalcar que todos los datos fueron provistos por el departamento de contabilidad de la empresa⁷.

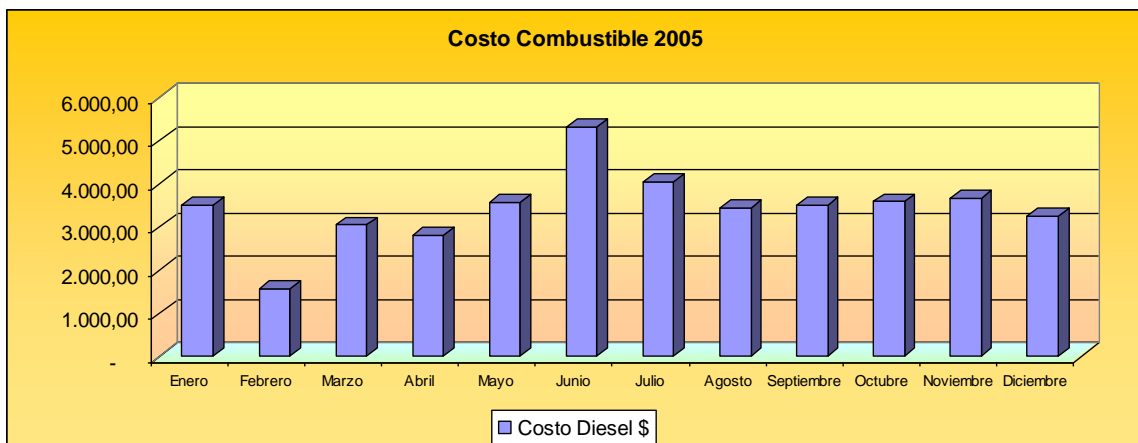


Figura No. 3.18 COSTO COMBUSTIBLES 2005

⁷ Ver Anexo B, TABLA No B.2 – B.3

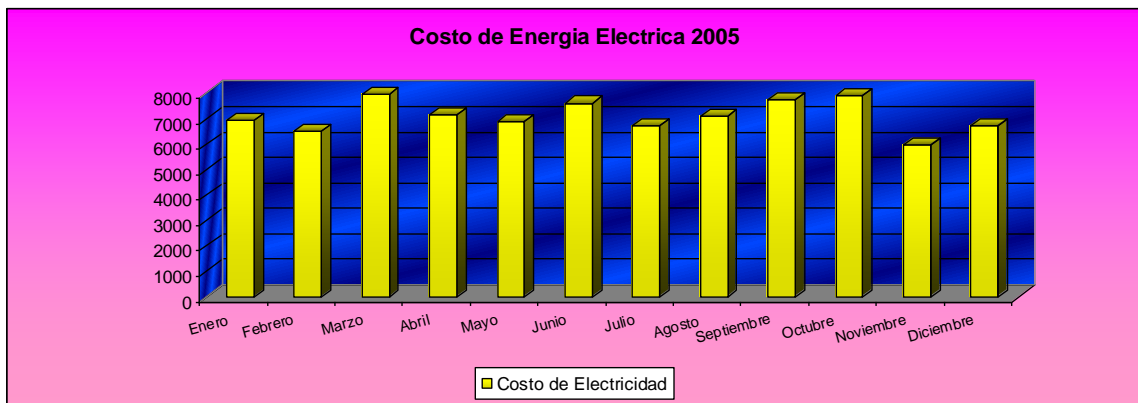


Figura No. 3.19 COSTO DE ENERGIA ELECTRICA 2005⁷

Aun cuando los costos de energía parecen ser elevados, Industrias Catedral S.A., justifica de cierta manera dichos costos con la gran producción que tiene día a día, misma que para el año 2005 se mantuvo dentro de un promedio mensual de 655860 Kg. de fideo, la importancia de todos estos datos se verá reflejada en el calculo de los índices energeticos⁸.

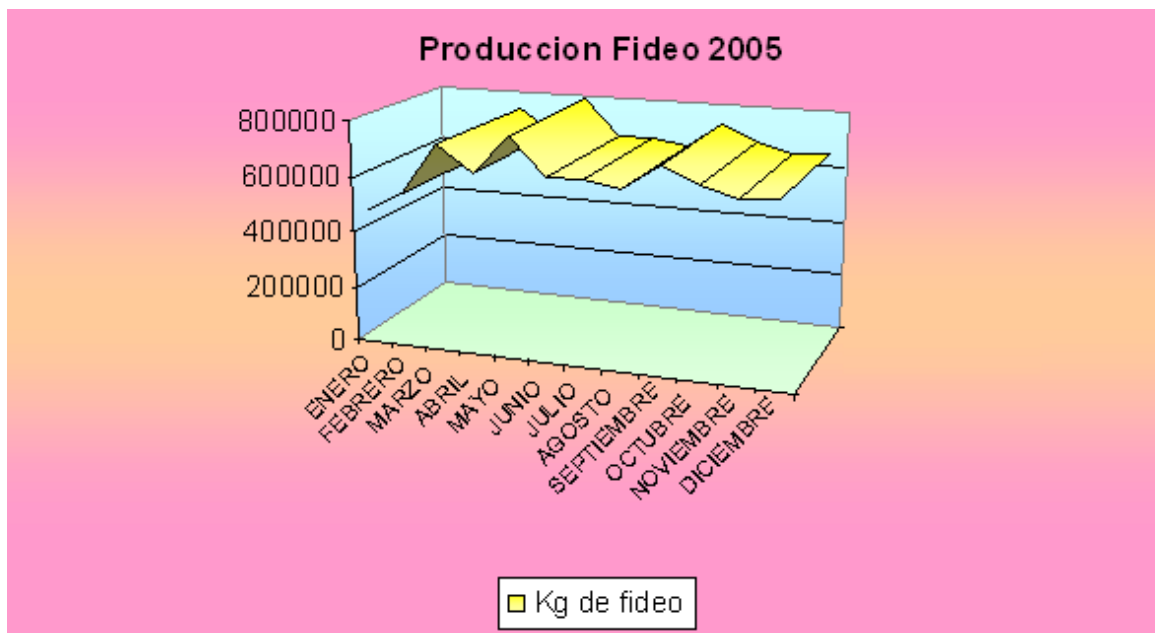


Figura No. 3.20 PRODUCCION DE FIDEO AÑO 2005

⁷ Ver Anexo B, TABLA No B.2 – B.3

⁸ Ver Anexo B, TABLA No B.4

3.5.- DETERMINACION DE SISTEMAS DE MAYOR CONSUMO ENERGETICO.

Industrias Catedral S.A. es una empresa que se dedica principalmente al procesamiento de trigo para la obtención de harinas y fideos de excelente calidad, así como al procesamiento de la parafina para la producción de velas, donde, dentro de sus procesos se destaca el uso de energía eléctrica así como térmica.

El estudio de esta tesis, se centra principalmente en el área de secado de fideo de Industrias Catedral S.A., donde existen ciertos equipos para las diferentes etapas de secado, donde, cada uno de ellos, se convierte de cierta manera en un foco de consumo, por lo cual es necesario definir, cual es el sistema de mayor consumo energético en el sentido eléctrico se refiere.

TABLA No 3.6 Descripción General de Equipos del Área de Secado de Fideos.

MAQUINARIA	MARCA	MODELO	SERIE	NUMERO	PROCEDENCIA
TUNEL DE SECADO 1	BUHLER	TTQ	UZWIL 57	145686	ITALIANA
TUNEL DE SECADO 2	BUHLER	TTQ	UZWIL 57	145383	ITALIANA
TUNEL DE PRESECADO 1	BUHLER	TVK	5V1ZZERA	121483	ITALIANA
TUNEL DE PRESECADO 2	BUHLER	TVK	4V2ZXERA	121326	ITALIANA
TRABATO 1	BUHLER	N/C	N/C	117853	ITALIANA
TRABATO 2	BUHLER	N/C	N/C	117673	ITALIANA

En cuanto a los secaderos estáticos se refiere, fueron fabricados aquí en el país, por lo cual no se especifica su marca ni modelo.

Los equipos trabajan todos los días, las 24 horas y los 7 días de la semana, el personal realiza 3 turnos de 06:00 a 14:00, de 14:00 a 22:00 y de 22:00 a 06:00, Cabe recalcar que dentro de cada una de estas maquinarias existen sub.-equipos consumidores de energía, mismos que gracias a datos obtenidos por placas de fabricación nos pueden dar una idea de la capacidad instalada del conjunto, la cual se obtiene a partir de multiplicar la potencia de placa de los motores por la cantidad de ellos presentes en la maquinaria, y posteriormente por el número de horas que estos trabajan al mes, cálculo resumido en el anexo B, tablas B.5 - B.12.

Para determinar el consumo porcentual, se toma a la suma de todos los consumos como si fuese el 100%, para posteriormente determinar los porcentajes individuales por secadero.

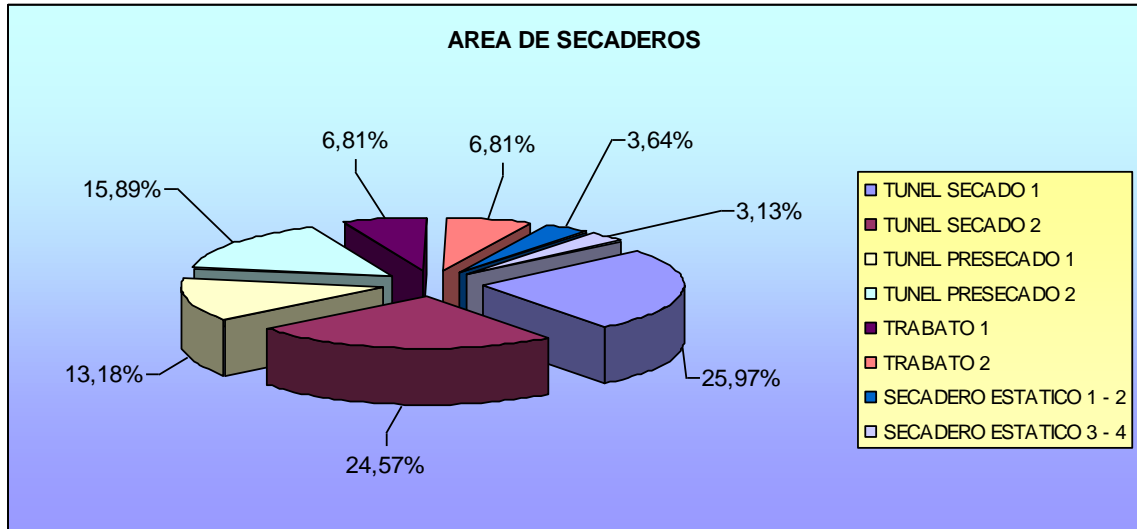


Figura No. 3.21 CAPACIDAD INSTALADA

Se puede observar claramente (Fig. 3.21) como el túnel de secado #1 es el mayor consumidor de energía en el área de secaderos seguido del túnel de secado #2⁹.

3.6.- INSPECCIÓN VISUAL Y EVALUACION DE LOS SISTEMAS A AUDITARSE.

Industrias Catedral S.A., es una empresa dedicada por más de 49 años, a la elaboración de productos de consumo masivo tales como fideos, velas, harinas y afrechos, nace el 23 de Noviembre de 1956 en la ciudad de Ambato. En lo que se refiere al área de producción de fideo data del año 1962, cuando la empresa incursiona en la elaboración y venta de los mismos.

Durante las inspecciones visuales realizadas durante los meses de diciembre del 2005 y enero del 2006, se pudo observar que dentro del área de secado de fideo, la empresa tiene ciertas pérdidas de energía, principalmente por descuido de mantenimiento en lo que se refiere a aislamientos térmicos así como maquinaria de consumo eléctrico.

⁹ Ver Anexo B, TABLAS B.5 – B.12.

Caldera.

En el caso de la Caldera de marca Belleli, es una caldera piro tubular de calentamiento de agua que data del año 73, se encuentra en buen estado funcional, más, en el cuarto de calderas, se siente cierta cantidad de calor en el ambiente que resulta, en ciertos casos, hasta sofocante, según el tiempo de permanencia en el lugar, lo que nos hace pensar que podría existir ciertas pérdidas por convección de calor con el ambiente, además, según los datos de los análisis de gases que se realiza periódicamente para ver su funcionamiento¹⁰, se nota claramente un elevado exceso de aire en la combustión del equipo, lo que nos indica una mala calibración del mismo que produce una mala combustión, lo cual representa a la larga un foco de ahorro de energía.

En cuanto a los instrumentos de medición de la caldera, existen algunos que todavía funcionan, pero la gran mayoría se encuentran dañados o descalibrados, con lo cual, los inspectores no pueden llevar un registro que permita alertar el buen o mal funcionamiento de la misma.

Túneles de Secado.

Los túneles de secado de marca Bulher, datan de los años 70, cuando la empresa toma la producción de fideo como razón social de misma, Existen dos sectores de túneles, cada uno de ellos compuesto por tres secaderos como se describió anteriormente en este mismo capítulo, En el caso los túneles de secado y presecado que pertenecen a la zona de túnel 1, cuentan con un diseño muy eficiente para la época de su fabricación, tanto en lo que se refiere a circulación de aire caliente así como en los intercambiadores de calor o baterías térmicas que son aleteadas, el inconveniente principal de estos túneles es el desgaste de la tubería de los intercambiadores por el tiempo de uso, que en ciertos casos, tienen orificios muy pequeños por corrosión del material, los cuales son muy difíciles de localizar y comprometen el fin para el cual fueron diseñados, esto nos sugiere un foco de ahorro importante que se daría por el reemplazo de estos elementos defectuosos.

¹⁰ Ver Anexo C

En lo que se refiere a los túneles de secado y presecado que pertenecen a la zona de túnel 2, tienen un diseño exterior muy particular, mismo que se perdió durante un incendio en los años 80 y fue reemplazado por la empresa, en cuanto a los intercambiadores, tienen el mismo problema que los túneles del sector #1, otro foco de ahorro que se puede ver aquí es la falta de recubrimiento de las líneas de agua caliente en ciertos sectores de distribución, también, la convección entre el túnel y el ambiente nos sugiere que podrían existir pérdidas por convección o falta de aislamiento.

También se pudo observar en toda la sección de túneles de secado, que la mayoría de instrumentos de medición se encuentran dañados o descalibrados, lo cual no permite llevar un registro detallado de su funcionamiento a los inspectores que trabajan en la empresa.

En lo que se refiere a los motores eléctricos de los ventiladores que se encuentran en el interior de los túneles, se realizara un estudio de factibilidad de cambio por unos de ahorro de energía, ya que estos motores datan de los años 80 y tienen un alto régimen de consumo en su diseño original.

En el sector de secaderos estáticos, mismos que también son alimentados por la caldera Belleli, presentan ciertas pérdidas en lo que se refiere a la circulación del aire caliente dentro de los mismos, también existen ciertos sectores de tubería descubierta donde se presentan pérdidas por convección.

El mantenimiento en toda la planta de producción es de tipo correctivo, es decir, que no tiene programas de mantenimiento predictivo o preventivo, razón por la cual en varias ocasiones se debe parar la producción para proceder al arreglo del equipo defectuoso, razón por la cual se presentan pérdidas pérdidas en producción y demanda de mano de obra.

Como resultado de la auditoria preliminar se ha llegado recopilar datos importantes (Anexo B), tanto de los equipos, así como los procesos que realizan las planta de producción de Industrias Catedral S.A. estos datos servirán para comparar con los se obtenga en la auditoria detallada, además que, quedarán como datos históricos para futuras aplicaciones de conservación de energía.

CAPITULO IV

4. AUDITORIA DEFINITIVA

4.1. INTRODUCCION.

Con el objeto de seguir avanzando en el proceso evolutivo de implementación de un plan de conservación y buen uso de energía en la planta de producción de Industrias Catedral S.A., y específicamente, en el área de secado de fideo de la misma, centraremos el estudio de este capítulo en lo que se refiere a la llamada auditoría energética y exérgica definitiva, misma que consiste principalmente en la recopilación de información más detallada mediante mediciones específicas tomadas directamente dentro de los diferentes procesos y/o maquinaria que representan un foco de consumo alto de energía, para posteriormente, poder analizar y evaluar la situación energética del área de secado de fideo.

Este tipo de auditoría definitiva es una fase del estudio que debe realizarse en un periodo más largo de tiempo y en sistemas más específicos, con instrumentación que permita tener datos confiables y precisos; sabiendo que la participación directa de dichos sistemas en relación a la producción es importante, para, posteriormente, poder establecer índices de consumos energéticos que nos provean de bases de referencia y mantener de esta manera un control sobre los mismos.

Generalmente dentro de una auditoría definitiva, se efectúan mediciones de parámetros para establecer la eficiencia de las máquinas, en el caso de este capítulo en particular, las mediciones que fueron realizadas son carácter eléctrico así como térmico en su gran mayoría, por lo cual, las pérdidas así como la implementación de soluciones irán orientadas dentro de estos dos grandes campos.

Al final de este tipo de auditoría, ya se pueden ver con mucha claridad los resultados y conclusiones que arroja el estudio, es ahí cuando, queda en manos de la empresa la ejecución de acciones preventivas y/o correctivas para mejorar en el sentido de ahorro de energía

4.1.1. OBJETIVOS, FUNDAMENTOS, Y BENEFICIOS DE LA AUDITORIA EXERGETICA DEFINITIVA.

El objetivo principal de la auditoria definitiva es el de conocer con exactitud el estado actual de los equipos, para por medio de balances energéticos saber cuanto, donde y como se utiliza la energía, y si esta, esta siendo bien aprovechada o no, y de no se así, en que cantidad se desperdicia, a demás, este tipo de auditoria por lo general arroja como resultados también índices que faciliten la interpretación de los datos obtenidos.

Durante la realización de una auditoria definitiva es fundamental la obtención de datos precisos y reales que permitan a través de los respectivos análisis establecer el estado de la maquinaria o sistema a ser estudiado, con el fin de determinar los puntos donde se pueden realizar correcciones para mejorar los consumos energéticos.

Una vez finalizado este capitulo, los beneficios de la auditoria definitiva no serán del todo visibles hasta el instante mismo que la empresa implemente las acciones correctivas o proyectos que se verán mas claramente en el capitulo 6 de esta tesis, aun cuando los costos de implementación de proyectos de mejora parezca altos, la empresa tiene que saber que para obtener beneficios en cuanto a la reducción de costos por insumos energéticos, tiene que invertir y recuperar dicha inversión con el transcurso del tiempo.

4.2.- INDICADORES DE CONSUMO ENERGETICO.

DEFINICION.

Dentro de una auditoria definitiva y en toda empresa, es muy importante establecer índices de consumo energético, los cuales, basados principalmente en la mayor cantidad de datos históricos confiables que posea la empresa, pueden ser usados para determinar la eficiencia energética de los procesos y operaciones, y subsecuentemente, el potencial de ahorro de energía.

Los Indicadores de consumo energético son una referencia de cómo los sistemas consumidores de energía pueden funcionar, aunque debe tenerse en cuenta que, las

variaciones de consumo son inevitables, por esta razón los índices energéticos son desarrollados internamente a lo largo de cierto periodo de tiempo, cabe destacar que los índices pueden ser desarrollados tanto a nivel de toda la planta como por conjunto de equipos que funcionan con la misma fuente de energía.

En la mayoría de empresas, este tipo de indicadores se ven relacionados directamente entre la cantidad de energía utilizada para elaborar cierto producto, y la cantidad másica o valor monetario que se logra obtener de ese producto en un periodo de tiempo, dependiendo de cómo se manejen los registros de producción y los costos en la empresa; Industrias Catedral S.A. maneja de manera muy eficiente el control de la cantidad de producto que ellos fabrican, pero, aún no se tiene conciencia en la empresa de lo importante que es el mantener un registro de los consumos energéticos.

4.2.1.- INDICADORES DE CONSUMO ELECTRICO.

En general, un indicador de consumo como su nombre lo indica, es un índice por medio del cual podemos darnos cuenta que tan acertadamente se esta aprovechando cierta cantidad de energía para poder producir algo, en el caso de Industrias Catedral, este índice ha pasado por desapercibido, es por ello que al implementar por medio de una reseña histórica de datos un índice general, la empresa podrá comparar los valores ya sean diarios, quincenales o mensuales con los nuevos que tendrá después de aplicar la implementación de soluciones que esta tesis proponga.

En el caso del consumo eléctrico, y específicamente en el área de producción de fideos, el índice será muy general ya que el medidor que posee la empresa para esta zona, distribuye energía para un molino que se encuentra en otra área de la misma, por lo cual no se podrá dividir con exactitud entre el área de molienda y el pastificio; pero aun así, el índice nos servirá de gran ayuda como referencia para observar el aprovechamiento de energía.

4.2.1.1.- INDICADOR DE CONSUMO ELECTRICO GLOBAL:

Para establecer el indicador de consumo eléctrico global tanto eléctrico como de combustible se debe tomar en cuenta al sector del pastificio en forma global, posteriormente determinaremos los mismos indicadores individualmente en el área de secado de fideo; para el caso de esta tesis los indicadores representativos los tomaremos como los kilowatios consumidos en producir una cantidad de producto en un determinado intervalo de tiempo.

$$\text{Índice} = \frac{\text{Energía}}{\text{Producción} \bullet \text{tiempo}}$$

Ec 4.1

Como se describió en el capítulo anterior, Industrias Catedral dentro de sus instalaciones cuenta con dos medidores eléctricos, uno exclusivamente para el área de molienda, y el otro para el pastificio y un molino pequeño, pero en todo caso, las lecturas que se han venido tomado en el último medidor descrito, nos servirá como base para el establecer el indicador de consumo eléctrico global.

Para obtener datos más representativos y exactos hay que evitar que los lapsos de tiempo que se tomen para determinar los indicadores no sean mayores a los 30 días; y de esta manera poder detectar aumentos de consumos en forma más rápida; los datos para realizar este análisis fueron tomados mes a mes y provistos por el Departamento de Sistemas y Registros de la Empresa, donde los Kwh, corresponden a datos obtenidos por medio de las planillas de consumo eléctrico en ese medidor, y los datos de producción corresponden a los obtenidos gracias a los registros contables de la empresa¹

Cabe indicar que este tipo de indicadores son utilizados en la mayoría de empresas donde se ha desarrollado políticas de producción más limpia, y considerando que Industrias Catedral S.A., se encuentra en proceso para obtener dicha certificación, el presente estudio servirá como base para cumplir dicho objetivo.

¹ Ver Anexo B, TABLAS B.1 y B.4

TABLA No 4.1 Indicador de Consumo Eléctrico Global año 2005.

Pastificio 2005			
Periodo	Consumo Kwh.	Producción Kg.	Índice Kwh./Kg.
Enero	99062	489686	0,20229699
Febrero	93024	559120	0,16637573
Marzo	108201	740237	0,14617076
Abril	101836	652995	0,15595219
Mayo	98409	793547	0,12401158
Junio	108854	659950	0,1649428
Julio	96451	659998	0,14613832
Agosto	101673	634392	0,16026845
Septiembre	111139	725669	0,15315375
Octubre	112771	672323	0,16773337
Noviembre	85027	634922	0,13391723
Diciembre	95798	647486	0,14795367
Promedio			0,1557429

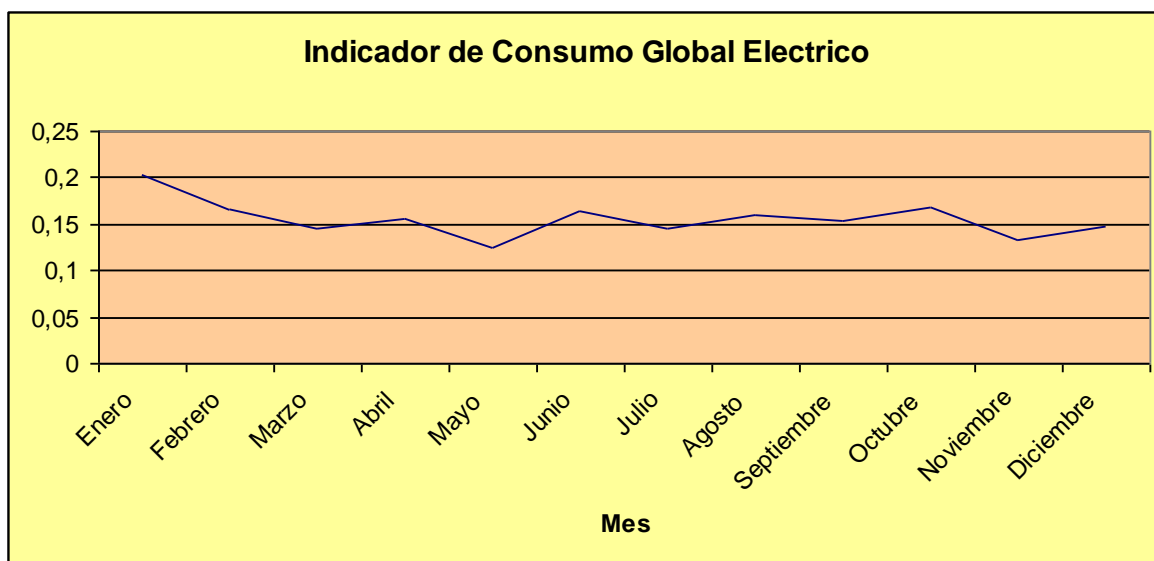


Figura. No 4.1 INDICADOR DE CONSUMO GLOBAL ELECTRICO.

De la Figura 4.1. se puede concluir fácilmente que en el pastificio existe un leve descenso índice a partir del segundo mes del 2005, cuando en la empresa se empezó a llevar a cabo una campaña de concientización en los empleados en cuanto al uso de energía eléctrica se refiere, como el penalizar las luces y maquinarias encendidas de manera innecesaria, por otra parte se puede observar la tendencia casi lineal que ha venido llevando el indicador de consumo durante el resto del año.

4.2.1.2.- INDICADOR DE CONSUMO ELECTRICO DEL AREA DE SECADO DE FIDEO.

Para el caso específico del área de secado de fideo, se dividió a dicha área en sectores, en función de la acometida de alimentación de energía eléctrica que los provee, así como la producción que entregan por línea, dando como resultado cuatro sectores principales, los mismos que se componen como se muestra a continuación Tabla No. 4.2.

TABLA No 4.2 Sectorización de maquinaria por línea de alimentación eléctrica.

SECTOR	MAQUINARIA
SECTOR TUNEL 1	Túnel Secado #1
	Túnel Presecado #1
	Trabato #1
SECTOR TUNEL 2	Túnel Secado #2
	Túnel Presecado #2
	Trabato #2
SECTOR ESTATICO 1-2	Secadero estático #1
	Secadero estático #2
SECTOR ESTATICO 3-4	Secadero estático #3
	Secadero estático #4

Para obtener los indicadores de consumo eléctrico, fue necesario tomar los registros de los consumos instantáneos en las acometidas de entrada a cada uno de los sectores de secado con el uso de una pinza amperimétrica, con el fin de poder determinar la potencia con la que funcionan las mismas.

Cabe resaltar que la toma de datos se la realizó en días de trabajo normal y en intervalos quincenales durante los meses de enero hasta abril del 2006, y en cada una de las fases se mantuvo la pinza por 15 minutos para tener una buena referencia de los picos de consumos energéticos, por otra parte para los cálculos se tomaron los valores más altos entre las tres fases con el fin de evitar tener medidas bajas o menores al consumo real².

Para obtener los consumos energéticos a partir de los datos obtenidos se aplicó la siguiente fórmula:

$$Potencia_Consumida_ (Watts) = \sqrt{3} * V * I * \cos(\phi)$$

Ec. 4.2a¹³

$$Consumo_Quincenal_ (KWh) = \frac{Potencia_Consumida * tiempo}{1000}$$

Ec. 4.2b¹³

Donde:

V = Voltaje [Voltios]

I = Intensidad [Amperios]

cos(φ) = Factor de potencia [adimensional]

El valor de cos (φ), es el promedio del valor tomado de las planillas de consumo eléctrico que nos entrega mes a mes la Empresa Eléctrica Ambato, mismo que se muestra en el Anexo C, tabla C26 y gracias a una recopilación de la cantidad de fideos en Kg.

² Ver Anexo C, TABLA C.1

¹³ Manual de uso racional y Eficiente de la Energía Eléctrica, Ministerio de Energía y Minas.

que fueron procesados durante cada una de las quincenas consideradas por línea de producción³, se llegó a determinar los respectivos indicadores para cada sección.

$$\text{Indicador}_{\text{ global}_{\text{ electrico}}} = \frac{\text{Consumo}_{\text{ quincenal}}(\text{Kwh})}{\text{Cantidad}_{\text{ de}_{\text{ fideo}}}(\text{Kg})}$$

Ec. 4.3.a

TABLA No 4.3 Indicadores de consumo eléctrico de los sistemas de secado

INDICADOR DE CONSUMO	
Kwh./Kg.	
TUNEL 1	0,08
TUNEL 2	0,089
TUNEL ESTATICO 1	0,039
TUNEL ESTATICO 2	0,048

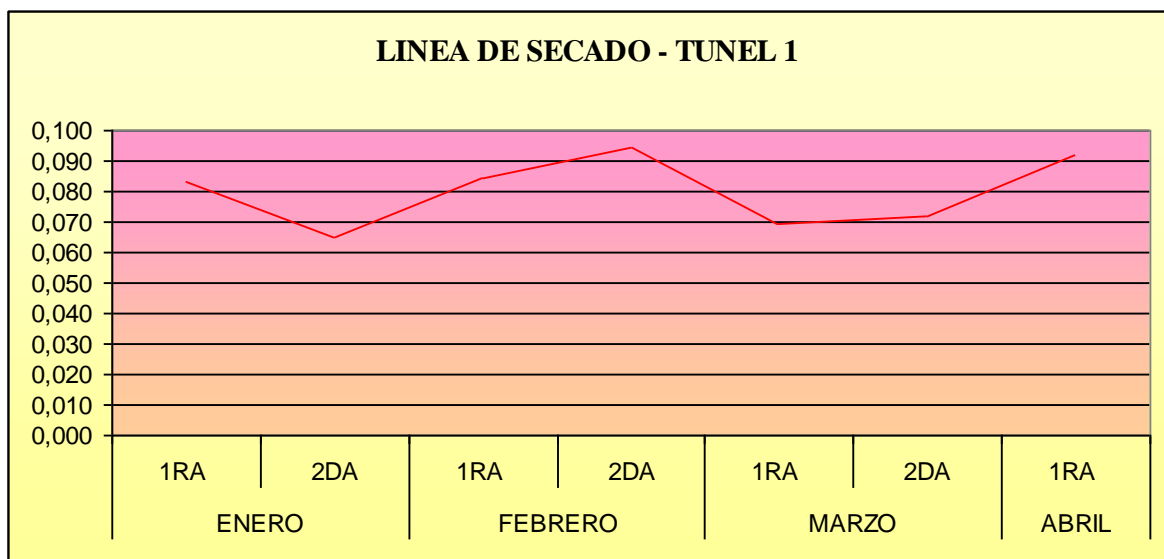


Figura. No. 4.2 INDICADOR DE CONSUMO TUNEL 1

Como se puede observar Fig 4.2, el índice varía entre un rango de 0,095 a 0,065, observando un promedio de este en 0,08, manteniendo durante los meses de prueba cierta regularidad entre consumo y cantidad de producción.

³ Ver Anexo C, TABLAS C.2 – C.5

Dentro de la gráfica se puede interpretar los picos como una señal de advertencia para realizar acciones de corrección.

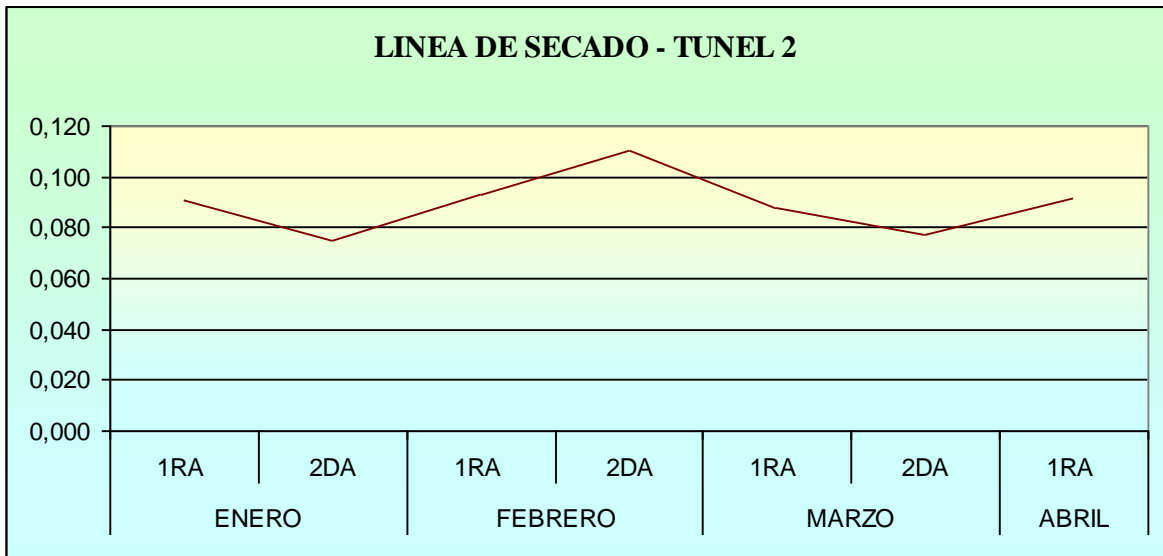


Figura. No. 4.3 INDICADOR DE CONSUMO TUNEL 2

En este caso (Fig. No. 4.3), el índice se mantiene en un promedio aproximado de 0,089, mayor que el túnel 1, lo cual nos sugiere que existe una producción menor por parte del mismo, aún cuando, debería ser igual, ya que los dos túneles son de características similares.

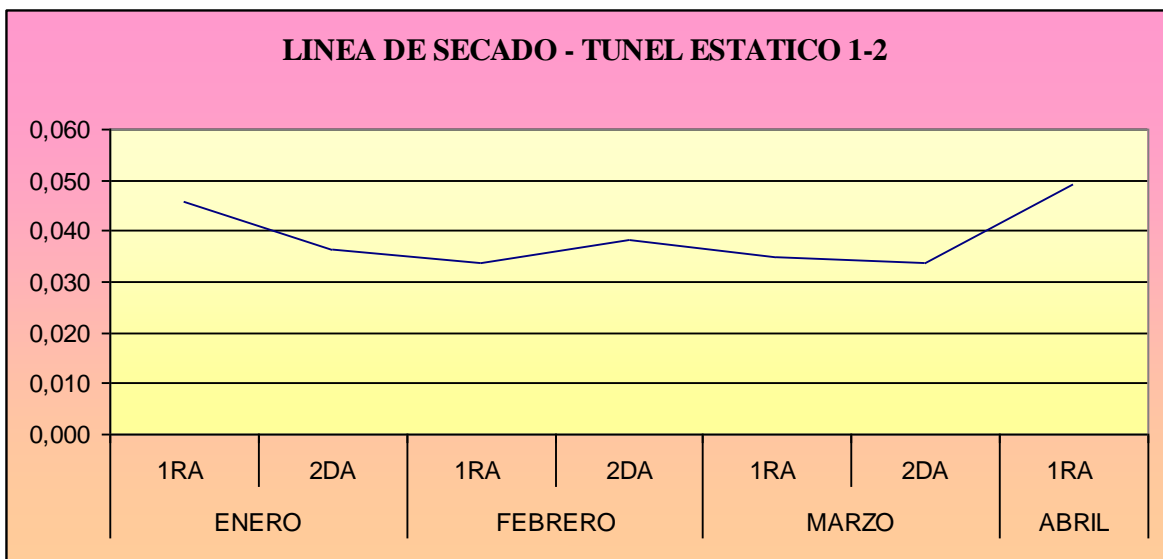


Figura. No. 4.4 INDICADOR DE CONSUMO TUNEL ESTATICO 1 – 2

El índice en este sectores es relativamente bajo (Fig 4.4), a comparación de los túneles de secado continuo, para este caso tenemos un índice promedio de 0,039 , debido principalmente a la capacidad y el número de los motores que intervienen en el túnel.

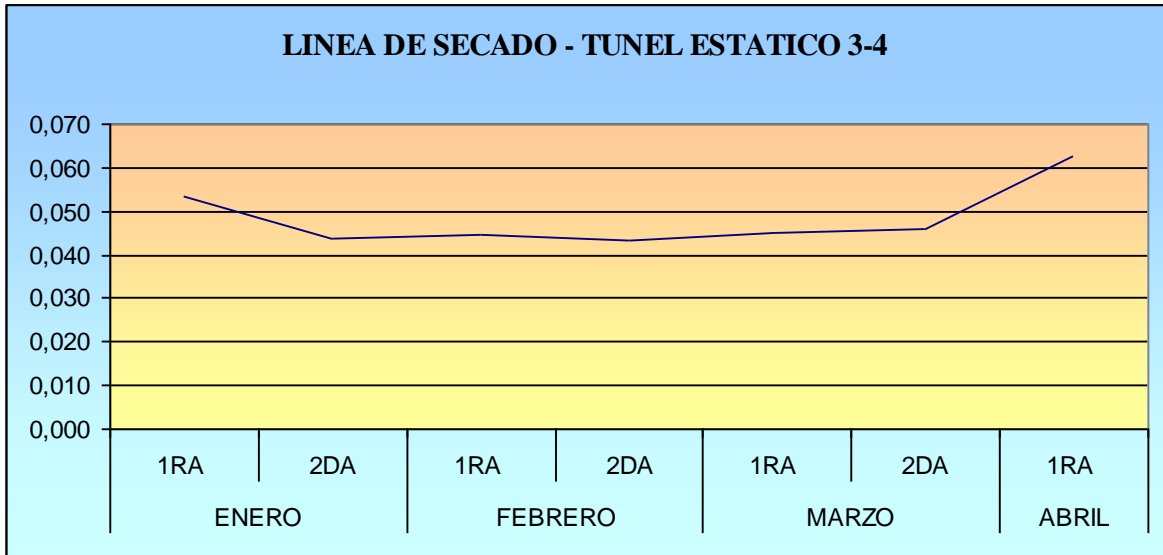


Figura. No. 4.5 INDICADOR DE CONSUMO TUNEL ESTATICO 3 – 4

Como se observa en la Fig. No 4.5, el indicador de estos sectores también es bajo, por la razón dada en el párrafo anterior, el promedio del índice es de 0,048 para este caso.

Para todos los casos, el análisis de los indicadores nos sugieren que un aumento en ellos se debe a una baja producción o un aumento en la demanda de energía eléctrica, y una reducción de los mismos nos da a entender que se logro producir mayor cantidad con menor o igual energía, lo cual representaría en términos económicos, beneficio para la empresa.

4.2.2.- INDICADOR DE CONSUMO DE COMBUSTIBLES.

La caldera marca belleli, es la encargada directa de alimentar a las cuatro líneas de secado que se han descrito anteriormente, mismas que representan un 75% del sistema de secado total de la planta, es por ello que es muy importante establecer un indicador de consumo de combustibles que se relacione directamente con la cantidad de producción que se genera en dichas líneas de secado.

Este indicador es el resultado de dividir el consumo mensual de diesel (Gls), para la cantidad de fideo en Kg producidos por mes.

4.2.2.1. INDICADOR DE CONSUMO GLOBAL DE COMBUSTIBLE.

Dentro de Industrias Catedral S.A, se lleva un Kardex detallado en lo que se refiere al consumo y compra de combustibles, es por ello que basándonos en este tipo de datos⁴, podemos establecer un índice global de la cantidad de consumo en Galones por Kilogramo de producto terminado durante año 2005, llegando a un promedio de 0,006 GLS por Kilogramo de producto terminado

$$\text{Indicador}_{\text{ global}_{\text{ combustible}}} = \frac{\text{Consumo}_{\text{ de}_{\text{ combust}}(\text{GLS})}{\text{Cantidad}_{\text{ de}_{\text{ fideo}}(\text{Kg.mes})}$$

Ec. 4.3.b

TABLA No 4.4 Indicadores de consumo de diesel por Kg. de producción año 2005

Mes de Consumo	DIESEL	Producción	INDICE
	GLS	Kg.mes	GLS/Kg.mes
Enero	3803,4	489686	0,008
Febrero	1692,42	559120	0,003
Marzo	3319,73	740237	0,004
Abril	3045,5	652995	0,005
Mayo	3879,9	793547	0,005
Junio	5875,34	659950	0,009
Julio	4411,22	659998	0,007
Agosto	3760,58	634392	0,006
Septiembre	3820,83	725669	0,005
Octubre	3909,75	672323	0,006
Noviembre	5344,41	634922	0,008

⁴ Ver Anexo B, TABLAS B.2 y B.4

Diciembre	3550,7	647486	0,005
		PROMEDIO	0,006

TABLA 4.4 (Continuación)

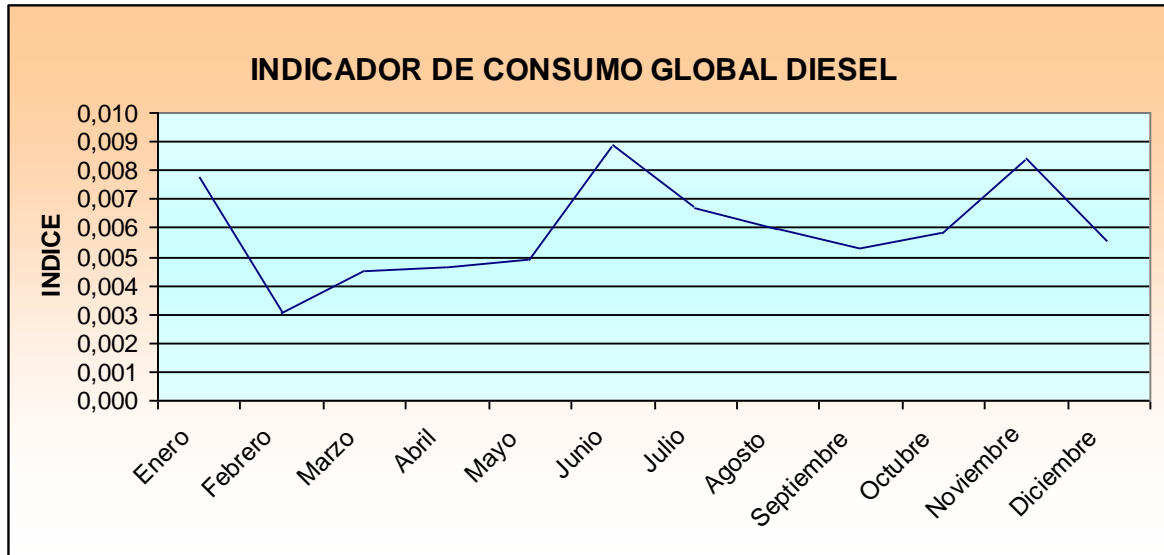


Figura. No. 4.6 INDICADOR DE CONSUMO DIESEL 2005

Podemos apreciar Fig 4.6 que existen picos de consumo que se presentan principalmente por un elevado consumo de combustible, mas no por una baja en la producción, es por ello que el mantenimiento de las calderas se lo debe realizar según los planes de mantenimiento, ya que una mala calibración produce que estas consuman más de lo requerido, por ello, el llevar un índice de este tipo es necesario en la Industria.

4.2.2.2. INDICADOR DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN EL AREA DE SECADO DE FIDEO.

El área de secado de fideos de industrias Catedral, como se lo ha descrito en el capítulo anterior, consta de dos calderas, donde la más grande y objeto de este estudio, alimenta al 75% del área, pero en todo caso, para poder determinar un índice específico de consumo de dicha caldera, es necesario separar la producción así como el consumo de los datos totales que fueron presentados en el indicador global.

Para los cálculos se tomaron los datos de nivel de combustible en el tanque de almacenamiento del mismo, a partir de una barra graduada para poder medir la cantidad de combustible que se consume en un lapso determinado de tiempo, cabe recalcar que los datos fueron obtenidos durante días de trabajo normal y apagando la caldera más pequeña, de esta manera, se logro determinar el consumo en galones por quincena utilizando la siguiente expresión⁵.

$$\text{Consumo}_{\text{Comb}} = \frac{(N_f - N_o) * A_t}{T} (264.17) \quad (\text{Gls/hora})$$

Ec. 4.4

Donde:

A_t = Área del tanque cilíndrico (m²)

N_o = Nivel inicial de combustible (m.)

N_f = Nivel final de combustible (m.)

T = tiempo (horas)

264,17 (factor de conversión m³ – Gls)

Para el calculo del consumo en los 15 días, se considero que la caldera trabaja las 24 horas del día, de esta manera tenemos:

Datos

$d_t := 0.58$ mts	diámetro de tanque cilíndrico
$N_o := 0.74$ mts	nivel inicial combustible
$N_f := 0.68$ mts	nivel final combustible
$T := 1$ hora	
$K_o := 264.17$	Factor de Conversión m ³ - Gls

⁵ Ver Anexo C, TABLA C.6

Area transversal del cilindro

$$At := \pi \cdot \frac{dt^2}{4}$$

$$At = 0.264 \text{ m}^2$$

Consumo Combustible

$$C_{\text{comb}} := \frac{(No - Nf) \cdot At}{T}$$

$$C_{\text{comb}} = 0.016 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

$$C_{\text{comb1}} := C_{\text{comb}} K_o$$

$$C_{\text{comb1}} = 4.188 \frac{\text{Gls}}{\text{hora}}$$

Considerando que la caldera trabaja 24 horas y que el indice requiere el consumo en 15 dias tenemos

$$C_{\text{comb}_15\text{dias}} := C_{\text{comb1}} \cdot 24 \cdot 15$$

$$C_{\text{comb}_15\text{dias}} = 1.508 \times 10^3 \text{ Gl}$$

TABLA No 4.5 Indicador de consumo de diesel por Kg. de producción

FECHA	QUINCENA	CONSUMO	PRODUCCION	INDICE
		Gls(15dias)	Kg(15dias)	Gls/Kg
ENERO	1RA	1507,6	280011	0,0054
	2DA	1605,8	359530	0,0045
FEBRERO	1RA	1683,5	290829	0,0058
	2DA	1507,6	244406	0,0062
MARZO	1RA	1758,9	334409	0,0053
	2DA	1884,5	347142	0,0054
ABRIL	1RA	1758,9	274728	0,0064
PROMEDIO				0,0056

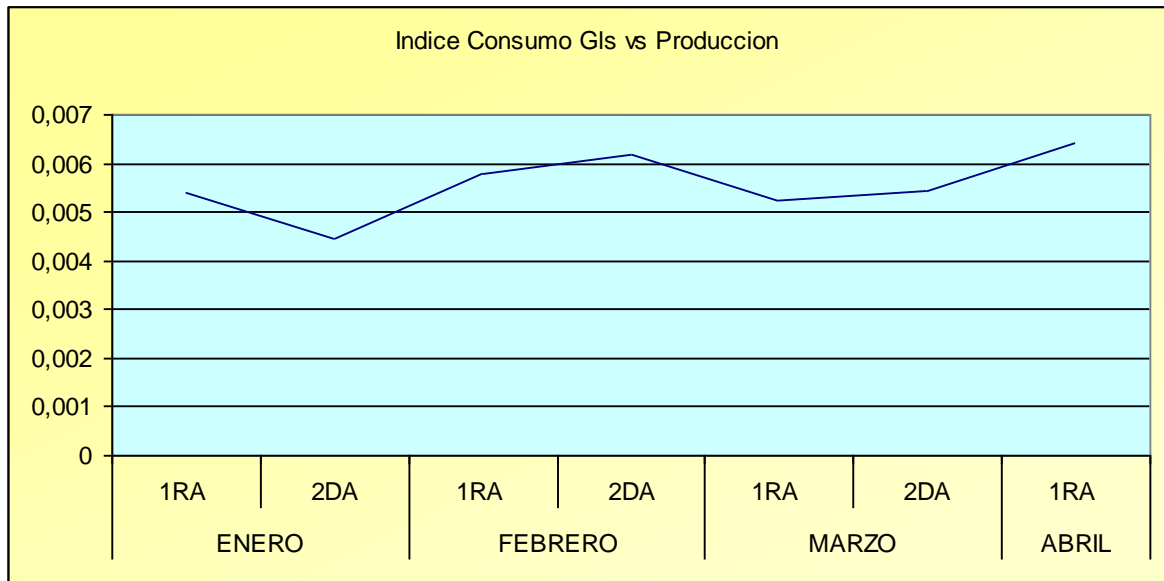


Figura. No. 4.7 INDICADOR DE CONSUMO DIESEL CALDERA BELLELI

Como podemos observar Figura No. 4.7 el indicador se mantiene en un promedio de 0,0056, el análisis de los resultados nos sugieren que un aumento en el índice puede significar que la caldera necesita ser calibrada, o en su defecto, debe entrar a mantenimiento.

4.3 MEDICIONES Y DETERMINACION DE PERDIDAS ENERGETICAS EN LOS EQUIPOS Y SISTEMAS DE CONSUMO ENERGÉTICO DEL AREA DE SECADO DE FIDEO.

Dentro del sistema de secado de fideo de Industrias Catedral S.A., tenemos que la mayor parte de equipos funcionan principalmente en base a energía eléctrica así como térmica, donde, se presentan pérdidas energéticas debido a malas calibraciones así como descuidos en cuanto al mantenimiento de los mismos, para lo cual es muy importante que se tenga una idea real de los valores de las pérdidas tanto energética como económicamente se refiere.

Las mediciones que se realizaren deben ser completamente confiables y reproducibles, es decir se deben especificar las condiciones en las que se toman las mismas, para así poder garantizar la confiabilidad de estas medidas.

En el caso de equipos que se encargan de la transformación de energía, como es la caldera, es necesario determinar la eficiencia con la cual se encuentra funcionando para tener una idea del estado actual de la misma.

4.3.1. DETERMINACION DE LA EFICIENCIA DE LA CALDERA

La caldera marca Belleli modelo "PR-600", #73/3655/020, como fue descrita en el capítulo anterior, se trata de un generador de agua caliente en base a la transformación de diesel en energía calorífica por medio de la combustión, desde ya hace más de 23 años, constituye el principal elemento generador de energía térmica del área de secado de fideo, motivo por el cual, es muy importante que se encuentre funcionando de manera eficiente.

La eficiencia en un caldero dentro de un estudio de auditoría energética es muy importante, ya que este tipo de máquinas tienen la capacidad de regularse automáticamente para cumplir sus prestaciones, sin que nadie se de cuenta, motivo por el cual, una pérdida energética significaría que el caldero se regule a un mayor consumo y así siga funcionando normalmente.

Las principales pérdidas energéticas en un caldero del tipo calentador de agua, pueden ser visibles gracias a los análisis de los gases de combustión así como en la pérdida por transferencia de calor a través de las paredes del mismo, motivo por el cual, nos basaremos en los datos de estos dos parámetros para determinar la eficiencia de la combustión de la caldera por el llamado método indirecto¹⁴, mismo que viene dada por la siguiente expresión.

$$EFICIENCIA_NETA = 100\% - \text{Pérdidas_totales} \quad \text{Ec. 4.5}^{14}$$

Donde las pérdidas totales están constituidas por las pérdidas por gases de combustión más las pérdidas por transferencia de calor.

¹⁴ Manuales Técnicos y de Instrucción para conservación de energía, 1983, Combustibles y su Combustión, Madrid, España. - Auditoría Energética en la Planta Industrial Plywood Ecuatoriana S.A., Cadena-Parra, 1998, Anexo D.

4.3.1.1._ PÉRDIDAS POR GASES DE COMBUSTION.

El análisis de pérdida de eficiencia de una caldera por gases de combustión es un método cuya pauta se basa en la temperatura de los gases de escape, ya que un incremento en estos nos podría dar a entender que el calor no está siendo bien transferido al fluido calo-portador por incrustaciones en su interior o algún otro tipo de problema, mismo que puede ser solucionado con un mantenimiento apropiado.

La pérdida de calor en los gases de combustión, se ve directamente relacionado con el valor de Calor Sensible de ciertos gases que encontramos presentes en la masa de gas emitida por la caldera, pero para ello, el método requiere que se establezcan los valores de las moles de cada uno de estos gases durante el proceso de combustión, que pueden ser obtenidos de la reacción real de combustión.

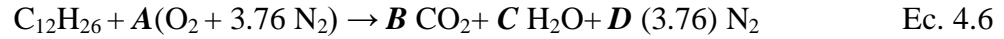
A partir de los datos obtenidos por medio del analizador de gases⁶, procedemos a obtener la reacción real de Combustión que está generando la caldera, y partiendo de ahí, determinar las pérdidas de eficiencia que esta tiene por exceso de temperatura de los gases de escape.

Para determinar la reacción real de combustión, definiremos que el aire seco se compone principalmente de un 20,9% de oxígeno, 78,1% de Nitrógeno, 0,9% de argón y un 0,1% de otros gases entre los cuales encontramos hidrógeno y helio, con fines prácticos de este proyecto de tesis, consideraremos al argón como nitrógeno y los gases en pequeñas cantidades como despreciables, de esta manera tendremos un aire seco formado por 21% de oxígeno y un 79% de Nitrógeno, es decir, que una partícula de aire seco a partir de 1kmol de oxígeno, tendrá 3,76 kmol de nitrógeno según nuestra relación.

Con el fin de realizar una verificación rápida de los datos obtenidos por el analizador, calcularemos el exceso de aire así como la eficiencia de combustión y lo compararemos con el valor obtenido por la máquina.

⁶ Ver Anexo C, Tabla C.7

Partiremos igualando la ecuación estequiométrica de la combustión del Diesel como se presenta a continuación:



Iguálamos,

$$\text{Carbono: } 12 = B$$

$$\text{Hidrogeno: } 26 = 2C$$

$$\text{Oxigeno: } 2A = 2B + C$$

$$\text{Nitrógeno: } 7.52A = 7.52D$$

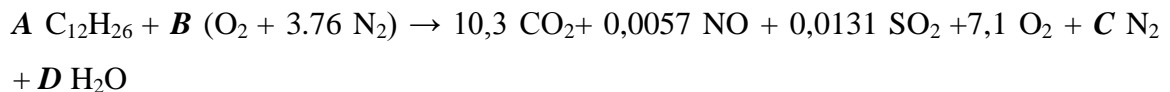
Resolviendo el sistema de ecuaciones tenemos los siguientes valores para las variables:

$$C = 13$$

$$A = 18.5$$

$$D = 18.5$$

Ahora, utilizando los valores dados por el analizador de gases⁶, tenemos que se plantea la siguiente ecuación:



Ec. 4.7

Donde tenemos las siguientes sub ecuaciones:

$$\text{Carbono: } 12A = 10,3$$

$$\text{Hidrogeno: } 26A = 2B$$

$$\text{Oxigeno: } 2B = 2(10,3) + 0,0057 + 2(0,0031) + 2(7,1) + D$$

$$\text{Nitrógeno: } 2(3,76)B = 0,0057 + 2C$$

⁶ Ver Anexo C, TABLA C.7

Resolviendo el sistema de ecuaciones tenemos :

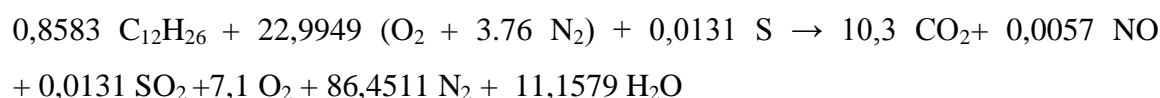
$$A = 0,8583$$

$$B = 22,9949$$

$$C = 86,4511$$

$$D = 11,1579$$

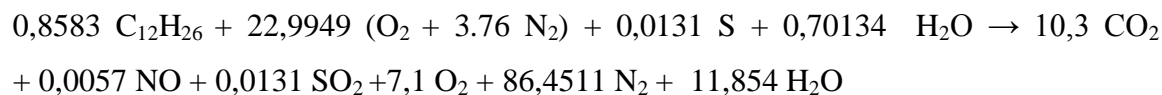
De esta manera la reacción queda igualada de la siguiente manera:



Ec. 4.8

Para poder determinar la reacción real de combustión de nuestra caldera, tenemos que considerar la presencia de humedad en el aire que ingresa a la caldera, para ello, recurrimos a la utilización de las tablas psicrométricas del aire⁷, entrando con datos como son la altura de la localidad así como la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo del aire.

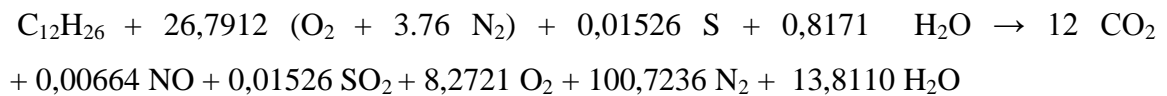
Industrias Catedral S.A. se encuentra situada en la ciudad de Ambato, a una altura de 2608 msnm, las temperaturas de bulbo seco y húmedo son 30 y 27 °C respectivamente, con estos datos determinamos en la tabla psicrométrica correspondiente un contenido de agua de 0,0305 kgm agua / kgm de aire seco, con este valor se reconfigura la ecuación para quedar de la siguiente manera:



Ec. 4.9

Para encontrar la ecuación real a partir de una Kilo mol de combustible basta con dividir toda la expresión para 0,8583.

⁷ Ver Anexo C, TABLA C.8



Ec. 4.10

Una vez obtenidos las reacciones reales así como la estequiométrica podemos obtener el exceso de aire en los gases de combustión

Relación aire/combustible estequiométrica

$$A/C = \frac{m_{\text{aire}}}{m_{\text{comb}}} \quad \text{Ec. 4.11}^{15}$$

$$(A/C)_{\text{Estequiometrica}} = \frac{18.5 \text{ kgm } \text{O}_2}{\text{kgm comb}} \times \frac{1 \text{ kgm aire}}{0.21 \text{ kgm } \text{O}_2} \times \frac{28.96 \text{ kg aire}}{1 \text{ kgm aire}} \times \frac{\text{kgm comb}}{170 \text{ kg comb}}$$

$$(A/C)_{\text{Esreq}} = 15 \frac{\text{kg aire}}{\text{kg comb}}$$

Relación aire/combustible real.

$$(A/C)_{\text{real}} = \frac{26,7912 \text{ kgm } \text{O}_2}{\text{kgm comb}} \times \frac{1 \text{ kgm aire}}{0.21 \text{ kgm } \text{O}_2} \times \frac{28.96 \text{ kg aire}}{1 \text{ kgm aire}} \times \frac{\text{kgm comb}}{170 \text{ kg comb}}$$

$$(A/C)_{\text{real}} = 21,733 \frac{\text{kg aire}}{\text{kg comb}}$$

$$\frac{(A/C)_{\text{real}}}{(A/C)_{\text{Esteq}}} = \frac{21,733}{15} = 1,448 \rightarrow 44,8\% \text{ exceso de aire} \quad \text{Ec. 4.12}$$

¹⁵ TERMODINAMICA, Cengel Yunus, Boles Michael, tomo II, 2da edición, editorial McGraw Hill.

Para poder determinar la eficiencia de combustión a partir de la ecuación real, será necesario la utilización de la entalpía de formación de los gases, misma que se encuentra tabulada en los textos¹⁵, consideramos para N₂, O₂, S, SO₂, NO, como elementos y compuestos estables, con lo cual, su entalpía de formación será 0, de esta manera el calor de reacción vendrá dado por la siguiente expresión.

$$\lambda_c = Q_r = H_{prod} - H_{react} \quad (\text{Kj/Kmol}_{comb})$$

Ec.4.13a

$$\lambda_c = Q_r = (N\lambda_f)_{CO_2} + (N\lambda_f)_{H_2O} - (N\lambda_f)_{C_{12}H_{26}} - (N\lambda_f)_{H_2O}$$

Ec.4.13b

$$\lambda_c = Q_r = 12 * (-313520) + 13,8110 * (-241820) - 1 * (-350000) - 0,8171 * (-285830)$$

$$\lambda_c = Q_r = 6518464,327 \quad (\text{Kj/Kmol}_{comb})$$

Tomando en cuenta que 1 Kmol_{Comb} existen 170 Kg_{Comb}, y que una Kcal equivale a 4,186 Kj, tenemos:

$$\lambda_c = Q_r = 6518464,327 \text{Kj} / \text{Kmol}_{Comb} * \frac{1 \text{Kmol}_{Comb}}{170 \text{Kg}_{Comb}} * \frac{\text{Kcal}}{4,186 \text{Kj}}$$

$$\lambda_c = Q_r = 9160,03 \quad \text{Kcal/ Kg}_{comb}$$

La eficiencia de combustión se determinará por medio de la siguiente expresión:

$$\eta_c = \frac{Q_r}{\text{Poder}_{Calorico}_{Combustible}} * 100 \quad (\%)$$

Ec. 4.14

¹⁵ TERMODINAMICA, Cengel Yunus, Boles Michael, tomo II, 2da edición, editorial McGraw Hill.

El poder calórico del Diesel #2, es de 10350 Kcal/Kg.

$$\eta_c = \frac{9160,03}{10350} * 100$$

$$\eta_c = 88,5\%$$

Comparando los valores de exceso de aire y de eficiencia de combustión, con los medidos por el analizador de gases⁶, tenemos:

TABLA No 4.6a Comparación de Parámetros de Exceso de Aire y Eficiencia de Combustión

Exceso Aire		Eficiencia Combustión	
%		%	
Medido	Calculado	Medido	Calculado
45	44,8	89,2	88,5

Podemos decir que el aparato estaba bien calibrado durante el análisis de los gases, por lo cual, podemos trabajar con una alta confiabilidad en cuanto a datos se refiere.

El calor sensible de un gas se lo calcula de la siguiente manera:

$$Calor\ sensible = Mol * Cp * \Delta T_{gas} \quad Ec. 4.15^{14}$$

Donde:

Mol = Número de moles de gas [Kgm / Kg. comb].

ΔT_{gas} = Temperatura del gas [°F].

⁶ Ver Anexo C, TABLA C.7

¹⁴ Manuales Tecnicos y de Instrucción para conservación de energía, 1983, Combustibles y su Combustión, Madrid, España. - Auditoría Energética en la Planta Industrial Plywood Ecuatoriana S.A., Cadena-Parra, 1998, Anexo D.

C_p = Calor específico del gas [Kcal / Kgm °F]

TABLA No 4.6b Calor sensible de los gases

<i>GAS</i>	<i>Número de moles</i>	<i>Calor específico</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Calor Sensible</i>
	Kgm/Kg comb	Kcal/Kgm °F	°F	Kcal/Kg
CO2	0,07058824	4,76	469,4	157,7184
H2O	0,08124118	4,38	469,4	167,029584
N2	0,59254471	3,82	469,4	1062,49665
O2	0,04865941	3,82	469,4	87,2515805
Aire	0,15759529	0,132	77	1,60179857

Para obtener en forma aproximada las pérdidas totales por gases de combustión se utiliza la siguiente expresión:

$$Perdidas_gases = \frac{(\sum Cs_gases) - Cs(aire)}{Podercaloricodiesel} * 100 \quad \text{Ec. 4.16}^{14}$$

$$Perdidas_gases = \frac{1474,499622 - 1,60179857}{10350} * 100$$

$$Perdidas\ por\ gases = 14,2308 \%$$

4.3.1.2._ PERDIDAS POR TRANSFERENCIA DE CALOR.

Un parámetro muy significativo y que casi nunca es considerado como una verdadera pérdida de energía en una caldera, es el calor que esta pierde a través de sus paredes, ya sea por desgaste, mal mantenimiento, o descuido, ya que este tipo de

¹⁴ Manuales Tecnicos y de Instrucción para conservación de energía, 1983, Combustibles y su Combustión, Madrid, España. - Auditoría Energética en la Planta Industrial Plywood Ecuatoriana S.A., Cadena-Parra, 1998, Anexo D.

perdidas pueden ser corregidas a tiempo con simple aislamiento o en el peor de los casos, con la recuperación de los refractarios internos.

Una forma practica de observar este tipo de perdidas es por medio de un análisis termográfico de la caldera, mismo que consiste en aplicar el uso de una cámara termográfica que nos indique visualmente donde se presentan las mayores perdidas en las paredes de la caldera, es importante recalcar, que, aun cuando este método nos indica donde y como se encuentra la perdida por medio de un código de colores, no cuantifica la cantidad de energía que se desperdicia.

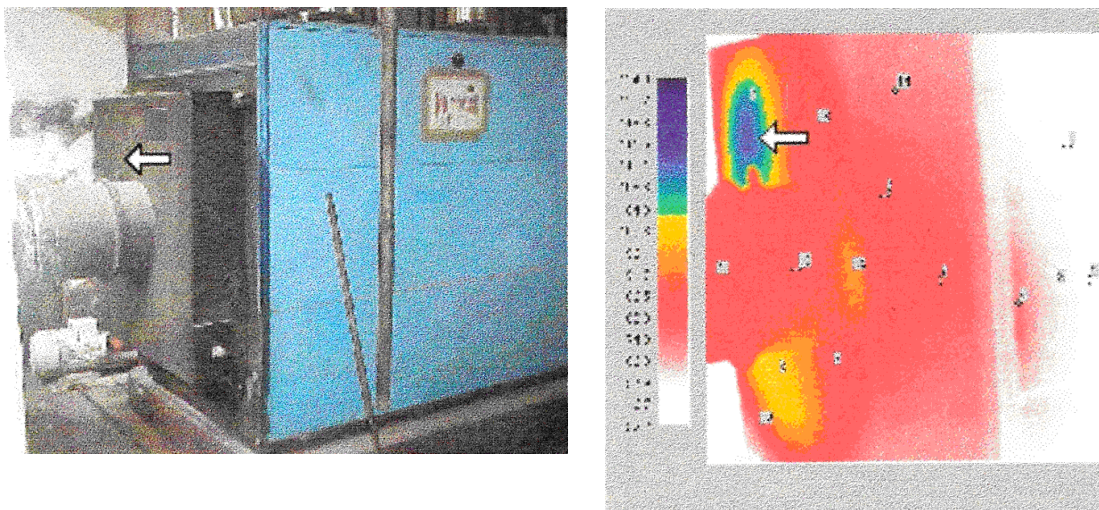


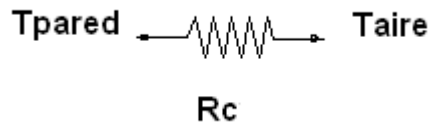
Figura. No. 4.8 ANALISIS TERMOGRAFICO DE LA CALDERA.

Por medio de la cámara termográfica, mismo que es un instrumento con el cual se puede observar la variación de temperatura que se presenta en un determinado objeto, según un código de colores que es propio de la cámara, mismo que, mientras más oscuro es el fondo, mayor es la temperatura en ese sector del objeto estudiado.

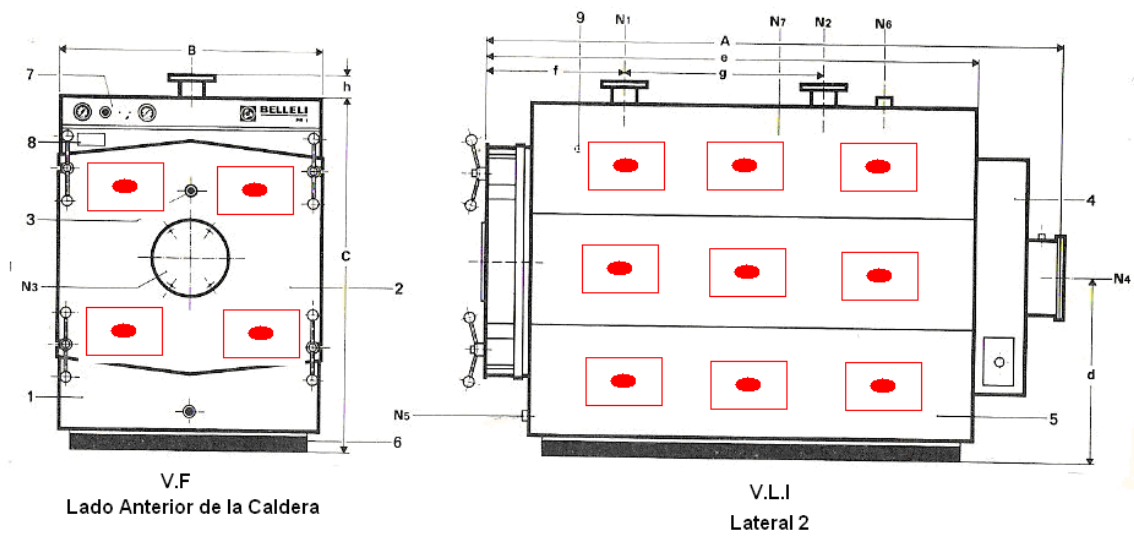
Como podemos observar en la Fig No. 4.8, las mayores perdidas por transferencia de calor en la caldera se presentan en la parte posterior, cerca de la chimenea, lo cual nos sugiere una revisión del refractario o del aislamiento en esta parte de la caldera.

Con el uso de un medidor infrarojo de temperatura, determinamos las temperaturas superficiales en las diferentes caras de la caldera, para poder determinar cuantitativamente la cantidad de energía perdida por transferencia de calor.

Para realizar el análisis de transferencia de calor utilizaremos una analogía eléctrica de esta manera, cabe recalcar que los datos fueron obtenidos en días donde la caldera se encontraba trabajando normalmente⁸:



Para poder realizar la toma de datos y establecer una temperatura promedio de toda la pared con el medidor infrarojo de temperatura, es necesario dividir imaginariamente a la pared como se muestra en el esquema con puntos de color, de esta manera, garantizamos una medida representativa de toda la pared, como se muestra a continuación.



FUENTE: Catálogo de Caldera Belleli

Figura No. 3.13 ESQUEMA CALDERA

⁸ Ver Anexo C, TABLA No C.9 - Figura. C. 1

LADO POSTERIOR CALDERA

DATOS

Medidas de las paredes

$$A := 1.9 \text{ m}$$

$$B := 1.1 \text{ m}$$

$$C := 1.4 \text{ m}$$

$$T_{\text{pared}} := 192.7 \text{ } ^\circ\text{C} \quad T_{\text{aire}} := 29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Coefficiente de convección acero aire¹⁶

$$h := 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Calculamos el área de convección entre aire y acero

$$A1 := B \cdot C$$

$$A1 = 1.617 \text{ m}^2$$

Calculamos el valor de la resistencia

$$R_c := \frac{1}{h \cdot A1}$$

$$R_c = 0.062 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

Cálculo del calor total perdido

$$Q1 := \frac{T_{\text{pared}} - T_{\text{aire}}}{R_c}$$

$$Q1 = 2647.03 \text{ W}$$

Realizando el mismo procedimiento para el resto de las paredes de la caldera, encontramos la cantidad total de energía disipada al ambiente, misma que no contribuye en nada al proceso de secado, sino que es una pérdida de eficiencia para la caldera.

¹⁶ FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR, Incropera F, Cuarta edición, Editorial PRENTICE HALL, México

TABLA No 4.7 PERDIDAS DE CALOR EN PAREDES

PERDIDA DE ENERGIA POR CONVECCION EN LAS PAREDES					
POSTERIOR	ANTERIOR	LATERAL 1	LATERAL 2	SUPERIOR	TOTAL
W	W	W	W	W	W
2647,3	1470,5	456,35	2625,71	386,1	7586

Una vez determinadas las pérdidas por las paredes de la caldera, determinamos el porcentaje que estas representan en la eficiencia total, a partir de la ecuación

$$Perdidas _ por _ transf = \frac{Q_total}{energíacombustible} * 100 \quad Ec. 4.17^{14}$$

Donde la energía del combustible no es más que la rata de consumo multiplicada por su poder calórico, tomando un promedio de los consumos obtenidos durante los días de muestreo⁹ de la auditoría definitiva, tenemos que el consumo es de 4,65 Gal/h

El poder calórico del Diesel #2, es de 10350 Kcal/Kg. y tiene una densidad de 3,22 Kg /gal, tenemos:

$$\text{Poder calórico} = 10350 \text{ Kcal / Kg.} * 3,2206 \text{ Kg / gal}$$

$$\text{Poder calórico} = 33333.3 \text{ Kcal /gal}$$

$$Energía _ combust = 4,65 \text{ gal / h} * 33333.3 \text{ Kcal / gal}$$

$$Energía _ combust = 154999,845 \text{ Kcal / h}$$

$$Energía _ combust = 180264,819 [W].$$

$$Perdidas _ transf = \frac{7586 * 100}{180264,819}$$

$$Perdidas _ transf = 4,2\%$$

¹⁴ Manuales Tecnicos y de Instrucción para conservación de energía, 1983, Combustibles y su Combustión, Madrid, España. - Auditoría Energética en la Planta Industrial Plywood Ecuatoriana S.A., Cadena-Parra, 1998, Anexo D.

⁹ Ver Anexo C, TABLA C.10

De esta manera la eficiencia neta de la caldera viene dada de la siguiente forma:

$$EFICIENCIA_NETA = 100\% - \text{Perdidas_totales}$$

$$EFICIENCIA_NETA = 100 - 14,2308 - 4,2$$

$$EFICIENCIA_NETA = 81,56\%$$

Como se puede observar la eficiencia de la caldera es relativamente alta, pero aun así, podría mejorarse corrigiendo principalmente, el exceso de aire en la combustión y aislando bien la paredes de las mismas, lo cual vendría a ser un ahorro directamente en lo que se refiere al consumo de combustible, mismo que será mostrado en el Capítulo 6.

4.3.2. DETERMINACION DE PERDIDAS ENERGETICAS EN LAS LINEAS DE AGUA CALIENTE

El siguiente elemento a ser analizado dentro del sistema de secado de fideo, son las tuberías o líneas de transporte de agua caliente, mismas que se encargan de llevar el agua desde la caldera a los radiadores o baterías térmicas que se encuentran en el interior de los túneles de secado, por lo cual el análisis de pérdidas en las mismas constituye una parte importante dentro de nuestra auditoría.

Las pérdidas de energía que se generan en las tuberías sin aislamiento, se ven vinculadas principalmente a la pérdida de calor del fluido calo-portador por transferencia de calor por convección con el ambiente, dichas pérdidas son casi imperceptibles al no ser visibles como en el caso de una maquinaria en donde una disminución de su eficiencia o un alto consumo nos indica que algo está sucediendo.

Dentro de las Instalaciones de Industrias Catedral S.A. existen ciertas tuberías que tienen recubrimiento, mas otras no; mismas donde se han registrado altas pérdidas energéticas, las cuales representan un consumo innecesario que genera un gasto mensual extra en consumo de combustibles; el cual podría ser solucionado con el uso de aislamiento térmico en las mismas, es por ello la necesidad de conocer la cantidad de

energía perdida en tuberías descubiertas.

TUBERIA DE 4" DE TAMAÑO NOMINAL

Datos:

$$T_{\text{agua}} := 72.65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{aire}} := 23.4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$d_{\text{int}} := 0.1023 \text{ m} \quad \text{Diámetro interior tubería}$$

$$d_{\text{ext}} := 0.1143 \text{ m} \quad \text{Diámetro exterior de la tubería}$$

$$\text{long} := 1 \text{ m}$$

Para realizar este estudio es necesario conocer los coeficientes de convección así como de conductividad térmica de los elementos que intervienen en los cálculos, los cuales fueron determinados en los libros que se presentan como bibliografía de este proyecto de tesis¹⁶.

Conductividad térmica del acero

$$K_{\text{ac}} := 23.8 \quad \frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{F}}$$

$$K_{\text{a}} := K_{\text{ac}} \cdot 1.73073 \quad \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$K_{\text{a}} = 41.191 \quad \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Coefficiente de convección agua - acero

$$h_1 := 500 \quad \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Coefficiente de convección acero - aire

$$h_2 := 10 \quad \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

¹⁶ FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR, Incropera F, Cuarta edición, Editorial PRENTICE HALL, México

Cálculo del calor total perdido por unidad de área



Como primer paso, procedemos a calcular el área de convección entre el agua caliente y acero en un metro de longitud

$$A1 := \pi \cdot d_{int} \cdot long$$

$$A1 = 0.321 \text{ m}^2$$

Calculamos el valor de la resistencia por convección R_{c1}

$$R_{c1} := \frac{1}{h1 \cdot A1}$$

$$R_{c1} = 6.223 \times 10^{-3} \frac{\text{°C}}{\text{W}}$$

Calculamos el valor de la resistencia por conducción R_1

$$R_1 := \left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot Ka \cdot long} \right) \cdot \ln \left(\frac{\frac{d_{ext}}{2}}{\frac{d_{int}}{2}} \right)$$

$$R_1 = 4.286 \times 10^{-4} \frac{\text{°C}}{\text{W}}$$

Calculamos el área de convección entre aire y acero en un metro de longitud

$$A2 := \pi \cdot d_{\text{ext}} \cdot \text{long}$$

$$A2 = 0.359 \text{ m}^2$$

Calculamos el valor de la resistencia por convección Rc2

$$Rc2 := \frac{1}{h2 \cdot A2}$$

$$Rc2 = 0.278 \frac{\text{°C}}{\text{W}}$$

Cálculo de la resistencia total del sistema Rt

$$Rt := Rc1 + R1 + Rc2$$

$$Rt = 0.285 \frac{\text{°C}}{\text{W}}$$

Cálculo del calor total perdido

$$Q_{\text{Total}} := \frac{T_{\text{agua}} - T_{\text{aire}}}{Rt}$$

$$Q_{\text{Total}} = 172.723 \text{ W/m}$$

Como podemos ver, las pérdidas por transferencia de calor en las tuberías descubiertas si representa una pérdida considerable de energía, a continuación se presenta una tabla que contiene la cantidad de energía desperdiciada por falta de aislamiento en todas las líneas de agua caliente del área de secado de fideo.

TABLA 4.8 Perdidas de calor en paredes

TUBERIA	SIMBOLO	UNIDAD	4	2 1/2	2	1	3/4
<i>Diametro interno</i>	d_int	m	0,1023	0,0627	0,0525	0,0266	0,0209
<i>Diametro externo</i>	d_ext	m	0,114	0,073	0,060	0,033	0,027
<i>Temp. agua</i>	Tagua	°C	72,7	66	71	71	71
<i>Temp. ambiente</i>	Taire	°C	23,4	24	24,5	25	24,6
<i>Longitud Total</i>	Lt	m	44,4	45,6	55,0	50,6	60,0
<i>Coef. Cond. Acero</i>	Ka	W/m°C	41,191	41,191	41,191	41,191	41,191
<i>Coef. Conv. Agua - Acero</i>	H1	W/m2°C	500	500	500	500	500
<i>Coef. Conv. Acero - Aire</i>	H2	W/m2°C	10	10	10	10	10
<i>Area Conv. Agua - Acero</i>	A1	m2	14,27	8,98	9,07	4,23	3,94
<i>Area Conv Acero - Aire</i>	A2	m2	15,94	10,46	10,42	5,31	5,03
<i>Resistencia 1</i>	Rc1	°C/W	0,00014	0,00022	0,00022	0,00047	0,00051
<i>Resistencia 2</i>	R1	°C/W	0,000010	0,000013	0,000010	0,000017	0,000016
<i>Resistencia 3</i>	Rc2	°C/W	0,0063	0,0096	0,0096	0,0188	0,0199
<i>Calor perdido</i>	Q	W	7668,9	4286,7	4731,4	2380,4	2275,3
TOTAL		W			21342,6		

Como se puede observar la pérdida por tubería descubierta llega a casi los 21,4 Kw. de energía, un problema que se resolvería de cierta manera utilizando recubrimiento como se vera en el capitulo 6 de esta tesis.

4.3.3. DETERMINACION DE PERDIDAS ENERGETICAS EN LOS SISTEMAS DE SECADO

El proceso de secado de sólidos es de considerable importancia práctica y económica en las industrias que lo requieren, la operación varia mucho según el material a secar, desde unos pocos segundos a algunos días. En gran parte su práctica es mas un arte que una ciencia; aun cuando el costo operativo de los secadores en la empresa representa una pequeña parte del costo total, el buen funcionamiento de estos reviste gran importancia por que puede afectar a las especificaciones del producto final.

En el caso particular del área de secado de fideo de Industrias Catedral S.A, podemos decir que cuenta con dos tipos de secaderos, los de túnel continuo y las cámaras de secado estático, en donde, cada uno de ellos tiene un distinto funcionamiento como se mostró en el capitulo anterior.

Aun cuando térmicamente hablando, la velocidad de secado esta regida por los conocidos principios de transferencia de calor, que, en alguna medida, son independientes del material a secar; sin embargo, para nuestro caso, la velocidad depende directamente de la transferencia de materia desde el sólido a secar y esta transferencia es poco conocida y no puede calcularse¹⁰, lo que si es conocido, es que a medida que mejora el rendimiento de la transferencia de calor, aumenta la influencia relativa de la transferencia de materia, que no puede predecirse, por lo cual, una implementación en el sistema de transferencia de calor, de seguro reduciría considerablemente el tiempo de secado del fideo.

Existen dos tipos de focos de consumo energético en los túneles de secado, eléctricamente hablando se encuentran los motores eléctricos que proveen el movimiento de los ventiladores, bandas y extractores de humedad, y térmicamente tenemos los serpentines o intercambiadores de calor que funcionan a partir de agua caliente proveniente de la caldera.

4.3.3.1.- EFICIENCIA EN MOTORES ELECTRICOS.

Una parte importante en los túneles de secado tanto continuos como estáticos son los motores eléctricos, mismos que se encargan de mover los ventiladores, bandas transportadoras y extractores de humedad, es por ello la necesidad de determinar con que eficiencia se encuentran trabajando estos y que se puede hacer para mejorarla.

La eficiencia eléctrica de todos los motores de los túneles de secado como un conjunto se determina comparando los datos nominales dados por placas de identificación de los mismos, con el consumo real rateado durante los meses que se realizo esta auditoria, para obtener datos mas reales, se utilizo intervalos de 15 días, cabe destacar que todos estos datos se encuentran en el Anexo C¹¹.

¹⁰ EL SECADO DE SOLIDOS EN LA INDUSTRIA QUIMICA, Nonhebel G, primera edicion, Editorial REVERTE.,pag 3

¹¹ Ver Anexo C, TABLAS C.11 – C.15

Para la obtención de la eficiencia eléctrica de los túneles, fue necesario hacer una comparación entre las potencias reales y nominales de la maquinaria, cabe destacar que se determina la eficiencia por líneas de secado debido a que la distribución de las acometidas en la empresa son de este orden.

$$Efi_electrica_tunel = 100 - \left[\frac{Potencia_real - Potencia_no\ min\ al}{Potencia_real} * 100 \right] \quad \text{Ec. 4.18}^{17}$$

TABLA No 4.9 Eficiencia eléctrica de los túneles.

ZONAS	POTENCIA NOMINAL	POTENCIA REAL	EFICIENCIA
	(Kwh) 15 días	(Kwh) 15 días	%
ZONA TUNEL SECADO 1	9013,2	10245,8	87,9
ZONA TUNEL SECADO 2	9281,7	10570,6	87,8
SECADERO ESTATICO 1-2	939,5	1088,3	86,3
SECADERO ESTATICO 3-4	805	926,6	86,8

El resultado nos indica que los motores están funcionando con una eficiencia de un 87% en promedio, y es lógico, ya que la maquinaria posee algunos años en la empresa, y cuando fue comprada, aun no existían los motores de alta eficiencia, lo cual nos sugiere un foco de ahorro energético por implementación de los mismos, mismo que será mejor descrito y analizado en el capítulo 6.

¹⁷ Manual de uso racional y Eficiente de la Energía Eléctrica, Ministerio de Energía y Minas.

4.3.3.2.- ANALISIS DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR.

Dentro del sistema de túneles de secado de fideo, es importante destacar la fuente de intercambio de calor entre el fluido calor portador (agua) y el aire respectivamente, con el fin de saber exactamente cual es la cantidad de calor que seden al ciclo de secado de fideo, y de esta manera, poder evaluar las oportunidades de mejorar el sistema. (Ver esquemas en Anexo C)

Cálculo de cantidad de calor cedida por intercambiador del TUNEL 1¹⁶

Consideraciones:

1.- Serpentin: Arreglo escalonado de 2 líneas de tubos en dirección del flujo de aire con 9 y 8 tubos por línea

a.) Condiciones de estado estable

b.) Efectos de radiación despreciables

DATOS:

$D_{ext} := 0.01 \text{ m}$	Diámetro exterior tubería serpentín
$T_{sup} := 70 \text{ }^\circ\text{C}$	Temperatura superficial serpentín
$T_i := 34 \text{ }^\circ\text{C}$	Temperatura aire antes del serpentín
$V_o := 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Velocidad flujo cruzado
$S_l := 0.03 \text{ m}$	Espacio longitudinal
$S_t := 0.03 \text{ m}$	Espacio transversal
$L_g := 1.2 \text{ m}$	Longitud de la tubería

Por medio de la tabla C.16 Anexo C de propiedades del aire tenemos las siguientes propiedades a una $T_o = 34^\circ\text{C} - 307.15 \text{ }^\circ\text{K}$

$C_{p1} := 1007 \frac{\text{J}}{\text{Kg}\cdot\text{K}}$	Calor especifico
$\nu_1 := 16.60910^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	Viscosidad cinematica

¹⁶ FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR, Incropera F, Cuarta edición, Editorial PRENTICE HALL, México

$$k1 := 26.82910^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \quad \text{Conductividad térmica}$$

$$\text{Pr1} := 0.70 \quad \text{Numero de Prant}$$

A una $T_{\text{sup}} = 70 \text{ C} - 340.15 \text{ K}$

$$\text{Pr2} := 0.70 \quad \text{Numero de Prant}$$

$$\text{Sd} := \left[\text{St}^2 + \left(\frac{\text{St}}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Sd} = 0.04$$

$$\text{Sd2} := \frac{(\text{St} + \text{Dext})}{2}$$

$$\text{Sd2} = 0.027$$

Como podemos observar, Sd es mayor que la relación descrita por Sd2, por lo cual la velocidad máxima ocurre en el plano transversal, de la Figura. C.2 Anexo C, por consiguiente la velocidad máxima se da por la siguiente ecuación

$$\text{Vmax} := \left(\frac{\text{St}}{\text{St} - \text{Dext}} \right) \cdot \text{Vo} \quad \text{Ec. 4.19}$$

$$\text{Vmax} = 22.737 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

Numero de Reynolds

$$\text{Re}_{\text{max}} := \frac{\text{VmaxDext}}{v1} \quad \text{Ec. 4.20}$$

$$\text{Re}_{\text{max}} = 2.327 \times 10^4$$

$$hi := \frac{St}{Sl}$$

$$hi = 1$$

$$h < 2$$

de las tablas C.17 y C.18 Anexo C tenemos:

$$C1 := 0.35 \left(\frac{St}{Sl} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$C1 = 0.35$$

$$m1 := 0.6$$

$$C2 := 0.76$$

Numero de Nussel

$$Nu := C2 \cdot C1 \cdot Re_{max}^{m1} \cdot Pr1^{0.36} \cdot \left(\frac{Pr1}{Pr2} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Ec. 4.21

$$Nu = 98.022$$

$$h := Nu \cdot \frac{k1}{Dext}$$

Ec. 4.22

$$h = 154.696 \frac{W}{m^2 K}$$

Numero de tubos

$$N := 17$$

$$Ta = Tsup - To$$

$$Ta := (Tsup - Ti) \cdot e^{\left(\frac{-\pi \cdot Dext \cdot N \cdot h}{\rho1 \cdot Vo \cdot 8 \cdot St \cdot Cp1} \right)}$$

Ec. 4.23

$$Ta = 34.746 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{ml} := \frac{(T_{sup} - T_i) - T_a}{\ln\left(\frac{T_{sup} - T_i}{T_a}\right)} \quad \text{Ec. 4.24}$$

$$\Delta T_{ml} = 35.369 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Estos intercambiadores presentan aletas anulares al rededor de la tubería, por lo cual, se debe considerar el área de las mismas para realizar el cálculo de la cantidad de calor cedido.

$D_{alt} := 0.03 \text{ m}$ Diámetro de aleta

$e := 0.004 \text{ m}$ espesor

Considerando una separación entre aletas de 4 mm, tenemos que la cantidad de aletas para todo el intercambiador será:

$$N_{alt} := \left[\frac{L_g}{(e + 0.004)} \right] \cdot N \quad \text{Ec. 4.25}$$

$$N_{alt} = 3.4 \times 10^3$$

el material de las aletas es el mismo que el del intercambiador (aleación de aluminio), por lo cual:

$$K_{al} := 237 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$$

La longitud de la cara de la aleta

$$L := \left(\frac{D_{alt}}{2} - \frac{D_{ext}}{2} \right) \quad \text{Ec. 4.26}$$

$$L = 9.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Longitud corregida

$$L_c := L + \frac{e}{2} \quad \text{Ec. 4.27}$$

$$L_c = 0.011 \text{ m}$$

Radio corregido

$$r_{2c} := \left(\frac{e}{2} + \frac{D_{alt}}{2} \right) \quad \text{Ec. 4.28}$$

$$r_{2c} = 0.019 \text{ m}$$

$$A_p := L_c \cdot e$$

$$A_p = 2.1 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Area superficial aleta

$$A_f := 2 \cdot \pi \cdot \left[r_{2c}^2 - \left(\frac{D_{ext}}{2} \right)^2 \right] \quad \text{Ec. 4.29}$$

$$A_f = 1.814 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Área Total de transferencia

$$A_t := N_{alt} \cdot A_f + 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_{ext}}{2} \right) \cdot (L_g - N_{alt} \cdot e) \quad \text{Ec. 4.30}$$

$$A_t = 5.869 \text{ m}^2$$

En la tabla C .19 Anexo C , determinamos la eficiencia de las aletas a partir de los siguientes índices.

$$I_1 := \frac{r_{2c}}{\left(\frac{D_{ext}}{2} \right)} \quad I_1 = 2.235$$

$$I_2 := L_c^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{h}{K_{al} \cdot A_p} \right)^{\frac{1}{2}} \quad I_2 = 0.19$$

Con estos valores determinamos que la eficiencia es de 95 %.

$$\eta_{ale} := 0.95$$

De esta manera la cantidad de energía que generaría nuestros intercambiadores sería de:

$$Q_{alt} := h \cdot A_t \cdot \left[1 - \left[\frac{N_{alt} \cdot A_f}{A_t} \cdot (1 - \eta_{ale}) \right] \right] \cdot (\Delta T_m) \quad \text{Ec. 4.31}$$

$$Q_{alt} = 3.043 \times 10^4 \text{ W}$$

$$Q_{alt} := \frac{Q_{alt}}{1000}$$

$$Q_{alt} = 30.427 \text{ Kw}$$

Caso similar se presenta en los intercambiadores del Túnel de Secado #2, en donde únicamente varía el número de tubos, en el caso de los intercambiadores de los secaderos estáticos tenemos que se presenta un arreglo de una sola fila de tubos, por lo cual, los cálculos así como las tablas de constantes varían del ejemplo de cálculo anterior.

Cálculo de cantidad de calor cedida por intercambiador SECADERO ESTÁTICO 1 – 2

Consideraciones :

1.- Serpentin : Arreglo lineal de tubos con 6 tubos por línea

- a) Condiciones de estado estable
- b) Efectos de radiación despreciables

DATOS :

$D_{ext} := 0.02 \text{ m}$	Diámetro exterior tubería serpentín
$T_{sup} := 70 \text{ }^\circ\text{C}$	Temperatura superficial serpentín
$T_i := 28 \text{ }^\circ\text{C}$	Temperatura aire antes del serpentín
$V_o := 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Velocidad flujo cruzado
$S_l := 0.04 \text{ m}$	Espacio longitudinal
$S_t := 0.04 \text{ m}$	Espacio transversal
	$L_g := 1.9 \text{ m}$

Por medio de la tabla C.16 Anexo C de propiedades del aire tenemos las siguientes propiedades

$$T_i = 28 \text{ C} - 301.15 \text{ K}$$

$$\rho_1 := 1.158 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \quad \text{reflectividad}$$

$$C_{p1} := 1007 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} \quad \text{Calor especifico}$$

$$\nu_1 := 16.00610^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \quad \text{Viscosidad cinemática}$$

$$k_1 := 26.38510^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \quad \text{Conductividad térmica}$$

$$Pr_1 := 0.707 \quad \text{Numero de Prant}$$

$$\text{A una } T_{\text{sup}} = 70 \text{ C} - 343.15 \text{ K}$$

$$Pr_2 := 0.70 \quad \text{Numero de Prant}$$

Como tenemos un arreglo alineado, la V_{max} se produce en el plano transversal, por consiguiente la velocidad máxima se da por la siguiente ecuación

$$V_{\text{max}} := \left(\frac{St}{St - D_{\text{ext}}} \right) \cdot V_0 \quad \text{Ec. 4.32}$$

$$V_{\text{max}} = 22.154 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{Velocidad maxima}$$

Reynolds

$$Re_{\text{max}} := \frac{V_{\text{max}} D_{\text{ext}}}{\nu_1} \quad \text{Ec. 4.33}$$

$$Re_{\text{max}} = 3.045 \times 10^4 \quad \text{Numero de Reynolds}$$

Por tanto de la Tabla C.20 Anexo C tenemos los valores de C y m respectivamente

$$C_1 := 0.26 \quad m_1 := 0.6$$

Numero de Nussel

$$Nu := C1 \cdot Re_{max}^{m1} \cdot Pr1^n \cdot \left(\frac{Pr1}{Pr2} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Ec. 4.34

$$Nu = 112.289$$

$$h := Nu \cdot \frac{k1}{Dext}$$

Ec. 4.35

$$h = 134.67 \frac{W}{m^2K}$$

$$N := \epsilon \quad \text{Numero de tubos}$$

$$Ta = (Tsup - To)$$

$$Ta := (Tsup - Ti) \cdot e^{\left(\frac{-\pi \cdot Dext \cdot N \cdot h}{\rho1 \cdot Vo \cdot 6 \cdot St \cdot Cp1} \right)}$$

Ec. 4.36

$$Ta = 41.422$$

$$\Delta T_{ml} := \frac{(Tsup - Ti) - Ta}{\ln\left(\frac{Tsup - Ti}{Ta}\right)}$$

Ec. 4.37

$$\Delta T_{ml} = 41.71$$

En el caso de estos intercambiadores se presentan aletas anulares al rededor de la tuberia por lo cual tenemos :

$$Dalt := 0.048 \text{ m}$$

Diámetro de aleta

$$e := 0.002 \text{ m}$$

espezor

Numero de aletas

Considerando una separación entre aletas de 3 mm, tenemos que la cantidad de aletas para todo el intercambiador será:

$$N_{alt} := \left[\frac{L_g}{(e + 0.003)} \right] \cdot N \quad \text{Ec. 4.38}$$

$$N_{alt} = 2.364 \times 10^3$$

el material considerado para las aletas puede ser el aluminio con

$$k_{al} := 237 \frac{W}{m \cdot K}$$

La longitud de la cara de la aleta

$$L := \left(\frac{D_{alt}}{2} - \frac{D_{ext}}{2} \right)$$

$$L = 0.013 \text{ m}$$

Longitud corregida

$$L_c := L + \frac{e}{2}$$

$$L_c = 0.014 \text{ m}$$

Radio corregido

$$r_{2c} := \left(\frac{e}{2} + \frac{D_{alt}}{2} \right)$$

$$r_{2c} = 0.025 \text{ m}$$

$$A_p := L_c \cdot e$$

$$A_p = 2.8 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Area superficial aleta

$$A_f := 2 \cdot \pi \cdot \left[r_{2c}^2 - \left(\frac{D_{ext}}{2} \right)^2 \right]$$

$$A_f = 3.167 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Area Total de transferencia

$$A_t := N_{alt} \cdot A_f + 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_{ext}}{2} \right) \cdot (L_g - N_{alt} \cdot e)$$

$$A_t = 7.296 \text{ m}^2$$

En la tabla C .19 Anexo C , determinamos la eficiencia de las aletas a partir de los siguientes índices.

$$I_1 := \frac{r_2 c}{\left(\frac{D_{ext}}{2} \right)}$$

$$I_1 = 2.273$$

$$I_2 := L_c^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{h}{K_{al} \cdot A_p} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$I_2 = 0.236$$

Con estos valores determinamos que la eficiencia es de 96 %.

$$\eta_{ale} := 0.96 \%$$

De esta manera la cantidad de energía que generaría nuestros intercambiadores sería de:

$$Q_{alt} := \frac{\left[h \cdot A_t \cdot \left[1 - \left[\frac{N_{alt} \cdot A_f}{A_t} \cdot (1 - \eta_{ale}) \right] \right] \cdot (\Delta T_m) \right]}{1000}$$

$$Q_{alt} = 39.298 \text{ KW}$$

Como se puede observar, en cada uno de los sectores de secado, los intercambiadores proveen de gran cantidad de energía térmica para la acción de secado, es por ello la importancia de determinar la cantidad total de energía térmica del área de secado.

TABLA No 4.10 Calor emitido por Intercambiadores.

SECCION	Numero de Intercamb.	Calor por Intercambiador	Cantidad de Calor Total	
	#	(Kw)	(Kw)	
TUNEL 1	15	30,427	456,405	
TUNEL 2	13	33,779	439,1283	
EST 1-2	4	39,298	157,192	
EST 3-4	4	27,636	110,544	
		Total	1163	Kw

Durante los meses que se realizo la auditoria se pudo determinar en este sector dos grandes focos de consumo innecesario y ahorro de energía, mismos que, pueden ser optimizados con pequeñas implementaciones, mejorando de esta manera al tiempo de secado de fideo.

El primer foco de ahorro de energía se da en el sector del túnel 2, donde por un incendio sufrido durante los años 80, se produjo un cambio del diseño original de la forma del túnel, lo cual afecto directamente a la velocidad del flujo de aire a través de los intercambiadores, motivo por el cual, este túnel presenta problemas de secado, donde, el producto final, dependiendo del tamaño del mismo, no sale con la humedad requerida.

Al resolver este problema, no solo estaríamos aportando con la utilización adecuada de la energía, sino también hay que considerar que se disminuiría en gran parte las pérdidas de utilización de energía y tiempo por reproceso de secado de fideo, aumentando la productividad del túnel y de la empresa en si.

Existen además ciertas partes por donde fuga el aire caliente, lo cual nos sugiere, que el diseño no es tan óptimo como cuando se tenía una sola pared cóncava en vez de dos, (Figura. 4.9).

DISEÑO ORIGINAL



DISEÑO ACTUAL



Figura. No. 4.9 DISEÑO EXTERIOR TUNEL DE SECADO CONTINUO.

Por medio de pruebas realizadas durante la auditoria, se logro determinar, que por medio de la implementación de un pedazo de madera como reflector del aire dentro del túnel (Figura. 4.10), la velocidad del mismo se incrementaba en casi 2 m/s, lo cual afecta directamente en la cantidad de calor entregado por los intercambiadores.

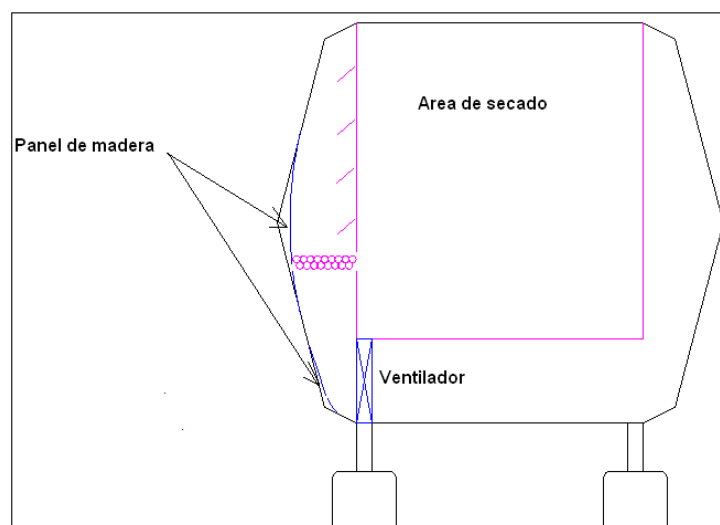


Figura. No. 4.10 DEFLECTORES DE AIRE.

Cálculo de cantidad de calor cedida por intercambiador del TUNEL 2 con deflectores

Consideraciones:

1.- Serpentin: Arreglo escalonado de 2 líneas de tubos en dirección del flujo de aire con 9 y 8 tubos por línea

Suposiciones

Condiciones de estado estable

Efectos de radiación despreciables

DATOS :

$D_{ext} := 0.027 \text{ m}$	Diámetro exterior tubería serpentín
$T_{sup} := 68 \text{ }^\circ\text{C}$	Temperatura superficial serpentín
$T_i := 34 \text{ }^\circ\text{C}$	Temperatura aire antes del serpentín
$V_o := 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Velocidad flujo cruzado
$S_l := 0.041 \text{ m}$	Espacio longitudinal
$S_t := 0.041 \text{ m}$	Espacio transversal
$L_g := 1 \text{ m}$	Longitud de la tubería

Por medio de la tabla C.16 Anexo C de propiedades del aire tenemos las siguientes propiedades

A una $T_i = 34 \text{ }^\circ\text{C} - 307.15 \text{ K}$

$\rho_1 := 1.138 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$	reflectividad
$C_{p1} := 1007 \frac{\text{J}}{\text{Kg}\cdot\text{K}}$	Calor específico
$\nu_1 := 16.60910^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	Viscosidad cinemática
$k_1 := 26.82910^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$	Conductividad térmica
$Pr_1 := 0.70$	Numero de Prant

A una $T_{sup} = 68 \text{ }^\circ\text{C} - 343.15 \text{ K}$

$Pr_2 := 0.70$	Numero de Prant
----------------	-----------------

$$Sd := \left[S1^2 + \left(\frac{St}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$Sd = 0.054$$

$$Sd2 := \frac{(St + Dext)}{2}$$

$$Sd2 = 0.035$$

Como podemos observar, Sd es mayor que la relacion descrita por Sd2, por lo cual la velocidad máxima ocurre en el plano transversal, de la Figura. C.2 Anexo C, por consiguiente la velocidad máxima se da por la siguiente ecuación

$$V_{max} := \left(\frac{St}{St - Dext} \right) \cdot V_0$$

$$V_{max} = 22.154$$

Velocidad máxima

Reynolds

$$Re_{max} := \frac{V_{max} Dext}{\nu 1}$$

$$Re_{max} = 2.934 \times 10^4$$

Numero de Reynolds

$$h := \frac{St}{S1}$$

$$h = 1$$

$$h < 2$$

de las tablas C.17 y C.18 Anexo C tenemos

$$C1 := 0.35 \left(\frac{St}{S1} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$C1 = 0.35$$

$$m1 := 0.6$$

$$C2 := 0.76$$

Número de Nusselt

$$Nu := C2 \cdot C1 \cdot Re_{max}^{ml} \cdot Pr1^{0.36} \cdot \left(\frac{Pr1}{Pr2} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$Nu = 112.652$$

$$h := Nu \cdot \frac{k1}{Dext} \quad h = 137.379 \frac{W}{m^2 K}$$

$$N := 17$$

Numero de tubos

$$Ta = (Tsup - To)$$

$$Ta := (Tsup - Ti) \cdot e^{\left(\frac{-\pi \cdot Dext \cdot N \cdot h}{\rho1 \cdot Vo \cdot 8 \cdot St \cdot Cp1} \right)}$$

$$Ta = 32.976$$

$$\Delta T_{ml} := \frac{(Tsup - Ti) - Ta}{\ln\left(\frac{Tsup - Ti}{Ta}\right)}$$

$$\Delta T_{ml} = 33.486$$

Para el caso donde se presentan aletas anulares al rededor de la tubería tenemos

$$Dalt := 0.041 \text{ m}$$

Diámetro de aleta

$$e := 0.001 \text{ m}$$

espezor

Numero de aletas

Considerando una separación entre aletas de 4 mm, tenemos que la cantidad de aletas para todo el intercambiador será:

$$N_{alt} := \left[\frac{L_g}{(e + 0.004)} \right] \cdot N$$

$$N_{alt} = 2.833 \times 10^3$$

$$K_{al} := 237 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$L := \left(\frac{D_{alt}}{2} - \frac{D_{ext}}{2} \right)$$

La longitud de la cara de la aleta

$$L = 0.013 \text{ m}$$

$$L_c := L + \frac{e}{2}$$

Longitud corregida

$$L_c = 0.014 \text{ m}$$

$$r_{2c} := \left(\frac{e}{2} + \frac{D_{alt}}{2} \right)$$

Radio corregido

$$r_{2c} = 0.025 \text{ m}$$

$$A_p := L_c \cdot e \quad A_p = 2.8 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$A_f := 2 \cdot \pi \cdot \left[r_{2c}^2 - \left(\frac{D_{ext}}{2} \right)^2 \right]$$

Área superficial aleta

$$A_f = 3.167 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Area Total de transferencia

$$A_t := N_{alt} \cdot A_f + 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_{ext}}{2} \right) \cdot (L_g - N_{alt} \cdot e)$$

$$A_t = 8.65 \text{ m}^2$$

En la tabla C .19 Anexo C , determinamos la eficiencia de las aletas a partir de los siguientes índices.

$$I_1 := \frac{r_2 c}{\left(\frac{D_{ext}}{2} \right)} \quad I_1 = 2.273$$

$$I_2 := L_c^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{h}{K_{al} \cdot A_p} \right)^{\frac{1}{2}} \quad I_2 = 0.238$$

Con estos valores determinamos que la eficiencia es de 95 %.

$$\eta_{ale} := 0.95 \%$$

De esta manera la cantidad de energía que generaría nuestros intercambiadores sería de:

$$Q_{alt} := h \cdot A_t \cdot \left[1 - \left[\frac{N_{alt} \cdot A_f}{A_t} \cdot (1 - \eta_{ale}) \right] \right] \cdot (\Delta T_m)$$

$$Q_{alt} = 3.773 \times 10^4 \text{ W}$$

$$Q_{alt} := \frac{Q_{alt}}{1000}$$

$$Q_{alt} = 37.728 \text{ W}$$

TABLA No 4.11 Cantidad de calor desperdiciado túnel 2.

SECCION	Velocidad Aire	Intercambiador	Cantidad de Calor Entregado	Cantidad de Calor Total
	(m/s)	#	(Kw)	(Kw)
TUNEL 2	10	13	33,779	439,1
	12	13	37,728	490,5
			TOTAL	51,3
				Kw

Comparando este valor con el actual detallado anteriormente tenemos que se pierde aproximadamente unos 50 Kw de energía por un diseño erróneo, mismo que puede ser aprovechado gracias a pequeñas implementaciones como se vera en el Capitulo 6 de esta tesis.

Otro foco de consumo innecesario que pudo ser observado durante la realización de esta auditoria fue el desperdicio de energía calórica en los túneles de secado estático de fideo durante el proceso en si, donde por diseño, el flujo de aire que es producido por los ventiladores, es ocupado únicamente sobre uno de los dos intercambiadores que existen por cuarto de secado.

El sentido del giro del ventilador es alternado cada media hora, por lo cual, mientras el aire es movido hacia uno de los intercambiadores, el otro sigue generando calor que no es aprovechado hasta cuando el giro de los ventiladores se invierte, (FIGURA. 4.11), lo cual nos indica, que durante casi la mitad del periodo de secado en los cuartos se requiere de 1 solo intercambiador.

Por lo cual la cantidad de energía desperdiciada es la que provee el segundo intercambiador con una velocidad del flujo del aire de 2 m/seg., que es el flujo de aire que llega al intercambiador después de haber circulado a través de todo el cuarto¹⁸.

¹⁸ Ver cálculo Anexo C.

FLUJO DE AIRE EN SECADEROS ESTATICOS

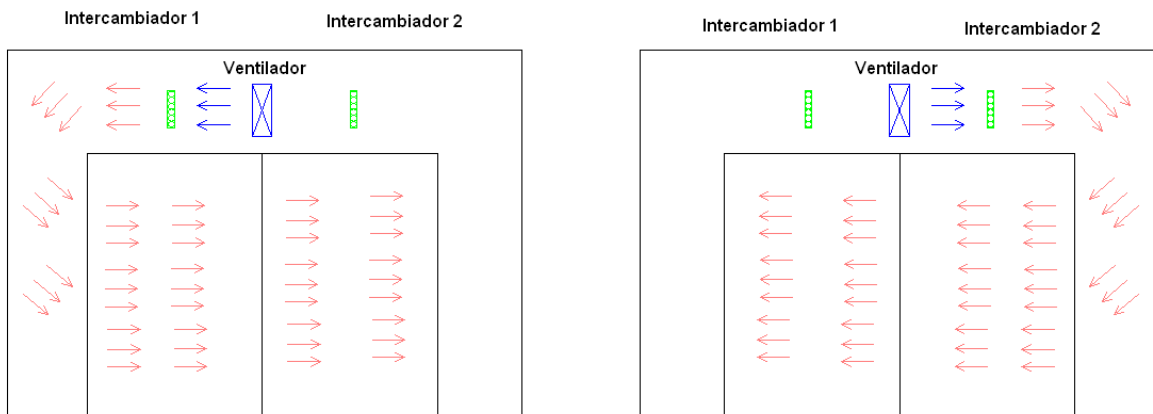


Figura. No. 4.11 FLUJO DE AIRE EN SECADEROS ESTATICOS.

TABLA No 4.12 Cantidad de calor desperdiciado túneles estáticos

SECCION	Numero de Intercamb.	Cantidad de Calor Perdido	Cantidad de Calor Total	
	#	(Kw)	(Kw)	
ESTATICO 1-2	2	9,375	18,75	
ESTATICO 3-4	2	13,315	26,63	
		Total	45,38	Kw

Como podemos observar, la cantidad de calor desperdiciado durante el tiempo que toma el secado de fideo es relativamente alto ya que este calor se queda fuera de proceso, por lo cual una implementación que mejore esta situación es urgente.

4.3.4. DETERMINACION DE PERDIDAS ENERGETICAS EN LOS SISTEMAS DE ILUMINACION.

El uso indebido de energía eléctrica a través de luminarias innecesarias o de excesivo consumo eléctrico para la función que cumplen, representan perdidas que muy rara vez son conocidas o consideradas por los encargados de una Planta Industrial, en el caso de Industrias Catedral S.A. se ha intentado capacitar y sancionar a los operarios que utilizan luz en horas donde no se necesita o por descuido se mantienen prendidas.

Para realizar el estudio de un sistema de iluminación se deben tomar datos como son, número de luminarias, lámparas por luminaria, potencia, capacidad lumínica y disposición de las mismas, y por último en que área están colocadas estas luminarias y que nivel de iluminación requieren. En el caso que exista translúcido en el techo de la planta, se debe evaluar al sistema de iluminación para su funcionamiento tanto en el día como en la noche, ya que la planta de fideos trabaja las 24 horas del día.

Existen varios métodos para calcular la iluminancia, donde, algunos de ellos implican el uso de equipos sofisticados y caros, por otra parte existe un método muy adecuado y de bajo costo llamado método de los lúmenes (LUMEN), mismo que tiene por finalidad calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general; Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos.

El área de secado de fideo de Industrias Catedral S.A., ha sido dividida con fines de análisis del sistema de iluminación en 7 áreas¹³, mismas que se diferencian principalmente por el tipo de iluminación requerida, aun cuando no existe una norma establecida para establecer la misma, existen autores que coinciden por experiencia en utilizar criterios según el lugar y el trabajo que se lleve a cabo en este¹².

De esta manera se llegó a determinar los siguientes valores de iluminancia, teniendo en cuenta la tabla anterior y un criterio conservador para el caso del área de secado de fideo, donde se destacan 4 tipos de zonas de acuerdo al nivel de luz que necesitan cada una como son: Trabajos con requerimientos visuales limitados recomendado, Trabajos con requerimientos visuales limitados mínimo, almacenes y zona de Circulación.

¹³ Ver Anexo C, Figura. C.3

¹² Ver Anexo C, TABLA C.21

TABLA No 4.13 Nivel de iluminación requerida.

<i>TIPO DE ILUMINACIÓN</i>	<i>ILUMINACIÓN (LUX)</i>
Circulación	50
Cuarto Maquinas	100
TVL(mínimo)	200
TVL(máximo)	300

TABLA No 4.14 Asignación de nivel lumínico por zonas.

ZONA	ILUINANCIA	DESCRIPCION
A	Cuarto de máquinas	En esta Zona se encuentran los túneles de secado cuyo trabajo es casi automático y no necesita de inspección visual, solo en mantenimiento
B	TVL(mínimo)	En esta zona se realizan los trabajos de conformación y forma del fideo
C	TVL(mínimo)	En esta zona se realiza la masa para el fideo, a través de las prensas.
D	Circulación	Esta zona es de circulación entre la zona de secado y el cuarto de calderas.
E	Cuarto de Máquinas	Esta zona constituye el cuarto de calderas, que no requiere de inspección visual alta, solo en mantenimiento.
F	Cuarto de Máquinas	En esta zona se encuentran los secaderos estáticos
G	TVL(recomendado)	Zona de enfundado manual del fideo

Una vez dividida el área de secado de fideo según el tipo de iluminación que requieren, procedemos a determinar la altura adecuada para las luminarias desde el plano de trabajo, el método sugiere aplicar ecuaciones basadas principalmente en la altura del local así como la del área de trabajo.

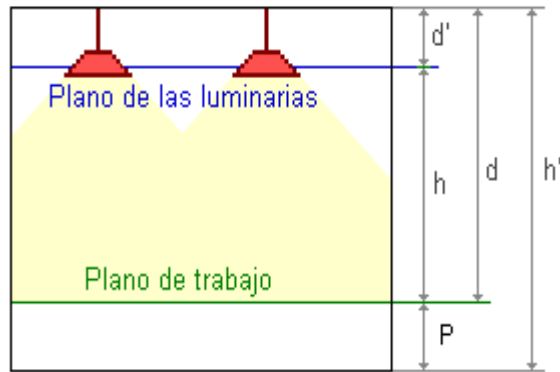


Figura. No. 4.12 AREA DE TRABAJO

Donde:

h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias

h': altura del local

d: altura del plano de trabajo al techo

d': altura entre las luminarias y el techo

P: altura del plano de trabajo

TABLA No 4.15 Altura luminarias.

	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa (Plantas Industriales)	Mínimo: $h = \frac{2}{3}(h'-p)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5}(h'-p)$
Locales con iluminación indirecta	$h = \frac{3}{4}(h'-p)$

FUENTE: Pagina de Internet

Para el caso de Industrias Catedral consideraremos locales con iluminación directa, semidirecta y difusa, para lo cual calcularemos la altura de luminarias mínimo y óptimo respectivamente.

ZONA A

CALCULO DE ALTURA DE LUMINARIA

DATOS :

LOCAL

$a := 8.5\text{ (m)}$ Ancho

$b := 22.4\text{ (m)}$ Largo

$h_1 := 4.4\text{ (m)}$ Alto

$p := 2.4\text{ (m)}$ Altura trabajo

$E := 10\text{ Lux}$ Iluminancia de la Zona

Altura de la luminaria - plano de trabajo

$$h_{\min} := \frac{2}{3} \cdot (h_1 - p) \quad \text{Ec. 4.37}$$

$h_{\min} = 1.333\text{ (m)}$ Altura minima

$$h_{\text{opt}} := \frac{4}{5} \cdot (h_1 - p) \quad \text{Ec. 4.38}$$

$h_{\text{opt}} = 1.6\text{ (m)}$ Altura optima

El siguiente paso que nos propone el método LUMEN, es calcular el índice del local (k) a partir de la forma geométrica del mismo, a partir del ancho (a) y el largo (b).

TABLA No 4.16 Índice del local

Tipo de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$

FUENTE: Pagina de Internet

Aplicando la ecuación tenemos:

INDICE DEL LOCAL K

$$k := \frac{a \cdot b}{h_{\min}(a + b)} \quad \text{Ec. 4.39}$$

$$k = 4.645$$

TABLA No 4.17 Coeficiente de reflexión.

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

FUENTE: Pagina de Internet

En este caso los coeficientes seleccionados son:

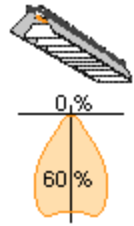
Coeficiente de reflexión del techo = 0.7

Coeficiente de reflexión de la pared = 0.3

Coeficiente de reflexión del piso = 0.3

El siguiente punto a evaluar es el tipo de utilización que va a tener la lámpara encendida por la demanda de un nivel lumínico óptimo, y por el tipo de reflexión de los alrededores; para esto se considera un coeficiente de utilización η

TABLA No 4.18 Coeficiente de utilización.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)																					
		Factor de reflexión del techo																					
		0.8			0.7			0.5			0.3			0									
		Factor de reflexión de las paredes																					
												0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.30	.26	.25	.29	.26	.23	.29	.26	.23	.25	.23	.22										
	0.8	.36	.32	.29	.35	.32	.29	.35	.31	.29	.31	.29	.27										
	1.0	.43	.40	.37	.43	.40	.37	.42	.39	.37	.39	.37	.36										
	1.25	.47	.44	.42	.47	.44	.41	.46	.43	.41	.43	.41	.40										
	1.5	.50	.47	.44	.50	.47	.44	.49	.46	.44	.46	.44	.43										
	2.0	.53	.50	.49	.53	.50	.48	.51	.50	.48	.49	.47	.46										
	2.5	.55	.53	.51	.55	.53	.51	.54	.52	.50	.51	.50	.49										
3.0	.57	.54	.53	.56	.54	.52	.55	.53	.51	.52	.51	.50											
$D_{max} = 0.8 H_m$	4.0	.59	.57	.55	.58	.56	.55	.56	.55	.54	.54	.53	.52										
f_m .65 .70 .75	5.0	.60	.58	.57	.59	.57	.56	.57	.56	.56	.56	.54	.53										

H_m : altura luminaria-plano de trabajo

FUENTE: Pagina de Internet

Cuando el valor de k, no es uno que concuerde con los valores exactos de la tabla, tenemos que interpolar y de esta manera determinamos el valor exacto.

FACTOR DE UTILIZACION

$$\eta = 0.566$$

Finalmente se determina el factor de mantenimiento, en el presente caso se tiene un ambiente relativamente limpio, por esto se considera un valor de 0.8 a 0.9, ahora si con los datos conseguidos podemos determinar la cantidad de flujo luminoso necesario para el área

FLUJO LUMINOSO

$$F_l := \frac{E \cdot (b \cdot a)}{\eta \cdot F_m} \quad \text{Ec. 4.40}$$

$$F_l = 4.231 \times 10^4 \quad (\text{LUX})$$

Actualmente dentro de la planta se utilizan en las luminarias 2 focos fluorescentes modelo L40W Daylight , mismos que poseen las siguientes características técnicas:

TABLA No 4.19 Lámparas fluorescentes

Denominación para pedido	W		R _a	lm ECC	TUBO d [mm]	l [mm]	No.		
LÁMPARAS FLUORESCENTES EN EJECUCIÓN S¹¹									
L 20 W/25 S	20	Blanco Universal	2 A	1050	38	590	1	25	014678
L 20 W/20 S	20	Blanco	2 B	1150	38	590	1	25	014685
L 20 W/30 S	20	Blanco Cálido	3	1150	38	590	1	25	014692
L 20 W/10 S	20	Luz Día	2 A	1000	38	590	1	25	228815
L 40 W/25 S	40	Blanco Universal	2 A	2500	38	1200	1	25	014586
L 40 W/20 S	40	Blanco	2 B	2800	38	1200	1	25	014708
L 40 W/30 S	40	Blanco Cálido	3	2800	38	1200	1	25	014715
L 40 W/10 S	40	Luz Día	2 A	2400	38	1200	1	25	228693
L 65 W/25 S	65	Blanco Universal	2 A	4000	38	1500	1	25	014722
L 65 W/20 S	65	Blanco	2 B	4400	38	1500	1	25	014739
L 65 W/30 S	65	Blanco Cálido	3	4400	38	1500	1	25	014746

FUENTE: CATALOGO 2006 OSRAM

De esta manera podemos determinar la cantidad de fluorescentes que se necesitan para cumplir con los requerimientos calculados.

NUMERO DE LUMINARIAS

$$N_o := \frac{Fl}{4800} \quad N_o = 7.836$$

Podemos ver que se requieren aproximadamente 8 luminarias para abastecer lúmicamente a la zona A del área de fideos de Industrias Catedral S.A. La distribución en la zona de las luminarias se lo determina de la siguiente manera.

DISTRIBUCION LUMINARIAS

ANCHO

$$N_a := \sqrt{\frac{N_o}{b}} \cdot a \quad N_a = 1.798$$

LARGO

$$N_b := N_a \cdot \frac{b}{a} \quad N_b = 4.706$$

Aproximadamente se requieren 4 columnas de 2 filas en el área, en todo caso, lo importante aquí es el número de luminarias que se requieren, ya que el tener un exceso de lo necesario se viene a convertir en una pérdida energética así como económica.

TABLA No 4.20 Cantidad de luminarias por zona.

ZONA	Altura del local	Altura trabajo	Altura mínima	Altura Optima	Lux Zona	Ancho	Largo	Ind
	h'	p	h1	h2	E	a	b	K
	(m)	(m)	(m)	(m)	lux	(m)	(m)	
A	4,5	2,5	1,33	1,60	100	8,56	22,40	4,64
B	4,5	1,4	2,07	2,48	200	5,50	4,00	1,12
C	5	3,5	1,00	1,20	200	3,65	8,56	2,56
D	3	0,85	1,43	1,72	50	1,00	9,10	0,63
E	3	1,5	1,00	1,20	100	4,70	4,80	2,37
F	3,15	1,5	1,10	1,32	100	8,00	9,80	4,00
G	3,15	0,85	1,53	1,84	300	2,70	8,00	1,32

TABLA No 4.20 Cantidad de luminarias por zona.(continuación)

Factor de utilización	Factor de Mantenimiento	Flujo Luminoso	Número Luminarias	Número Luminarias Real	Número Luminarias exceso
n	Fm	Fl	#	#	#
		lux			
0,57	0,90	37641,15	8	10	2
0,42	0,80	13126,49	3	4	1
0,53	0,80	14709,98	3	4	1
0,27	0,80	2114,31	1	1	0
0,52	0,80	5402,30	1	1	0
0,56	0,80	17500,00	4	4	0
0,44	0,80	18367,35	4	4	0
				Total	4

Como podemos observar tenemos un exceso de 4 luminarias que en realidad no son necesarias, y representan cierto consumo que podría ahorrarse.

Por medio de un seguimiento durante los meses en que se realizo esta auditoria se logro determinar cuando y en que sector se mantenían encendidas las luces durante el día, y en ciertos casos, sin que hubiese la necesidad.

TABLA No 4.21 Horas uso luminarias

ZONA	# Lámparas	Horas de uso durante el día	Horas que se debería utilizar
A	10	16	8
B	4	24	12
C	4	24	12
D	1	12	4
E	1	12	6
F	4	8	4
G	4	8	4

De esta forma podemos ver como en ciertos sectores se podría disminuir el uso de luminarias durante el día, ya sea con pequeñas implementaciones como el aumento del tamaño de los translucidos ya existentes, o instalando sistemas de encendido temporizado por sector, en todo caso existe un consumo innecesario, mismo que se ve reflejado económicamente en las cuentas de luz.

Los intentos por dar solución a este problema por parte del departamento de producción de Industrias cathedral S.A, a través de la capacitación al personal y la sanción respectiva, no han sido suficientes, por lo cual es importante considerar implementaciones en esta área como interruptores automáticos.

TABLA No 4.22 Energía perdida por luminaria prendidas de día

ZONA	Exceso de consumo (h)	Consumo por Lámpara (W/h)	Perdidas (W/día)
A	8	80	6400
B	12	80	3840
C	12	80	3840
D	8	80	640
E	6	80	480
F	4	80	1280
G	4	80	1280
		TOTAL	17760

4.4. EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS Y DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS SISTEMAS EN LA PLANTA.

Como se pudo observar anteriormente, la cantidad de energía tanto eléctrica como térmica que se desperdicia en el área de secado de fideo de la empresa, implica un gran costo en cuanto al factor económico se refiere. A continuación se vera un pequeño resumen de las principales perdidas que se presentan en los diferentes sistemas de consumo energético de Industrias Catedral S.A

4.4.1.- CALDERA.

Gracias a los análisis realizados a la caldera dentro de esta auditoria, se logro determinar tanto la eficiencia así como la cantidad de calor que se perdía a través de sus paredes por convección, donde por los años de utilización, los recubrimientos han perdido sus propiedades de retener el calor.

TABLA No 4.23 Análisis de perdidas energéticas en Caldera

ELEMENTO	CALDERA	
EFICIENCIA	81.56	%
PERDIDAS ENERGETICAS POR GASES DE COMBUSTION	14,23	%
PERDIDAS ENERGETICAS POR TRANSFERENCIA EN LAS PAREDES	4,2	%
PERDIDAS ENERGETICAS POR TRANSFERENCIA EN LAS PAREDES	7586	W

Como se puede observar este nivel de eficiencia es normal para una máquina que ha servido durante tantos años, aun así puede ser mejorado reduciendo los valores por perdidas energéticas.

4.4.2.- LINEAS DE AGUA CALIENTE.

Dentro del Área de secado de fideo de Industrias Catedral S.A, el sistema de transporte del fluido calo-portador esta constituido por una red de tuberías, mismas donde se presentan perdidas energéticas por falta de aislamiento térmico.

TABLA No 4.24 Perdidas por falta de aislamiento

ELEMENTO	LINEAS DE AGUA CALIENTE	
PERDIDAS ENERGETICAS POR TRANSFERENCIA DE CALOR	21342,6	W

Como podemos observar la cantidad de calor perdido en este sistema es grande, llegando casi a 21.5 Kw., ya que este calor se encuentra fuera de proceso.

4.4.3.- SISTEMA DE SECADO DE FIDEO.

Los sistemas de secado de fideo constituyen una de las partes primordiales dentro del proceso de fabricación de fideos, por lo cual, la optimización de los mismos, influye directamente en la cantidad y la calidad de producto terminado, durante la auditoria se llevo a determinar perdidas energéticas tanto en el área eléctrica así como térmicamente hablando como se muestra a continuación:

TABLA No 4.25 Eficiencia eléctrica de los túneles.

ZONAS	POTENCIA NOMINAL	POTENCIA REAL	EFICIENCIA
	(Kwh) 15 dias	(Kwh) 15 dias	%
TUNEL SECADO 1	9013,2759	10245,87	87,97
TUNEL SECADO 2	9281,7279	10570,68	87,81
SECADERO ESTATICO 1-2	939,582	1088,36	86,33
SECADERO ESTATICO 3-4	805	926,64	86,87

La eficiencia de los motores eléctricos representa una pérdida energética y económica, por lo cual se estudiara la forma de cambiarlos por unos de alta eficiencia

TABLA No 4.26 Perdida energética en túnel #2.

ELEMENTO	TUNEL DE SECADO CONTINUO #2	
PERDIDAS ENERGETICAS POR DISEÑO	51300	W

La cantidad de calor perdido por diseño representa casi un 11.68 % de perdidas de la cantidad de calor total entregado actualmente por el túnel de secado #2.

TABLA No 4.27 Perdida energética en túneles secado estático

ELEMENTO	TUNELES DE SECADO ESTATICO	
	PERDIDAS ENERGETICAS POR DISEÑO	45380

Como se puede observar, la cantidad de calor desperdiciada en los túneles de secado estático es grande, por lo cual, el estudio de una implementación en esta zona es necesario.

4.4.4. SISTEMA DE ILUMINACION.

Dentro del Área de secado de fideo, existen luminarias que proporcionan la cantidad de nivel luminoso que se requiere durante la noche y ciertas horas del día, ya que la planta trabaja las 24 horas en tres turnos como fue descrito en el Capitulo anterior, en todo caso los resultados de las perdidas de energía eléctrica como se pudo observar anteriormente nos sugieren un foco de consumo innecesario por descuido y por un exceso

TABLA No 4.28 Perdida energética en luminarias.

ELEMENTO	SISTEMA DE ILUMINACION	
PERDIDAS ENERGETICAS POR EXCESO DE LUMINARIAS	6400	(W-día)
PERDIDAS ENERGETICAS POR LUMINARIAS PRENDIDAS DURANTE DIA	17760	(W-día)

4.5. PLANTEAMIENTO SOBRE OPORTUNIDADES PARA REDUCIR CONSUMOS ENERGÉTICOS.

Caldera

La Caldera, como fuente principal de energía calórica del sistema de secado de fideo de Industrias Catedral, debe tener un cronograma establecido para su mantenimiento, mismo, que debe ser respetado por producción, ya que una baja eficiencia por descalibración de los parámetros en la combustión o suciedad e incrustamiento en las tuberías, se traduce como una menor eficiencia y un aumento en el consumo de combustible; también podrían verse afectados los sistemas de secado de fideo.

Por otro lado, el recubrimiento térmico en las paredes de la caldera reducirá considerablemente las pérdidas que se producen por transferencia de calor, aumentando la eficiencia de la misma.

Como última recomendación, tenemos que decir que se debe llevar un registro de mediciones y control de los gases de escape, ya que a través de ellos se puede evaluar rápidamente el estado de la caldera.

Líneas de Agua Caliente

El sistema de tuberías que transporta el fluido calo portador desde la caldera pierde gran cantidad de energía como se pudo verificar durante la auditoría en las zonas donde no existe aislamiento térmico, por lo cual, una de las implementaciones más obvias es la colocación del mismo, ya que de esta manera reduciría la cantidad de calor perdido fuera de proceso, además, la conservación de temperatura del fluido en la tubería aumentaría considerablemente, por lo cual, puede mejorar también el nivel de temperatura en los intercambiadores de los túneles de secado.

Sistema de Secado de Fideo

La utilización de motores eléctricos de baja eficiencia dentro de los sistemas de secado (túneles) de fideo de Industrias Catedral, como se pudo ver dentro de esta auditoria, presentan una oportunidad de mejora en cuanto a consumo eléctrico, por medio del cambio por unos de alta eficiencia, propuesta que será estudiada mejor en el Capítulo 6 de este proyecto de tesis.

Como se pudo observar en la auditoria, los sistemas o túneles de secado de fideo sufren perdidas de tipo térmico principalmente en dos de sus zonas especificas, El Túnel de secado # 2 y de los Secaderos Estáticos, donde por fallas de adaptaciones y diseño de los mismos, pierden gran cantidad de energía.

En el caso del túnel 2, se lograría ahorrar gran cantidad de energía por medio de la adaptación de un apropiado sistema de direccionamiento del flujo de aire, ya que de esta manera aumentaría la cantidad de energía entregada al material a secar, que actualmente se necesita en la zona; por otra parte, en los secaderos estáticos se debe eliminar la perdida de energía térmica causada por el cambio de dirección del flujo de aire, dejando durante cierto periodo de tiempo un intercambiador de calor sin uso, como fue descrito en esta auditoria, el método mas apropiado para ello seria la implementación de electro válvulas que restrinjan el paso de agua caliente por el intercambiador que no se encuentra en uso, pero de manera mas optima se puede estudiar la posibilidad de incrementar el numero de ventiladores, y de esta manera se aprovecharía de mejor manera el calor, mejorando el tiempo y las condiciones de secado.

Por último, en todos los túneles de secado tiene que ser realizado un mantenimiento donde se sellen las fugas térmicas, esto incluye recubrimiento de tuberías con aislamiento térmico en el interior de los mismos, recubrimiento de las ventanas y puertas de los túneles por donde existen fugas térmicas menores, mismas que se hacen representativas tras las 24 horas de funcionamiento de la maquinaria.

Sistema de iluminación

En el sistema de iluminación se debe tener muy en cuenta el mantenimiento que se debe dar a lámparas usadas actualmente, ya que se encuentran sucias y por ello, su capacidad lumínica esta reducida.

Uno de los métodos para reducir el consumo eléctrico de las lámparas como se pudo observar en esta auditoria, es prevenir el uso innecesario de las mismas durante horas del día donde la luz del sol puede participar en forma total, para ello se puede estudiar la forma de instalar interruptores temporizados, de manera conjunta, se puede estudiar la posibilidad de eliminar las lámparas que no son necesarias.

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

5.1 INTRODUCCIÓN

La Evaluación de Impacto Ambiental puede definirse como la identificación y valoración de los impactos (efectos) potenciales de proyectos, planes, programas o acciones normativas relativos a los componentes físico - químico, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno.

El propósito principal del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, es animar a que se considere el medio ambiente en la planificación y en la toma de decisiones para, en definitiva, acabar definiendo acciones que sean más compatibles con el medio ambiente.

Los estudios de impacto ambiental realizados al principio de los setenta hicieron énfasis en los medios físico-químico y biótico; sin embargo, se fue prestando cada vez más atención a los medios cultural y socioeconómico al ir transcurriendo la década. Demostrando que el interés por los riesgos para la salud y ecológicos es creciente, esperándose que esta tendencia se acentúe aun más en el futuro.

Desde hace varios años el tema central de discusión y sobre el cual se presta mayor atención respecto a cualquier manifestación del ser humano y su relación con el ambiente es un estudio denominado comúnmente como Evaluación de Impacto Ambiental. Pero el concepto ha evolucionado a partir de la sanción de normativas al respecto, pasando de ser un simple informe protocolar elaborado generalmente por un sólo experto, a un estudio multidisciplinario e interdisciplinario, donde no necesariamente cualquier resultado positivo es viable ambientalmente.

Las etapas de este procedimiento pueden consistir tanto en una única instancia, en la que se determine que la obra propuesta no requiere de un estudio de evaluación de impacto ambiental, o en varias instancias que permitan arribar a una declaración de impacto ambiental fundada y completa, e incluyan un diagnóstico ambiental del área de

influencia, análisis de los impactos ambientales del proyecto, análisis de alternativas, medidas mitigatorias, planes de monitoreo, seguridad y contingencias, información y audiencia pública, dictamen técnico y la declaración antedicha.

Como se puede observar, una Evaluación de Impacto Ambiental es un estudio complejo y abarcativo que se realiza previamente a que un suceso acontezca. Cuando el proyecto ya está ejecutado generalmente se habla de un análisis de impacto ambiental (se realiza sobre un suceso ya acontecido), mismo que se defiende como un estudio técnico objetivo sin interpretaciones ni valoraciones, que, incorporado en los distintos procedimientos de gestión ambiental, está destinado por medio del uso de datos a identificar, valorar, reducir y corregir las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones, del proyecto futuro o de la actividad presente y funcionando, puedan causar sobre la calidad de vida del ser humano y su entorno. Esta división es subjetiva y es a solo efecto de denotar que existen estas dos situaciones.

Dentro del Análisis, para la identificación de los impactos la mejor alternativa es recurrir a la normativa vigente para cada actividad y cada zona geográfica, además, cabe recalcar que la reducción de los impactos negativos significativos se logra mediante el estudio cuidadoso de las diferentes alternativas y opciones que se presentan a lo largo del mismo.

Los profesionales asociados al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental comprenden el personal de los organismos públicos de nivel estatal y local; empresas consultoras de medio ambiente, planificación e ingeniería, así como compañías privadas que han desarrollado personal propio capaz de plantear y dirigir estudios de impacto ambiental. donde entre otros se incluyen ingenieros, planificadores, biólogos, geógrafos, arquitectos y arqueólogos

5.2 ANÁLISIS DE CONTAMINANTES QUE GENERA EL ÁREA DE SECADO DE FIDEO

Existe gran cantidad de acciones realizadas por el hombre que pueden causar impacto ambiental, mismas que se ven relacionadas principalmente con 5 categorías que son: Características Físicas – Químicas, Condiciones Biológicas, Factores Culturales, Relaciones Ecológicas y Otros, en donde cada una de ellas abarca varios escenarios que pueden verse afectados, mismos que son tratados por profesionales en cada área.¹⁸

Los recursos naturales que por lo general se ven afectados por los impactos ambientales son: Aire, Suelo, Agua, Flora y Fauna, Humano, dependiendo de los tipos de contaminación que se da en la zona a ser estudiada, este tipo de contaminación varía según la fuente que lo genera.

Dentro del Área de Secado de fideo de Industrias Catedral S.A, existe una acción de carácter productivo que puede ser considerado como causa de un impacto ambiental, se trata de la contaminación del aire por emisiones producidas por la caldera, mismo que pudo ser determinado visualmente durante las horas que se realizó la presente auditoría.

La contaminación del aire puede definirse como la presencia de uno o más contaminantes en la atmósfera exterior, que en cantidades y en cierta duración tiende a ser nocivo para la vida del hombre, plantas o animales, o para la propiedad, o que pueden interferir con el uso y disfrute de la vida o propiedad, o con la realización del trabajo.

La contaminación del aire puede producirse por la presencia de uno o más contaminantes, ejemplos de algunos contaminantes tradicionales son el dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos, sulfuro de hidrógeno, partículas en suspensión, humos y neblina, etc. Recientemente han adquirido importancia los tóxicos del aire o contaminantes peligrosos que son un tipo de compuestos que pueden estar presentes en la atmósfera y resultar potencialmente tóxicos no solo para el hombre sino también para todo el ecosistema.

¹⁸ Ver Anexo D, TABLA D.1

5.2.1.- ANALISIS DE LOS GASES DE LA CALDERA.

La caldera marca BELLELI, modelo "PR-600", #73/3655/020 es un generador monobloque de agua caliente, diseñado para la combustión presurizada de nafta, gas-oil y gas, por lo cual, se convierte en una fuente estacionaria de contaminación del aire, aun más, cuando por su larga vida útil así como la falta de mantenimiento y calibración adecuados, ayudan a que los contaminantes por los gases de escape sean mayores.

Para poder establecer las características de los gases de escape de la caldera, es necesario hacer uso de un analizador de gases que permita determinar los valores de los principales contaminantes del aire, de esta manera, se podrá hacer una comparación practica con los valores normalizados dados por las autoridades locales.

Para poder obtener datos coherentes y reales con el analizador de gases, es necesario tener en cuenta el procedimiento de muestreo que sugiere la norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión, que pertenece al libro VI - anexo 3 de las **POLÍTICAS BÁSICAS AMBIENTALES DEL ECUADOR**¹⁹ o llamadas mas comúnmente como (TULAS), mismas que están dictadas bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional, y de esta manera gracias al uso del analizador de gases como se vio en el capitulo anterior, se pudo determinar los parámetros representativos para nuestro análisis ²⁰.

Siguiendo con el análisis de los gases de combustión, debemos comparar los resultados obtenidos con el analizador, con los valores que la norma establece, y de esta manera, determinar si estamos dentro de los limites permisibles de funcionamiento según nos exige la constitución para evitar impactos de tipo ambiental.

¹⁹ Ver Anexo D.

²⁰ Ver Anexo D, TABLA D.2-D.3

TABLA No 5.1 Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión. Norma para fuentes en operación antes de Enero de 2003

CONTAMINANTE EMITIDO	COMBUSTIBLE UTILIZADO	VALOR	UNIDADES ^[1]
Partículas Totales	Sólido	355	mg/Nm ³
	Líquido ^[2]	355	mg/Nm ³
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable
Óxidos de Nitrógeno	Sólido	1 100	mg/Nm ³
	Líquido ^[2]	700	mg/Nm ³
	Gaseoso	500	mg/Nm ³
Dióxido de Azufre	Sólido	1 650	mg/Nm ³
	Líquido ^[2]	1 650	mg/Nm ³
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable

FUENTE. POLÍTICAS BÁSICAS AMBIENTALES DEL ECUADOR

Notas:

^[1] mg/Nm³ : miligramos por metro cúbico de gas, a condiciones normales, de mil trece milibares de presión (1 013 mbar) y temperatura de 0 °C, en base seca y corregidos a 7% de oxígeno.

^[2] combustibles líquidos comprenden los combustibles fósiles líquidos, tales como diesel, kerosene, búnker C, petróleo crudo, naftas.

TABLA No 5.2 Comparación de parámetros medidos con los de la norma

COMPARACION		
PARAMETROS	NOX mg/m3	SO2 mg/m3
MEDICION	107,54	349,3
NORMA	700	1650

Como se puede observar, los valores establecidos por la norma superan con una gran diferencia a los valores obtenidos por medición, por lo cual podemos decir que es muy poca la contaminación por esta acción; y ese resultado es coherente, ya que la

norma establece en el punto 4.1.1.4 del Anexo 3 del Capítulo VI de las TULAS, que “serán designadas como fuentes fijas no significativas todas aquellas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos, gaseosos, o cualquiera de sus combinaciones, y cuya potencia calorífica sea menor a tres millones de vatios (3×10^6 W)”, situación que define el estado de la caldera en análisis, por lo cual, aun cuando no existan parámetros específicos de comparación para nuestro caso, la comparación realizada con la norma es aceptable, pero se debe tener en cuenta las recomendaciones que propone la norma para estos casos.

5.3.- RECOMENDACIONES DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS LOCALES, NACIONALES E INTERNACIONALES.

El calentamiento global del Planeta; el agotamiento de la capa de ozono; la contaminación de las fuentes de agua dulce y de los océanos, del suelo y de la atmósfera; la pérdida de la biodiversidad y la destrucción acelerada de los bosques tropicales; constituyen una muestra del deterioro de las condiciones de vida en el planeta y son el resultado de la no aplicación de los principios básicos de convivencia, ya que se han impuesto los intereses económicos sobre los sociales y ambientales.

A nivel mundial, la preocupación por el deterioro ambiental aparece a mediados de este siglo, pero no es sino en dos décadas después cuando la situación empieza a tornarse crítica, alertando que si la humanidad seguía creciendo al ritmo que lo hacía y, la industrialización, la contaminación y la devastación de los recursos naturales continuaban aumentando, los límites del crecimiento serían alcanzados en el próximo siglo.

Cuando la angustia empezó a hacer presa del mundo industrializado, se realiza, en 1972 en Estocolmo-Suecia, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, obligando a dar un salto cualitativo en la forma de ver y afrontar los problemas del ambiente y del desarrollo.

A principio de los años 80, mas de 75 países habían adoptado legislación o reglamentos de Evaluación de Impacto Ambiental, actualmente, con las exigencias del crédito internacional y de las organizaciones de ayuda, se estima que más de 171 países se encuentran participando en el proceso.

En el caso de nuestro País, la implementación de planes para la protección de medio ambiente empieza a delinearse desde mediados de la década de los años setenta, coincidiendo con la corriente internacional impulsada por la Conferencia de Estocolmo (1972)

Durante los años 90, por intervención de las organizaciones no gubernamentales ambientalistas, se logra despertar en el Ecuador una sensibilidad por los problemas ambientales y la necesidad de incorporar medidas para corregirlos. En el período comprendido entre los años 1970 a 1992, se expiden importantes leyes y regulaciones relacionadas con la gestión ambiental, entre las principales están:

- Ley de Aguas
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y sus Reglamentos
- Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y de Vida Silvestre
- Ley de Hidrocarburos y su Reglamento Ambiental
- Ley de Minería, que incluye aspectos relativos a la preservación del ambiente
- Ley de Gestión Ambiental
- Código de la Salud

La institucionalidad ambiental se fortalece con la creación del Ministerio del Ambiente (MAE), en octubre de 1996, reflejando la decisión del Gobierno Nacional para otorgar una mayor atención a la gestión ambiental, Constituyéndose esta entidad en la autoridad ambiental nacional y el organismo encargado de dirigir la gestión ambiental, a través de políticas, normas e instrumentos de fomento y control, para lograr el uso sustentable y la conservación del medio natural del Ecuador

La ley de Gestión Ambiental (Ley No. 37. RO No. 245 30/07/99), establece los principios y directrices de política ambiental en nuestro país; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia, orientada según los principios universales del Desarrollo Sustentable, contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

Actualmente, los gobiernos locales, especialmente los Municipios de las principales ciudades, se encargan de impulsar una gestión ambiental que supera la tradicional provisión de servicios de saneamiento básico, enfrentando nuevas responsabilidades como el control de la contaminación, la preservación ecológica de las ciudades, la concientización y educación de la población, es así como en la ciudad Ambato, locación donde se encuentra la Empresa objeto de estudio de esta auditoria, La entidad encargada del control y emisión de permisos de funcionamiento medio ambiental, es la Dirección de Recursos Hídricos y Medio Ambiente a través de la Comisaría de Medio Ambiente, misma que se basa en las políticas básicas ambientales del Ecuador (TULAS).

Debido a este factor, es importante que dentro de Industrias Catedral, en especial, en el Área de Secado de fideo de la Empresa, se maneje algún método para demostrar el cumplimiento de la normativa como se indica en el Libro VI, Anexo 3, 4.1.1.5 y 4.1.1.6, (TULAS). Es por ello que se dan las siguientes recomendaciones, que pueden ser tomadas como método de demostración:

1.- Se deben realizar planes de mantenimiento preventivo tanto a la caldera como a la maquinaria que funciona de manera anexa a ella, por lo general, cada 6 meses, llevando registros de las partes que se reemplazan, así como tiempos y observaciones del estado interno de la misma.

2.- Posterior al mantenimiento, se debe realizar un muestreo de los gases de combustión del caldero, mismo que tiene que ser repetido después de tres meses de funcionamiento, para poder evaluar el estado de la misma por comparación de datos, si es posible, también se debería realizar una inspección del nivel de opacidad de los gases de escape de la fuente, cabe recalcar que se debe llevar un registro detallado de los parámetros que el analizador de gases muestre

3. – Por ultimo se debe realizar un Informe que contenga tanto los registros de mantenimiento, así como los análisis de gases, mismo que debe ser presentado de manera anual ante la Entidad Ambiental de Control, mismo que será el encargado de valorar los datos y entregar o negar los permisos respectivos.

Aplicando estas pequeñas recomendaciones, garantizamos el cumplimiento de la norma que establece las autoridades locales, así como las nacionales, en todo caso, estos registros también sirven en el caso de que la empresa, requiera certificación de Buenas Practicas Industriales y Producción mas Limpia.

El Cumplimiento de normas de Gestión Ambiental, no son una obligación sino mas bien una necesidad que deben cumplir las empresas a nivel Internacional, debido, a que cada día, son mas las personas que juzga los productos de una empresa no solo por la calidad del mismo sino por la calidad ambiental con la cual fue fabricado.

CAPÍTULO VI

6. DESARROLLO DE PROYECTO DE SOLUCIONES

6.1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, se ha visto un gran impulso en cuanto a la optimización del consumo energético a nivel global, debido principalmente al crecimiento poblacional así como de las industrias, teniendo en cuenta lo anterior, es importante crear un alto nivel de conciencia en quienes utilizan la energía, para que lo realicen de manera más eficiente.

Industrias Catedral S.A, es una empresa dedicada por más de 49 años, a la elaboración de productos de consumo masivo tales como fideos, velas, harinas y afrechos, participando en los últimos años en programas de mejoramiento continuo de calidad, productividad y la capacitación permanente de todo su personal, todo esto con miras de prepararse y afrontar los retos de la globalización y la apertura de mercados.

A través de la auditoria exergética realizada dentro de la empresa antes mencionada, se han podido observar muchos focos de desperdicio de energía, necesidad que ha dado origen al desarrollo de un proyecto de soluciones, mismo que tendrá como fin, optimizar el uso de la energía.

El objetivo principal de este proyecto, no es solo el de asesorar la correcta instalación de elementos que optimicen el uso de energía, sino también, el de mostrar teóricamente cual seria la cantidad de energía que se esta perdiendo por falta de estas implementaciones, y de esta manera, concienciar a la empresa para que sea ella quien decida la aplicación del mismo en las instalaciones del sistema de secado de fideo.

6.2.- JUSTIFICACIÓN

En cumplimiento de requerimientos de la auditoria exergética realizada dentro de la empresa, se ha decidido llevar a cabo el presente proyecto con el afán de determinar, conocer y analizar las mejorías en el campo energético que se pueden lograr con la implementación de soluciones en los sistemas de secado de fideo de la misma.

6.3.- OBJETIVOS

- Conocer teóricamente la cantidad de energía que se puede optimizar aplicando las soluciones que se propongan en el presente proyecto.
- Dar a conocer los beneficios de la realización de la auditoria exergética a la empresa.
- Analizar la viabilidad y factibilidad de la aplicación del presente proyecto.

6.4.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La planta de producción de Industrias Catedral S.A., se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua, ciudad de Ambato, Avda. Circunvalación y Panamericana Norte, Sector San Vicente de Atahualpa.

6.5.- ÁREA DE INFLUENCIA

Directa:

El área de influencia directa de este proyecto es de carácter local pues la empresa Industrias Catedral S.A. será la beneficiada del mismo.

Indirecta:

Indirectamente el área de influencia es de índole Nacional, puesto que la comercialización de sus productos es de este carácter, principalmente, en las provincias

de Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo, Bolívar, Pastaza, Sucumbíos, y parte de los Ríos.

6.6. ANÁLISIS DE LOS PLANTEAMIENTOS A LLEVARSE A CABO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE LA ENERGÍA EN EL AREA DE SECADO DE FIDEO.

El proyecto planteado a continuación, toma en cuenta principalmente las oportunidades de mejora en los consumos energéticos que se puedan obtener a partir de las implementaciones que se den en el área de secado de fideo de Industrias cathedral S.A., entre las cuales tenemos:

6.6.1. RECUBRIMIENTO TÉRMICO DE LAS PAREDES DE LA CALDERA.

Como se pudo observar durante el desarrollo de la auditoria, las pérdidas de eficiencia de la caldera se dan principalmente por el exceso de aire en la combustión así como por las pérdidas de calor a través de las paredes de la misma, donde, el primer punto es más cuestión de calibración y control.

Una solución para corregir las perdidas de calor a través de las paredes del caldero, es la implementación de recubrimiento térmico, mismo que por los años de uso así como los continuos mantenimientos, se ha ido deteriorando hasta casi desaparecer.

El material seleccionado como recubrimiento térmico es la lana de fibra de vidrio de 1,5 pulgada de espesor, mismo que se consigue en el mercado nacional en forma de planchas, de esta manera podemos determinar la cantidad de calor ahorrado gracias a esta implementación.

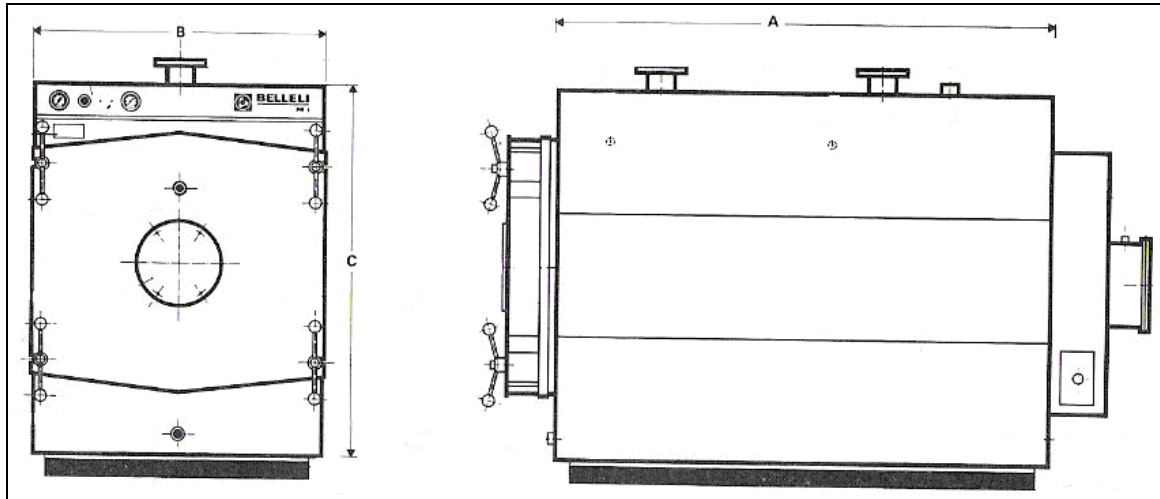
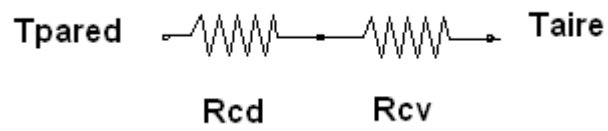


Figura No. 6.1 Acotamiento de la Caldera.

FUENTE Manual de la Caldera.

Para el análisis de transferencia de calor utilizaremos una analogía eléctrica de esta manera:



LADO POSTERIOR CALDERA

Datos:

Medidas de las paredes

$$A := 1.9 \text{ m}$$

$$B := 1.1 \text{ m}$$

$$C := 1.47 \text{ m}$$

Espezo aislamiento

$$e := 0.038 \text{ m}$$

$$T_{\text{pared}} := 192.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{aire}} := 29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Coefficiente de conducción fibra vidrio

$$K_{ais} := 0.05: \left(\frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right)$$

Coefficiente de convección fibra - aire

$$h := 7.5 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Calculamos el área de convección entre pared y fibra

$$A1 := B \cdot C$$

$$A1 = 1.617 \text{ m}^2$$

Calculamos el valor de la resistencia por conducción del aislante

$$R_{cd} := \frac{e}{K_{ais} \cdot A1}$$

$$R_{cd} = 0.428 \frac{^\circ C}{W}$$

Calculamos el valor de la resistencia por convección aislamiento - aire

$$R_{cv} := \frac{1}{h \cdot A1}$$

$$R_{cv} = 0.078 \frac{^\circ C}{W}$$

Resistencia equivalente

$$R_e := R_{cd} + R_{cv}$$

$$R_e = 0.507 \frac{^\circ C}{W}$$

Cálculo del Calor Total Perdido

$$Q1 := \frac{T_{pared} - T_{aire}}{R_e}$$

$$Q1 = 323.08 \text{ W}$$

Al comparar este valor con el calculado en la auditoria (Capitulo 4), podemos observar que existe una gran diferencia cuando no estaban aisladas las paredes, lo mismo sucede con el resto de las superficies de la caldera.

TABLA No 6.1 Calor perdido con aislamiento en la caldera

Paredes de la Caldera			Posterior	Anterior	Lat. 1	Lat. 2	Superior
Datos	Símbolos	Unidades					
Medidas de las Paredes	A	Mts	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
	B	Mts	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	C	Mts	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
Espesor del aislamiento	E	Mts	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Temperatura pared	Tpared	°C	192,7	119,4	40,92	119,4	43
Temperatura aire	Taire	°C	29	28,46	25	27,8	25
Coefficiente de conducción aislante	Kais	W/m.°C	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Coefficiente Convección Fibra – Aire	H	W/m2 .°C	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Área de Convección	A	m2	1,62	1,62	2,87	2,87	2,15
Resistencia por Cond.	Rcd	°C/W	0,43	0,43	0,24	0,24	0,32
Resistencia por Conv.	Rcv	°C/W	0,08	0,08	0,04	0,04	0,06
Resistencia Equivalente	Re	°C/W	0,51	0,51	0,29	0,29	0,38
Calor Perdido	Q	W	323,08	179,48	55,7	320,5	47,13
Calor Total Perdido	Qt	W	925,86				

De esta manera, implementado el recubrimiento de aislante en las paredes, tendremos una optimización significativa, misma que se traduce directamente en un ahorro para la empresa.

TABLA No 6.2 Comparación de perdidas de energía con aislamiento

PERDIDAS POR TRANSFERENCIA EN LAS PAREDES DE LA CALDERA		
Sin Aislamiento	7586	W
Con Aislamiento	925,86	W
Cantidad de Energía Ahorrada	6660,14	W

$$\text{poder_cal_diesel} := 33330 \frac{\text{kcal}}{\text{gal}} \quad \text{Poder calórico diesel}$$

$$\text{Ahorro_energia} := 6660.14 \frac{\text{J}}{\text{s}} \quad \text{Ahorro obtenido de cálculos}$$

De esta manera, considerando que la caldera trabaja las 24 horas, transformaremos el ahorro de energía a una medida que nos pueda ofrecer una idea más clara del ahorro que vamos a obtener a partir de la implementación del aislamiento térmico en las paredes

$$\text{Fc} := 4186.8 \frac{\text{J}}{\text{Kcal}} \quad \text{Factor de Conversión}$$

$$\text{Fc2} := 3600 \frac{\text{seg}}{\text{h}} \quad \text{Factor de Conversión 2}$$

$$\text{H_trabajo} := 720 \frac{\text{h}}{\text{mes}} \quad \text{Horas de trabajo al mes}$$

$$Ah_ener1 := \frac{Ahorro_energia \cdot Fc2}{Fc}$$

$$Ah_ener1 = 5.727 \times 10^3 \frac{Kcal}{h} \quad \text{Ahorro de energía en una hora de trabajo}$$

$$Ah_ener2 := Ah_ener1 \cdot H_trabajo$$

$$Ah_ener2 = 4.123 \times 10^6 \text{ Kcal} \quad \text{Ahorro de energía en un mes de trabajo}$$

$$Ah_ener3 := \frac{Ah_ener2}{poder_cal_diesel}$$

$$Ah_ener3 = 123.709 \text{ gal} \quad \text{Ahorro de Combustible al mes}$$

Sabiendo que el valor por galón que se compra en la empresa es de 92 centavos aproximadamente, tenemos:

$$V_diesel := 0.918 \frac{USD}{gal} \quad \text{Valor diesel}$$

$$Ah_ener4 := Ah_ener3 \cdot V_diesel$$

$$Ah_ener4 = 113.651 \text{ USD} \quad \text{Ahorro en dólares al mes}$$

Como podemos observar, el ahorro es de aproximadamente 113 dólares y 65 centavos por mes, lo cual vendría a ser un beneficio directo para la empresa con el uso de esta implementación.

6.6.2.- RECUBRIMIENTO DE TUBERÍAS DE AGUA CALIENTE CON AISLANTE TÉRMICO DE LANA DE FIBRA DE VIDRIO.

Durante la auditoría realizada a las líneas que transportan el fluido calo-transportador, se llegó a determinar que existe una gran cantidad de pérdida energética por transferencia de calor desde la tubería hacia el ambiente, calor que no interviene directamente en el proceso, por lo cual se lo considera perdido.

Una de las alternativas mencionadas en el Capítulo 4 para disminuir la cantidad de calor perdido por este fenómeno fue la implementación de recubrimiento térmico en las zonas donde las tuberías se encuentran descubiertas.

El material seleccionado para cumplir con el fin es la lana de fibra de vidrio, misma que en el mercado nacional puede ser adquirida en forma de cañuelas de distintos diámetros así como espesores, para el caso de este proyecto, han sido seleccionadas cañuelas según el tamaño de diámetros de la tubería, con un espesor de 1 pulgada, de esta manera la cantidad de calor perdido por transferencia hacia el ambiente se reduce como se muestra a continuación:

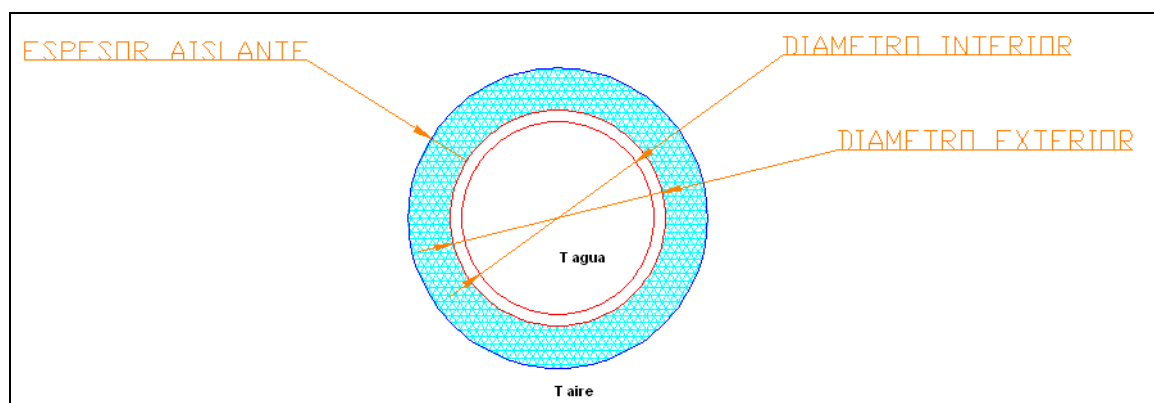


Figura No. 6.2 TUBERIA RECUBIERTA TERMICAMENTE.

Datos:

Tagua := 72.65 °C	Temperatura del agua
Taire := 23.4 °C	Temperatura del aire
d_int := 0.1023 m	Diámetro interior tubería
d_ext := 0.1143 m	Diámetro exterior tubería
d_ais := 0.1651 m	Diámetro aislamiento
long := 1 m	Longitud tubería

Conductividad térmica del acero

$$K_{ac} := 23.8 \frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{F}}$$

$$K_a := K_{ac} \cdot 1.73073 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$K_a = 41.191 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Coefficiente de convección agua - acero

$$h_1 := 500 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Coefficiente de convección fibra aire

$$h_3 := 7.9 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

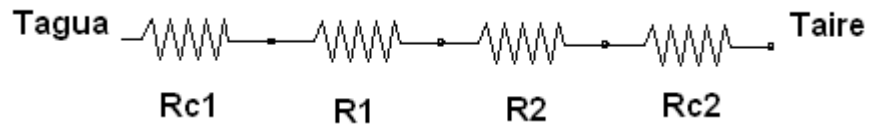
Conductividad térmica de la fibra

$$K_{ais} := 0.032 \frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{F}}$$

$$K_{ais1} := K_{ais} \cdot 1.73073 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$K_{ais1} = 0.055 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

De esta manera, aplicaremos una analogía eléctrica para calcular las resistencias térmicas tanto por conducción, como por convección como se muestra en la Figura.



Como primer paso, procedemos a calcular el área de convección entre el agua caliente y acero en un metro de longitud

$$A1 := \pi \cdot d_{int} \cdot long$$

$$A1 = 0.321 \text{ m}^2$$

Calculamos el valor de la resistencia por convección Rc1

$$Rc1 := \frac{1}{h1 \cdot A1}$$

$$Rc1 = 6.223 \times 10^{-3} \frac{\text{°C}}{\text{W}}$$

Calculamos el valor de la resistencia por conducción R1

$$R1 := \left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot Ka \cdot long} \right) \cdot \ln \left(\frac{\frac{d_{ext}}{2}}{\frac{d_{int}}{2}} \right)$$

$$R1 = 4.286 \times 10^{-4} \frac{\text{°C}}{\text{W}}$$

Calculamos el valor de la resistencia por conducción R2

$$R2 := \left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot K_{ais1} \cdot long} \right) \cdot \ln \left(\frac{\frac{d_{ais}}{2}}{\frac{d_{ext}}{2}} \right)$$

$$R2 = 1.057 \quad \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

Calculamos el área de convección entre aire y aislamiento en un metro de longitud

$$A3 := \pi \cdot d_{ais} \cdot long$$

$$A3 = 0.519 \quad \text{m}^2$$

Calculamos el valor de la resistencia por convección Rc3

$$Rc3 := \frac{1}{h3 \cdot A3}$$

$$Rc3 = 0.244 \quad \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

Cálculo de la Resistencia Total del Sistema

$$Rt := Rc1 + R1 + R2 + Rc3$$

$$Rt = 1.307 \quad \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

Cálculo del Calor Total Perdido

$$Q_{\text{Total_ais}} := \frac{T_{\text{agua}} - T_{\text{aire}}}{Rt}$$

$$Q_{\text{Total_ais}} = 37.669 \quad \text{W}$$

TABLA No 6.3 Calor total ahorrado por recubrimiento térmico en las líneas de agua caliente.

TUBERIA							
	Símbolo	Unidad	4	2 ½	2	1	¾
<i>Diámetro interno</i>	D_int	M	0,1023	0,0627	0,0525	0,0266	0,0209
<i>Diámetro externo</i>	d_ext	M	0,1143	0,073	0,0603	0,0334	0,0267
<i>Temp. agua</i>	Tagua	°C	72,65	66	71	71	71
<i>Temp. ambiente</i>	Taire	°C	23,4	24	24,5	25	24,6
<i>Longitud Total</i>	Lt	M	44,4	45,6	55	50,6	60
<i>Coef. Cond. Acero</i>	Ka	W/m°C	41,19	41,19	41,19	41,19	41,19
<i>Coef. Conv. Agua - Acero</i>	H1	W/m ² °C	500	500	500	500	500
<i>Coef. Conv. Acero - Aire</i>	H2	W/m ² °C	10	10	10	10	10
<i>Area Conv. Agua - Acero</i>	A1	m ²	14,27	8,98	9,07	4,23	3,94
<i>Area Conv Acero - Aire</i>	A2	m ²	15,94	10,46	10,42	5,31	5,03
<i>Resistencia 1</i>	Rc1	°C/W	0,00014	0,00022	0,00022	0,00047	0,00051
<i>Resistencia 2</i>	R1	°C/W	0,00001	1,3E-05	0,00001	1,7E-05	1,6E-05
<i>Resistencia 3</i>	Rc2	°C/W	0,00627	0,00956	0,0096	0,01883	0,01987

<i>Calor perdido sin aislamiento</i>	Q	W	7668,9	4286,7	4731,4	2380,4	2275,3
<i>Diámetro aislante</i>	d_ais	m	0,1651	0,1238	0,1111	0,0842	0,0775
<i>Coef. Cond. Aislante</i>	Kais1	W/m°C	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
<i>Coef. Conv. Aislante - Aire</i>	H3	W/m ² °C	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
<i>Área Conv Aislante - Aire</i>	A3	m ²	23,03	17,74	19,2	13,38	14,61
<i>Resistencia 4</i>	R2	°C/W	0,024	0,0335	0,0322	0,0529	0,0514
<i>Resistencia 5</i>	Rc3	°C/W	0,0055	0,0071	0,0066	0,0095	0,0087
<i>Calor perdido con aislamiento</i>	Qais	W	1663,1	1027,1	1193	732,2	765,9
<i>Cantidad de Calor Ahorrado</i>	W	15961,2					

TABLA No 6.3 (Continuación)

El calor ahorrado, muestra la gran cantidad de energía que se desperdicia por falta de un aislamiento adecuado, lo cual, implicaría un ahorro económico directo para la empresa, como se presenta en el análisis a continuación:

$$\text{poder_cal_diesel} := 33330 \frac{\text{kcal}}{\text{gal}}$$

Poder calórico diesel

$$\text{Ahorro_energia} := 15961. \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Ahorro obtenido de cálculos

De esta manera, considerando que las líneas de transporte de fluido calo-portador trabaja las 24 horas, transformaremos el ahorro de energía a una medida que nos pueda ofrecer una idea mas clara del ahorro que vamos a obtener a partir de la implementación del aislamiento térmico.

$$F_c := 4186 \cdot \frac{J}{Kcal} \quad \text{Factor de Conversión}$$

$$F_{c2} := 3600 \frac{seg}{h} \quad \text{Factor de Conversión 2}$$

$$H_{trabajo} := 720 \frac{h}{mes} \quad \text{Horas de trabajo al mes}$$

$$Ah_{ener1} := \frac{Ahorro_energia \cdot F_{c2}}{F_c}$$

$$Ah_{ener1} = 1.372 \times 10^4 \frac{Kcal}{h} \quad \text{Ahorro de energía en una hora de trabajo}$$

$$Ah_{ener2} := Ah_{ener1} \cdot H_{trabajo}$$

$$Ah_{ener2} = 9.881 \times 10^6 \text{ Kcal} \quad \text{Ahorro de energía en un mes de trabajo}$$

$$Ah_{ener3} := \frac{Ah_{ener2}}{poder_cal_diesel}$$

$$Ah_{ener3} = 296.472 \text{ gal} \quad \text{Ahorro de Combustible al mes}$$

$$V_{diesel} := 0.918 \frac{USD}{gal} \quad \text{Valor diesel}$$

$$Ah_{ener4} := Ah_{ener3} \cdot V_{diesel}$$

$$Ah_{ener4} = 272.368 \text{ USD} \quad \text{Ahorro en dólares al mes}$$

Como podemos observar, con la implementación del recubrimiento térmico en la empresa, se lograría un ahorro aproximado a los 273 \$ mensuales

6.6.3.- IMPLEMENTACION DE PANELES REFRACTARIOS DENTRO DEL TUNEL DE SECADO DE FIDEO #2

Durante la evaluación y toma de datos para la auditoria dentro del área de secado de fideo de Industrias Catedral S.A., se llego a determinar, que existen perdidas de energía aprovechable debido a un rediseño del Túnel de Secado de Fideo #2, a causa de un incendio.

Mediante pruebas realizadas en el mismo, se llego a la conclusión que una implementación de paneles de madera curvos en su interior (diseño original) para direccionar de mejor manera el aire que proviene de los ventiladores, aumenta considerablemente la velocidad del mismo, y consecuentemente la transferencia de calor.

La cantidad de calor que puede ser aprovechado para el secado de fideo gracias a esta implementación, fue determinado anteriormente en el Capitulo 4, para fines de este proyecto, analizaremos el ahorro en términos económicos.

TABLA No 6.4 Calor recuperado por implementación de paneles

SECCION	Velocidad Aire	Número de Intercambiadores	Cantidad de Calor Entregado por Intercambiador	Cantidad de Calor Total	
	(m/s)	#	(Kw)	(Kw)	
TUNEL 2	10	13	33,779	439,1	
	12	13	37,728	490,5	
TOTAL				51,3	Kw

$$\text{poder_cal_diesel} := 33330 \frac{\text{kcal}}{\text{gal}}$$

Poder calórico diesel

$$\text{Ahorro_energia} := 51300 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Ahorro obtenido de cálculos

De esta manera, considerando que el Túnel de Secado #2, trabaja las 24 horas, transformaremos el ahorro de energía a una medida que nos pueda ofrecer una idea mas clara del ahorro que vamos a obtener a partir de la implementación de los paneles en su interior.

$$\text{Fc} := 4186.8 \frac{\text{J}}{\text{Kcal}}$$

Factor de Conversión

$$\text{Fc2} := 3600 \frac{\text{seg}}{\text{h}}$$

Factor de Conversión 2

$$\text{H_trabajo} := 720 \frac{\text{h}}{\text{mes}}$$

Horas de trabajo al mes

$$\text{Ah_ener1} := \frac{\text{Ahorro_energia} \cdot \text{Fc2}}{\text{Fc}}$$

$$\text{Ah_ener1} = 4.411 \times 10^4 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Ahorro de energía en una hora de trabajo

$$\text{Ah_ener2} := \text{Ah_ener1} \cdot \text{H_trabajo}$$

$$\text{Ah_ener2} = 3.176 \times 10^7 \text{ Kcal}$$

Ahorro de energía en un mes de trabajo

$$\text{Ah_ener3} := \frac{\text{Ah_ener2}}{\text{poder_cal_diesel}}$$

$$\text{Ah_ener3} = 952.873 \text{ gal}$$

Ahorro de Combustible al mes

Sabiendo que el valor por galón de diesel que se compra en la empresa es de 92 centavos aproximadamente, tenemos :

$$V_{\text{diesel}} := 0.918 \frac{\text{USD}}{\text{gal}} \quad \text{Valor diesel}$$

$$Ah_{\text{ener4}} := Ah_{\text{ener3}} \cdot V_{\text{diesel}}$$

$$Ah_{\text{ener4}} = 875.404 \text{ USD} \quad \text{Ahorro en dólares al mes}$$

Como podemos observar, la cantidad de energía calórica que se lograría aumentar dentro del Túnel de Secado #2, representaría lo mismo que incrementar el consumo de combustible por parte de la caldera en 875 \$ mensuales aproximadamente, por lo cual la inversión de esta parte del proyecto, debería ser comparada con este valor, además, cabe recalcar que dentro de este ahorro no están consideradas las ganancias por aumento de producción y reducción de re procesos por mal secado del fideo.

6.6.4.- IMPLEMENTACION DE UN VENTILADOR INDIVIDUAL PARA CADA LADO DEL TUNEL DE SECADO ESTATICO.

En los secaderos estáticos de Industrias Catedral S.A, existe la posibilidad de eliminar pérdidas de energía como se describió durante la auditoria en el Capitulo 4, por medio de la implementación de un ventilador independiente para cada uno de los lados del secador, de esta manera se lograría un ahorro económico para la empresa, sin contar los beneficios en el tiempo de secado del fideo, lo cual implicaría de por si, un aumento de la producción.

TABLA No 6.5 Calor recuperado por implementación de ventiladores individuales

SECCION	Número de Intercamb. no utilizados	Cantidad de Calor Entregado por Intercambiador mientras no es utilizado	Cantidad de Calor Total
	#	(Kw)	(Kw)
ESTATICO 1-2	2	9,375	18,75
ESTATICO 3-4	2	13,315	26,63
		Total	45,38
			Kw

$$\text{poder_cal_diesel} := 33330 \frac{\text{kcal}}{\text{gal}}$$

Poder calórico diesel

$$\text{Ahorro_energia} := 45380 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Ahorro obtenido de cálculos

De esta manera, considerando que los secaderos trabajan aproximadamente 12 h al día, transformaremos el ahorro de energía a una medida que nos pueda ofrecer una idea mas clara del ahorro que vamos a obtener a partir de la implementación de los ventiladores individuales para cada intercambiador.

$$\text{Fc} := 4186 \frac{\text{J}}{\text{Kcal}}$$

Factor de Conversión

$$\text{Fc2} := 3600 \frac{\text{seg}}{\text{h}}$$

Factor de Conversión 2

$$\text{H_trabajo} := 360 \frac{\text{h}}{\text{mes}}$$

Horas de trabajo al mes

$$Ah_ener1 := \frac{Ahorro_energia \cdot Fc2}{Fc}$$

$$Ah_ener1 = 3.902 \times 10^4 \frac{Kcal}{h}$$

Ahorro de energía en una hora de trabajo

$$Ah_ener2 := Ah_ener1 \cdot H_trabajo$$

$$Ah_ener2 = 1.405 \times 10^7 \text{ Kcal}$$

Ahorro de energía en un mes de trabajo

$$Ah_ener3 := \frac{Ah_ener2}{poder_cal_diesel}$$

$$Ah_ener3 = 421.456 \text{ gal}$$

Ahorro de Combustible al mes

$$V_diesel := 0.918 \frac{USD}{gal}$$

Valor diesel

$$Ah_ener4 := Ah_ener3 \cdot V_diesel$$

$$Ah_ener4 = 387.191 \text{ USD}$$

Ahorro en dólares al mes

De esta manera se lograría obtener un ahorro de aproximadamente 387 \$ al mes.

6.6.5.- IMPLEMENTACION DE MOTORES ELECTRICOS DE ALTA EFICIENCIA EN LOS TUNELES DE SECADO

Los motores de alta eficiencia empezaron a ser fabricados a mediados de la década de los 70 inicialmente en los Estados Unidos, pero su aplicación se hizo masiva al llegar el año 2000 también en otros países industrializados.

Dentro de los Túneles de Secado Continuo de Industrias Catedral S.A. existen motores que funcionan con una eficiencia aceptable pero al mismo tiempo bajo, mismo que puede ser recuperada por medio del intercambio de los mismos por unos de alta eficiencia.

Durante la auditoria (Capitulo 4), se logro determinar a groso modo la eficiencia con la que trabajaba la línea de motores dentro del túnel de secado #1 así como el túnel de secado #2, los cuales constituyen los sistemas que más motores eléctricos abarcan dentro del área de secado de fideo de Industrias Catedral.

TABLA No 6.6 Eficiencia motores eléctricos.

ZONAS	POTENCIA SALIDA	POTENCIA ENTRADA	EFICIENCIA
	(Kwh) mes	(Kwh) mes	%
ZONA TUNEL SECADO 1	18027	20491,75	87,97
ZONA TUNEL SECADO 2	18563	21141,37	87,80

Realizando una comparación teórica entre los motores eléctricos actualmente instalados y los de alta eficiencia, mismos que funcionan a un 91% de eficiencia aproximadamente, podremos determinar la cantidad de energía eléctrica que se lograría ahorrar en este tipo de secaderos como se muestra a continuación:

TABLA No 6.7 Motores de alta eficiencia.

ZONAS	POTENCIA SALIDA	POTENCIA ENTRADA	EFICIENCIA
	(Kwh) mes	(Kwh) mes	%
ZONA TUNEL SECADO 1	18027	19810	91
ZONA TUNEL SECADO 2	18563	20398,90	91

TABLA No 6.8 Cantidad de energía eléctrica ahorrada.

ZONAS	POTENCIA ENTRADA	POTENCIA ENTRADA A 91%	AHORRO MENSUAL
	(Kwh) mes	(Kwh) mes	(Kwh) mes
ZONA TUNEL SECADO 1	20491,7	19809,9	681,9
ZONA TUNEL SECADO 2	21141,4	20398,9	742,5
		TOTAL	1424,3

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el cambio de los motores por otros de alta eficiencia generaría un ahorro energético de 1424,3 Kwh al mes.

Sabiendo que el valor que se paga por Kwh en la empresa es de 7 centavos de dólar tenemos:

$$Ah_{ener} := 1424,3 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$V_{elec} := 0,07 \frac{\text{USD}}{\text{Kwh}} \quad \text{Valor de la electricidad}$$

$$Ah_{ener1} := Ah_{ener} \cdot V_{elec}$$

$$Ah_{ener1} = 99,701 \frac{\text{USD}}{\text{mes}} \quad \text{Ahorro en dólares al mes}$$

De esta manera podemos observar que el ahorro económico para la empresa gracias a esta implementación sería de casi 100 \$ mensuales, pero debido al alto precio de los motores es posible que este proyecto no sea rentable, en todo caso, ese aspecto se lo vera mas adelante.

6.6.6 ELIMINACION DE LUMINARIAS EN EXCESO.

Como se pudo observar durante la auditoria exergética en cuanto a iluminación se refiere, se llego a determinar que existen ciertas luminarias en el área de secado de fideo que se encuentran en exceso, por lo cual, eliminándolas se tendrá un ahorro de tipo energético-económico para la empresa.

TABLA No 6.9 Perdidas de energía por exceso de luminarias.

ELEMENTO	SISTEMA DE ILUMINACION	
PERDIDAS ENERGETICAS POR EXCESO DE LUMINARIAS	6400	(W/día)

Sabiendo que el valor que se paga por Kwh en la empresa es de 7 centavos de dólar tenemos:

$$t := 30 \frac{\text{dia}}{\text{mes}}$$

$$Ah_{\text{diario}} := 6400 \frac{\text{W}}{\text{dia}}$$

$$Ah_{\text{ener}} := \frac{Ah_{\text{diario}} \cdot t}{1000}$$

$$Ah_{\text{ener}} = 192 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$V_{\text{elec}} := 0.07 \frac{\text{USD}}{\text{Kwh}} \quad \text{Valor electricidad}$$

$$Ah_{\text{ener1}} := Ah_{\text{ener}} \cdot V_{\text{elec}}$$

$$Ah_{\text{ener1}} = 13.44 \text{ USD} \quad \text{Ahorro en dólares al mes}$$

Sabiendo que este proyecto no requiere de inversión alguna, es ya una ganancia neta para la empresa.

Para el caso de las horas que pasan prendidas las luces innecesariamente durante el día, se prevee colocar interruptores temporizados lo cual eliminaría este problema, con esta implementación se tendría un ahorro económico como se muestra en los cálculos a continuación.

TABLA No 6.10 Perdidas de energía por luminarias encendidas en el día.

ELEMENTO	SISTEMA DE ILUMINACION	
PERDIDAS ENERGETICAS POR LUMINARIAS PRENDIDAS DURANTE DIA	17760	(W-día)

Sabiendo que el valor que se paga por Kwh en la empresa es de 7 centavos de dólar tenemos:

$$t := 30 \frac{\text{dia}}{\text{mes}} \qquad Ah_{\text{diario}} := 17760 \frac{\text{W}}{\text{dia}}$$

$$Ah_{\text{ener}} := \frac{Ah_{\text{diario}} \cdot t}{1000} \qquad Ah_{\text{ener}} = 532.8 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$V_{\text{elec}} := 0.07 \frac{\text{USD}}{\text{Kwh}} \qquad \text{Valor electricidad}$$

$$Ah_{\text{ener1}} := Ah_{\text{ener}} \cdot V_{\text{elec}}$$

$$Ah_{\text{ener1}} = 37.296 \text{ USD} \qquad \text{Ahorro en dólares al mes}$$

Como podemos observar, con esta implementación se puede obtener un ahorro de 37 dólares aproximadamente por mes.

6.7.- ANÁLISIS DE RECURSOS Y COSTOS PARA LA IMPLEMENTACION DE LOS PLANTEAMIENTOS DEL PROYECTO.

Una vez completada la fase de descripción y análisis de los planteamientos que abarca el proyecto de implementación de soluciones en si, es necesario conocer los recursos y costos más representativos, para posteriormente establecer la factibilidad económica que tiene cada uno de los planteamientos del proyecto.

6.7.1.- RECUBRIMIENTO TÉRMICO

Dentro del área de secado de fideo hay 2 Zonas críticas que requieren de aislamiento térmico, para el caso de la caldera, existen en el mercado paneles de fibra de lana de vidrio, y en el caso de las tuberías, existen cañuelas del mismo material cuyas dimensiones y costos para el proyecto se describen en las siguientes tablas:

TABLA No 6.11 Costo recubrimiento térmico.

DESCRIPCION	LARGO	ANCHO	ESPEZOR	PRECIO UNITARIO
	(pulg)	(pulg)	(pulg)	\$
plancha Insul Quick	117	48	1,5	31,32

FUENTE: Industrias La Llave S.A

TABLA No 6.11 Costo recubrimiento térmico (continuación).

DESCRIPCION	TAMAÑO	ESPEZOR	LONGITUD	PRECIO UNITARIO
	(pulg)	(pulg)	(cm)	\$
Cañuela con Foil	4	1	91	9,7
Cañuela con Foil	2 1/2	1	91	8,1
Cañuela con Foil	2	1	91	7,5
Cañuela con Foil	1	1	91	5,2
Cañuela con Foil	3/4	1	91	4,6

FUENTE: Industrias La Llave S.A.

De esta manera, se requerirá para el proyecto las siguientes cantidades de materiales

TABLA No 6.12 Cantidad de aislante.

Recubrimiento Caldera		
Area	11,13	m2
Plancha	3,6234	m2
Cantidad	3	
Costo	93,96	\$

TABLA No 6.12 Cantidad de aislante (continuación).

TUBERIA	(pulg)	4	2 ½	2	1	3/4	
LONGITUD	(mts)	44,4	45,6	55	50,6	60	
CANTIDAD	#	49	50	60	56	66	
COSTO U	\$	9,7	8,1	7,5	5,2	4,6	
TOTAL	\$	473,27	405,89	453,30	289,14	303,30	1924,90

Tomando en cuenta que para la realización de este trabajo se requiere de mano de obra no necesariamente técnica, durante tres días, el costo por este recurso será de \$30.

El costo total por la implementación de recubrimiento térmico en el área de secado de fideo, asciende a la cantidad de \$ 2048,86, mismo que será evaluado en el siguiente capítulo para determinar la conveniencia económica de realizar este proyecto en la empresa.

6.7.2.- PANELES REFLECTORES DE MADERA.

Para el desarrollo de la propuesta de implementar paneles reflectores que sirvan como direccionadores del aire en el interior del Túnel de secado #2, es necesario tener un material que resista la humedad así como los cambios de temperatura, al mismo tiempo, que no afecte en nada a las condiciones de secado en el interior, es por ello que han sido seleccionados tableros de MDF para lograr el objetivo.

TABLA No 6.13 Características del material.

DESCRIPCION	LARGO	ANCHO	ESPEZOR	PRECIO UNITARIO
	(mts)	(mts)	(mm)	\$
plancha de MDF Arboriente	2,60	2,14	3	13,9

FUENTE: Industrias Arboriente S.A.

Las medidas de los paneles reflectores rectangulares que van en el interior del túnel es de 1,15 x 1,30 y 0,25 x 1,30 metros respectivamente, de esta manera se requerirán de 4 tableros de MDF para su fabricación, a un costo de \$55,60, considerando que para la implementación no es necesario mano de obra especializada, durante tres días, el costo por este recurso será de \$30

El costo total por la implementación de paneles reflectores de aire en los túneles de secado #2, asciende a la cantidad de \$ 85,60 , mismo que será evaluado en el siguiente capítulo para determinar la conveniencia económica de realizar este proyecto en la empresa.

6.7.3.- VENTILADOR INDIVIDUAL PARA CADA INTERCAMBIADOR DEL TUNEL DE SECADO ESTATICO.

Para poder obtener un mejor aprovechamiento del aire caliente generado gracias a los intercambiadores en los túneles de secado estático, se planteo la idea de colocar ventiladores independientes, mismo que funcionaran de manera conjunta con el motor eléctrico actual por medio de un sistema de transmisión de doble eje, para lo cual, será necesario la implementación de 8 ventiladores en total en los dos túneles de secado, como se muestra a continuación:

TABLA No 6.14 Costo ventiladores

DESCRIPCION	CANTIDAD	UBICACION	PRECIO	PRECIO
			UNITARIO	TOTAL
			\$	\$
Ventilador axial	4	SECADERO EST 1-2	55,60	222,40
Ventilador axial	4	SECADERO EST 3-4	55,60	222,40
				444,80

FUENTE: Ferrería Chang

Sabiendo que el trabajo de instalación puede ser realizado por los mismos mecánicos de la empresa, el costo por mano de obra, durante 3 días, asciende a \$60, de esta manera los costos totales por la implementación de este proyecto es de \$ 504,80.

6.7.4.- MOTORES ELECTRICOS

Para el desarrollo de la propuesta de implementar motores eléctricos de alta eficiencia, es necesario considerar que los motores no se vean afectados por las temperaturas así como la humedad que existe en el interior de los túneles de secado, es por ello que han sido seleccionados motores marca Siemens, cuyas características se muestran a continuación:

TABLA No 6.15 Motores de alta eficiencia.

SERIE	MODELO	POTENCIA		Valor Unitario \$	CANTIDAD	PRECIO TOTAL \$
		HP	Kw			
120257	1LA7 070 - 4YA60	0,5	0,37	72	4	288
126948	1LA7 080 - 4YA60	1	0,75	80	8	640
126971	1LA7 083 - 4YA60	1,5	1,12	103	34	3502
126972	1LA7 090 - 4YA60	2	1,5	126	2	252
						4682

FUENTE: Catalogo Motores Siemens 2006

Sabiendo que el trabajo de instalación puede ser realizado por los mismos mecánicos de la empresa, el costo por mano de obra, durante 5 días, asciende a \$250, de esta manera los costos totales por la implementación de este proyecto es de \$ 4932.

6.7.5.- INTERRUPTORES TEMPORIZADOS.

Para llevar a cabo esta propuesta, se requiere adquirir interruptores que mediante un sistema electrónico programable, de tal forma que controle el encendido de un cierto número de luminarias en un sector determinado, estos instrumentos son los llamados interruptores temporizados los cuales se encuentran en el mercado local con las características que se describen a continuación.

TABLA No 6.16 Interruptores temporizados.

SERIE	MODELO	MARCA	VOLTAJE	PRECIO U	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
			voltios	\$		#
8550505	Industrial	Mechanical Time System	220	65	7	455

Este trabajo de instalación puede ser realizado por el electricista que existe en la empresa, de esta manera, el costo por mano de obra, durante 2 días, asciende a \$30, de esta manera los costos totales por la implementación de este proyecto es de \$ 485.

La factibilidad de todas estas propuestas será analizada en el Capítulo VII de esta Tesis.

CAPÍTULO VII

7. ESTUDIO ECONOMICO FINANCIERO

7.1 ANÁLISIS ECONOMICO.

En esta parte del estudio se procede a analizar todos los costos necesarios para llevar a cabo la implementación del proyecto de soluciones, entre los cuales constan los costos directos provenientes por la adquisición de materiales y herramientas necesarias, los cuales fueron revisados en el capítulo anterior, anexando a ellos, todos los costos que influyen de manera futura en la inversión; ya que en este tipo de proyectos de implementación de elementos mecánicos es necesario tomar en cuenta el mantenimiento de los mismos.

Adicionalmente es necesario conocer el tiempo de recuperación de la inversión, mismo que facilitará a la empresa beneficiada la toma de decisión de inversión, debido a que un menor tiempo de recuperación afecta directamente a la factibilidad de la misma, para el presente caso, la empresa está consiente que este tipo de inversión debe ser recuperado en un plazo no mayor a dos años.

7.1.1. COSTOS DIRECTOS.

Se define como costos directos a todos aquellos que provienen de la compra de materiales que intervienen de manera directa en cada uno de los proyectos, así como de la mano de obra que se utiliza para instalarlos.

TABLA No 7.1 Resumen de costo de Materiales y Mano de obra

PROYECTO	VALOR INVERSION \$
REVESTIMIENTO TERMICO	2.048,86
PANELES REFLECTORES DE MADERA	55,60
VENTILADORES SECADERO EST.	504,80
MOTORES ALTA EFICIENCIA	4.782,00

INTERRUPTORES TEMPORIZADOS	485,00
TOTAL	7.876,26

TABLA No 7.1 (Continuación)

7.1.2. COSTOS DE MANTENIMIENTO

Se definen como las erogaciones provenientes de actividades de mantenimiento necesarias para la conservación y correcto funcionamiento de las implementaciones del proyecto, los cuales se consideran dentro del 1% anual de la inversión inicial.

TABLA No 7.2. Resumen de Costos de Mantenimiento

PROYECTO	COSTO MANTENIMIENTO ANUAL \$
REVESTIMIENTO TERMICO	20,49
PANELES REFLECTORES DE MADERA	0,56
VENTILADORES SECADERO ESTATICO	5,05
MOTORES ELECTRICOS ALTA EFICIENCIA	47,82
INTERRUPTORES TEMPORIZADOS	4,85
TOTAL	78,76

7.2. ANÁLISIS FINANCIERO.

El análisis financiero permitirá verificar la rentabilidad de los proyectos a partir del estudio de los resultados que generan los mismos, tomando en cuenta tres indicadores que permiten conocer el impacto económico de la implementación de estos, que son: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el tiempo de recuperación de la inversión.

VALOR ACTUAL NETO

Este indicador nos permite conocer los ingresos y egresos representados en moneda actual, el mismo que se obtiene con la siguiente ecuación:

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

Ec. 7.1

Donde:

BN_t = Beneficio neto del flujo del periodo t

I_0 = Inversión inicial

n = Numero de años

i = Tasa de descuento

En el presente estudio se ha tomado en cuenta como la tasa de descuento la mayor permitida como tasa activa por el Banco Central del Ecuador que es 13,5% anual.

TASA INTERNA DE RETORNO

La Tasa Interna de Retorno nos permite conocer el rendimiento de cada periodo expresado en porcentajes de manera actualizada, en otras palabras, es lo mismo que igualar el VAN a 0, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0$$

Ec. 7.2

Para determinar estos indicadores es necesario desarrollar los respectivos flujos de caja, mismos que han sido elaborados estimando un tiempo de recuperación de un año, debido al alto ahorro económico mensual analizado en el Capítulo VI, de esta manera se podrá conocer el tiempo exacto en el cual se recupera la inversión total, en donde la inversión inicial se presenta con valores negativos y los ahorros energéticos traducidos a dinero con valores positivos.

TABLA No 7.3. Flujo de caja revestimiento térmico.

PERIODO	IMPLEMENTACION PROYECTOS DE MEJORA REVESTIMIENTO TERMICO			
	FLUJO	VAN (0%)	TIR	VAN (13,50%)
0	-2.048,86	-2.048,86		
1	386,02	-1.662,84		\$ -1.648,59
2	386,02	-1.276,82		\$ -1.275,31
3	386,02	-890,80	-24%	\$ -906,18
4	386,02	-504,78	-10%	\$ -541,16
5	386,02	-118,76	-2%	\$ -180,20
6	386,02	267,26	4%	\$ 176,74
7	386,02	653,28	7%	\$ 529,72
8	386,02	1.039,30	10%	\$ 878,76
9	386,02	1.425,32	12%	\$ 1.223,93
10	386,02	1.811,34	14%	\$ 1.565,25
11	386,02	2.197,36	15%	\$ 1.902,77
12	365,53	2.562,89	15%	\$ 2.218,83
VAN	\$ 2.218,83			

Representado en valores actuales, al final del año la empresa tendrá una utilidad del proyecto luego de haber recuperado la inversión inicial de \$2.218.83, lo cual representa una tasa interna de retorno de 15%, recuperándose la inversión a partir del sexto mes.

TABLA No 7.4. Flujo de caja paneles reflectores.

PERIODO	IMPLEMENTACION PROYECTOS DE PANELES REFLECTORES DE MADERA			
	FLUJO	VAN (0%)	TIR	VAN (13,50%)
0	-55,60	-55,60		
1	875,40	819,80	1474%	\$ 801,05

2	875,40	1.695,21	1569%	\$ 1.647,57
3	875,40	2.570,61	1574%	\$ 2.484,66
4	875,40	3.446,02	1574%	\$ 3.312,44
5	875,40	4.321,42	1574%	\$ 4.131,01
6	875,40	5.196,82	1574%	\$ 4.940,48
7	875,40	6.072,23	1574%	\$ 5.740,94
8	875,40	6.947,63	1574%	\$ 6.532,50
9	875,40	7.823,04	1574%	\$ 7.315,25
10	875,40	8.698,44	1574%	\$ 8.089,29
11	875,40	9.573,84	1574%	\$ 8.854,72
12	874,85	10.448,69	1574%	\$ 9.611,16
VAN	\$ 9.611,16			

Representado en valores actuales, al final del año la empresa tendrá una utilidad del proyecto luego de haber recuperado la inversión inicial de \$9.611,16, lo cual representa una tasa interna de retorno de 1574%, recuperándose la inversión en el primer mes.

TABLA No 7.5. Flujo de caja ventilador individual.

PERIODO	IMPLEMENTACION PROYECTOS DE VENTILADOR INDIVIDUAL			
	FLUJO	VAN (0%)	TIR	VAN (13,50%)
0	-504,80	-504,80		
1	387,00	-117,80	-23%	\$ -120,75
2	387,00	269,20	34%	\$ 253,48
3	387,00	656,20	57%	\$ 623,54
4	387,00	1.043,20	67%	\$ 989,49
5	387,00	1.430,20	71%	\$ 1.351,37
6	387,00	1.817,20	74%	\$ 1.709,22
7	387,00	2.204,20	75%	\$ 2.063,09
8	387,00	2.591,20	76%	\$ 2.413,02
9	387,00	2.978,20	76%	\$ 2.759,06

10	387,00	3.365,20	76%	\$ 3.101,25
11	387,00	3.752,20	77%	\$ 3.439,63
12	381,95	4.134,15	77%	\$ 3.769,89
VAN	\$ 3.769,89			

Representado en valores actuales, al final del año la empresa tendrá una utilidad del proyecto luego de haber recuperado la inversión inicial de \$3.769,89, lo cual representa una tasa interna de retorno de 77%, recuperándose la inversión a partir del segundo mes.

TABLA No 7.6. Flujo de Caja interruptores temporizados.

PERIODO	IMPLEMENTACION PROYECTOS DE INTERRUPTORES TEMPORIZADOS			
	FLUJO	VAN (0%)	TIR	VAN (13,50%)
0	-485,00	-485,00		
1	50,74	-434,26		\$ -429,99
2	50,74	-383,52		\$ -380,92
3	50,74	-332,78		\$ -332,40
4	50,74	-282,04	-28%	\$ -284,42
5	50,74	-231,30	-18%	\$ -236,98
6	50,74	-180,56	-12%	\$ -190,06
7	50,74	-129,82	-7%	\$ -143,66
8	50,74	-79,08	-4%	\$ -97,78
9	50,74	-28,34	-1%	\$ -52,41
10	50,74	22,40	1%	\$ -7,55
11	50,74	73,14	2%	\$ 36,82
12	45,89	119,03	4%	\$ 76,50
VAN	\$ 76,50			

Representado en valores actuales, al final del año la empresa tendrá una utilidad del proyecto luego de haber recuperado la inversión inicial de \$76.50, lo cual representa una tasa interna de retorno de 4%, recuperándose la inversión a partir del décimo primer mes.

Considerando la inversión alta que implica el proyecto de implementación de motores eléctricos de alta eficiencia en el área de secado de fideo vs el ahorro energético transformado en dólares, se evaluó este proyecto para diez años a fin de determinar el tiempo de recuperación, como se observa a continuación:

TABLA No 7.7. Flujo de caja motores de alta eficiencia.

PERIODO	IMPLEMENTACION PROYECTOS DE MOTORES ELECTRICOS			
	FLUJO	VAN (0%)	TIR	VAN (13,50%)
0	-4.782,00	-4.782,00		
1	1.152,18	-3.629,82		\$ -3.318,82
2	1.152,18	-2.477,64	-37%	\$ -2.530,81
3	1.152,18	-1.325,46	-15%	\$ -1.836,53
4	1.152,18	-173,28	-1%	\$ -1.224,82
5	1.152,18	978,90	7%	\$ -685,88
6	1.152,18	2.131,08	12%	\$ -211,04
7	1.152,18	3.283,26	15%	\$ 207,33
8	1.152,18	4.435,44	17%	\$ 575,93
9	1.152,18	5.587,62	19%	\$ 900,69
10	1.152,18	6.739,80	20%	\$ 1.186,82
VAN	\$ 1.186,82			

En vista de que la recuperación de la inversión aún cuando la tasa de retorno interno es relativamente buena al cabo de diez años, se sugiere al planteamiento de cambio de motores como un proyecto no rentable de acuerdo a las necesidades de la empresa.

Analizando a todos los proyectos de corta recuperación de manera global, obtendremos una idea mas clara de la rentabilidad del proyecto si la empresa decidiera implementarlos a la vez.

TABLA No 7.8. Flujo de caja de todos los proyectos.

PERIODO	IMPLEMENTACION DE TODOS LOS PROYECTOS DE MEJORAMIENTO			
	FLUJO	VAN (0%)	TIR	VAN (13,50%)
0	-3.094,26	-3.094,26		
1	1.699,16	-1.395,10	-45%	\$ -1.407,22
2	1.699,16	304,07	6%	\$ -245,11
3	1.699,16	2.003,23	30%	\$ 778,77
4	1.699,16	3.702,40	41%	\$ 1.680,88
5	1.699,16	5.401,56	47%	\$ 2.475,68
6	1.699,16	7.100,72	50%	\$ 3.175,95
7	1.699,16	8.799,89	52%	\$ 3.792,92
8	1.699,16	10.499,05	53%	\$ 4.336,52
9	1.699,16	12.198,22	54%	\$ 4.815,45
10	1.699,16	13.897,38	54%	\$ 5.237,42
11	1.699,16	15.596,54	54%	\$ 5.609,20
12	1.589,46	17.186,00	55%	\$ 5.915,61
VAN	\$ 15.608,27			

Representado en valores actuales, al final del primer año de funcionamiento de los proyectos de corta recuperación, la empresa tendrá una utilidad global de los proyectos luego de haber recuperado la inversión inicial de \$15.608,27, lo cual representa una tasa interna de retorno de 55%, recuperándose la inversión a partir del tercer mes, por lo cual esta propuesta presenta una alta rentabilidad y beneficio para la empresa, sin considerar las mejoras en los procesos de fabricación, los cuales tendrá incidencia en su costo.

Tomando en cuenta que la mayoría de los proyectos, dándole el respectivo mantenimiento, tienen una vida útil superior a 5 años, se determina la rentabilidad de estos en el mismo lapso de tiempo, de esta manera la empresa tendrá una idea mas clara de cuanto ganara con la implementación y uso de los proyectos.

TABLA No 7.9. Rentabilidad de los proyectos. a 5 años

PERIODO	IMPLEMENTACION DE TODOS LOS PROYECTOS DE MEJORAMIENTO			
	FLUJO	VAN (0%)	TIR	VAN (13,50%)
0	-3.094,26	-3.094,26		
1	20.359,03	17.264,77	558%	\$ 13.077,72
2	20.359,03	37.623,79	646%	\$ 27.001,89
3	20.359,03	57.982,82	656%	\$ 39.269,88
4	20.359,03	78.341,84	658%	\$ 50.078,69
5	20.359,03	98.700,87	658%	\$ 59.601,86
VAN	\$ 59.601,86			

Representado en valores actuales, al final del quinto año de funcionamiento de los proyectos de corta recuperación, la empresa tendrá una utilidad total de los proyectos luego de haber recuperado la inversión inicial de \$59.601,86, lo cual representa una tasa interna de retorno de 658%, lo cual refleja una alta rentabilidad de los mismos.

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES.

- 1) Se llevo a cabo una auditoria exergética en el área de Secado de Fideo de Industrias Catedral S.A de la ciudad de Ambato, logrando detectar así el potencial de ahorro existente en dicha área.
- 2) El realizar un estudio energético y energético a una fábrica o planta industrial, permite localizar los focos de mayor consumo, y a su vez nos ayuda a identificar las fuentes de mayor ahorro energético que son beneficiosos para la empresa, con una inversión equivalente a una fracción de lo que se recupera en un periodo estimado para la factibilidad del mismo.
- 3) Se llego a la determinación de que el sistema de mayor consumo energético en el área de secado de fideo de Industrias catedral S.A. es Túnel de Secado Continuo de Fideo #1, mismo donde no se encontraron durante la auditoria mayores disfunciones energéticas.
- 4) Por medio de la Auditoria Exergética realizada en el área de secado de fideo de Industrias Catedral S.A, se llego a determinar que existe una perdida global de energía térmica y eléctrica en varios de sus elementos que haciende a 132 Kw.
- 5) Los aislantes térmicos de lana de vidrio colocados tanto en las paredes del caldero así como en las tuberías de agua caliente como proyecto, representan un gran ahorro energético para la planta, ya que esta con esta implementación, al final del primer año la empresa tendrá una utilidad del proyecto luego de haber recuperado la inversión inicial de \$2.218.83, lo cual representa una tasa interna de retorno de 15%, recuperando la inversión a partir del sexto mes.
- 6) Se llego a determinar que por medio de la implementación de paneles de madera que sirvan de reflectores y direccionadores de aire en el interior del Túnel de

Secado Continuo de Fideo #2, representa un gran ahorro energético para la planta, ya que siendo este uno de los proyectos de menor inversión planteados durante la Auditoria, representa una alta rentabilidad, puesto que al final del 1er año, la empresa tendrá una utilidad del proyecto luego de haber recuperado la inversión inicial de \$9.611,16, lo cual representa una tasa interna de retorno de 1574%, recuperando la inversión en el primer mes.

- 7) Por medio de la implementación de ventiladores individuales para cada uno de los lados de los secaderos estáticos que existen dentro del área de secado de fideo de Industrias Catedral S.A como proyecto, se llego a determinar que al final del 1er año la empresa tendrá una utilidad del proyecto luego de haber recuperado la inversión inicial de \$3.769,89, lo cual representa una tasa interna de retorno de 77%, recuperando la inversión a partir del segundo mes
- 8) En el Sector Eléctrico, se llego a determinar que por medio de la implementación de Interruptores temporizados en el área de secado de fideo, al final del año la empresa tendrá una utilidad del proyecto luego de haber recuperado la inversión inicial de \$76.50, lo cual representa una tasa interna de retorno de 4%, recuperándose la inversión a partir del décimo primer mes.
- 9) El Proyecto de Implementación de Motores Eléctricos de Alta eficiencia en los túneles de secado de fideo de Industrias Catedral S.A, no fue considerado como viable debido a que la inversión se llegaba a recuperar después de muchos años, por lo cual los beneficios de este proyecto quedan a consideración la empresa para su implementación en un futuro.
- 10) Se pudo Concluir también que en el caso de ser aceptadas como viables todas las oportunidades de mejora de uso de energía que fueron propuestas durante el desarrollo de esta auditoria por parte de la empresa beneficiada, se las realicen de manera conjunta, con lo que la empresa al final del primer año de funcionamiento de los proyectos, tendrá una utilidad global luego de haber recuperado la inversión inicial de \$15.608,27, lo cual representa una tasa interna de retorno de 55%, recuperándose la inversión a partir del tercer mes, por lo cual esta propuesta

presenta una alta rentabilidad y beneficio para la empresa, sin considerar las mejoras en los procesos de fabricación, los cuales tendrá incidencia en su costo.

- 11) Con respecto al análisis de Impacto Ambiental se logro determinar que los gases de la caldera se encuentran dentro de los parámetros permitidos por las leyes que rigen tanto en la provincia como a Nivel Nacional, pero es necesario, establecer normas de control interno en la empresa en el aspecto ambiental.

8.2. RECOMENDACIONES.

- ↻ Se recomienda añadir dentro de los registros, Kardex e inventarios que se llevan en la empresa, uno especialmente dedicado a determinar los datos necesarios para calcular los indicadores de consumo energético, tal y como fueron descritos durante esta auditoria, de esta manera, se tendrá un adecuado control para tomar las acciones pertinentes cuando uno de ellos aumente.
- ↻ Reemplazar y calibrar todos aquellos instrumentos metrológicos que por el tiempo han perdido su funcionamiento en el Área de Secado de Fideo.
- ↻ Separar la línea de distribución de Combustible para cada uno de los calderos, a fin de poder tener un mejor control sobre sus consumos individuales.
- ↻ Diseñar un plan de mantenimiento con el cual se tenga perfectamente chequeados todos los parámetros que nos indican que la máquina se encuentra en buen estado y está aprovechando correctamente la energía que consume.
- ↻ Recordar que en un ambiente propicio de trabajo para el operador, como el tener una temperatura agradable de trabajo, provoca un mejor rendimiento del mismo.
- ↻ Llevar un registro de los análisis de contaminantes al ambiente, para prevenir multas por parte de los organismos encargados de este tipo de control ambiental.

- ↪ De ser posible, implementar lo más pronto posible las soluciones planteadas en el presente proyecto para su inmediata ejecución y retorno de la inversión.

- ↪ Capacitar a los operarios de las distintas maquinarias para que sean ellos mismos quienes proliferen el adecuado uso de la energía en la Industria.

- ↪ Añadir un plan de ahorro energético para el consumo en el resto de áreas de la empresa que no entraron en este proyecto de tesis.

8.3 BILIOGRAFIA.

- **INCROPERA Frank, “Fundamentos de Transferencia de Calor”, Editorial Prentice Hall, Cuarta Edición, México 1999.**
- **CANTER Larry W, “Manual de evaluación de impacto ambiental”, Editorial McGraw Hill, Segunda edición, Colombia 2004.**
- **CENGEL Yanus, “Termodinámica”, Tomos I y II, Editorial McGraw Hill, Segunda Edición, Colombia 1998.**
- **ESCOBAR Guillermo, SALUDES Daniel, TOLEDO José, “Manual de Auditoria Energética”, Primera Edición, Madrid 2003**
- **HAGLER Baillo, “Manual de Auditoria Energética Industrial” Tomo II.**
- **TERRIZANO Marcelo, “El secado de sólidos en la industria química”, Editorial REVERTE, segunda edición, España 1979**
- **VILLAVICENCIO Arturo, “Energía y crecimiento económico”, 1982.**
- **MOTT Robert, “Mecánica de Fluidos Aplicada”, Editorial Pearson, cuarta edición, México 1996**
- **Documentos Publicados en el Internet.**
- **Ministerio de Energía y Minas , Manual de Uso racional y Eficiente de la Energía Eléctrica, 2001.**
- **Manuales Técnicos y de Instrucción para conservación de energía, 1983, Combustibles y su Combustión, Madrid, España.**
- **Auditoria Energética en la Planta Industrial Plywood Ecuatoriana S.A., Cadena-Parra, 1998, Anexo D.**

8.4 ANEXOS.